

ISSN 2719-3683
e-ISSN 2719-3691

POSTĘPY TECHNIKI przetwórstwa spożywczego

TECHNOLOGICAL PROGRESS in food processing

2
2021



Wyższa Szkoła Menedżerska

ul. Kawęczyńska 36, 03-772 Warszawa

tel. 22 59-00-700,

wsm.warszawa.pl



Wydawca / *Publisher*: Wyższa Szkoła Menedżerska w Warszawie
ul. Kawęczyńska 36, 03-772 Warszawa,
wsm.warszawa.pl, tel. 22 59 00 700,
e-mail: ptps@mac.edu.pl
Warsaw Management University
36 Kawęczyńska St., 03-772 Warsaw, Poland,
wsm.warszawa.pl, phone: +48 22 59 00 700,
e-mail: ptps@mac.edu.pl



Informacja dla Autorów

Informujemy, że Redakcja nie płaci honorariów, nie zwraca tekstów niezamówionych oraz rezerwuje sobie prawo do skracania tekstów.

Artykuły prosimy przysyłać drogą pocztową (wydruk z nośnikiem) lub elektroniczną na adres:
ptps@mac.edu.pl

Teksty artykułów przysyłane do publikacji powinny być zredagowane przez Autorów i przesłane Redakcji w wersji ostatecznej, ściśle spełniającej wymagania Redakcji i zgodnej ze standardami APA. Redakcja nie akceptuje kolejnych poprawek, przesyłanych przez Autorów, zmieniających treść tekstu oraz odbiegających od oryginału przesłanego Redakcji w pierwszej wersji. Poprawki redakcyjne Autorów tekstów są akceptowane jedynie w wypadku, gdy na skutek uwarunkowań technicznych prosi się Autorów o zaopiniowanie zmian edytorskich w tekście, zaproponowanych przez Redakcję.

All texts of articles submitted for publication should be edited by the authors and sent to the Editor in the final version, following APA standards as well as Instructions for the Authors. The Editor will not accept further amendments, sent by the authors, changing the content of the text and deviating from the original first version. Editorial amendments are allowed only in cases where due to technical conditions, the authors are asked for an opinion about editorial changes in the text proposed by the Editor.

Do przedłożonych artykułów z prośbą o druk, Autor tekstu jest zobowiązany dołączyć:

1. Informację mówiącą o wkładzie poszczególnych Autorów w powstanie publikacji (z podaniem ich afiliacji oraz kontrybucji, tj. informacji, kto jest autorem koncepcji, założeń, metod, protokołu itp. wykorzystywanych przy przygotowaniu publikacji), przy czym główną odpowiedzialność ponosi Autor zgłaszający manuskrypt.
2. Informację o źródłach finansowania publikacji, wkładzie instytucji naukowo-badawczych, stowarzyszeń i innych podmiotów.
3. Oświadczenie Autora/ów.

Wszystkie nadsyłane artykuły naukowe są recenzowane. Procedura recenzowania artykułów, zaporą *ghostwriting* oraz zasady przygotowywania tekstów i instrukcje dla autorów znajdują się na stronie internetowej czasopisma www.wsm.warszawa.pl w zakładce Wydawnictwo / *All articles are peer reviewed. The procedure for reviewing articles, and the Guide for Authors can be found on the website of the journal (www.kaweczyńska.pl/wydawnictwo/czasopisma)*

Wersja pierwotna (referencyjna) czasopisma to wersja drukowana. / The original (reference) version of the journal is printed.

Drukowane w Polsce / Printed in Poland

© *Copyright by Wyższa Szkoła Menedżerska w Warszawie / Warsaw Management University*

Żaden fragment tej publikacji nie może być reprodukowany, umieszczony w systemach przechowywania informacji lub przekazywany w jakiegokolwiek formie – elektronicznej, mechanicznej, fotokopii czy innych reprodukcji – bez zgody posiadacza praw autorskich. / *All rights reserved by Warsaw Management University. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of the publisher.*

Tom 31/59

ISSN
2719-3683

e-ISSN
2719-3691

20 pkt
wartość
punktowa
artykułu

POSTĘPY TECHNIKI przetwórstwa spożywczego

TECHNOLOGICAL PROGRES IN FOOD PROCESSING



Nr 2/2021

Adres redakcji

03-772 Warszawa

ul. Kawęczyńska 36
pok. A 306

tel. 22 59 00 828

fax: 22 59 00 774

e-mail: ptps@mac.edu.pl

Komunikat

MEiN

z dnia

01.12.2021 r.

Czasopismo recenzowane Wyższej Szkoły Menedżerskiej w Warszawie

Uzyskanie recenzji uznanych specjalistów krajowych
i zagranicznych dofinansował Wydawca

Founded in 1992 / Istnieje od 1992 r.

Until 2003 it was published by Institute of Food Machines / Do 2003 r. wydawane przez Instytut Maszyn Spożywczych

It is a scientific journal presenting international studies of progress in the food industry, including research articles, development studies, implementations, as well as review articles, including the area of food engineering, organization and technology of production, development, construction, exploitation of food machines, as well as food processing management.

Technological Progress in Food Processing presents scientific achievements and ideas of Polish and international researchers from universities and research institutes, including technical, agricultural, and economical ones.

Czasopismo naukowe, o zasięgu międzynarodowym, promujące postęp w technice branż przetwórstwa spożywczego, zamieszczające prace naukowo-badawcze, badawczo-rozwojowe, wdrożeniowe i przeglądowe z zakresu: inżynierii żywności, organizacji i techniki produkcji, projektowania, konstrukcji, wykonawstwa oraz eksploatacji i energochłonności maszyn spożywczych, a także z zarządzania w przetwórstwie spożywczym.

„Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego” są forum prezentacji dorobku naukowego i wymiany myśli techniczno-technologicznej kadry naukowej polskich i zagranicznych uczelni technicznych, rolniczych, ekonomicznych, instytutów naukowych oraz innych jednostek badawczo-rozwojowych i produkcyjnych w kraju i za granicą, zajmujących się w.w. zagadnieniami.

Wersja papierowa jest wersją pierwotną czasopisma / The original version of the journal is the paper version
Czasopismo indeksowane / Journal indexed by: AGRO, Baz-Tech, Index Copernicus, Pol-Index

Prenumerata – w siedzibie redakcji. **Wydawca** – Wyższa Szkoła Menedżerska, 03-772 Warszawa ul. Kawęczyńska 36,
tel. 22 59 00 700, fax: 22 59 00 774; <http://redakcja.wsm.warszawa.pl>

Redakcja techniczna i druk: PP-W „GRAF” Janusz Janiszewski, tel. 501 376 898, e-mail: janusz.graf@wp.pl;

SPIS TREŚCI

CONTENTS

Od Redakcji	4
<i>Editorial</i>	

FOOD ENGINEERING INŻYNIERIA ŻYWNOŚCI

1. BASZNIANIN B., A. AUGUSTYŃSKA-PREJSNAR, Z. SOKOŁOWICZ: The effect of inulin addition on the quality of low-fat poultry sausages	5
<i>Wpływ dodatku inuliny na jakość niskotłuszczowych parówek drobiowych.</i>	
2. KOWALSKA E., B. MALISZEWSKA, M. ZIARNO: Characterization of fermented milks after the passaging process of starter cultures	11
<i>Charakterystyka mlek fermentowanych po procesie pasażowania kultur starterowych.</i>	
3. ANDERS A., P. MARKOWSKI, E. KOLANKOWSKA, Z. KALINIEWICZ, D. CHOSZCZ, K. JADWISIEŃCZAK, M. SZUBARTOWSKI: Modeling the shape of raw materials on the example of walnuts fruit (<i>Juglans regia</i> L.)	23
<i>Modelowanie kształtu surowców spożywczych na przykładzie owoców orzecha włoskiego (<i>Juglans regia</i> L.).</i>	
4. ŚWIĄDER K., I. KOŚLA, F.-J. TAN: Dietary supplements containing collagen – analysis and availability on the Polish market	30
<i>Suplementy diety zawierające kolagen – analiza i dostępność na polskim rynku.</i>	
5. KOZIEŁ K., D. JANISZEWSKA, O. AGEEB: Pasta rybna z wykorzystaniem wysortowanych filetów z karpia	37
<i>Fish paste using sorted carp fillets.</i>	
6. BILSKA B., A. TUL-KRZYSZCZUK, E. ŚWISTAK: Jakość posiłków podawanych w mazowieckich szpitalach w ocenie pacjentów	41
<i>Meals quality served in Mazovia hospitals in the evaluation of patients.</i>	
7. SIOŃEK B.: Application of <i>Lactobacillus casei</i> O12 strain for the production of probiotic tomato juice with addition of sea buckthorn	48
<i>Zastosowanie szczepu <i>Lactobacillus casei</i> O12 do produkcji probiotycznego soku pomidorowego z dodatkiem soku z owoców rokitnika.</i>	
8. SZULC K.: Assessment of the possibility of using aquafaba in the production of vegetable emulsions	56
<i>Ocena możliwości zastosowania aquafaby w produkcji emulsji roślinnych.</i>	
9. GALUS S., E. PODOLSKA: Assessment of the possibility of using edible alginate films as colorimetric pH indicators in intelligent food packaging	62
<i>Ocena możliwości zastosowania jadalnych folii alginianowych jako kolorymetrycznych wskaźników pH w opakowaniach inteligentnych do żywności.</i>	
10. KOWALSKA J., B. URBAŃSKA, A. GREESE-ŁYKO: Risk analysis on the example of chocolate production	71
<i>Analiza ryzyka na przykładzie produkcji czekolady.</i>	
11. WRONIAK M., A. HILAL, K. RATUSZ: The influence of the degree of filling the packade with oil and flushing the oil nitrogen on the oxidative stability of cold-pressed rapeseed oil	84
<i>Wpływ stopnia napełniania opakowania olejem i płukania oleju azotem na stabilność oksydacyjną oleju rzepakowego tłoczonego na zimno.</i>	
12. SZWEDZIAK K., D. KOTYSZ, K. MENDEL: Effect of the addition of modified starch on the texture and the flaking of the melted cheese	91
<i>Wpływ dodatku modyfikowanej skrobi na teksturę i płatowanie sera topionego.</i>	
13. WIERZBICKA E.: Sweeteners as sugar substitutes in food industry – assessment of dietary intake of intense sweeteners in children and adolescents	97
<i>Substancje słodzące jako substytuty cukru w przemyśle spożywczym – ocena pobrania z dietą intensywnych substancji słodzących u dzieci i młodzieży.</i>	
14. SZWEDZIAK K., D. KOTYSZ, M. ZBARASZCZUK: Winter barley cultivation including climate changes and soil	108
<i>Uprawa jęczmienia ozimego w tym zmiany klimatu i gleby.</i>	

ANALYTICAL REVIEW ARTICLES ARTYKUŁY ANALITYCZNO-PRZEGLĄDOWE

15. WIZA P.L.: The phenomenon of food terrorism - a contemporary challenge for ensuring global food security	114
<i>Zjawisko terroryzmu żywnościowego współczesnym wyzwaniem dla zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego na świecie.</i>	
16. FRĄCKIEWICZ J.: The nutritional and health value of coffee, tea and herbal infusions	120
<i>Wartość odżywcza i zdrowotna kawy, herbaty i naparów z ziół.</i>	

17. PREJSNAR S., M. ORMIAN, J. TOPCZEWSKA:	
The influence of transport on the quality of poultry meat	129
<i>Wpływ transportu na jakość mięsa drobiowego.</i>	
18. PLUTA A., M. GARBOWSKA, L. STASIAK-RÓŻAŃSKA, A. BERTHOLD-PLUTA:	
Wybrane aspekty występowania enterokoków w serach tradycyjnych	134
<i>Selected aspects of enterococci presence in artisan cheeses.</i>	
19. IGNACZAK A., E. MASIAZ, H. KOWALSKA:	
Nutritional trends and methods of producing fruit and vegetable health-promoting snacks	143
<i>Trendy żywieniowe i metody wytwarzania owocowych i warzywnych przekąsek prozdrowotnych.</i>	
20. WASZKIEWICZ-ROBAK B.:	
The content of polyphenolic compounds in raw materials and in processed food – a review	155
<i>Zawartość związków polifenolowych w surowcach i żywności przetworzonej – przegląd.</i>	
21. SAŁEK P., E. CZARNIECKA-SKUBINA:	
Wpływ zastosowanych surowców i technologii produkcji na jakość kremów cukierniczych	167
<i>The impact of the ingredients and production technology on the quality of confectionery creams.</i>	
22. MIASTKOWSKI K., S. OBIDZIŃSKI:	
Overview of the construction devices for honey dehydration	176
<i>Przegląd konstrukcji urządzeń przeznaczonych do odwadniania miodu.</i>	
23. POLAK-ŚLIWIŃSKA M.:	
The role of glyphosate and its effects on human health and life	184
<i>Rola glifosatu i jego wpływ na zdrowie oraz życie człowieka.</i>	
24. WIERZBICKA E.:	
Occurrence of arsenic in food as a current health concern	194
<i>Występowanie arsenu w żywności jako aktualny problem zdrowotny.</i>	
MANAGEMENT ZARZĄDZANIE	
25. DAWIDZIUK S., J. BOGUSKI:	
Zarządzanie szkołą wyższą w okresie pandemii koronawirusa sars-cov-2	207
<i>Higher School Management in the period of the SARS-CoV-2 coronavirus pandemic.</i>	
26. GRUCHELSKI M., M. GRUCHELSKI:	
The food processing sector in the era of the SARS-CoV-2 coronavirus pandemic	213
<i>Sektor przetwórstwa spożywczego w dobie pandemii koronawirusa SARS-CoV-2.</i>	
27. DAWIDZIUK S., J. BOGUSKI:	
Przedsiębiorczość akademicka jako wyzwanie XXI wieku	219
<i>Academic entrepreneurship as the challenge of the 21 Century.</i>	
LISTA RECENZENTÓW	226

ZESPÓŁ REDAKCYJNY:**REDAKTOR NACZELNY / EDITOR-IN-CHIEF:**

PROF. DR HAB. INŻ. ANDRZEJ LENART

REDAKTOR TEMATYCZNY / EDITOR SECTION:

MGR INŻ. TADEUSZ KICZUK

REDAKTORZY JĘZYKOWI / LANGUAGE EDITORS:**JĘZYK ANGIELSKI / ENGLISH:** JOLANTA ELŻBIETA KORDOS**JĘZYK ROSYJSKI / RUSSIAN:** JADWIGA PIŁAT**REDAKTOR STATYSTYCZNY / STATISTICAL EDITOR:**

DR HAB. EWA FRĄTCZAK, PROF. SGH

RADA REDAKCYJNO-PROGRAMOWA**PRZEWODNICZĄCA / CHAIRMEN:**

PROF. DR HAB. ALINA MACIEJEWSKA – PW (POLSKA/POLAND)

CZŁONKOWIE / MEMBERS:

PROF. DR HAB. INŻ. GIENADIJ WALENTYNOWICZ ALEKSIEJEW – SANKT PETERSBURG (FEDERACJA ROSYJSKA/RUSSIA)

PROF. DR HAB. INŻ. ANDRZEJ AMELJAŃCZYK, WAT (POLSKA/POLAND)

PROF. DR HAB. ALEXANDER J. BELOCHLAVEK, DR H.C. – OSTRAWA (CZECHY/CZECH REPUBLIC)

PROF. DR HAB. INŻ. BORYS CHRUSTALIOV – MIŃSK (BIAŁORUŚ/BELARUS)

PROF. DR HAB. INŻ. MYRON CZERNIEC – DROHOBYCZ (UKRAINA/UKRAINE)

PROF. DR HAB. PAVEL DANCAK – PRESOV (SŁOWACJA/SLOVAKIA)

PROF. DR HAB. DA-WEN SU – DUBLIN (IRLANDIA/IRELAND)

PROF. WSM DR HAB. STANISŁAW DAWIDZIUK, DR H.C.M. – (POLSKA/POLAND)

PROF. DR HAB. INŻ. JAROSŁAW DIAKUN – PK (POLSKA/POLAND)

PROF. DR HAB. INŻ. ANDRZEJ DOWGIAŁO – MIR-PIB (POLSKA/POLAND)

PROF. DR INŻ. DANIEL DUTKIEWICZ – PK (POLSKA/POLAND)

PROF. DR SC. INŻ. YURI FATYCHOV – KALININGRAD (FEDERACJA ROSYJSKA/RUSSIA)

DR HAB. MAREK GRUCHELSKI – PROF. WSM (POLSKA/POLAND)

PROF. DR HAB. INŻ. LADISLAV HAVEL – BRNO (CZECHY/CZECH REPUBLIC)

PROF. DR HAB. INŻ. ALZBIETA JAROSOVA – BRNO (CZECHY/CZECH REPUBLIC)

DR HAB. INŻ. MAŁGORZATA KOWALSKA, PROF. UT-H (POLSKA/POLAND)

PROF. INŻ. ANNA KRIŽANOVÁ, PH. D. – ŽILINA (SŁOWACJA/SLOVAKIA)

PROF. DR HAB. INŻ. LESZEK MIESZKALSKI – SGGW (POLSKA/POLAND)

PROF. DR HAB. INŻ. MAREK OPIELAK, DR H.C. – PL (POLSKA/POLAND)

DR HAB. INŻ. ZBIGNIEW PAŁACHA, PROF. SGGW (POLSKA/POLAND)

DOC. DR VOLODYMYR RESHETIUK – KIEV (UKRAINA/UKRAINE)

PROF. DR HAB. INŻ. FIODOR ROMANIUK – MIŃSK (BIAŁORUŚ/BELARUS)

DOC. INŻ. PAVEL RYANT – BRNO (CZECHY/CZECH REPUBLIC)

ING. MILAN SEBOK, PH. D. – ŽILINA (SŁOWACJA/SLOVAKIA)

PROF. VITEN'KO TATIANA, PH. D., D. SC. – TERNOPIŁ (UKRAINA/UKRAINE)

OD REDAKCJI

Przekazujemy do rąk Szanownych Czytelników pięćdziesiąty dziewiąty numer naszego czasopisma.

Trzydziesty rok działamy na rynku naukowych wydawnictw periodycznych, promując postęp techniczno-technologiczny w przetwórstwie spożywczym. Publikujemy jedynie podwójnie recenzowane, oryginalne artykuły naukowo-badawcze, badawczo-rozwojowe i analityczno-przeglądowe.

Dotychczas opublikowaliśmy ponad 1170 artykułów. W bieżącym numerze znajdują Państwo 27 artykułów. Sygnalizuję tylko niektóre z nich, mimo że wszystkie są interesujące.

Z uzyskanych wyników badań sensorycznych przeprowadzonych w zakładzie Produkcji Zwierzęcej i Oceny Produktów Drobiarskich Uniwersytetu Rzeszowskiego wynika, że 3%-owy dodatek inuliny jest najbardziej korzystny dla zachowania atrakcyjności smakowej i soczystości niskotłuszczowych parówek drobiowych.

Badania past z karpi oraz z karpi i dorszy, przeprowadzone w Morskim Instytucie Rybackim – Państwowym Instytucie Badawczym w Gdyni pozwalają na stwierdzenie, że najbardziej pożądaną ze względu na smak jest pasta z karpi. Opracowane technologie wytwarzania past na bazie mięsa karpi są możliwe do zastosowania w zakładach przetwórstwa rybnego.

Z badań jakości posiłków serwowanych w pięciu szpitalach zlokalizowanych w województwie mazowieckim przeprowadzonych przez Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka SGGW w Warszawie wynika, że oferowane w szpitalach wyżywienie nie w pełni satysfakcjonuje wszystkich pacjentów pod względem jakości, jak i ilości.

Badania przeprowadzone w Katedrze Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji SGGW w Warszawie wykazały, że czekolada gorzka jest produktem stosunkowo bezpiecznym.

Terroryzm żywnościowy to nowe zjawisko, które w XXI wieku stanowi wyzwanie dla Przemysłu spożywczego – twierdzą pracownicy Katedry Ekonomii i Polityki Gospodarczej w Agrobiznesie Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Polega na celowym skażeniu żywności przy wykorzystaniu substancji biologicznych, chemicznych i fizycznych.

Pracownik Katedry Żywienia Człowieka Instytutu Nauk o Żywieniu Człowieka SGGW w Warszawie analizując wyniki badań wykazał korzystny wpływ wartości odżywczej kawy, herbaty i naparów z ziół na zdrowie człowieka.

Należy skrócić czas transportu drobiu do ubojni – twierdzą pracownicy Uniwersytetu Rzeszowskiego po przeprowadzeniu badań. Im dłuższy jest czas transportu, tym większe są uszkodzenia skóry i urazów ciała, pogorszenia jakości tuszek prowadzących do niekorzystnych zmian jakościowych mięsa (zmian pH, barwy, powstawania wad mięsa PSE i DFD, zmian mikrobiologicznych i sensorycznych) a także padnięć ptaków.

Przekąski w formie suszonych owoców i warzyw stanowią idealną alternatywę dla przekąsek wysokokalorycznych, a zarazem o niskiej wartości odżywczej – informują pracownicy Instytutu Nauk o Żywności SGGW w Warszawie po przeprowadzeniu analizy dostępnych w tym zakresie wyników badań. Przekąski z suszonych owoców i warzyw powinny dominować zarówno na rynku krajowym jak i światowym.

Polecam bardzo ciekawy artykuł pracownika naukowego Katedry Żywienia Człowieka SGGW w Warszawie dotyczący problemu występowania arsenu w żywności jako aktualnego problemu zdrowotnego.

O problemach zarządzania sektorem przetwórstwa spożywczego oraz wyższymi uczelniami w dobie pandemii koronawirusa SARS-CoV-2 informują pracownicy Wyższej Szkoły Menedżerskiej w Warszawie.

Zachęcam do lektury wszystkich artykułów.

Dziękujemy Autorom krajowym i zagranicznym, Recenzentom, Członkom Rady Redakcyjno-Programowej oraz Zespołowi Redakcyjnemu i zachęcam zarówno Ich, jak też nowych Autorów i Recenzentów do współpracy z naszym Czasopismem.

REDAKTOR NACZELNY

A. denart

Beata BASZNIANIN¹

Dr inż. Anna AUGUSTYŃSKA-PREJSNAR²

Dr hab. inż. ZOFIA SOKOŁOWICZ²

¹Students Food Technology and Human Nutrition, University of Rzeszow, Poland

¹Student Technologii Żywności i Żywienia Człowieka, Uniwersytet Rzeszowski, Polska

²Department of Animal Production and Poultry Products Evaluation, University of Rzeszow, Poland

²Zakład Produkcji Zwierzęcej i Oceny Produktów Drobiarskich, Uniwersytet Rzeszowski, Polska

THE EFFECT OF INULIN ADDITION ON THE QUALITY OF LOW-FAT POULTRY SAUSAGES®

Wpływ dodatku inuliny na jakość niskotłuszczowych parówek drobiowych®

Key words: inulin, poultry products, quality.

The article presents the results of research concerning the assessment of the effect of inulin addition on the quality of low-fat poultry sausages. 4 variants of products were prepared: control (without inulin) and with the addition of 1.0, 3.0 and 5.0% powdered inulin. The physical and sensory properties of the products without addition and with the addition of inulin were assessed after cooling the sausages to room temperature. With the increase in the amount of the additive used (3% - 5%), the water absorption of the product increased, and the colour saturation towards yellow. Poultry sausages containing 5% inulin were characterized by higher efficiency and higher colour saturation towards red in comparison to sausages with the addition of 1%, 3% and the group without the addition of inulin. However, the addition of 5% powdered inulin increased the hardness of poultry sausages. The obtained results of sensory tests show that the addition of 3% inulin is the most beneficial for maintaining the taste attractiveness and juiciness of poultry sausages.

Słowa kluczowe: inulina, produkt drobiowy, jakość.

W artykule zaprezentowano wyniki badań dotyczących oceny wpływu dodatku inuliny na jakość niskotłuszczowych parówek drobiowych. Przygotowano 4 warianty produktów: kontrolny (nie zawierający inuliny) oraz z dodatkiem 1,0, 3,0 i 5,0% inuliny w proszku. Cechy fizyczne i sensoryczne produktów bez dodatku i z dodatkiem inuliny oceniano po wychłodzeniu parówek do temperatury pokojowej. Wraz ze wzrostem ilości stosowanego dodatku (3% - 5%) nastąpił wzrost wodochłonności produktu, wysycenia barwy w kierunku żółtym oraz zwiększenia jego twardości. Parówki drobiowe zawierające 5% inuliny cechowały się wyższą wydajnością i wyższym wysyceniem barwy w kierunku czerwieni w porównaniu z parówkami z dodatkiem 1%, 3% i grupą bez dodatku inuliny. Dodatek 5% inuliny w proszku wpłynął jednak na zwiększenie twardości parówek drobiowych. Uzyskane wyniki badań sensorycznych wskazują, że 3% dodatek inuliny jest najbardziej korzystny dla zachowania atrakcyjności smakowej i soczystości produktu.

INTRODUCTION

The growing knowledge of consumers about nutrition and its impact on health resulted in the popularization of foods with reduced calories and fat content [12]. Increasing consumer awareness causes an increase in the demand for food perceived as conducive to health, containing functional additives, including inulin [1, 4, 23]. An important issue in the production of dietary and functional food is to maintain the appropriate sensory characteristics, so that enriched meat products do not differ from those with a traditional recipe [3, 6, 7].

Inulin is a fructose oligomer that occurs naturally in some vegetables and fruits. It comes in the form of a white, well-soluble powder [23]. It has the ability to swell and form a gel whose structure is similar to fat. It is also low in calories and odourless, so it can be used in the production of dietary food without reducing the taste and smell characteristics

[6, 19]. The addition of inulin used in meat processing gives the products the appropriate juiciness and consistency, contributes to the softness and desired colour [2, 15, 21, 22].

Functional meat products are rare on the market because it is difficult to introduce new ingredients and obtain both a healthy and acceptable product [21]. Inulin, included in the group of soluble dietary fibre, contributes to the increase of calcium absorption in the body and influences lipid metabolism and has a hypoglycaemic effect [15, 23]. The influence of inulin on the human body is related to prebiotic properties, which result from the presence of a β -glycosidic bond, resistant to hydrolysis by digestive enzymes in the small intestine [9, 10, 11, 22, 23].

The aim of the study was to determine the effect of the addition of inulin 1.0, 3.0 and 5.0% powdered inulin on the quality of low-fat poultry sausages.

MATERIAL AND METHODS

The raw meat used in the production of low-fat poultry sausages was meat from the thighs of slaughter turkeys and broiler chicken breasts. The raw meat used was selected for its low fat content and high nutritional value. Before production, the meat was cooled to a temperature of $0\pm 2^{\circ}\text{C}$, and then cut into 3-4 cm cubes. The proportion of raw meat is set at the level of 50%:50% (6kg of turkey thigh muscles: 6 kg broiler chicken breast muscles). The raw meat was ground twice in a meat grinder (*Kenwood USA*) with a mesh with a hole diameter of 2mm, then weighed with an accuracy of 1g. 37.5% of the weight of the chilled skim milk (0.5%), 1% of the weight of salt, 0.3% of the weight of sweet pepper, 0.3% of the weight of ground pepper, 0.3% of the weight of nutmeg and 1% of the weight of fresh garlic and fried onion were added to the meat mass. The ingredients were homogenized with a homogenizer until a uniform mass was obtained. The stuffing was mixed in a mixer with a stainless steel knife (*Kenwood Major Titanium USA*). The shredded mass was divided into four parts (2kg each). To three of them, 1% (group 1), 3% (group 2) and 5% (group 3) of inulin in the form of a powder were successively added. The prepared masses were thoroughly mixed again and stuffed into the pig intestines using a *Zelmer* (Poland) meat grinder with a stuffing tip. The sausages were moulded by hand. The control group (K) consisted of low-fat poultry sausages without the addition of inulin. The formed sausages were steamed in water at 80°C until the temperature inside the bar was 75°C . Immediately after the sausages were taken out of the water, the product performance was assessed using the weight method. The efficiency of low-fat poultry sausages was assessed by weighing the products before and after heat treatment. The acidity of low-fat sausages was measured using a pH meter (*HIV 99163*) by Hanna Polska. The measurement was made by inserting the electrode to the half of the sample thickness and reading the results with an accuracy of 0.01. The water absorption of the sausages was determined by the forced leakage method (*Graua'ai Hamma*). The determination consisted in preparing samples weighing 0.28-0.32g, which were then put under pressure. The results were calculated from the measurement of the tissue leakage. The colour of sausages was assessed on a cross-section. The test was carried out using a *Chroma Meter Conica Minolta*. The measurement results were read in the CIE colorimetric system (L^*, a^*, b^*). The cutting force of the poultry sausages was measured using a *Zwick/Roell BT1 FR1.OTH.D14 (Zwick-CmbH&Co.kg. Ulm, Germany)*. The shear force test was performed with a single-knife cutting system (*Warner-Bratzler* knife) with an initial force of 0.2 N and a head speed of 100mm/min. The measurement was made on samples with dimensions of 10x10x30mm, in triplicate. The obtained results were averaged. The evaluation of sensory features was carried out by a team of 7 with proven taste and smell sensitivity. The following were considered significant qualitative characteristics of the tested sausages: the intensity and flammability of the smell, the intensity and desirability of the taste, juiciness, hardness, colour of the cross-section, general appearance and general attractiveness. The sensory evaluation was performed using a hedonic 5-point scale, ranging from 1 to 5 points, with 1 point being the smallest and 5 points being the highest intensity of a given feature. Partial assessments were also used.

Table 1. Composition of model low-fat sausages(%)
Tabela 1. Skład surowcowy modelowych parówek niskotłuszczowych (%)

Ingredients	Variants of product			
	Group K	Group 1	Group 2	Group 3
Thigh muscles of fattening turkeys	30,00	29,50	29,00	27,50
Pectoral muscles of broiler chickens	30,00	29,50	29,00	27,50
Skimmed milk	36,6	36,60	36,60	36,60
Salt	0,50	0,50	0,50	0,50
Ground sweet pepper	0,30	0,30	0,30	0,30
Ground pepper	0,3	0,30	0,30	0,30
Nutmeg	0,30	0,30	0,30	0,30
Garlic	1,00	1,00	1,00	1,00
Onion	1,00	1,00	1,00	1,00
Inulin	0,00	1,00	3,00	5,00

Source: The own study

Źródło: Badania własne

The results obtained during the research were statistically analysed with the use of the Excel and Statistica 13.3 PL programs. To indicate the significance of differences between means in groups, used the test Tukey's at a 95% confidence level ($\alpha=0.05$). The results on the effect of inulin on sensory properties of product were verified with the use of non-parametric Kruskal-Wallis tests. Differences were considered as significant if $p<0.05$. Tables 2-3 show the values of arithmetic means (\bar{x}) and standard deviations of the examined traits (SD).

RESULTS AND DISCUSSION

The use of inulin for meat products in a role other than "fat-replacer" has been the subject of the few research, hence there is little information about the impact of this ingredient on the quality of convenience products made of meat. The authors' own research showed that the addition of inulin did not have a significant ($p>0.05$) effect on the change in the pH value of poultry sausages. Similar results were obtained by Latoch [16] using inulin as a fat replacement in turkey meat patties. On the other hand, an increase in the pH value in fallow deer meat sausages with the addition of inulin was noted by Latoch and Stasiak [17]. Water absorption is defined as the ability to bind water itself or the water added to the product. The authors' own research showed a significant ($p\leq 0.05$) effect of the addition of inulin on the water retention capacity of low-fat poultry sausages. The products with 5% inulin content were characterized by the highest water absorption. The research of Méndez-Zamora et al. [20] indicate that the addition of inulin to Frankfurters increased the water absorption of the product. Florowski et al. [7] by introducing the addition of inulin to the model sausages of finely ground, as a fat substitute, they created a product that was distinguished by higher humidity compared to the product without the added additive. The

yield of meat products is an important processing indicator in meat processing. The research showed that sausages with 5% addition of inulin had significantly ($p < 0.05$) higher efficiency after thermal treatment. Also Méndez-Zamora et al. [20] reported the effect of adding inulin to Frankfurters to increase the yield and moisture of the product. The addition of dietary fibres to meat products does not always improve tenderness [12, 13]. The authors' own research showed that the addition of inulin had a significant ($p < 0.05$) effect on the hardness of poultry sausages measured by the cutting force. Sausages with 5% addition of inulin were characterized by the highest hardness. Ergönül et al. [5] report that the addition of 2.5 or 5.0% of non-hydrated inulin to the stuffing did not differentiate the instrumental hardness of ground turkey

balls. Texture measurements by García et al. [8] in studies comparing the effect of the addition of various forms of inulin preparation (non-hydrated and hydrated) on the quality of scalded mortadella sausage showed that significant differences in hardness in relation to the sausage made according to the traditional recipe occurred only at 7.5% of the amount of the added inulin preparation, regardless of the form of preparation used. At the same time, it was found that the effect of both forms of inulin on the hardness of the sausage was opposite: non-hydrated inulin increased the hardness, and when used in the form of a gel, it decreased. In the evaluation of the colour in the cross-section, it was found that sausages with the addition of inulin were characterized by a significantly ($p \leq 0.05$) higher colour saturation towards yellow (b^*) compared to the product

Table 2. The effect of the addition of inulin on the physical properties of low-fat poultry sausages
Tabela 2. Wpływ dodatku inuliny na cechy fizyczne nisko-tłuszczowych parówek drobiowych

Parameter	Variants of product			
	Group K	Group 1	Group 2	Group 3
pH	6.05±0.01	6.03±0.01	6.03±0.02	6.01±0.01
WHC (%)	35.21 ^a ±3.56	40.98 ^b ±3.12	39.30 ^b ±2.78	44.21 ^a ±2.58
Thermal processing yield (%)	79.35 ^b ±2.56	80.14 ^b ±2.96	80.92 ^b ±3.83	83.23 ^a ±3.56
Shear force (N)	38,82 ^a ±3.82	41.45 ^b ±3.09	41.60 ^b ±4.10	45.00 ^a ±2.97
Colour:				
L*, lightness	73.48±0.24	72.48±0.24	72.30±0.45	72.48±0.24
a*, redness	3.48 ^b ±0.24	4.00±0.24	4.15±0.28	4.90 ^a ±0.24
b*, yellowness	14.19 ^b ±0.16	17.08 ^a ±0.16	17.10 ^a ±0.30	17.90 ^a ±0.16

Explanations: ($\bar{x} \pm s$) arithmetic mean±standard deviation, the mean values in rows with different letters differ significantly $p \leq 0.05$

Objaśnienia: ($\bar{x} \pm s$) średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe, wartości średnie oznaczone różnymi literami w wierszach różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0.05$

Source: The own study

Źródło: Badania własne

Table 3. The effect of the addition of inulin on the sensory characteristics of low-fat poultry sausages
Tabela 3. Wpływ dodatku inuliny na cechy sensoryczne niskotłuszczowych parówek drobiowych

Parameter	Variant of			
	Group K	Group 1	Group 2	Group 3
Odour intensity	4.70±0.45	4.50±0.24	4.80±0.45	4.46±0.23
Odour desirability	4.76±0.42	4.45±0.23	4.80±0.45	4.41±0.23
Flavour intensity	4.30±0.45	4.34±0.26	4.40±0.42	4.29±0.27
Flavour desirability	4.00 ^b ±0.22	4.29±0.26	4.90 ^a ±0.22	4.32±0.24
Juiciness	4.00 ^b ±0.00	4.20±0.24	4.60 ^a ±0.00	4.30±0.24
Tenderness	4.20 ^a ±0.27	4.00±0.28	3.80±0.27	3.15 ^b ±0.23
Cross-section colour	4.20±0.27	4.20±0.28	3.80±0.27	4.00 ±0.23
General appearance	4.60±0.42	4.56±0.24	4.60±0.58	4.45±0.23
General desirability	4.40±0.31	4.41±0.27	4.50±0.54	4.20±0.24

Explanations: ($\bar{x} \pm s$) arithmetic mean±standard deviation, the mean values in rows with different letters differ significantly $p \leq 0.05$

Objaśnienia: ($\bar{x} \pm s$) średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe, wartości średnie oznaczone różnymi literami w wierszach różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0.05$

Sensory scale: odour, flavour intensity: 1 - changed, 2- moderately changed, 3- typical, weak; 4- typical, strong, 5- typical, very strong; odour, flavour desirability: 1- not desirable, 2- fairly desirable, 3- desirable, 4- very desirable, 5- highly desirable; juiciness: 1- very dry, 2- dry, 3 - slightly juicy, 4 - juicy, 5- very juicy; tenderness: 1- very hard, 2- hard, 3- slightly tender, 4- tender, 5- very tender

Skala sensoryczna zapachu i smaku: 1 - zmieniony, 2 - umiarkowanie zmieniony, 3 - typowy, słaby; 4- typowy, silny, 5- typowa, bardzo silny; pożądalność smaku i zapachu : 1- niepożądana, 2- dość pożądana, 3- pożądana, 4- bardzo pożądana, 5- bardzo pożądana; soczystość: 1- bardzo suche, 2- suche, 3 - lekko soczyste, 4 - soczyste, 5- bardzo soczyste; kruchość: 1- bardzo twarda, 2- twarda, 3- lekko delikatna, 4- delikatna, 5- bardzo delikatna

Source: The own study

Źródło: Badania własne

without the addition of inulin. Additionally, sausages with 5% addition of inulin had a higher degree of red colour saturation to the control product and the product with the addition of 1.0 and 3.0% of inulin. In the literature review [1, 8, 14, 17] there are no clear results on the impact of inulin addition on the quality of meat products. Florowski et al. [6] showed that replacing fat with inulin in sausages, regardless of its amount, did not change the $L^*a^*b^*$ parameters. Also Latoch and Stasiak [17] and Florowski et al. [7] showed that the fat replacement in the form of inulin had no effect on the colour changes of fallow deer sausage and pate.

The conducted research confirmed the beneficial effect of using the addition of 3% inulin to low-fat poultry sausages on the sensory features of the product, such as the desirable taste and juiciness. Moreover, it was shown that the 5% addition of powdered inulin increased the hardness of sausages compared to the control product and the product with 1.0 and 3.0% addition of inulin. Garcia et al. [8] showed that the addition of non-hydrated inulin increased the hardness of the mortadella-type parboiled sausage in relation to the sausage produced without its addition. In the studies by Ergönül et al. [5] the addition of non-hydrated inulin to minced meatballs did not change the hardness of the product. Mendoza et al. [20] showed that the addition of inulin improved the organoleptic characteristics of the raw ripened sausage. Different results were obtained by Makała [18] and Florowski et al. [7]. The authors demonstrated the negative influence of inulin on the general desirability of canned meat and baked pates, the sensory characteristics of which deteriorated with increasing inulin addition.

SUMMARY

The use of the addition (1.0, 3.0 and 5.0%) of powdered inulin, in relations to the weight of basic scalers of poultry

sausages stuffing, had an impact on the quality and sensory characteristics of the product.

The addition of inulin contributed to an increase in water absorption of the product, saturation of the colour towards yellow and an increase in its hardness, along with an increase in the amount of the additive used (3% - 5%). Poultry sausages containing 5% inulin were characterized by higher efficiency, hardness measured by cutting force and higher colour saturation towards red compared to sausages with the addition of 1%, 3% and the group without the addition of inulin.

The obtained results of sensory tests indicate that the 3% addition of inulin is the most beneficial for the taste and juiciness of the product. The addition of 5% powdered inulin increased the hardness of poultry sausages.

PODSUMOWANIE

Zastosowanie dodatku (1,0, 3,0 i 5,0%) inuliny w proszku, w stosunku do masy podstawowych składników farszu parówek drobiowych miało wpływ na cechy jakościowe i sensoryczne produktu.

Dodatek inuliny przyczynił się do zwiększenia wodochłonności produktu, wysycenia barwy w kierunku żółtym oraz zwiększenia jego twardości, wraz ze wzrostem ilości stosowanego dodatku (3% - 5%). Parówki drobiowe zawierające 5% inuliny cechowały się wyższą wydajnością, twardością mierzoną siłą cięcia raz wyższym wysyceniem barwy w kierunku czerwieni w porównaniu z parówkami z dodatkiem 1%, 3% i grupą bez dodatku inuliny.

Uzyskane wyniki badań sensorycznych wskazują, że 3% dodatek inuliny jest najbardziej korzystny dla zachowania atrakcyjności smakowej i soczystości produktu. Dodatek 5% inuliny w proszku wpłynął na zwiększenie twardości parówek drobiowych.

REFERENCES

- [1] ALAEI F., M. HOJJATOLESLAMY, S.M. HASHEMI DEHKORDI. 2017. "The effect of inulin as a fat substitute on the physicochemical and sensory properties of chicken sausages". Food Science & Nutrition 6(3): 512–519.
- [2] ARAUJO C.D.L., G.F. COSTA, F.L.N. OLIVIERA, G.A. AZERÊDO. 2021. "Elaboração de salsichas de frango com reduto de gordura e adição de inulina". Brazilian Journal of Food Technology v. 24: e2019334.
- [3] ARENAS O.M., M.F. RODRIGUEZ SOLANO, R.M. GUERRERO GARCIA, R.A SIERRA MORENO, M.B. FUENTES CONDE. 2020. "Elaboración de una salchich de pavo para paciente con carcinoma hepatocelular (hep nut)". Alimentech Ciecía Y Tecnología Alimentaria 18(1): 45–53.
- [4] DYBKOWSKA E., E. ZALEWSKA. 2015. „Właściwości funkcjonalne i technologiczne inuliny i fruktooligosacharydów”. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego 1: 82–85.

REFERENCES

- [1] ALAEI F., M. HOJJATOLESLAMY, S.M. HASHEMI DEHKORDI. 2017. "The effect of inulin as a fat substitute on the physicochemical and sensory properties of chicken sausages". Food Science & Nutrition 6(3): 512–519.
- [2] ARAUJO C.D.L., G.F. COSTA, F.L.N. OLIVIERA, G.A. AZEREDO. 2021. "Elaboracao de salsichas de frango com reduto de gordura e adicao de inulina". Brazilian Journal of Food Technology v. 24: e2019334.
- [3] ARENAS O.M., M.F. RODRIGUEZ SOLANO, R.M. GUERRERO GARCIA, R.A SIERRA MORENO, M.B. FUENTES CONDE. 2020. "Elaboracion de una salchich de pavo para paciente con carcinoma hepatocelular (hep nut)". Alimentech Ciecía Y Tecnología Alimentaria 18(1): 45–53.
- [4] DYBKOWSKA E., E. ZALEWSKA. 2015. „Wlasciwosci funkcjonalne i technologiczne inuliny i fruktooligosacharydow”. Postępy Techniki Przetworstwa Spożywczego 1: 82–85.

- [5] **ERGÖNÜL B., P.G. ERGÖNÜL, E. OBUZ. 2009.** „Funktionelle Eigenschaften prebiotischer Zutaten in Fleisch-chnprodukten: Chemische, physikalische und sensorische Eigenschaften von mit Inu und Oligofruktose hergestellten Hackfleischbällchen”. *Fleischwirtsch* 89 (2): 140–143.
- [6] **FLOROWSKI T., L. ADAMCZYK, I. FUERTES HERNANDEZ, M.B. MORENO FRANCO, A. TYBURCY. 2010.** „Ocena wpływu stopnia substytucji tłuszczu inuliną na wybrane wyróżniki jakości modelowych kielbas”. *Nauka. Przyroda. Technologia* 4(5): 57.
- [7] **FLOROWSKI T., L. ADAMCZAK, I. FUERTES HERNÁNDEZ, M. BELEN MORENO FRANCO, A. TYBURCY. 2008.** „Ocena wpływu stopnia substytucji tłuszczu inuliną na jakość pieczonych pasztetów drobiowych”. *Rocznik Instytutu Przemysłu Mięsnego i Tłuszczowego* 46(2): 119–129.
- [8] **GARCÍA M.L., E. CÁCERES, M.D. SELGAS. 2006.** “Effect of inulin on the textural and sensory properties of mortadella, a Spanish cooked meat product”. *Int. J. Food Sci. Technol.* 41: 1207–1215.
- [9] **GŁODEK E., P. DUMA, M. RUDY. 2016.** „Wybrane składniki funkcjonalne stosowane w przetwórstwie mięsa”. *Przegląd wybranych zagadnień z zakresu przemysłu spożywczego*: 123–134.
- [10] **GODULA K., B. CZERNIEJEWSKA-SURMA, I. DMYTRÓW, D. PLUST, O. SURMA. 2019.** „Możliwość zastosowania błonnika pokarmowego do produkcji żywności funkcjonalnej”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2(119): 5–17.
- [11] **GÓMEZ-MURIEL L.A., E. BENÍTEZ-SEPÚLVEDA, A. VELÁSQUEZ-HENAO, F. JARAMILLO-YEPES. 2021.** “Desaeoollo de una carne de hamburguesa de pechuga de pollo con adición de fibra y reducción de Grasa”. *Perspectivas En Nutrición Humana* 23(1): 15–26.
- [12] **JANCZAR-SMUGA M., E. GONDEK. 2017.** Wpływ dodatku preparatów zawierających inulinę na cechy sensoryczne wybranych produktów żywnościowych. *Kwartalnik Naukowy Uczelnia Vistula* 2(55): 247–258.
- [13] **KHRAMOVA V. N., E. V. KHRAPOVA, I.F. GORLOV, O.A. KNYAZHECHENKO., Y.I. KHRAMOVA, A. N BURDINA., E. A. CHEKHOVA. 2021.** “Development of prebiotic-rich sausage Brades with reduced calories”. *IOP Conferences Series: Earth and Environmental Science* 677: 032036.
- [14] **KRZYWDZIŃSKA-BARTKOWIAK M., M. PIĄTEK, M. GUMIENNA, R. KOWALSKI, M.MONTOWSKA, S. CHUDY. 2016.** „Jakość sensoryczna kielbasy z udziałem suszonego bobu fermentowanego”. *Współczesne trendy w kształtowaniu jakości żywności* 1: 105–117.
- [15] **KULCZYŃSKIB.,A.GRAMZA-MICHAŁOWSKA. 2016.** „Właściwości prozdrowotne fruktanów typu inuliny”. *Medycyna Rodzinna* 19(6): 86–90.
- [5] **ERGONUL B., P.G. ERGONUL, E. OBUZ. 2009.** „Funktionelle Eigenschaften prebiotischer Zutaten in Fleisch-chnprodukten: Chemische, physikalische und sensorische Eigenschaften von mit Inu und Oligofruktose hergestellten Hackfleischballchen”. *Fleischwirtsch* 89 (2): 140–143.
- [6] **FLOROWSKI T., L. ADAMCZYK, I. FUERTES HERNANDEZ, M.B. MORENO FRANCO, A. TYBURCY. 2010.** „Ocena wpływu stopnia substytucji tłuszczu inulina na wybrane wyrozniki jakości modelowych kielbas”. *Nauka. Przyroda. Technologia* 4(5): 57.
- [7] **FLOROWSKI T., L. ADAMCZAK, I. FUERTES HERNANDEZ, M. BELEN MORENO FRANCO, A. TYBURCY. 2008.** „Ocena wpływu stopnia substytucji tłuszczu inulina na jakosc pieczonych pasztetow drobiowych”. *Rocznik Instytutu Przemysłu Miesnego i Tluszczowego* 46(2): 119-129.
- [8] **GARCIA M.L., E. CACERES, M.D. SELGAS. 2006.** “Effect of inulin on the textural and sensory properties of mortadella, a Spanish cooked meat product”. *Int. J. Food Sci. Technol.* 41: 1207–1215.
- [9] **GŁODEK E., P. DUMA, M. RUDY. 2016.** „Wybrane składniki funkcjonalne stosowane w przetworstwie miesa”. *Przegląd wybranych zagadnień z zakresu przemysłu spożywczego*: 123–134.
- [10] **GODULA K., B. CZERNIEJEWSKA-SURMA, I. DMYTROW, D. PLUST, O SURMA. 2019.** „Mozliwosc zastosowania blonnika pokarmowego do produkcji zywnosci funkcjonalnej”. *Zywnosc. Nauka. Technologia. Jakosc* 2(119): 5–17.
- [11] **GOMEZ-MURIEL L.A., E. BENITEZ-SEPULVEDA, A. VELASQUEZ-HENAO, F. JARAMILLO-YEPES. 2021.** “Desaeoollo de una carne de hamburguesa de pechuga de pollo con adicion de fibra y reduccion de Grasa”. *Perspectivas En Nutricion Humana* 23(1): 15–26.
- [12] **JANCZAR-SMUGA M., E. GONDEK. 2017.** Wpływ dodatku preparatów zawierających inuline na cechy sensoryczne wybranych produktów żywnościowych. *Kwartalnik Naukowy Uczelnia Vistula* 2(55): 247–258.
- [13] **KHRAMOVA V. N., E. V. KHRAPOVA, I.F. GORLOV, O.A. KNYAZHECHENKO., Y.I. KHRAMOVA, A. N BURDINA., E. A. CHEKHOVA. 2021.** “Development of prebiotic-rich sausage Brades with reduced calories”. *IOP Conferences Series: Earth and Environmental Science* 677: 032036.
- [14] **KRZYWDZINSKA-BARTKOWIAK M., M. PIATEK, M. GUMIENNA, R. KOWALSKI, M.MONTOWSKA, S. CHUDY. 2016.** „Jakosc sensoryczna kielbasy z udzialem suszonego bobu fermentowanego”. *Wspolczesne trendy w kształtowaniu jakości żywności* 1: 105–117.
- [15] **KULCZYNSKIB.,A.GRAMZA-MICHAŁOWSKA. 2016.** „Wlasciwosci prozdrowotne fruktanow typu inuliny”. *Medycyna Rodzinna* 19(6): 86–90.

- [16] **LATOCH A. 2016.** „Wpływ inuliny jako zamiennika tłuszczu na skład chemiczny, wartość kaloryczną, kwasowość oraz stopień utlenienia lipidów pasztetów z mięsa indyka”. Rola procesów technologicznych w kształtowaniu jakości żywności. Oddział Małopolski Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności: 248–255.
- [17] **LATOCH A., D.M. STASIAK. 2019.** Jakość kielbas z mięsa daniela z dodatkiem serwatki kwasowej i inuliny. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej: 75–88.
- [18] **MAKAŁA H. 2003.** „Wpływ preparatów błonnika ziemniaczanego i pszennego oraz inuliny na wybrane wyróżniki fizykochemiczne i reologiczne modelowej konserwy mięsnej”. Żywność., 3(36): 21–31.
- [19] **MAKAŁA H. 2018.** „Modyfikacja wartości żywieniowej mięsa i przetworów mięsnych poprzez zmianę ilości i składu tłuszczów oraz ograniczanie ilości soli”. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 2(115): 9–23.
- [20] **MÉNDEZ-ZAMORA G., J.A.GARCÍA-MACÍAS, E. SANTELLANO-ESTRADA, A. CHÁVEZ-MARTÍNEZ, L.A. DURÁN-MELÉNDEZ, R. SILVA-VÁZQUEZ, A. QUINTERO-RAMOS. 2015.** “Fat reduction in the formulation of frankfurter sausages Using inulin and pectin”. Food Science and Technology 35(1): 25–31.
- [21] **ÖZTÜRK B., M. SERDAROĞLU. 2017.** “A rising star prebiotic dietary fiber: inulin and recent applications in meat products”. Journal of Food and Health Science 3(1): 12–20.
- [22] **PRZYBYLSKI W., K. KAJAK-SIEMASZKO, D. JAWORSKA, E. SZYMCZYK, P. SAŁEK. 2018.** „Zastosowanie błonnika pokarmowego o zróżnicowanej długości włókien do podwyższenia jakości wędlin wyprodukowanych z mięsa wadliwego”. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 2(115): 34–47.
- [23] **YOUSEFI M., N. KHORSHIDIAN, H. HOSSEINI. 2018.** “An overview of the functionality of inulin in meat and poultry products”. Nutrition & Food Science 48(4): DOI 10.1108/NFS-11-2017-0253.
- [16] **LATOCH A. 2016.** „Wpływ inuliny jako zamiennika tłuszczu na skład chemiczny, wartość kaloryczną, kwasowość oraz stopień utlenienia lipidów pasztetów z mięsa indyka”. Rola procesów technologicznych w kształtowaniu jakości żywności. Oddział Małopolski Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności: 248–255.
- [17] **LATOCH A., D.M. STASIAK. 2019.** Jakość kielbas z mięsa daniela z dodatkiem serwatki kwasowej i inuliny. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej: 75–88.
- [18] **MAKAŁA H. 2003.** „Wpływ preparatów błonnika ziemniaczanego i pszennego oraz inuliny na wybrane wyróżniki fizykochemiczne i reologiczne modelowej konserwy mięsnej”. Żywność., 3(36): 21–31.
- [19] **MAKAŁA H. 2018.** „Modyfikacja wartości żywieniowej mięsa i przetworów mięsnych poprzez zmianę ilości i składu tłuszczów oraz ograniczanie ilości soli”. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 2(115): 9–23.
- [20] **MÉNDEZ-ZAMORA G., J.A.GARCÍA-MACÍAS, E. SANTELLANO-ESTRADA, A. CHÁVEZ-MARTÍNEZ, L.A. DURÁN-MELÉNDEZ, R. SILVA-VÁZQUEZ, A. QUINTERO-RAMOS. 2015.** “Fat reduction in the formulation of frankfurter sausages Using inulin and pectin”. Food Science and Technology 35(1): 25–31.
- [21] **ÖZTÜRK B., M. SERDAROĞLU. 2017.** “A rising star prebiotic dietary fiber: inulin and recent applications in meat products”. Journal of Food and Health Science 3(1): 12–20.
- [22] **PRZYBYLSKI W., K. KAJAK-SIEMASZKO, D. JAWORSKA, E. SZYMCZYK, P. SAŁEK. 2018.** „Zastosowanie błonnika pokarmowego o zróżnicowanej długości włókien do podwyższenia jakości wędlin wyprodukowanych z mięsa wadliwego”. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 2(115): 34–47.
- [23] **YOUSEFI M., N. KHORSHIDIAN, H. HOSSEINI. 2018.** “An overview of the functionality of inulin in meat and poultry products”. Nutrition & Food Science 48(4): DOI 10.1108/NFS-11-2017-0253.

Mgr inż. Ewa KOWALSKA¹

Mgr inż. Beata MALISZEWSKA²

Dr hab. Małgorzata ZIARNO, prof. SGGW¹

¹Division of Milk Technology, Department of Food Technology and Assessment, Institute of Food Science, Warsaw University of Life Sciences – SGGW (WULS-SGGW), Warsaw, Poland

Zakład Technologii Mleka, Katedra Technologii i Oceny Żywności, Instytut Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Polska

²Institute of Horticultural Sciences, Warsaw University of Life Sciences – SGGW (WULS-SGGW), Warsaw, Poland
Instytut Nauk Ogrodniczych, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Polska

CHARACTERIZATION OF FERMENTED MILKS AFTER THE PASSAGING PROCESS OF STARTER CULTURES®

Charakterystyka mlek fermentowanych po procesie pasażowania kultur starterowych®

Key words: yoghurt, probiotic, passage, lactose, bacterial viability.

The aim of this study presented in the article was an investigation the influence of the passaging process of starter cultures on selected properties of fermented milks. The study involved fermentation of cow's milk with three starter cultures containing bacteria from the genera Lactobacillus, Streptococcus, and Bifidobacterium. The obtained fermented milk samples were used as starters to perform another round of fermentation and fermentation after 3 days of refrigerated storage of the samples. The pH, number of bacterial cells, and sugar profile of the fermented milk were then determined. The results showed that passage is an important factor determining the dynamics of the lactic acid fermentation process. The passage process significantly influenced the number of bacterial cells in milk. It was also observed that after the first and second passages, the fermented milk samples showed lower lactose content. The present study provides useful references on the metabolism of lactic acid bacteria and bifidobacteria in fermented milks.

Słowa kluczowe: jogurt, probiotyk, pasaż, laktoza, żywotność bakteryjna.

Celem pracy zaprezentowanej w artykule było zbadanie wpływu procesu pasażowania kultur starterowych na wybrane właściwości mlek fermentowanych. Badania obejmowały fermentację mleka krowiego trzema kulturami starterowymi zawierającymi bakterie z rodzajów Lactobacillus, Streptococcus i Bifidobacterium. Otrzymane próbki mleka fermentowanego posłużyły jako startery do przeprowadzenia kolejnej rundy fermentacji i fermentacji po 3 dniach przechowywania próbek w warunkach chłodniczych. Następnie określono pH, liczbę komórek bakteryjnych i profil cukru w próbkach mleka fermentowanego. Wyniki wykazały, że pasaż jest ważnym czynnikiem determinującym dynamikę procesu fermentacji kwasu mlekowego. Proces pasażowania istotnie wpłynął na liczbę komórek bakteryjnych w mleku. Zaobserwowano również, że po pierwszym i drugim pasażu próbki mleka fermentowanego wykazywały niższą zawartość laktozy. Niniejsze badanie dostarcza użytecznych informacji na temat metabolizmu bakterii kwasu mlekowego i bifidobakterii w mleku fermentowanym.

INTRODUCTION

According to the definition of the Food and Agriculture Organization (FAO), the World Health Organization (WHO), and the International Dairy Federation (IDF/FIL), fermented dairy beverages are products made of whole milk, partially skimmed, completely fat-free, concentrated, or regenerated milk powders fermented by specific microorganisms. Microflora ferment lactose present in milk and causes its coagulation, leading to a reduction in pH value. In the final product, these microorganisms must remain viable, active, and abundant until the last day of use [1,3]. Milk beverages are classified into nonfermented and fermented milk products. Nonfermented beverages include pasteurized food milk,

sterilized food milk, ultra-high temperature (UHT)-sterilized food milk, milk with added flavors or nutrients. Fermented milk beverages include products such as yogurt, kefir, curdled milk, and new generation dairy products. The criterion to differentiate fermented milk beverages is based on the composition of the beneficial microflora added to them [5,6]. Only products that meet the requirements of the appropriate composition of the microflora and its abundance may be designated as yogurt, acidophilic milk, fermented milk, kefir, and koumiss [1].

According to the guidelines of the FAO/WHO Codex Alimentarius standard, the number of viable lactic acid bacteria (LAB) cells contained in yoghurts should be at

Corresponding author – Adres do korespondencji: Ewa Kowalska, Division of Milk Technology, Department of Food Technology and Assessment, Institute of Food Science, Warsaw University of Life Sciences – SGGW (WULS-SGGW), 159c Nowoursynowska Street, 02-766 Warsaw, Poland; kowalska.ewa.95@wp.pl

least 10^7 CFU/g until the last day of the product's shelf-life in terms of technical microflora [1]. The presence of live starter cultures (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*) in yoghurts throughout their declared shelf-life is one of the factors that determine their dietary, preventive, and therapeutic values [8]. Fermented foods have been consumed by humans since several centuries. They are minimally processed and acquire higher health values through the fermentation process. Furthermore, the probiotic bacterial strains have beneficial effects on human health by influencing the regulation of the functions of the intestinal microbiota [2]. They help in faster recovery from previous intestinal infections and enhance immunity. Moreover, their anticancer and antiallergenic activity has been demonstrated. In recent years, because of increased consumer awareness related to healthy eating, there has been a rapid growth in the consumption of this type of food. The fermented food market has been expanding with the introduction of new products. Furthermore, considering all the benefits of fermented foods for the functioning of the digestive system, it has been proposed that they should be included in dietary recommendations [4].

Probiotic is defined as a product or preparation containing live, suitable microorganisms in the required number that alter the microflora (by colonization or implantation) in the host's intestine and consequently have a beneficial effect on the host's health. These microorganisms are mainly LAB that can inhabit various environments, including the human body [7]. The term probiotic is reserved for products or preparations that contain live microbial cells; they improve the health of humans and animals and have a beneficial effect on the digestive tract, the oral cavity, and the genitourinary tract [11]. According to the probiotic criterion of FAO/WHO, the number of viable probiotic microbial cells in fermented milk beverages should be at least 10^6 CFU/g. This condition must be met throughout the product's shelf-life and is referred to as the therapeutic minimum [12].

Therefore, the present study aimed to investigate the role of the passage process of starter cultures on fermented milks and to gain a better understanding of which characteristics of beverages will change and how. To achieve these objectives, we conducted fermentation of milks under different conditions using one type of Zakwaska. During the fermentation process, we monitored the pH value, the number of microbial cells of the culture, and the profile of sugars in the fermented milks. We also assessed these features after the fermentation process when the beverages were refrigerated for 3 days.

MATERIALS AND METHODS

The following three industrial bacterial starters were used in this study: (1) ACIDOLAKT (Vivo, Ontario, Canada) containing lactose-fermenting, sucrose-fermenting, freeze-dried strains of *Bifidobacterium lactis* (2 strains), *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium breve*, *Bifidobacterium infantis*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, and *Streptococcus thermophilus*; (2) BIFIVIT (Vivo, Ontario, Canada) containing lactose-fermenting, sucrose-fermenting, freeze-dried strains of *Bifidobacterium lactis* (2 strains), *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium breve*, *Bifidobacterium infantis*, *Lactobacillus bulgaricus*,

Lactobacillus acidophilus, and *Streptococcus thermophilus*; and (3) PROBIO JOGURT (Vivo, Ontario, Canada) containing lactose-fermenting, sucrose-fermenting, freeze-dried strains of *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis* (2 strains), *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium breve*, *Bifidobacterium infantis*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus gasseri*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus salivarius*, *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus plantarum*, and *Propionibacterium freudenreichii*.

Ringer's solution (tablets) was purchased from Merck Millipore (Darmstadt, Germany). BSM supplement, clindamycin hydrochloride, ciprofloxacin hydrochloride, HPLC grade methanol, HPLC purity standard for glucose, HPLC grade galactose standard, HPLC purity standard for sucrose, and HPLC purity standard for lactose were purchased from Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA). Acetonitrile for HPLC was purchased from POCH (Gliwice, Poland).

Fermentation process

The contents of the vial with the Zakwaska culture were diluted in 20 mL of UHT milk with 3.2% fat content and left for several minutes at room temperature to hydrate the bacterial cells. Next, 150 g of UHT milk with 3.2% fat content were weighed into the prepared 4 sterile Schott bottles, and the bottles were marked as follows: A, B, C, and D. The milk portion was inoculated with a starter.

- 3 mL starter cultures into samples A and B, and
- 1 mL starter cultures into samples C and D

The prepared milk samples were fermented for 5 h at the following temperatures:

- samples A and C at 37°C
- samples B and D at 45°C.

After the end of fermentation, the fermented milk samples were placed in a refrigerator at 6°C for 3 days. After this time, the trials were used as starters for the fermentation of subsequent portions (at 5% dose) of UHT milk. Schott bottles with milk portions were re-labeled with A, B, C, and D as follows:

- for the new trial A, the starter was trial A of fermented milk,
- for the new trial B, the starter was trial B of fermented milk,
- for the new trial C, the starter was trial C of fermented milk,
- for the new trial D, the starter was trial D of fermented milk.

The parameters of milk fermentation did not change. The fermentation lasted for 5 h. After the completion of fermentation, the Schott bottles with milk portions were placed in the refrigerator at 6°C for 3 days. After this time, the trials were again used as starters for the fermentation of further new portions (at 5% dose) of UHT milk in the same way as that for the first time. The parameters of milk fermentation were kept the same as those for the first time. After the end of this

fermentation step, the passaging and fermentation cycle of the fermented milk samples was completed, and the samples were kept in the refrigerator at 6°C for 3 days.

Determination of the pH value

The pH was measured using a pH meter (CPO-505 model, Elmetron, Zabrze, Poland). The measurement was conducted during the fermentation, passage, and refrigerated storage of the milk samples. Samples for measurement were collected during fermentation (time: 0, 1, 2, 3, 4, and 5 h) and after 3 days of refrigerated storage. Each measurement was performed twice.

Microbiological analysis

The microbiological analysis was performed during fermentation, passaging, and after the fermentation process during refrigerated storage. Five microbiological media were used to conduct the analyses: MRS agar (de Man, Rogosa, and Sharpe agar, a selective medium for the isolation of LAB) (Merck, Darmstadt, Germany) to count lactobacilli cells, BSM agar (Bifidus Selective Medium Agar, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) to count bifidobacteria cells, M17 agar (Merck, Darmstadt, Germany) to count *S. thermophilus* cells, *Propionibacterium* Medium to count *Propionibacterium* spp., and MRS-CC (de Man, Rogosa, and Sharpe medium with clindamycin and ciprofloxacin addition) to count *Lactobacillus acidophilus*. Microbiological analysis was performed by the traditional plate method. MRS, MRS-CC, BSM, and M17 media were incubated at 37°C for 48 h. *Propionibacterium* medium was incubated at 37°C for 5 days. The Petri dishes with the MRS, MRS-CC, BSM, and *Propionibacterium* medium were placed in anaerobic jars. The results thus obtained are expressed as mean values of colony-forming unit per milliliter of beverage (CFU/mL) in two parallel replicates.

Preparation of Extracts for Carbohydrate Analysis

First, carbohydrate extraction was performed. For this purpose, 8.0 g of the milk sample and 32.0 g of methanol (HPLC grade, >99.9%, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) were measured in a falcon tube, and the contents of the tube were mixed intensively. The tube was then placed in an ultrasonic bath for 30 min (at 30°C). The product thus obtained was then centrifuged in a laboratory centrifuge (MPW-350R, Irmeco, Bielsko-Biała, Poland) at $3000 \times g$ for 30 min at 4°C. After evaporating the solvent and concentrating the samples, the contents of the test tubes were mixed intensively and filtered into chromatographic vials through a syringe filter with 0.45 µm pore size.

Chromatographic Analysis of Carbohydrates

The carbohydrates were subjected to chromatographic analysis on an HPLC device consisting of a DeltaChrom Pump Injector (S6020 Needle Injection Valve, Sykam, Fürstfeldbruck, Germany), a DeltaChrom Temperature Control Unit (Sykam), a refractive index detector (S3580 RI Detector, Sykam, Eresing, Germany), a precolumn Guard Column Sugar-D (10 mm × 4.6 mm, 5 µm; Cosmosil, Nacalai Tesque, Kyoto, Japan), and a column Sugar-D (250 mm × 4.6 mm, 5 µm; Cosmosil, Kyoto, Japan). The mobile phase contained acetonitrile (HPLC grade, >99.9%) and ultrapure distilled water in a weight ratio of 60:40. From the

chromatographic vials, 40 µL of the solution was withdrawn using a laboratory microsyringe. The operating parameters of the HPLC device were as follows: flow 1 mL/min, column temperature 30°C; RI detector settings: range 10000 mV, and sample rate 2 Hz. Each sample was analyzed for 20 min. Carbohydrates were identified, and their concentration in the tested samples was calculated based on a comparison of the obtained results with the results obtained for external standards. Relevant external standards of glucose, galactose, sucrose, and lactose (Avantor Performance Materials Poland S.A., Gliwice, Poland) were determined by analyzing the samples. Each measurement was performed twice.

Statistical Analysis

The results were statistically analyzed in Statgraphics XVII software (Statgraphics Technologies, Inc., The Plains, Virginia, USA). A two-way analysis of variance was performed. Tukey's test was used for detailed analysis and evaluation of differences between mean values. Homogeneous groups were designated. Testing was performed at the significance level of $p = 0.05$.

RESULTS AND DISCUSSION

pH values during fermentation

The smallest reduction in pH during the fermentation process was observed for the samples of milk from 1 batch, both for ACIDOLAKT (Figure 1) and PROBIO JOGURT (Figure 3). The pH values for the 2 and 3 settings were remarkably similar for both ACIDOLAKT and PROBIO JOGURT. The most dynamic fermentation process was demonstrated by trials B and D in all types of Zakwaska achieving the lowest pH of approximately 4.5. Trials A and C reached higher pH values, which may be due to lower set point temperature. The changes in the pH value were significantly dependent on the time of the fermentation process, the passage number, and the setting variant. Settings 2 and 3 showed the lowest pH values, which may be due to the presence of active, multiplying microflora that could perform metabolic processes faster than lyophilized cultures. The results obtained in another study showed that the yogurt samples after 5 weeks of refrigerated storage exhibited lower pH values [9]. Similar results were obtained by Nighswonger et al. [9]. The passaging process was not carried out in the abovementioned studies; however, yoghurts exhibited lower pH values after longer storage, which shows analogy to our present study. Settings 2 and 3 were subjected to a longer refrigeration period [15].

Bacterial population

The milk samples after fermentation with ACIDOLAKT ZAKWASKA (Figure 4) showed a greater number of cells of *Lactobacillus*. For 1 setpoint in each variant of the trial, the initial number of cells was lower than that in sets II and III and was 6.5 log (CFU/mL) for trials A, B, and C and 6.0 log (CFU/mL) for trial D. The final cell count after the fermentation process was similar in all variants of the trials and was 8.5-9 log (CFU/mL). This indicates that the type of starter does not significantly affect the number of bacterial cells from the *Lactobacillus* genus, which was confirmed by statistical analysis. The number of *S. thermophilus* cells (Figure 4) was

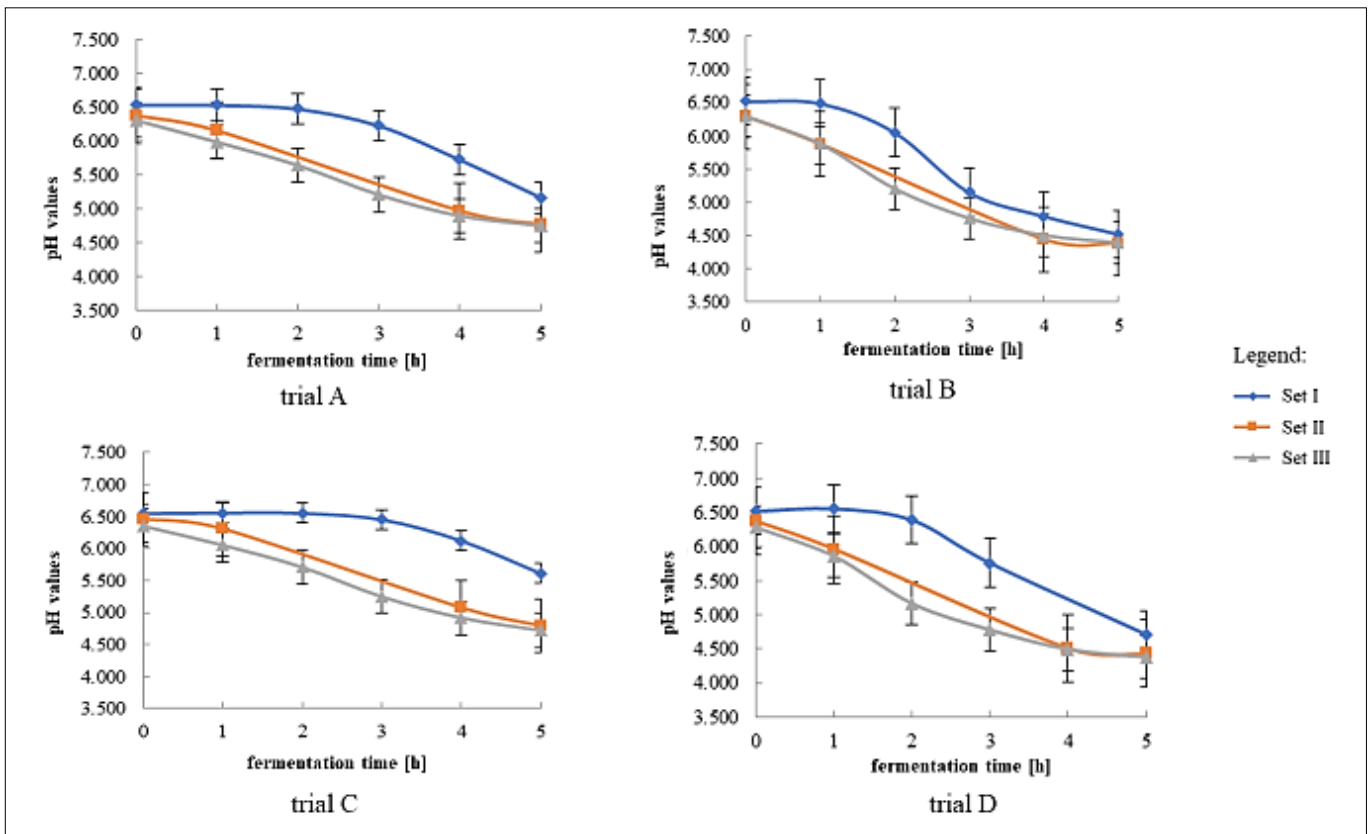


Fig. 1. Changes in the pH value (mean values and standard deviations)- ACIDOLAKT.

Rys. 1. Zmiany wartości pH (wartości średnie i odchylenia standardowe) – ACIDOLAKT.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

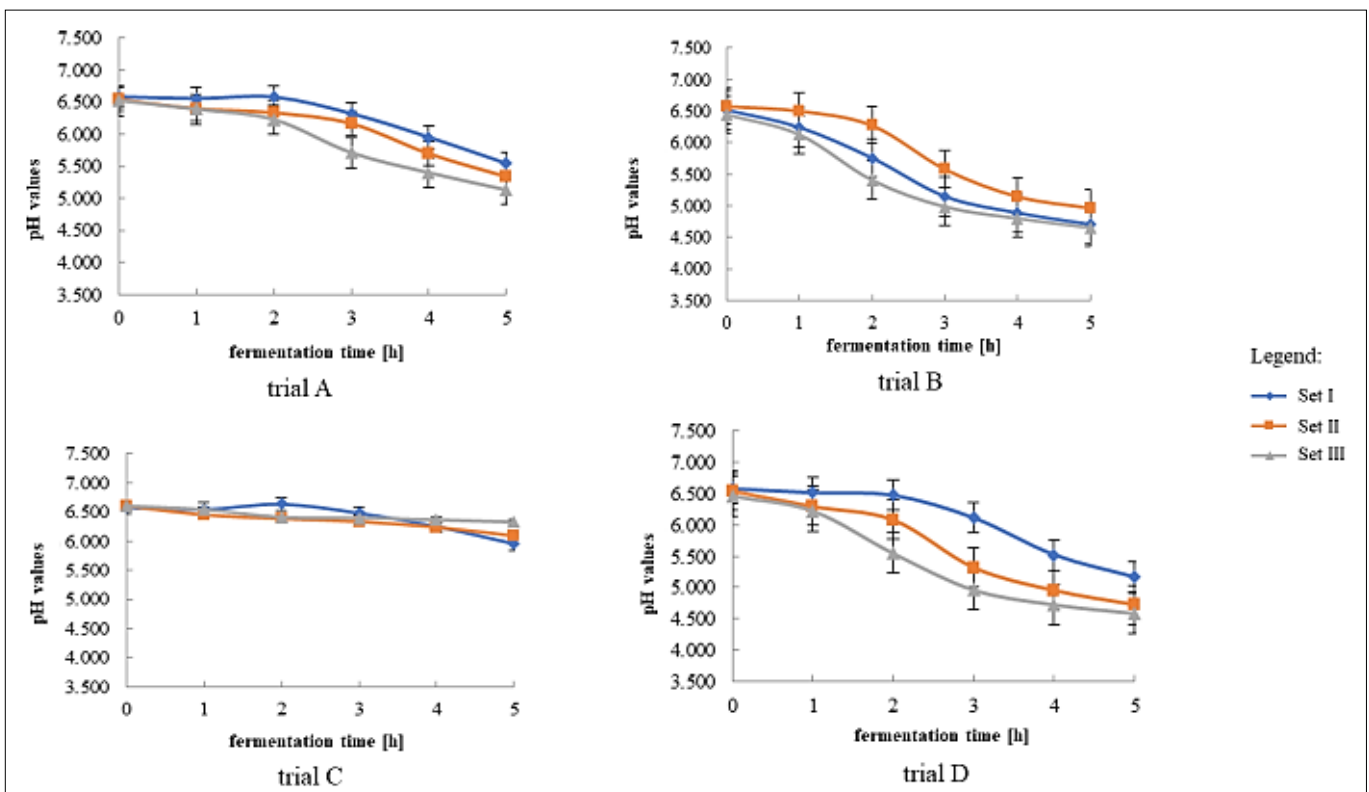


Fig. 2. Changes in the pH value (mean values and standard deviations)- BIFIVIT.

Rys. 2. Zmiany wartości pH (wartości średnie i odchylenia standardowe)- BIFIVIT.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

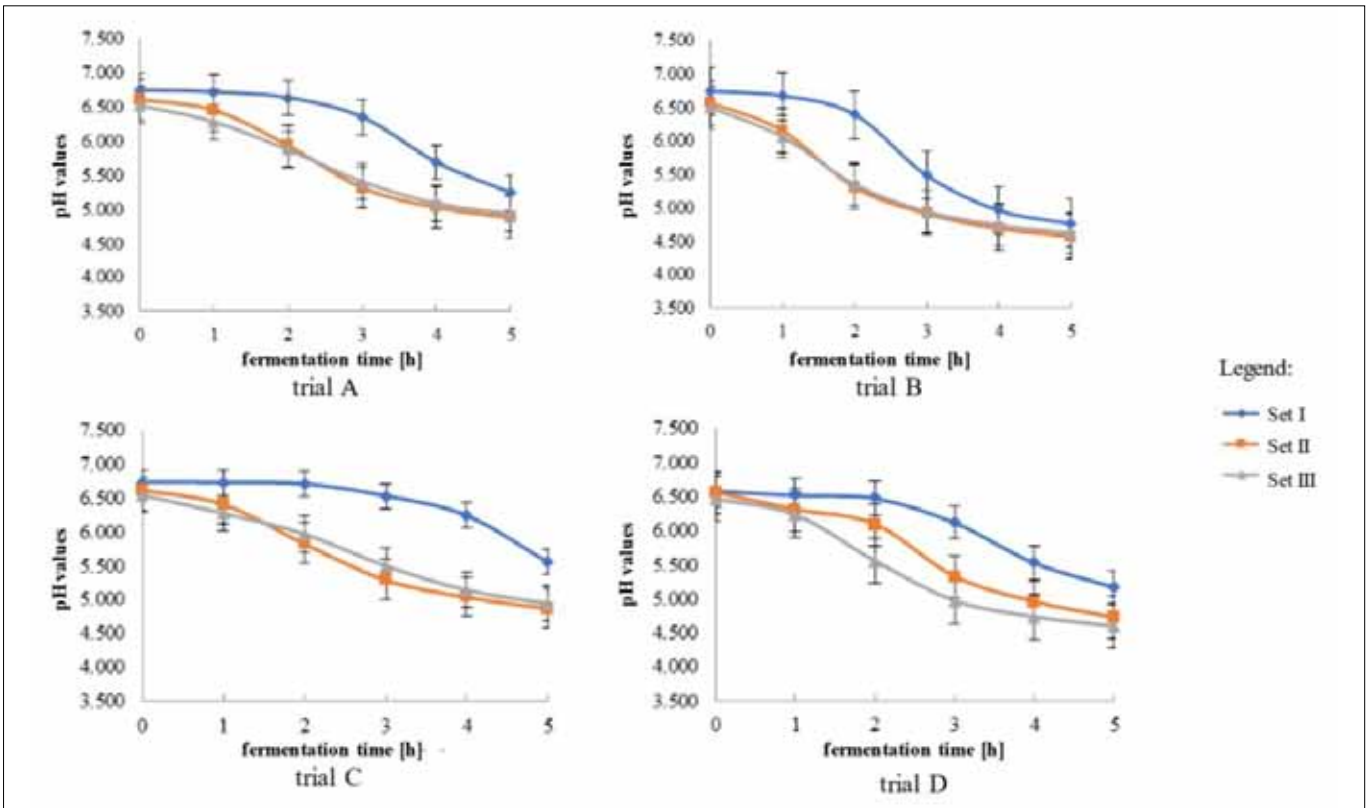


Fig. 3. Changes in the pH value (mean values and standard deviations) – PROBIO JOGURT.
 Rys. 3. Zmiany wartości pH (wartości średnie i odchylenia standardowe) – PROBIO JOGURT.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

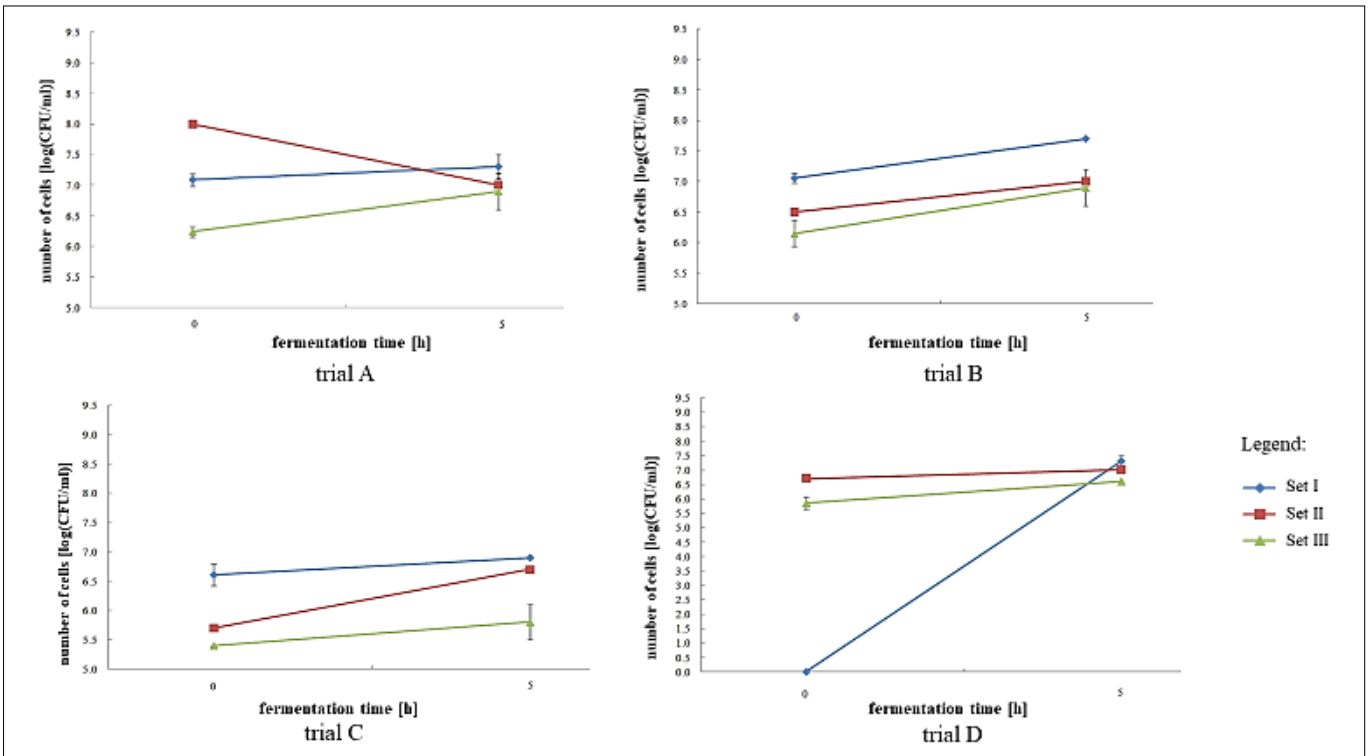


Fig. 4. Changes in the number of *Streptococcus thermophilus* cells in milk fermented with ACIDOLAKT ZAKWASKA (mean values and standard deviations).

Rys. 4. Zmiany liczby komórek *Streptococcus thermophilus* w mleku fermentowanym kulturą starterową ACIDOLAKT ZAKWASKA (wartości średnie i odchylenia standardowe).

Source: The own study

Źródło: Badania własne

remarkably similar, except for trials A and C of set II; this finding suggests that bacterial cells die due to competition for nutrients and the production of metabolites. The final bacterial cell count of the remaining trial variants ranged from 8.0 to 9.0 log (CFU/mL). Thus, the passage number has a statistically significant effect on the number of cells.

For *Lactobacillus acidophilus*, the highest number of cells after fermentation was found in set I and amounted to 7.7 log (CFU/mL) for trial A, 7.5 log (CFU/mL) for trial B, and 7.0 log (CFU/mL) for trial C. The lowest number of cells was found in trials after 2 passages. There was little or no increase in the number of cells of the genus *Bifidobacterium*. Changes in the number of bacterial cells depended significantly on the setting variant, but not on the passage number.

The increase in the number of bacterial cells of the *Bifidobacterium* genus after fermentation in all samples within each setting was exceedingly small or was not observed.

It was noted that for each sample of milk fermented with BIFIVIT ZAKWASKA, the milk after fermentation from set III showed the highest number of *Lactobacillus* spp. cells, and it was approximately 8.0 log (CFU/mL) in samples A, B, and D and approximately 7.5 log (CFU/mL) in sample C. This was probably because after the second passage, bacterial cells showed high metabolic activity, and therefore, it was easier for them to multiply quickly. The fermented milk from sets I and II of all samples showed a similar content of *Lactobacillus* spp. cells, and this value was from approximately 6.0 to 6.5 log (CFU/mL).

In all milk samples in almost all settings, immediately after the addition of the starter, the number of *L. acidophilus* cells was lower than that after the fermentation process. The observed phenomenon occurred because the bacteria grew and multiplied during fermentation, and therefore, their increased population was observed after the end of the process. For trial C, after the second passage, a reduction in the population of *L. acidophilus* cells was observed after the fermentation. In samples B and D, the lowest number of cells after fermentation was found in samples after the second passage, and this value was approximately 5.7 log (CFU/mL). There was no trend indicating an association of cell population and passage across all samples, which was confirmed by statistical analysis.

The samples from the first set had the lowest number of bacterial cells of the genus *Bifidobacterium* (Figure 5) in fermented milk in all variants. The lowest number of cells was recorded in sample D, and it was approximately 5.6 log (CFU/mL). The fermented milk samples B and D after the second passage and trial B after the first passage showed the highest number of cells of the genus *Bifidobacterium* in all variants, and the value was approximately 8.5 log (CFU/mL). After fermentation in trial A, the highest value was found in milk after the first passage, i.e., approximately 8.3 log (CFU/mL), and in trial C, the highest value was found in milk after the first and second passages, i.e., approximately 7.2 log (CFU/mL). Therefore, it can be concluded that the incubation temperature and the dose of the set primer affected the number of *Bifidobacterium* cells in the final product, which was confirmed by statistical analysis.

The A sample of fermented milk after the second passage showed the highest number of *S. thermophilus* cells among

all variants, and the value was approximately 9.0 log (CFU/mL). The lowest number of bacterial cells in fermented milk was recorded in the third setting of test C, with a value of approximately 7.7 log (CFU/mL). No relationship was observed between the cell population and the passage number in all samples, which was confirmed by statistical analysis.

For PROBIO JOGURT, the highest number of *L. acidophilus* cells after fermentation was found in sample B after the second passage, and the value was approximately 8.0 log (CFU/mL); the lowest number of cells was observed in sample A after the first passage and amounted to approximately 6 log (CFU/mL). It was also noted that in variants C and D, all samples after the fermentation process achieved a similar population of *L. acidophilus* cells, and the values ranged from approximately 6.0 to 7.0 log (CFU/mL).

Thus, it can be concluded that the largest number of *Lactobacillus* spp. cells after fermentation was contained in sample B after the second passage, and it was approximately 8.3 log (CFU/mL); the smallest number of cells was noted in sample A after the first passage and was approximately 5.7 log (CFU/mL). For each sample, the milk after fermentation from set III had the largest population of *Lactobacillus* spp. cells, which amounted to approximately 8.3 log (CFU/mL) in sample A, approximately 8.3 log (CFU/mL) in sample B, and approximately 8.0 log (CFU/mL) in samples C and D. This is most likely because after the second passage, bacterial cells exhibited high metabolic activity; therefore, it was easier for them to multiply quickly. The fermented milk from sets I and II of all samples showed a similar cell population of *Lactobacillus* spp. ranging from approx. 7.0 to 7.8 log (CFU/mL).

The highest number of *Bifidobacterium* cells after fermentation was found in sample B after the second passage, which amounted to approximately 8.6 log (CFU/mL), while a similar population of cells was found in sample D after the first passage. The smallest number of cells was found in trial C from the 1st set point and amounted to approximately 5.7 log (CFU/mL).

In all variants and in all settings, after fermentation, the number of *S. thermophilus* cells (Figure 6) reached a similar value in the range of approximately 8.5 to 9.0 log (CFU/mL). A slightly larger population of these bacterial cells, at the level of approximately 9.2 log (CFU/mL), was observed in trial A after the first passage.

The highest number of *Propionibacterium* spp. cells after fermentation was present in samples A and C after the second passage, and this value was approximately 8.5 log (CFU/mL); the smallest number of cells was noted in sample D after the first passage, i.e., approximately 5.7 log (CFU/mL). No correlation was observed between the cell population of the tested bacteria and the passage number in all samples, which was confirmed by statistical analysis.

All sourdoughs showed good survival of both technical and probiotic yoghurt microflora. During the study, the vast majority of the obtained products met the therapeutic minimum criterion, i.e., the population of probiotic microflora ranged between 6-8 log (CFU/mL). Similar results for the probiotics *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*, *L. acidophilus*, and *L. casei* were obtained by Ziarno et al. [15]. In this study, the

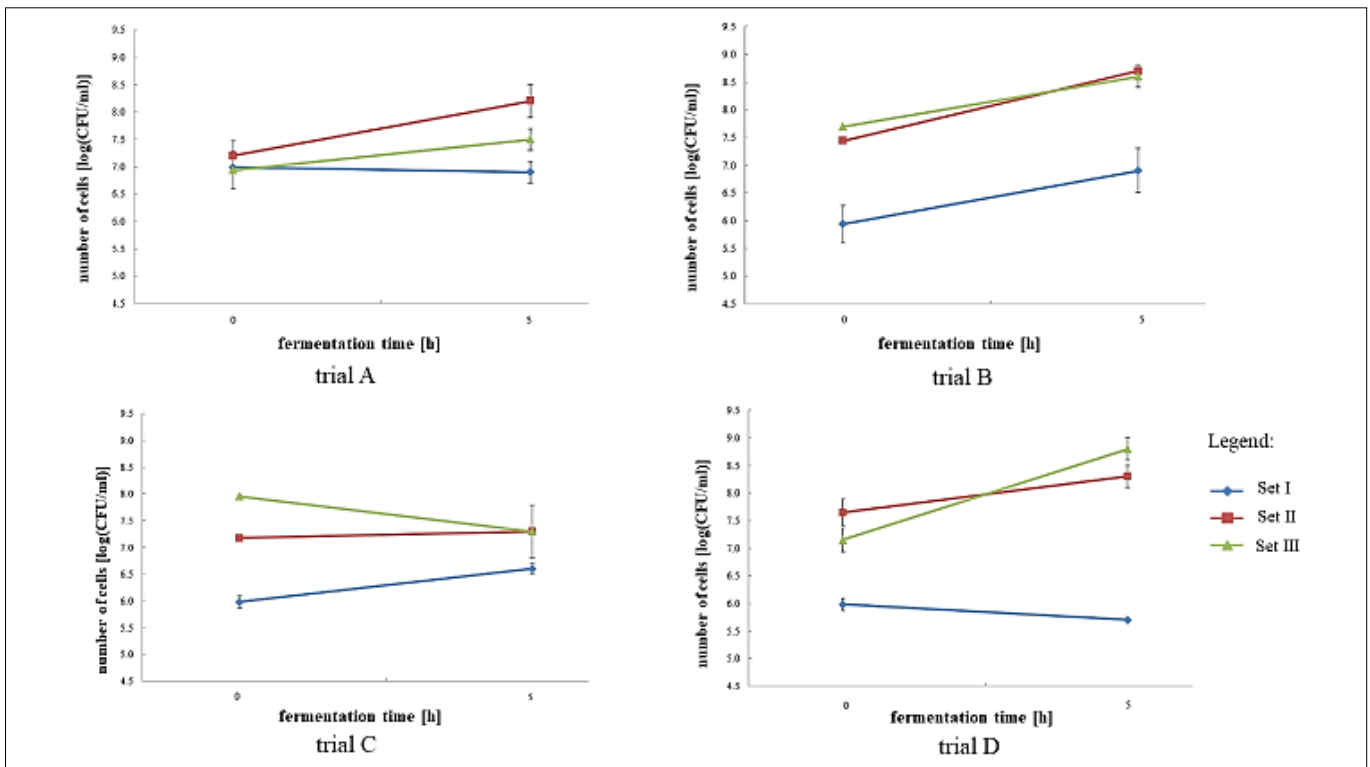


Fig. 5. Changes in the number of *Bifidobacterium* cells in milk fermented with BIFIVIT ZAKWASKA (mean values and standard deviations).

Rys. 5. Zmiany liczby komórek *Bifidobacterium* w mleku fermentowanym kulturą starterową BIFIVIT ZAKWASKA (wartości średnie i odchylenia standardowe).

Source: The own study

Źródło: Badania własne

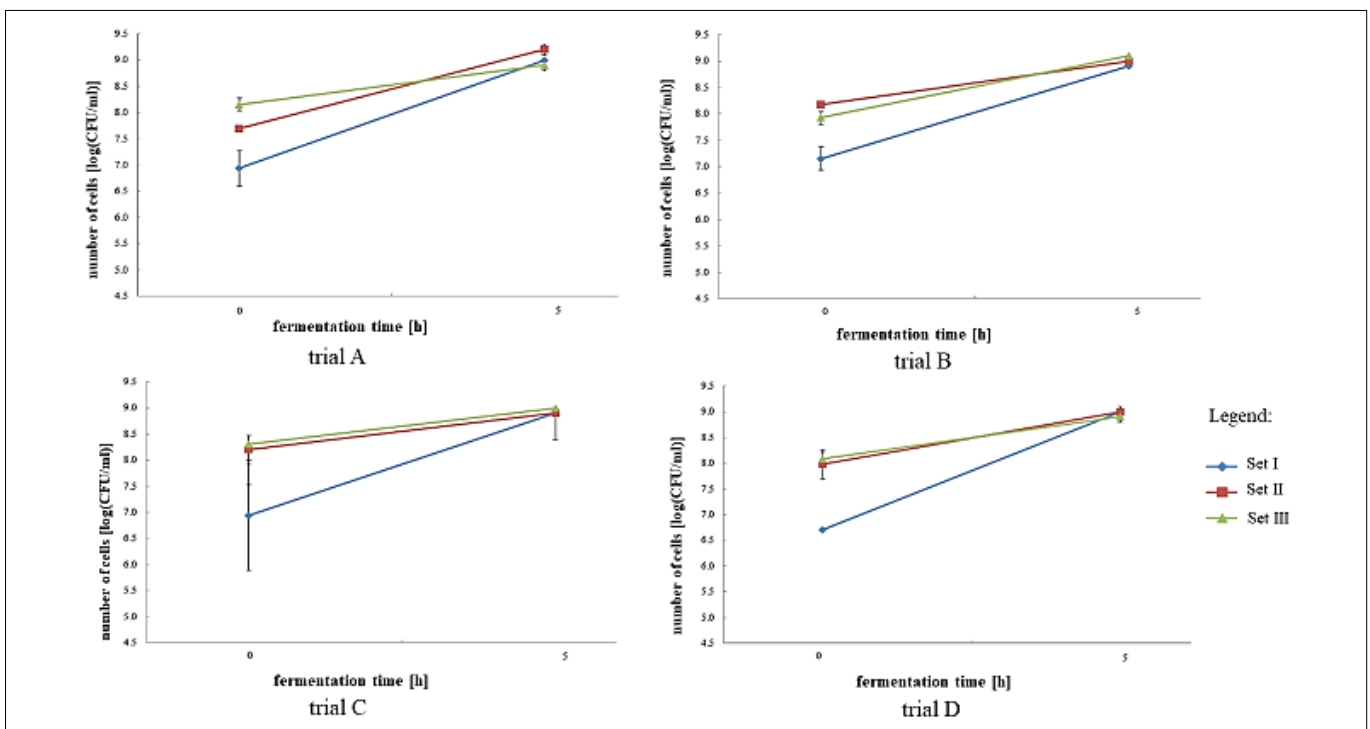


Fig. 6. Changes in the number of *Streptococcus thermophilus* cells in milk fermented with PROBIO JOGURT ZAKWASKA (mean values and standard deviations).

Rys. 6. Zmiany liczby komórek *Streptococcus thermophilus* w mleku fermentowanym kulturą starterową PROBIO JOGURT ZAKWASKA (wartości średnie i odchylenia standardowe).

Source: The own study

Źródło: Badania własne

level of yoghurt microflora was similar; however, comparing their population in all milk samples, it was concluded that the milk samples had slightly more number of *S. thermophilus* cells, and our research team also noted a similar phenomenon. The cited authors did not perform the passaging process but stored the produced yoghurts for 12 weeks at 6°C [14]. In another study, the authors determined the number of viable LAB cells in samples of fermented and nonfermented milk with the addition of various starter cultures [13]. In that study, the authors did not perform the passaging process; however, they determined the number of cells, including yoghurt bacteria, after 1 day of storage of the samples. The number of yoghurt bacteria obtained by those authors (9.1 log (CFU/mL)) was similar to the results obtained in the present study for milk fermented with the ACIDOLAKT culture, where the number of *S. thermophilus* and *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* fluctuated in the range of 8.0-9.0 log (CFU/mL) after the first setting in all trials [13]. A similar high value of the number of cells was recorded after the first passage in milk fermented with the culture of PROBIO JOGURT in trial A.

Carbohydrate content

In all variants of the trials of milk fermented with ACIDOLAKT ZAKWASKA (Table 2) before fermentation, a similar lactose content at the level of approximately 4.50 g/100 g of the milk sample was observed with the starter dose. This is because the bacteria had not yet started with their metabolic activity, and therefore, they had not yet used lactose as a nutrient. The lowest lactose content was found in the trials after the first passage after the fermentation process in all trial variants. This proves that the bacteria most intensively used lactose contained in milk as a food substrate. A similar situation was observed for BIFIVIT (Table 3) and PROBIO JOGURT (Table 1). In BIFIVIT, the lowest content of lactose after the fermentation process was found in trial B after the first passage, and the sample contained 3.44 g of lactose in 100 g of milk. The lowest lactose decomposition was observed in the first setting of trial D, and the concentration of lactose in the milk after fermentation was 3.98 g/100 g of milk. No correlation was observed between the setting variant or the

Table 1. Sugar content of the analyzed samples of milk fermented with the PROBIO JOGURT culture (mean values and standard deviations, n=2)

Tabela 1. Zawartość cukru w analizowanych próbkach mleka fermentowanego kulturą starterową PROBIO JOGURT (wartości średnie i odchylenia standardowe, n=2)

carbohydrates (g/100 g)	PROBIO I 0h A	PROBIO I 0h B	PROBIO I 0h C	PROBIO I 0h D
glucose	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
galactose	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
lactose	4.58 ± 0.12	4.53 ± 0.18	4.51 ± 0.15	4.5 ± 0.08
carbohydrates (g/100 g)	PROBIO I 5h A	PROBIO I 5h B	PROBIO I 5h C	PROBIO I 5h D
glucose	0.12 ± 0.01	0.16 ± 0.03	0.17 ± 0.00	0.25 ± 0.00
galactose	0.40 ± 0.08	0.50 ± 0.10	0.31 ± 0.03	0.38 ± 0.07
lactose	3.74 ± 0.05	3.45 ± 0.04	3.95 ± 0.03	3.75 ± 0.05
carbohydrates (g/100 g)	PROBIO II N 0h A	PROBIO II N 0h B	PROBIO II N 0h C	PROBIO II N 0h D
glucose	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
galactose	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
lactose	4.53 ± 0.18	4.48 ± 0.01	4.58 ± 0.12	4.52 ± 0.18
carbohydrates (g/100 g)	PROBIO II 5h A	PROBIO II 5h B	PROBIO II 5h C	PROBIO II 5h D
glucose	0.30 ± 0.03	0.34 ± 0.04	0.37 ± 0.07	0.32 ± 0.03
galactose	0.34 ± 0.04	0.34 ± 0.04	0.19 ± 0.01	0.18 ± 0.00
lactose	3.69 ± 0.12	3.40 ± 0.09	3.49 ± 0.10	2.43 ± 0.04
carbohydrates (g/100 g)	PROBIO III 0h A	PROBIO III 0h B	PROBIO III 0h C	PROBIO III 0h D
glucose	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
galactose	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
lactose	4.59 ± 0.12	4.44 ± 0.07	4.53 ± 0.11	4.45 ± 0.07
carbohydrates (g/100 g)	PROBIO III 5h A	PROBIO III 5h B	PROBIO III 5h C	PROBIO III 5h D
glucose	0.27 ± 0.02	0.26 ± 0.02	0.13 ± 0.00	0.17 ± 0.00
galactose	0.23 ± 0.01	0.18 ± 0.00	0.37 ± 0.03	0.15 ± 0.00
lactose	3.20 ± 0.08	2.64 ± 0.03	3.30 ± 0.06	1.88 ± 0.02

Source: The author's own study

Źródło: Opracowanie własne

passage number and the tendency for the highest or lowest lactose content, which was confirmed by statistical analysis. In PROBIO JOGURT, the lowest lactose content was found in the trials after the second passage after the fermentation process in all trial variants. This proves that the bacterial cells most intensively used lactose contained in milk as a food substrate, and therefore, their metabolic changes exhibited the greatest dynamics after the second passage. The lowest concentration of lactose after the completed fermentation process was recorded in trial D after the second passage, and this value was 1.88 g/100 g of milk; the highest concentration of lactose at the level of 3.951 g/100 g of milk was observed in trial C.

The available literature data indicate the ability of bacteria contained in the used yoghurt starters to degrade lactose into glucose and galactose [10]. This is in line with the obtained results: after the fermentation process, a decrease in the lactose content in the milk sample was observed, together with the appearance of appropriate amounts of glucose and galactose. Sarkar [10] showed that the lactose content was

much lower in yoghurts obtained from concentrated milk by ultrafiltration (approximately 3.82% lactose) than in those obtained from milk to which skimmed milk powder was added (approximately 4.66% lactose). The results obtained for condensed milk were identical to those obtained in the present study, where the level of lactose after fermentation depended on the level of yoghurts obtained from condensed milk by the researchers and was even lower after the first and second passages.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

Presently, food products with beneficial effects on human health are becoming increasingly popular. Fermented milk beverages are an example of a food with a high content of minerals, and it is also a source of probiotic strains with a positive effect on the intestinal microbiota. Moreover, the occurrence of intolerance to lactose is currently more frequent among people. The final product obtained in the present study showed a lower lactose content because of the passaging

Table 2. Sugar content of the analyzed samples of milk fermented with the ACIDOLAKT culture (mean values and standard deviations, n=2)

Tabela 2. Zawartość cukru w analizowanych próbkach mleka fermentowanego kulturą starterową ACIDOLAKT (wartości średnie i odchylenia standardowe, n=2)

carbohydrates (g/100 g)	ACIDO I 0h A	ACIDO I 0h B	ACIDO I 0h C	ACIDO I 0h D
glucose	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
galaktoza	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
lactose	4.52 ± 0.10	4.51 ± 0.10	4.51 ± 0.10	4.54 ± 0.11
carbohydrates (g/100 g)	ACIDO I 5h A	ACIDO I 5h B	ACIDO I 5h C	ACIDO I 5h D
glucose	0.18 ± 0.00	0.24 ± 0.01	0.17 ± 0.00	0.19 ± 0.00
galactose	0.33 ± 0.04	0.38 ± 0.02	0.17 ± 0.00	0.27 ± 0.02
lactose	3.69 ± 0.12	3.91 ± 0.15	4.19 ± 0.05	4.03 ± 0.04
carbohydrates (g/100 g)	ACIDO II 0h A	ACIDO II 0h B	ACIDO II 0h C	ACIDO II 0h D
glucose	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
galactose	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
lactose	4.51 ± 0.10	4.49 ± 0.08	4.52 ± 0.10	4.55 ± 0.11
carbohydrates (g/100 g)	ACIDO II 5h A	ACIDO II 5h B	ACIDO II 5h C	ACIDO II 5h D
glucose	0.18 ± 0.00	0.26 ± 0.02	0.26 ± 0.02	0.27 ± 0.02
galactose	0.24 ± 0.01	0.34 ± 0.04	0.31 ± 0.03	0.34 ± 0.04
lactose	2.57 ± 0.05	3.48 ± 0.07	3.53 ± 0.06	3.29 ± 0.06
carbohydrates (g/100 g)	ACIDO III 0h A	ACIDO III 0h B	ACIDO III 0h C	ACIDO III 0h D
glucose	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
galactose	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
lactose	4.58 ± 0.12	4.60 ± 0.13	4.51 ± 0.10	4.52 ± 0.10
carbohydrates (g/100 g)	ACIDO III 5h A	ACIDO III 5h B	ACIDO III 5h C	ACIDO III 5h D
glucose	0.26 ± 0.02	0.26 ± 0.02	0.25 ± 0.01	0.28 ± 0.02
galactose	0.34 ± 0.04	0.36 ± 0.04	0.35 ± 0.04	0.38 ± 0.05
lactose	3.85 ± 0.05	3.61 ± 0.08	3.69 ± 0.12	3.69 ± 0.12

Source: The author's own study

Źródło: Opracowanie własne

Table 3. Sugar content of the analyzed samples of milk fermented with the BIFIVIT culture (mean values and standard deviations, n=2)

Tabela 3. Zawartość cukru w analizowanych próbkach mleka fermentowanego kulturą starterową BIFIVIT (wartości średnie i odchylenia standardowe, n=2)

carbohydrates (g/100 g)	BIF I 0h A	BIF I 0h B	BIF I 0h C	BIF I 0h D
glucose	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
galactose	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
lactose	4.59 ± 0.12	4.52 ± 0.11	4.49 ± 0.10	4.50 ± 0.10
carbohydrates (g/100 g)	BIF I 5h A	BIF I 5h B	BIF I 5h C	BIF I 5h D
glucose	0.20 ± 0.00	0.26 ± 0.02	0.13 ± 0.00	0.23 ± 0.01
galactose	0.20 ± 0.00	0.25 ± 0.02	0.12 ± 0.00	0.25 ± 0.02
lactose	3.88 ± 0.11	3.63 ± 0.12	3.74 ± 0.12	3.98 ± 0.10
carbohydrates (g/100 g)	BIF II 0h A	BIF II 0h B	BIF II 0h C	BIF II 0h D
glucose	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
galactose	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
lactose	4.56 ± 0.11	4.46 ± 0.1	4.57 ± 0.11	4.50 ± 0.10
carbohydrates (g/100 g)	BIF II 5h A	BIF II 5h B	BIF II 5h C	BIF II 5h D
glucose	0.24 ± 0.01	0.26 ± 0.02	0.15 ± 0.00	0.24 ± 0.01
galactose	0.25 ± 0.02	0.30 ± 0.03	0.12 ± 0.00	0.32 ± 0.03
lactose	3.77 ± 0.04	3.44 ± 0.05	3.82 ± 0.06	3.54 ± 0.05
carbohydrates (g/100 g)	BIF III 0h A	BIF III 0h B	BIF III 0h C	BIF III 0h D
glucose	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
galactose	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
lactose	4.52 ± 0.10	4.57 ± 0.11	4.52 ± 0.10	4.51 ± 0.10
carbohydrates (g/100 g)	BIF III 5h A	BIF III 5h B	BIF III 5h C	BIF III 5h D
glucose	0.26 ± 0.02	0.30 ± 0.03	0.12 ± 0.00	0.29 ± 0.03
galactose	0.26 ± 0.02	0.31 ± 0.02	0.10 ± 0.00	0.34 ± 0.03
lactose	3.54 ± 0.05	3.74 ± 0.06	4.20 ± 0.07	3.57 ± 0.05

Source: The author's own study

Źródło: Opracowanie własne

process. This feature can provide a great advantage of milk products for people with diagnosed lactose intolerance. Moreover, the passaging process influences the number of bacterial cells. In most of the products obtained, the number of bacterial cells was higher after passaging and met the therapeutic minimum criterion of 6 log (CFU/mL). In the present study, the passaging process was used to understand the influence of bacterial count on the characteristics of fermented milk.

Our study shows how to obtain a high-quality product with most economical approach possible. The important factors that influence the dynamics of the lactic acid fermentation process are incubation temperature, the initial dose of the primer, and passage. The passaging provides the possibility of obtaining a full-fledged product in a cheaper way than that using a commercial starter.

In the future, research studies should be undertaken to confirm the validity of this hypothesis and to conduct similar experiments on other dairy products and fermented plant products.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Obecnie coraz większą popularność zyskują produkty spożywcze o korzystnym wpływie na zdrowie człowieka. Jogurt jest przykładem pokarmu o wysokiej zawartości składników mineralnych, a także jest źródłem szczepów probiotycznych pozytywnie wpływających na mikrobiotę jelitową. Co więcej, obecnie wśród ludzi częściej występuje nietolerancja laktozy. Otrzymany w niniejszych badaniach produkt końcowy wykazywał niższą zawartość laktozy ze względu na proces pasażowania. Ta cecha może stanowić ogromną zaletę produktów

mlecznych dla osób ze zdiagnozowaną nietolerancją laktozy. Ponadto proces pasażowania wpływa na liczbę komórek bakteryjnych. W większości otrzymanych produktów liczba komórek bakteryjnych była wyższa po pasażowaniu i spełniała kryterium minimum terapeutycznego 6 log (CFU/mL). W pracy wykorzystano proces pasażowania do poznania wpływu zawartości bakterii na cechy mleka fermentowanego.

Ważnymi czynnikami wpływającymi na dynamikę procesu fermentacji mlekowej są temperatura inkubacji, początkowa dawka startera i pasaż. Nasze badanie pokazuje, jak

uzyskać produkt wysokiej jakości przy możliwie najbardziej ekonomicznym podejściu. Pokazaliśmy również, że pasażowanie pozwala uzyskać pełnowartościowy produkt w tańszy sposób niż przy użyciu komercyjnego startera.

W przyszłości należy podjąć badania naukowe w celu potwierdzenia słuszności tej hipotezy i przeprowadzić podobne eksperymenty na innych produktach mlecznych i fermentowanych produktach roślinnych.

REFERENCES

- [1] **CXS 243-2003.** Standard for Fermented Milks. Adopted in 2003. Revised in 2008, 2010, 2018. Codex Alimentarius FAO/WHO [Internet]. 2020. Available from: http://www.fao.org/fao-whocodexalimentarius/shproxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B243-2003%252FCXS_243e.pdf [Accessed: 2021-06-20]
- [2] **EBNER S., L. N. SMUG, W. KNEIFEL, S. SALMINEN, M. E. SANDERS. 2014.** "Probiotics in dietary guidelines and clinical recommendations outside the European Union". *World J. Gastroenterol.* 20:16095–16100.
- [3] **GAVRILOVA N., N. CHERNOPOLSKAVA, M. REBEZOV, D. MOISEJKINA, I. DOLMATOVA, I. MIRONOVA, M. DERKHO. 2019.** "Advanced biotechnology of specialized fermented milk products". *International Journal of Recent Technology and Engineering* 8(2): 2718–2722.
- [4] **KOŁOŻYŃ-KRAJEWSKA D. 2001.** „Żywność probiotyczna w aspekcie bezpieczeństwa zdrowotnego”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.* 4, (29) Supl.: 93, 95–105. /abstract in English/.
- [5] **KOSIKOWSKA M., J. GAWEL. 1998.** „Nazewnictwo napojów mlecznych fermentowanych prezentowanych na VI Targach Mleczarskich Mleko-Expo 1997”. *Przegląd Mleczarski* 1: 17–19 /abstract in English/.
- [6] **KUDELKA W. 2005.** „Charakterystyka mlecznych napojów fermentowanych w Unii Europejskiej oraz w Polsce”. *Zeszyty Naukowe/Akademia Ekonomiczna, Kraków:* 678: 149–160/abstract in English/.
- [7] **KYCIA K., C. KRYSIŃSKI. 2014.** „Jakość mikrobiologiczna i higieniczna rynkowych jogurtów z mleka koziego w kontekście ich właściwości terapeutycznych”. *Problemy Higieny i Epidemiologii* 95 (1): 186–191; /abstract in English/.
- [8] **MARCO M.L.; D. HEENEY, S. BINDA, C. J. CIFELLI, P. D. COTTER, B. FOLIGNÉ, M. GÄNZLE, R. KORT, G. PASIN, A. PIHLANTO, E. J. SMITH, R. HUTKINS. 2017.** "Health benefits of fermented foods: Microbiota and beyond" *Curr. Opin. Biotechnol.* 44: 94–102.

REFERENCES

- [1] **CXS 243-2003.** Standard for Fermented Milks. Adopted in 2003. Revised in 2008, 2010, 2018. Codex Alimentarius FAO/WHO [Internet]. 2020. Available from: http://www.fao.org/fao-whocodexalimentarius/shproxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B243-2003%252FCXS_243e.pdf [Accessed: 2021-06-20]
- [2] **EBNER S., L. N. SMUG, W. KNEIFEL, S. SALMINEN, M. E. SANDERS. 2014.** "Probiotics in dietary guidelines and clinical recommendations outside the European Union". *World J. Gastroenterol.* 20:16095–16100.
- [3] **GAVRILOVA N., N. CHERNOPOLSKAVA, M. REBEZOV, D. MOISEJKINA, I. DOLMATOVA, I. MIRONOVA, M. DERKHO. 2019.** "Advanced biotechnology of specialized fermented milk products". *International Journal of Recent Technology and Engineering* 8(2): 2718–2722.
- [4] **KOŁOŻYŃ-KRAJEWSKA D. 2001.** „Żywność probiotyczna w aspekcie bezpieczeństwa zdrowotnego”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.* 4, (29) Supl.: 93, 95–105. /abstract in English/.
- [5] **KOSIKOWSKA M., J. GAWEL. 1998.** „Nazewnictwo napojów mlecznych fermentowanych prezentowanych na VI Targach Mleczarskich Mleko-Expo 1997”. *Przegląd Mleczarski* 1: 17–19 /abstract in English/.
- [6] **KUDELKA W. 2005.** „Charakterystyka mlecznych napojów fermentowanych w Unii Europejskiej oraz w Polsce”. *Zeszyty Naukowe/Akademia Ekonomiczna, Kraków:* 678: 149–160/abstract in English/.
- [7] **KYCIA K., C. KRYSIŃSKI. 2014.** „Jakość mikrobiologiczna i higieniczna rynkowych jogurtów z mleka koziego w kontekście ich właściwości terapeutycznych”. *Problemy Higieny i Epidemiologii* 95 (1): 186–191; /abstract in English/.
- [8] **MARCO M.L.; D. HEENEY, S. BINDA, C. J. CIFELLI, P. D. COTTER, B. FOLIGNÉ, M. GÄNZLE, R. KORT, G. PASIN, A. PIHLANTO, E. J. SMITH, R. HUTKINS. 2017.** "Health benefits of fermented foods: Microbiota and beyond" *Curr. Opin. Biotechnol.* 44: 94–102.

- [9] NIGHSWONGER B.D., M. M. BRASHEARS, S. E. GILLILAND. 1996. "Viability of *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei* in Fermented Milk Products During Refrigerated Storage". *Journal of Dairy Science*. 79 (2): 212–219.
- [10] SARKAR S. 2006. "Potential of soyoghurt as a dietetic food". *Nutrition & Food Science*. Vol. 36 No. 1: 43–49.
- [11] SCHREZENMEIR J., M. DE VERSE. 2001. "Probiotics, prebiotics, and synbiotics-approaching a definition". *The American Journal of Clinical Nutrition*. 73 Suppl. 1: 361–364.
- [12] SHAH N. P., W. E. V. LANKAPUTHRAA, M. L. BRITZ, W. S. A. KYLEA. 1995. "Survival of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* in commercial yoghurt during refrigerated storage". *International Dairy Journal*. 5 (5): 515–521.
- [13] TORTORA G. J., B. R. FUNKE, C. L. CASE, D. WEBER, W. BAIR. 2004. *Microbiology: an introduction*. San Francisco. CA: Benjamin Cummings (Vol. 9).
- [14] ZARĘBA D., M. ZIARNO, M. OBIEDZIŃSKI. 2008. "Viability of yoghurt bacteria and probiotic strains in models of fermented and non-fermented milk". *Medycyna Weterynaryjna* 64.8: 1007–1011. / abstract in English/.
- [15] ZIARNO M., D. ZARĘBA, I. ŚCIBISZ. 2011. „Przeżywalność probiotycznych bakterii fermentacji mlekowej w modelowych jogurtach owocowych”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*. XLIV, 3:645–649. /abstract in English/.

- [9]. NIGHSWONGER B.D., M. M. BRASHEARS, S. E. GILLILAND. 1996. "Viability of *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei* in Fermented Milk Products During Refrigerated Storage". *Journal of Dairy Science*. 79 (2): 212–219.
- [10]. SARKAR S. 2006. "Potential of soyoghurt as a dietetic food". *Nutrition & Food Science*. Vol. 36 No. 1: 43–49.
- [11]. SCHREZENMEIR J., M. DE VERSE. 2001. "Probiotics, prebiotics, and synbiotics-approaching a definition". *The American Journal of Clinical Nutrition*. 73 Suppl. 1: 361–364.
- [12]. SHAH N. P., W. E. V. LANKAPUTHRAA, M. L. BRITZ, W. S. A. KYLEA. 1995. "Survival of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* in commercial yoghurt during refrigerated storage". *International Dairy Journal*. 5 (5): 515–521.
- [13]. TORTORA G. J., B. R. FUNKE, C. L. CASE, D. WEBER, W. BAIR. 2004. *Microbiology: an introduction*. San Francisco. CA: Benjamin Cummings (Vol. 9).
- [14]. ZAREBA D., M. ZIARNO, M. OBIEDZINSKI. 2008. "Viability of yoghurt bacteria and probiotic strains in models of fermented and non-fermented milk". *Medycyna Weterynaryjna* 64.8: 1007–1011. / abstract in English/.
- [15]. ZIARNO M., D. ZAREBA, I. SCIBISZ. 2011. „Przeżywalność probiotycznych bakterii fermentacji mlekowej w modelowych jogurtach owocowych”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*. XLIV, 3:645–649. /abstract in English/.

Dr hab. inż. Andrzej ANDERS¹, Ph.D, Eng
 Dr hab. inż. Piotr MARKOWSKI¹, Ph.D, Eng
 Dr inż. Ewelina KOLANKOWSKA¹, Dr. Eng.
 Dr hab. inż. Zdzisław KALINIEWICZ¹, Ph.D, Eng
 Prof. dr hab. inż. Dariusz CHOSZCZ¹, Professor Dr. Eng.
 Dr inż. Krzysztof JADWISIENICZAK¹, Dr. Eng.
 Dr inż. Mirosław SZUBARTOWSKI², Dr. Eng.

¹Katedra Maszyn Roboczych i Metodologii Badań, Wydział Nauk Technicznych
 Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Polska
 Department of Heavy Duty Machines and Research Methodology,
 Faculty of Technical Sciences, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland
²Elektrownie Wiatrowe/Glińsk, Polska
 Wind Farms/ Glińsk, Poland

MODELING THE SHAPE OF RAW MATERIALS ON THE EXAMPLE OF WALNUTS FRUIT (*JUGLANS REGIA L.*)[®]

Modelowanie kształtu surowców spożywczych na przykładzie owoców
 orzecha włoskiego (*Juglans regia L.*)[®]

Key words: modeling, common walnut, surface area, volume.

This article describes a direct method and an indirect method for acquiring information about the geometric parameters of common walnut fruit. The direct method involved measurements with the use of a caliper and geometric models (1D method). The indirect method was based on digital models constructed by 3D scanning (3D method). The aim of this study was to evaluate the accuracy of the above measurement methods in determining the surface area and volume of walnut fruit. The analysis of the two methods for determining the geometric parameters of walnuts revealed that the 3D method delivered more accurate results. In the 1D method, the surface area of walnut fruit can be determined with the use of a sphere (M1) and a spheroid (M4), and the volume of walnut fruit can be determined with the use of a sphere (M1), a spheroid (M4) and an ellipsoid (M5).

Symbols

A – total surface area (mm²),
 d_w – arithmetic mean diameter (mm),
 d_z – equivalent diameter (mm),
 L – length (mm),
 N – sample size,
 T – thickness (mm),
 V – volume (mm³),
 W – width (mm),
 1D – measurements involving the direct method,
 3D – measurements involving the 3D numerical model.

Słowa kluczowe: modelowanie, orzech włoski, pole powierzchni, objętość.

W artykule omówiono metodę bezpośrednią oraz metodę pośrednią pozyskiwania informacji o geometrycznych parametrach owoców orzecha włoskiego. Metoda pomiaru bezpośredniego, wykonana była z pomocą suwmiarki i modeli geometrycznych (metoda 1D). Metoda pośrednia oparta była na przestrzennych modelach numerycznych otrzymanych za pomocą skanowania 3D (metoda 3D). Celem pracy była ocena wyżej wymienionych metod pomiarowych w zakresie dokładności wyznaczania pola powierzchni i objętości owoców orzecha włoskiego. Z przeprowadzonych badań na owocach, wynika, że spośród zastosowanych dwóch metod wyznaczenia parametrów geometrycznych owoców najlepsze efekty uzyskano przy metodzie 3D. Do wyznaczenia pola powierzchni owoców metodą 1D można zastosować kulę (M1) i model elipsoidy obrotowej (M4). Wyznaczając objętość owoców orzecha włoskiego metodą 1D można wykorzystać kulę (M1), elipsoidę obrotową (M4) i elipsoidę (M5).

Wykaz ważniejszych oznaczeń

A – pole powierzchni całkowitej (mm²),
 d_w – arytmetyczna średnica zastępcza (mm),
 d_z – średnica zastępcza (mm),
 L – długość (mm),
 N – liczebność próby,
 T – grubość (mm),
 V – objętość (mm³),
 W – szerokość (mm),
 1D – pomiar metodą bezpośrednią,
 3D – pomiar metodą opartą o przestrzenny model numeryczny.

INTRODUCTION

Surface area and volume are used to design the processes of cleaning, dressing, peeling, coating and packaging of food raw materials and products [4, 10, 12, 13, 22]. Geometric parameters are usually determined with measuring devices that enable direct linear measurements, such as rulers, analog and digital calipers, and computer image analysis [5, 7, 11, 15]. All of the above methods support direct and rapid measurements of the studied object's linear dimensions, and they do not require the use of expensive devices. In most cases, a given object can be measured and the results can be recorded without any special preparation of the analyzed samples. The disadvantage of these methods is that the obtained results have numerous limitations, and they apply only to selected points on the sample. Additional calculations can also be performed using mathematical formulas from the literature [6, 8, 9].

The location of the points used to develop digital models of the analyzed samples is registered with 3D scanners. Non-contact 3D scanners register the distribution of points in the space of the analyzed object [17, 20]). A digital 3D model can be used to perform metrological analyses. The model's accuracy is determined by the scanner's resolution [18]. The digital model represents the shape of the analyzed sample, and it can be stored in a computer. This method can be applied to measure both small-sized and large-sized raw materials that are brittle and susceptible to damage [1, 2]. Two methods for acquiring information about the physical parameters of food raw materials are described in this article. The first method involves direct measurements with the use of a caliper (1D method), and the second method is based on digital models constructed by 3D scanning (3D method).

The aim of this study was to evaluate the accuracy of the above measurement methods in determining the basic geometric parameters of food raw materials on the examples of common walnut (*Juglans regia* L.) fruit. The relative error in the surface area and volume of walnuts determined with the analyzed methods was compared.

MATERIALS AND METHODS

The experimental material comprised common walnut (*Juglans regia* L.) fruit purchased in a grocery store of the PSS Społem retail chain in Olsztyn. Thirty walnuts without visible signs of damage were selected randomly for analysis. The walnuts were stored indoors, at a constant temperature of $20 \pm 1^\circ\text{C}$ and relative humidity of approximately 65%. The linear dimensions of walnuts were measured with a caliper with a resolution of 0.01 mm. The surface area and volume of walnuts were determined with the use of six geometric models composed of selected geometric shapes (Fig. 1).

The following mathematical formulas, describing surface area and volume, were derived for each geometric model:

– sphere (M1):

$$A_{M1} = \pi \cdot d_w^2 \quad (1)$$

$$V_{M1} = \frac{\pi \cdot d_w^3}{6} \quad (2)$$

– cylinder (M2):

$$A_{M2} = \pi \cdot d_z \cdot L + 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{d_z}{2}\right)^2 \quad (3)$$

$$V_{M2} = \frac{\pi \cdot d_z^2 \cdot L}{4} \quad (4)$$

– elliptic cylinder (M3):

$$A_{M3} \approx \pi \cdot L \cdot \left(\frac{3}{4} \cdot (W + T) - \sqrt{\frac{W \cdot T}{4}}\right) + 2 \cdot \pi \cdot \frac{W \cdot T}{4} \quad (5)$$

$$V_{M3} = \frac{\pi \cdot W \cdot T \cdot L}{4} \quad (6)$$

– spheroid (M4) when: $\frac{L}{2} > \frac{d_z}{2}$

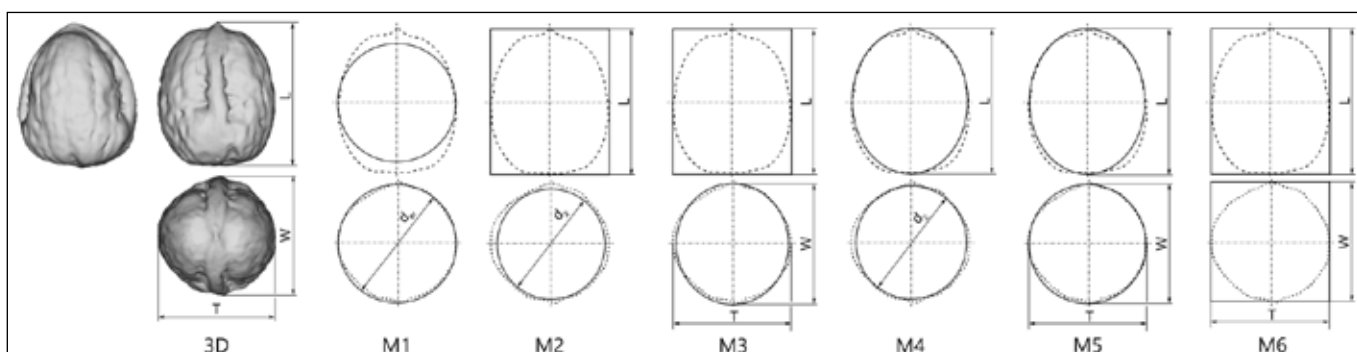


Fig. 1. Digital and geometric models of walnut fruit: 3D – digital model, M1 – sphere, M2 – cylinder, M3 – elliptic cylinder, M4 – spheroid, M5 – ellipsoid, M6 – cuboid; d_w – arithmetic mean diameter, d_z – mean diameter, L – length, W – width, T – thickness.

Rys. 1. Model numeryczny i modele geometryczne owoców orzecha włoskiego: 3D – model numeryczny, M1 – kula, M2 – walec, M3 – walec eliptyczny, M4 – elipsoida obrotowa, M5 – elipsoida, M6 – prostokąt; d_w – arytmetyczna średnica zastępcza, d_z – średnica zastępcza, L – długość, W – szerokość, T – grubość.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

then:

$$A_{M4} = 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{d_z}{2}\right)^2 \cdot \left(1 + \frac{L}{\frac{d_z}{2} \cdot e} \cdot \arcsin(e)\right) = \frac{4 \cdot \pi \cdot d_z^2 + \pi \cdot L \cdot d_z \cdot e \cdot \arcsin(e)}{8} \quad (7)$$

where:

$$e = \sqrt{1 - \frac{d_z^2}{L^2}} \quad (8)$$

$$V_{M4} = \frac{\pi \cdot d_z^2 \cdot L}{6} \quad (9)$$

– ellipsoid (M5):

$$A_{M5} = 2 \cdot \pi \cdot \left[\left(\frac{L}{2}\right)^2 + \frac{\frac{T}{2} \cdot \left(\frac{L}{2}\right)^2}{\sqrt{\left(\frac{W}{2}\right)^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2}} \cdot F(\Theta, m) + \frac{T}{2} \cdot \sqrt{\left(\frac{W}{2}\right)^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2} \cdot E(\Theta, m) \right] \quad (10)$$

where:

$$m = \frac{\left(\frac{L}{2}\right)^2 \cdot \left(\left(\frac{T}{2}\right)^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2\right)}{\left(\frac{T}{2}\right)^2 \cdot \left(\left(\frac{W}{2}\right)^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2\right)} = \frac{L^2 \cdot T^2 - L^4}{T^2 \cdot W^2 - L^2 \cdot T^2} \quad (11)$$

$$\Theta = \arcsin\left(\sqrt{\frac{\sqrt{W^2 - L^2}}{|W|}}\right) \quad (12)$$

and $F(Q, m)$ and $E(Q, m)$ are incomplete elliptic integrals of the first and second kind [3]:

$$V_{M5} = \frac{\pi \cdot T \cdot W \cdot L}{6} \quad (13)$$

– cuboid (M6):

$$A_{M6} = 2 \cdot L \cdot W + 2 \cdot L \cdot T + 2 \cdot T \cdot W = 2 \cdot (L \cdot W + L \cdot T + T \cdot W) \quad (14)$$

$$V_{M6} = L \cdot W \cdot T \quad (15)$$

In models M1, M2 and M4, equivalent diameters were calculated with the following formulas:

$$d_w = \frac{L + W + T}{3} \quad (16)$$

$$d_z = \frac{W + T}{2} \quad (17)$$

Digital 3D models of walnut fruit were generated with the use of a NextEngine 3D laser scanner [16]. Scanning resolution was 248 points per mm², and the average scanning time to produce a complete model was approximately 30 minutes. The acquired series of 3D scans for constructing digital models were combined in the ScanStudio HD PRO program [16]. The MeshLab program was used to measure surface area and volume in the generated models [14]. The significance of differences between the average values of total surface area and volume of walnuts, measured with the 1D method and the 3D method, was compared. One-way analysis of variance (ANOVA) for multiple independent samples was conducted to identify homogeneous groups. Calculations were performed at a significance level of $\alpha = 0.05$, using STATISTICA v.13 PL software [3, 19, 21].

RESULTS

The surface area and volume of walnut fruit were measured based on digital models constructed by 3D scanning. The total surface area of walnuts determined with the 1D method and the 3D method is presented in Figure 2.

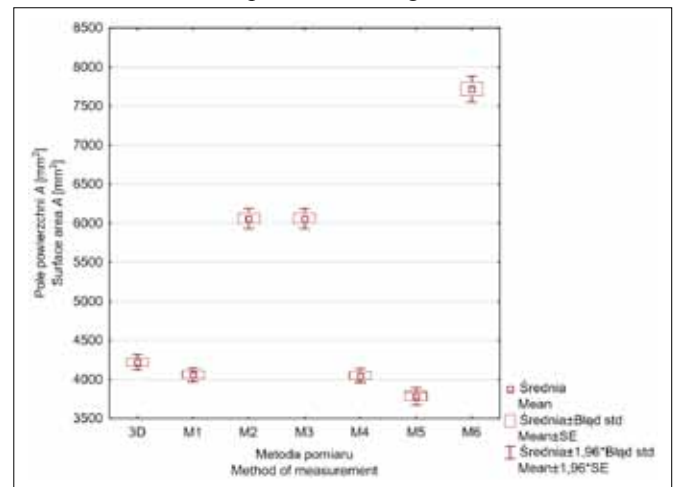


Fig. 2. Surface area of walnut fruit, determined by the 1D and 3D method.

Rys. 2. Pole powierzchni owoców orzecha włoskiego wyznaczone metodą 1D i 3D.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

The results revealed that the analyzed parameters had a normal distribution. The significance of differences between the parameters of walnut fruit measured with the compared methods is presented in Table 1.

It was assumed that measurements of the surface area of walnut fruit, performed with the 3D method, were not burdened with error and that the obtained results can be used as a reference for the measurements performed with the 1D method. The relative error between the values obtained by direct measurement with the 1D method and those obtained using the 3D method was referred to as the “error of the method”. As shown

in Figure 3, the mean relative error was 3.77% and 3.98% when geometric models M1 and M4, respectively, were applied to measure the surface area of walnuts in the 1D method. Relative error was higher than 5% when the remaining geometric models were used in the 1D method.

Table 1. Results of the calculations to verify the significance of differences between the mean values of the area

Tabela 1. Wyniki obliczeń weryfikacji istotności różnic między średnimi wartościami pola powierzchni

Pole powierzchni *A* (ANOVA test) / Area *A* (ANOVA test)

$F(6, N=203)=601,47; p=0,000$

Prawdopodobieństwa porównań wielokrotnych /
Probability of multiple comparisons

Metoda pomiaru / Measurement method	Liczebność próby / Number of observations N	Współczynnik zmienności / Coefficient of variation	Odczylenie standardowe / Standard deviation	Średnia / Mean (mm ²)
3D	30	6,71	283,59	4220,96 ^a
M1	30	5,99	243,27	4059,40 ^a
M2	30	6,03	365,58	6061,35 ^b
M3	30	6,03	365,54	6061,20 ^b
M4	30	6,01	243,51	4050,72 ^a
M5	30	8,16	309,14	3784,39 ^c
M6	30	6,03	465,36	7717,09 ^d

Values in columns marked with identical letters do not differ significantly: a, b, c, d ($P \leq 0,05$)

Wartości w kolumnach z takimi samymi literami nie różnią się istotnie; a, b, c, d ($P \leq 0,05$)

Source: The own study

Źródło: Badania własne

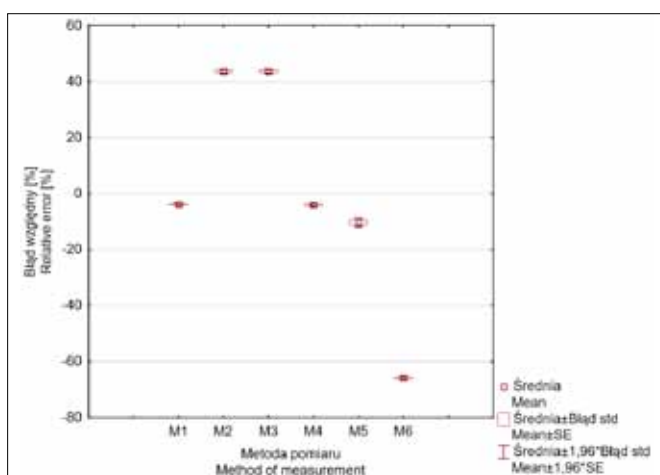


Fig. 3. Relative error in determining the surface area of walnut by the 1D method with the use of geometric models and the 3D method.

Rys. 3. Błąd względny wyznaczania pola powierzchni owoców orzecha włoskiego metodą 1D z wykorzystaniem modeli geometrycznych i metodą 3D.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

The volume of walnut fruit determined with the analyzed measurement methods is presented in Figure 4.

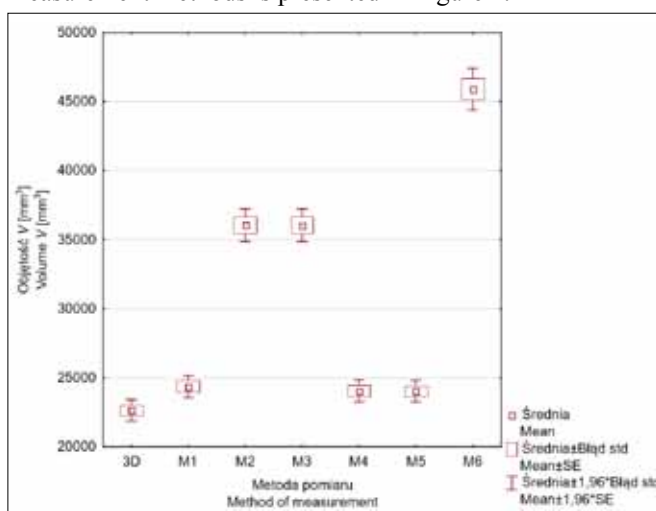


Fig. 4. Volume of walnut fruit, determined by the 1D and 3D method.

Rys. 4. Objętość owoców orzecha włoskiego wyznaczona metodą 1D i 3D.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

The significance of differences between the average values of walnut volume was estimated by ANOVA. The results of detailed comparative analyses are presented in Table 2.

Table 2. Results of the calculations to verify the significance of differences between mean values of volume

Tabela 2. Wyniki obliczeń weryfikacji istotności różnic między średnimi wartościami objętości

Objętość *V* (ANOVA test) / Volume *V* (ANOVA test)

$F(6, N=203)=286,81; p=0,000$

Prawdopodobieństwa porównań wielokrotnych /
Probability of multiple comparisons

Metoda pomiaru / Measurement method	Liczebność próby / Number of observations N	Współczynnik zmienności / Coefficient of variation	Odczylenie standardowe / Standard deviation	Średnia / Mean (mm ³)
3D	30	9,50	2149,73	22626,00 ^a
M1	30	9,05	2205,97	24351,68 ^b
M2	30	9,17	3308,59	36052,72 ^c
M3	30	9,17	3306,57	36045,26 ^c
M4	30	9,17	2205,73	24035,14 ^{ab}
M5	30	9,17	2204,38	24030,17 ^{ab}
M6	30	9,17	4210,06	45894,25 ^d

Values in columns marked with identical letters do not differ significantly: a, b, c, d ($P \leq 0,05$)

Wartości w kolumnach z takimi samymi literami nie różnią się istotnie; a, b, c, d ($P \leq 0,05$)

Source: The own study

Źródło: Badania własne

It was assumed that measurements of the volume of walnut fruit, performed with the 3D method, were not burdened with error and that the obtained results can be used as a reference for the measurements performed with the 1D method. As shown in Figure 5, the mean relative error ranged from 6.25% to 7.69% when geometric models M1, M4 and M5 were applied to measure the volume of walnuts in the 1D method.

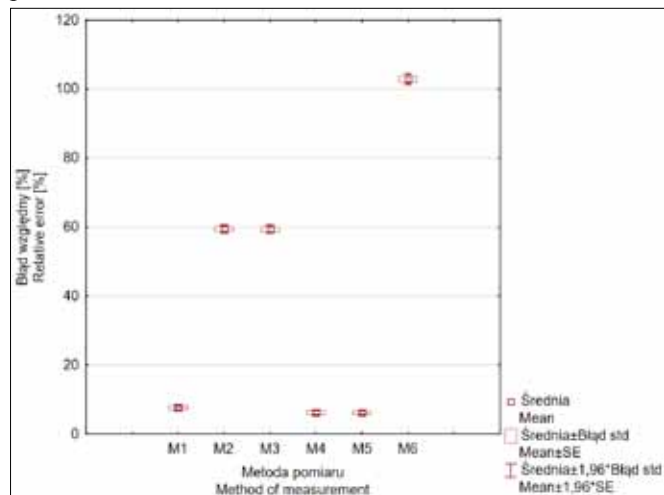


Fig. 5. Relative error in determining the volume of walnut by the 1D method with the use of geometric models and the 3D method.

Rys. 5. Błąd względny wyznaczania objętości owoców orzecha włoskiego metodą 1D z wykorzystaniem modeli geometrycznych oraz metodą 3D.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

CONCLUSIONS

The analysis of the two methods for determining the geometric parameters of walnuts revealed that the 3D method delivered more accurate results. The geometric parameters

(linear dimensions, surface area, volume) of entire samples and their selected fragments can be determined based on digital 3D models. The surface area of walnuts was more accurately measured using digital 3D models (3D method) than the direct method involving geometric models (1D method). In the 1D method, the surface area of walnut fruit can be determined with the use of a sphere (M1) and a spheroid (M4), and the volume of walnut fruit can be determined with the use of a sphere (M1), a spheroid (M4) and an ellipsoid (M5). When geometric models M1 and M4 were applied to measure the surface area of walnuts in the 1D method, the mean relative error was 3.77% and 3.98%, respectively. When models M1, M4 and M5 were used to measure the volume of walnuts, the mean relative error ranged from 6.25% to 7.69%.

WNIOSKI

Z przeprowadzonych badań na owocach orzecha włoskiego, wynika, że spośród zastosowanych dwóch metod wyznaczenia parametrów geometrycznych owoców najlepsze efekty uzyskano przy metodzie 3D. Z przestrzennych modeli numerycznych można wyznaczyć parametry geometryczne (wymiary, powierzchnię, objętość) całych próbek jak i ich wybranych fragmentów. Pomiar pola powierzchni owoców z wykorzystaniem przestrzennych modeli numerycznych (metoda 3D) jest dokładniejszy niż pomiar pola powierzchni metodą bezpośrednią z wykorzystaniem modeli geometrycznych (metoda 1D). Do wyznaczenia pola powierzchni owoców metodą 1D można zastosować kulę (M1) i model elipsoidy obrotowej (M4). Wyznaczając objętość owoców orzecha włoskiego metodą 1D można wykorzystać kulę (M1), elipsoidę obrotową (M4) i elipsoidę (M5). Średni błąd względny pomiaru pola powierzchni stosując metodę pomiaru 1D i wykorzystując modele geometryczne M1 i M4 wyniósł 3,77% i 3,98%. Wykorzystując do wyznaczania objętości owoców modele M1, M4 i M5 popelnia się błąd względny pomiaru od 6,25% do 7,69%.

REFERENCES

- [1] ANDERS A., P. MARKOWSKI, Z. KALINIEWICZ. 2014. „Wykorzystanie skanera 3D do badania właściwości geometrycznych nasion konopi siewnych (*Cannabis Sativa* L.)”. *Acta Agrophysica* 21 (4): 391–402.
- [2] ANDERS A., Z. KALINIEWICZ, P. MARKOWSKI. 2015. „Numerical modelling of agricultural products on the example of bean and yellow lupine seeds”. *International Agrophysics* 29 (4): 397–403.
- [3] BRONSZTEJN I. N., K. A. SIEMIENDIAJEW. 2004. *Matematyka. Poradnik Encyklopedyczny*. Warszawa PWN, ISBN: 83-01-14261-8.
- [4] DONEV A., I. CISSE, D. SACHS, E.A. VARIANO, F.H. STILLINGER, R. CONNELLY, S. TORQUATO, P. M. CHAIKIN. 2004. “Improving the density of Jammed Disordered Packings using ellipsoids”. *Science* 303 (5660): 990–993.

REFERENCES

- [1] ANDERS A., P. MARKOWSKI, Z. KALINIEWICZ. 2014. „Wykorzystanie skanera 3D do badania właściwości geometrycznych nasion konopi siewnych (*Cannabis Sativa* L.)”. *Acta Agrophysica* 21 (4): 391–402.
- [2] ANDERS A., Z. KALINIEWICZ, P. MARKOWSKI. 2015. „Numerical modelling of agricultural products on the example of bean and yellow lupine seeds”. *International Agrophysics* 29 (4): 397–403.
- [3] BRONSZTEJN I. N., K. A. SIEMIENDIAJEW. 2004. *Matematyka. Poradnik Encyklopedyczny*. Warszawa PWN, ISBN: 83-01-14261-8.
- [4] DONEV A., I. CISSE, D. SACHS, E.A. VARIANO, F.H. STILLINGER, R. CONNELLY, S. TORQUATO, P. M. CHAIKIN. 2004. “Improving the density of Jammed Disordered Packings using ellipsoids”. *Science* 303 (5660): 990–993.

- [5] **ERCISLI S., B. SAYINCIB, M. KARAB, C. YILDIZ, I. OZTURK. 2012.** "Determination of size and shape features of walnut (*Juglans regia* L.) cultivars using image processing". *Sci. Hortic.*, 133: 47–55.
- [6] **FRĄCZEK J., M. WRÓBEL. 2006.** „Metodyczne aspekty oceny kształtu nasion”. *Inżynieria Rolnicza* 12 (87): 155–163.
- [7] **GHARIBZAHEDI S.M.T., S.M. MOUSAVI, M. HAMED, F. KHODAIYAN. 2012.** „Comparative analysis of new Persian walnut cultivars: nut/kernel geometrical, gravimetical, frictional and mechanical attributes and kernel chemical composition”. *Scientia Horticulturae* 135: 202–209.
- [8] **GONI S.M., E. PURLIS, V.O. SALVADORI. 2007.** “Three-dimensional reconstruction of irregular foodstuffs”. *Journal of Food Engineering* 82 (4): 536–547.
- [9] **KALINIEWICZ Z., P. TYLEK, P. MARKOWSKI, A. ANDERS, T. RAWA, M. ZADROŻNY. 2012.** „Determination of shape factors and volume coefficients of seeds from selected coniferous trees”. *Technical Sciences* 15 (2): 217–228.
- [10] **KELKAR S., S. STELLA, C. BOUSHEY, M. OKOS. 2011.** “Developing novel 3D measurement techniques and prediction method for food density determination”. *Procedia Food Science* 1: 483–491.
- [11] **KONOPKA S., P. MARKOWSKI. 2016.** „Metodyczne aspekty oceny rzetelności wyników badań na przykładzie pomiarów cech geometrycznych nasion fasoli”. *Acta Agrophysica* 23 (3): 421–432.
- [12] **MAJEWSKA K., J. KOPYTOWSKA, R. E. ŁOJKO, R. ZADERNOWSKI. 2003.** „Wybrane cechy fizyczne dojrzałych owoców orzecha włoskiego”. *Acta Agroph.*, 2(3): 597–609.
- [13] **MARKOWSKI M., I. BIAŁOBRZEWSKI, A. MODRZEWSKA. 2010.** “Kinetics of spouted-bed drying of barley: Diffusivities for sphere and ellipsoid”. *Journal of Food Engineering* 96: 380–387.
- [14] **MeshLab Visual Computing Lab – ISTI – CNR. 2013.** <http://meshlab.sourceforge.net>
- [15] **MIESZKALSKI L. 2016.** „Matematyczne modelowanie kształtu podstawowych części morfologicznych cebuli cukrowej (*Allium cepa* L.)”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 1: 40–46.
- [16] **NextEngine User Manual. 2010.** <http://www.nextengine.com>.
- [17] **NGUYEN T. T., D. C. SLAUGHTER, N. MAX, J. N. MALOOF, N. SINHA. 2015.** “Structured light-based 3D reconstruction system for plants”. *Sensors* 15: 18587–18612.
- [18] **POLO M. E., A. M. FELICISIMO. 2012.** “Analysis of uncertainty and repeatability of a low-cost 3D laser scanner”. *Sensors* 12: 9046–9054.

- [19] **RABIEJ M. 2012.** „Statystyka z programem Statistica”. Wydawnictwo Helion. Gliwice, ISBN: 978-83-246-4110-9.
- [20] **RAHMI U., E. FERRUH. 2009.** „Potential use of 3-dimensional scanners for food process modeling”. *Journal of Food Engineering* 93: 337–343.
- [21] **RAWA T. 2012.** Metodyka wykonywania inżynierskich i magisterskich prac dyplomowych. Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, ISBN: 978-83-7299-752-4.
- [22] **VERBOVEN P., J. DE BAERDEMAEKER, B.M. NICOLAI. 2004.** “Using computational fluid dynamics to optimize thermal processes. Richardson, P. (Ed.), *Improving the Thermal Processing of Foods*”. CRC Press, Boca Raton, FL: 82–102.

- [19] **RABIEJ M. 2012.** „Statystyka z programem Statistica”. Wydawnictwo Helion. Gliwice, ISBN: 978-83-246-4110-9.
- [20] **RAHMI U., E. FERRUH. 2009.** „Potential use of 3-dimensional scanners for food process modeling”. *Journal of Food Engineering* 93: 337–343.
- [21] **RAWA T. 2012.** Metodyka wykonywania inżynierskich i magisterskich prac dyplomowych. Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, ISBN: 978-83-7299-752-4.
- [22] **VERBOVEN P., J. DE BAERDEMAEKER, B.M. NICOLAI. 2004.** “Using computational fluid dynamics to optimize thermal processes. Richardson, P. (Ed.), *Improving the Thermal Processing of Foods*”. CRC Press, Boca Raton, FL: 82–102.

*Dr inż. Katarzyna ŚWIĄDER

Mgr inż. Ireneusz KOŚLA

**Prof. Fa-Jui TAN

*Institute of Human Nutrition Sciences, Warsaw University of Life Sciences – SGGW Warsaw, Poland; Polish Society of Nutritional Sciences, Warsaw, Poland

** Department of Animal Science, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan

*Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego SGGW Warszawa, Polska; Polskie Towarzystwo Nauk Żywnościowych, Warszawa, Polska

** Katedra Nauk o Zwierzętach, National Chung Hsing University, Taichung, Tajwan

DIETARY SUPPLEMENTS CONTAINING COLLAGEN – ANALYSIS AND AVAILABILITY ON THE POLISH MARKET®

Suplementy diety zawierające kolagen – analiza i dostępność na polskim rynku®

Key words: dietary supplements, collagen, source of collagen, Polish market.

Supplements containing collagen vary in quality. Therefore, the aim of this study was to analyze the collagen content in products available on the Polish market, as well as their price, source of collagen origin, and declarations and claims of producers placed on product labels. The study was conducted in selected Polish online shops, and additionally the data were verified in some stationary shops in the Mazovia region. The material for the study was the information from product labels and descriptions available on websites. The analysis covered 30 dietary supplements containing collagen in various forms: in liquid, tablet and capsule form and in powder form. Only 13% of the supplements were pure single-ingredient substances, and the rest functioned as multi-ingredient supplements. The most common collagen booster used in supplements was vitamin C. The products analyzed differed in terms of the source of collagen. Most were supplements with collagen of marine origin. Among the collagen properties most often declared on product labels, strengthening of joints and tendons, bones, skin, hair and nails was mentioned. The costs of treatment in the tested products varied and very often were not proportional to the content of the active substance in the tested supplement.

Słowa kluczowe: suplementy diety, kolagen, źródło kolagenu, rynek polski.

Suplementy zawierające kolagen, różnią się jakością. Celem pracy było przeanalizowanie zawartości kolagenu w produktach dostępnych na polskim rynku, jak również ich ceny, źródła pochodzenia kolagenu oraz deklaracji i oświadczeń producentów umieszczonych na etykietach produktów. Badanie przeprowadzono w wybranych, polskich sklepach internetowych oraz dodatkowo zweryfikowano dane w części sklepów stacjonarnych na Mazowszu. Materiał do badań stanowiły informacje z etykiet produktów oraz opisy dostępne na stronach internetowych. Analizie poddano 30 suplementów diety zawierających kolagen w różnej postaci: w płynie, w tabletkach i kapsułkach oraz w formie proszku. Zaledwie 13% suplementów miało charakter czystej substancji jednoskładnikowej, a pozostałe funkcjonowały jako suplementy wieloskładnikowe. Najczęstszą substancją wspomagającą kolagen stosowaną w suplementach była witamina C. Produkty poddane analizie różniły się ze względu na źródła otrzymywania kolagenu. Najwięcej było suplementów z kolagenem pochodzenia morskiego. Wśród najczęściej deklarowanych na etykietach produktów właściwości kolagenu, wymieniano wzmacnianie: stawów i ścięgien, kości, skóry oraz włosów i paznokci. Koszty kuracji w sprawdzonych produktach były zróżnicowane i bardzo często nie były proporcjonalne w stosunku do zawartości substancji aktywnej w badanym suplementcie.

INTRODUCTION

The main protein produced by the human body is collagen, which is present in bones, tendons and ligaments, muscles, as well as skin and hair [16]. Its loss occurs with age. Compared to young adults, collagen synthesis in the body in people around the age of 80 can decrease by up to 75% [9],

and supplementation with bioactive collagen peptides can counteract this process.

Collagen proteins are becoming increasingly popular on the market, and manufacturers of foodstuffs, dietary supplements are meeting the expectations of consumers by introducing new products with these proteins. More and more people see the need to use collagen preparations for cosmetic

and therapeutic purposes in the prevention of diseases of the musculoskeletal system, among others [8] such as rheumatoid arthritis (RA). One way of alleviating the disease symptoms of RA is prevention in the form of maintaining physical activity appropriate to the patient's age [2] and taking dietary supplements containing collagen peptides [12].

The aim of this study was to analyze collagen content in products available on the Polish market, as well as their prices, sources of collagen origin and declarations and claims placed by producers on the labels of these product.

MATERIALS AND METHODS

The research was conducted in selected Polish online stores, and additionally data was verified in selected stationary stores on the territory of the Mazovia region in August and September 2019. Information about the supplements was obtained in the following online shops: www.aptekagemini.pl, www.gshpolska.pl, www.pharmovit.pl, www.bingospa.eu, www.finshop.pl, www.sklepdietetyczny.pl, www.vodanaturalna.pl, www.vitalabo.pl, www.japanstore.pl, www.aptekawaw.pl, www.formeds.com.pl, www.swansonshop.pl, www.kenayag.pl, www.topwitaminy.pl, www.medicaherbs.pl, www.colway.pl, www.cfarm24.pl, www.kolagen.pro, www.noblehealth.pl, www.sfd.pl, www.biogo.pl, www.pbc24.pl, www.testosteron.pl, and in stationary shops such as Rossmann, Tesco, Lidl in Warsaw and Siedlce, and additionally in the Dietitian's Clinic in Siedlce. The material for the study consisted of information placed on product labels and product descriptions available on websites. The prices, sources of collagen origin and declarations placed by producers on the labels of these products were checked. Excel 2016 was used to analyze the data.

RESULTS AND DISCUSSION

Forms of dietary supplements with collagen

During the study, 30 products containing collagen were analyzed. Dietary supplements in various forms (Fig. 1) were available on the market in the same proportions: liquid collagen, collagen in powder form and, collagen in capsules and tablets (33.3% respectively).

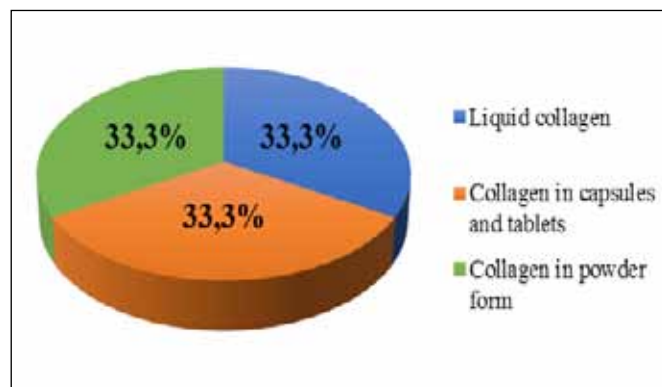


Fig. 1. Form of presence of collagen in products.

Rys. 1. Forma występowania kolagenu w produktach.

Source: Own study

Źródło: Badanie własne

In addition to the various forms of collagen present in products, it may also be present as a denatured or hydrolyzed collagen. The most commonly used forms are denatured collagen and hydrolyzed collagen. Denaturation and hydrolysis processes break down the peptides into shorter chains and, after sufficiently long treatment, even into single amino acids. However, such strong processing of peptides should be avoided because of the breakdown of collagen and loss of its therapeutic properties [15, 21].

Collagen type II (CII) denaturation refers to the process of breaking down peptide chains of amino acids and most commonly this process is used to process gelatin protein supplements by heating [21]. It is well known that protein denaturation is an irreversible process and completely inactivates peptides, which reduces the benefits of their use in joint disease. It is important to bear in mind that some manufacturers of collagen type II (CII) supplements do not use the protein denaturation process by advertising their product as non-denatured collagen, i.e. UC-II active in the prevention of arthritis, among others [11].

Form of preparations (one or multiple ingredients)

Share in the analyzed market of dietary supplements of single- and multi-ingredient products is presented in Fig. 2.

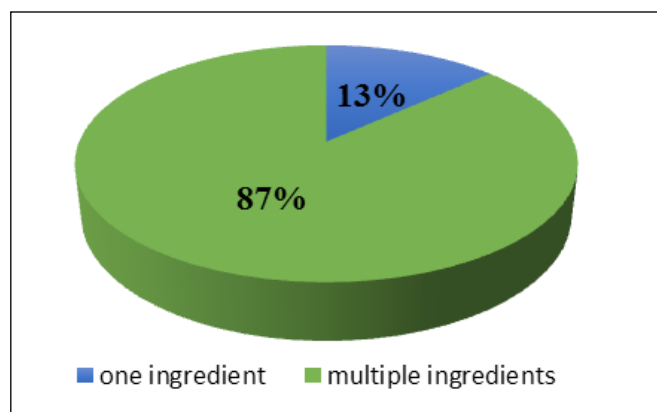


Fig. 2. Share in the analyzed market of dietary supplements of single- and multi-ingredient products.

Rys. 2. Udział w analizowanym rynku suplementów diety produktów jedno i wieloskładnikowych.

Source: Own study

Źródło: Badanie własne

Most of the dietary supplements with collagen on the market were in the form of multicomponent preparations and rarely were there only preparations with pure collagen. Only 13% of the supplements were in the form of pure single-ingredient collagen and 87% as a multi-ingredient supplement (Fig. 2). Pure collagen was most often found in liquid or powdered form. In multi-ingredient products, vitamin C and/or hyaluronic acid were most commonly added. In many collagen preparations sold in liquid form – a preservative was added, and an anti-caking agent was added to food supplements sold in capsule or tablet form.

Collagen sources

Collagen sources quoted by manufacturers in the dietary supplements analyzed are presented in Fig. 3.

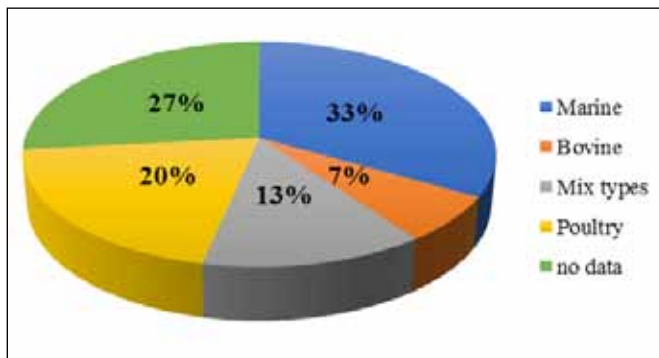


Fig. 3. Collagen sources in the dietary supplements (%).
Rys. 3. Źródła kolagenu w suplementach diety (%).

Source: Own study

Źródło: Badanie własne

The analyzed products differed in the source of collagen. Most of the analyzed supplements contained collagen of marine origin from sea fish (33%), then from poultry (20%) and from bovine (7%). A large percentage of supplements (27%) did not contain information about the source of collagen on the label, which is important information for buyers of such products. However, as many as 13% of the supplements contained a mixture of collagens from different sources.

The most commonly used sources of collagen are raw materials of animal origin such as fish, chicken, porcine or bovine origin [7, 8]. Excellent parts of animals, from which collagen is obtained are tendons, skins and bones. The prevalence of animal (pork and beef) peptides was such that gelatin became synonymous with collagen, and in the physically active community, gelatin and fruit jellies with gelatin were seen as sufficient to strengthen joints [20].

Chicken and other poultry fowl can also be a source of collagen procurement. Due to its high availability and relatively low price, chicken is the most available and currently the cheapest meat on the market. Collagen in chicken meat from chicken meat occurs mainly in connective tissue [13]. Meat from chicken breast contains about 2.5% of collagen, and meat from thigh parts contains about 6% [13]. Chicken meat is also an excellent source of amino acids [17]. Another source of peptides and thus collagen is saltwater fish and freshwater. The use of this source was in response to epidemic diseases in cows and pigs - Creutzfeldt-Jakob disease and the swine flu epidemic [7]. Approximately 30% of waste in the form of skins, heads and bones remains in the fish processing process. Using this waste to obtain collagen is therefore most appropriate. As a result of the spread of civilization diseases such as hypertension, the extraction of collagen from fish seems to meet the industrial demand for this raw material [19].

Researchers all over the world are trying to find a plant-based source of collagen that can be used by vegetarians and vegans. Such products include Rejuvenat-

ed Veggiecol which, according to the manufacturer, contains a patented formula of collagen, hyaluronic acid and over five hundred natural ingredients, including vitamin C, zinc and copper to boost collagen levels. The main ingredients in Collageno Vegetal by Borinquen Natural are carrot extract, methylsulfonylmethane (MSM), glucosamine, hyaluronic acid and vitamin C. These ingredients are supposed to stimulate in the human body the natural synthesis of collagen in cells.

Collagen-enhancing additives

Figure 4 shows the types and frequency of collagen-enhancing additives in the dietary supplements analyzed.

The most common collagen-supporting additive (Fig. 4.) used in dietary supplements was vitamin C (used in 28% of the products). This vitamin was found alone or with other vitamins and minerals. Vitamin C was the most commonly used as a supporting additive, having been used in 28% of the products. 14% of the products contained fruit and plant extracts in the formulation. Examples of extracts were goi fruit extract, field horsetail extract, or carrot juice. B vitamins, vitamin A, vitamin E and minerals such as magnesium, zinc, manganese, calcium were used in 28% of the products. Manufacturers also added hyaluronic acid - in 11% of the products, glucosamine and chondroitin - in 5% of the analyzed products. Only 9% of the analyzed supplements did not contain any supporting additives.

Vitamin C is one of the factors influencing the absorption and collagen synthesis in the body. Kjaer et al [6] showed that supplementation with vitamin C and other minerals had a positive effect on hernia healing outcomes in men. The study by Ivanov et al [5] showed a beneficial effect of vitamin C supplementation on the synthesis of more type I and V collagen in the arteries.

Cost of collagen treatment

The costs of collagen treatment in the analyzed products were very often not proportional to the content of active substance in the supplement.

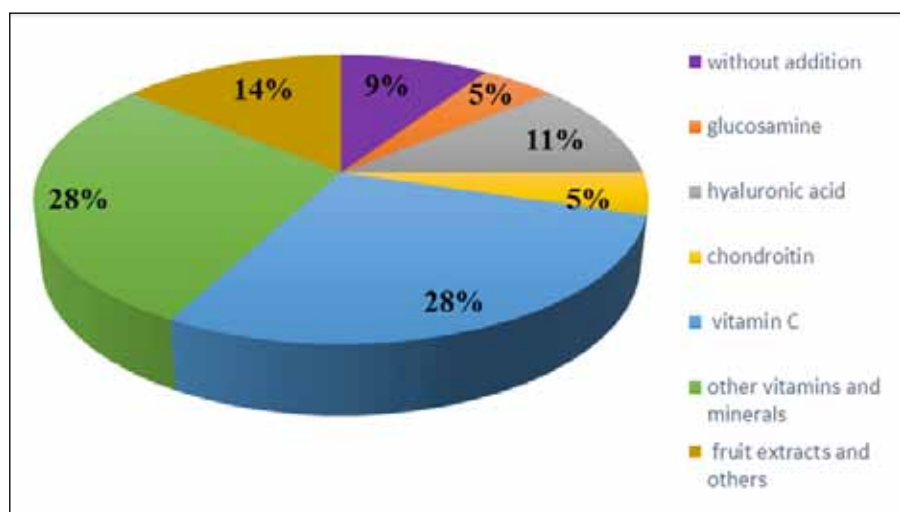


Fig. 4. Collagen-supporting additives in food supplements (%).

Rys. 4. Dodatki wspomagające działanie kolagenu w suplementach diety (%).

Source: Own study

Źródło: Badanie własne

The amount of active substance in the analyzed liquid products ranged between 216 mg and 20000 mg in a daily dose. The lowest cost of using a single dose of the liquid collagen supplement was PLN 3.08, and the dose of the active substance offered at this price was 9650 mg of collagen. In contrast, the average cost of the liquid collagen supplement was PLN 7.96 for an average daily dose of 5633 mg. The amount of active substance in the analyzed collagen supplements in capsules and tablets was between 10 and 4000 mg in a daily dose. The lowest cost of using a single dose of collagen supplement in tablets and capsules on the Polish market was PLN 0.59, and the highest was PLN 6.34. The collagen powder supplements analyzed on the Polish market contained between 1500 and 10000 mg in the recommended daily intake. The lowest daily cost of using a single dose of collagen powder supplement was PLN 0.68 and the highest was PLN 3.29, while the average cost of a daily dose was PLN 2.09.

Declaration of health-promoting properties

The declaration of health-promoting properties of products containing collagen serves manufacturers and distributors as an additional asset and an incentive to purchase a given product. Figure 5 presents the health-promoting properties most frequently declared by manufacturers of dietary supplements with collagen.

Many manufacturers claimed several benefits of a single food supplement. Among the most frequently claimed properties of collagen on the labels of the products, strengthening of tendons and joints, skin, bones, hair and nails were mentioned. Most of them concern improvement of joints and tendons skin condition (25 declarations) (Fig. 5), then skin condition. 20 products indicated a strengthening effect in this regard. Also, a very high number of benefits declared by producers concerned the improvement of bone density, where such a declaration concerned 18 products. Strengthening effects on hair and nails were declared for 11 products. In individual cases, a positive effect on eyes for 3 products, on teeth and on the metabolism for 2 products, and on the immune system for 1 product (Figure 5).

The use of collagen type II (CII) for chronic diseases such as RA (Rheumatoid Arthritis) clearly alleviates the effects of the disease. Administration of CII to patients is completely safe and beneficial to improve health [10]. The administration of low doses of CII has given positive results for joint pain, chronic back pain [4, 18], which increased during exercise [10]. In the case of osteoarthritis, Guzman et al [3] showed that the use of CII results in an alleviation of disease symptoms. The benefits associated with CII administration are associated with a lower immune response, with less production of IgG specific to type II collagen. Interferons can be stimulated with higher doses of collagen, although it was observed that during oral

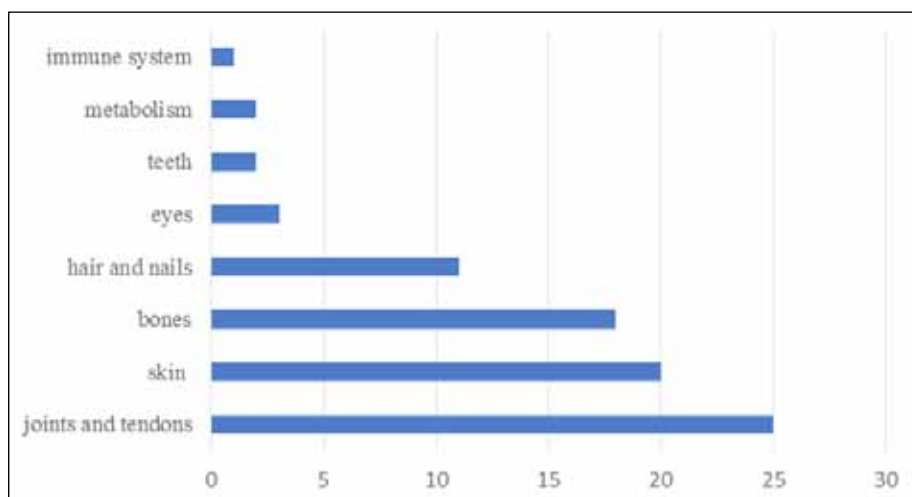


Fig. 5. The health-promoting properties most frequently declared by manufacturers of dietary supplements with collagen (number of declarations).

Rys. 5. Właściwości prozdrowotne najczęściej deklarowane przez producentów suplementów diety z kolagenem (liczba deklaracji).

Source: Own study

Źródło: Badanie własne

supplementation this did not affect the outcome of the study [14]. Type I collagen makes up about 80% of the total collagen found in the human dermis [1]. Numerous studies confirm the effectiveness of collagen in skin care and regeneration [22] that is why collagen is one of the most commonly used substances in cosmetology.

Products containing collagen are well widespread on the Polish market, however, there is still a lack of offer for food enriched with collagen proteins. Such functional food products are available on foreign markets. Examples of such products with added collagen are e.g. chocolate bars, chocolate creams, chocolates and drinks available on the US market, candies, coffee and gin available on the UK market, and beer with collagen available in Japan or bread mix in RPA.

CONCLUSIONS

1. The dietary supplements with collagen analyzed were available in various forms: collagen in liquid, capsule and tablet form as well as in powder form.
2. Only 13% of the supplements were pure single-ingredient substances, and the rest functioned as multi-ingredient supplements. The most common collagen booster used in supplements was vitamin C.
3. The products analyzed differed in terms of the source of collagen. Most were supplements with collagen of marine origin.
4. Among the collagen properties most often declared on supplement labels, strengthening of joints and tendons, bones, skin, hair and nails was mentioned.
5. The costs of treatment in the tested products varied and very often were not proportional to the content of the active substance in the tested supplement.

WNIOSKI

1. Analizowane suplementy diety z kolagenem występowały w różnej postaci: kolagen w płynie, w kapsułkach i tabletkach oraz w postaci proszku.
2. Zaledwie 13% suplementów miało charakter czystej substancji jednoskładnikowej, a pozostałe funkcjonowały jako suplementy wieloskładnikowe. Najczęstszą substancją wspomagającą kolagen stosowaną w suplementach była witamina C.

3. Produkty poddane analizie różniły się ze względu na źródła otrzymywania kolagenu. Najwięcej było suplementów z kolagenem pochodzenia morskiego.
4. Wśród najczęściej deklarowanych na etykietach suplementu właściwości kolagenu, wymieniano wzmacnianie stawów i ścięgien, kości, skóry oraz włosów i paznokci.
5. Koszty kuracji w sprawdzonych produktach były zróżnicowane i bardzo często nie były proporcjonalne w stosunku do zawartości substancji aktywnej w badanym suplementcie.

REFERENCES

- [1] **FRANTZ C., K.M. STEWART, V.M. WEAVER. 2010.** "The extracellular matrix at a glance". *Journal of Cell Science* 123: 4195-4200.
- [2] **GĘBKA D., K. KĘDZIORA-KORNATOWSKA. 2012.** „Korzyści z treningu zdrowotnego u osób w starszym wieku”. *Problemy Higieny i Epidemiologii* 93(2): 256–259.
- [3] **GUZMAN R.E., M.G. EVANS, S. BOVE, B. MORENKO, K. KILGORE. 2003.** "Monoiodoacetate-induced histologic changes in subchondral bone and articular cartilage of rat femorotibial joints: an animal model of osteoarthritis" 31(6):619–24.
- [4] **HERMANN G.F., T. RIVKINA, D. LAVINO. 2008.** "Pain management in cervical chronic myofascial trigger points: prm homeomesotherapy vs. Conventional mesotherapy – results of a cohort, controlled clinical trial". *Physiological. Regulating Medicine Jan* (1):3–10.
- [5] **IVANOV V., S. IVANOVA, T. KALINOVSKY, A. NIEDZWIECKI, M. RATH. 2016.** "Inhibition of collagen synthesis by select calcium and sodium channel blockers can be mitigated by ascorbic acid and ascorbyl palmitate". *American Journal of Cardiovascular Disease* 6(2): 26–35.
- [6] **KJAER M., A. KRUSE, S. FREDERIKSEN, I. INGEMANN NISSEN, N. WILLUMSEN, G. VAN HALL, L. NANNESTAD JORGENSEN, J.R. ANDERSEN, M.S. ÅGREN. 2017.** "Multinutrient Supplementation Increases Collagen Synthesis during Early Wound Repair in a Randomized Controlled Trial in Patients with Inguinal Hernia". *The Journal of Nutrition*. <https://www.clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT03221686?id=NCT03221686&draw=2&rank=1>
- [7] **KOZŁOWSKA J., A. SIONKOWSKA. 2011.** „Właściwości kolagenu wyizolowanego z łusek ryb z gatunku *Esox Lucius*". *Inżynieria biomateriałów* 109–111: 24–26.
- [8] **KRASNOWSKA G. 2005.** „Charakterystyka i wykorzystanie białek kolagenowych”. *Medycyna weterynaryjna* 61 (3).
- [9] **LEÓN-LÓPEZ A. A. MORALES-PENALOZA, V.M. MARTÍNEZ-JUÁREZ, A. VARGAS-TORRES, D.I. ZEUGOLIS, G. AGUIRRE-ÁLVAREZ. 2019.** „Hydrolyzed Collagen--Sources and Applications". *Molecules* 24: 4031.

REFERENCES

- [1] **FRANTZ C., K.M. STEWART, V.M. WEAVER. 2010.** "The extracellular matrix at a glance". *Journal of Cell Science* 123: 4195–4200.
- [2] **GEBKA D., K. KEDZIORA-KORNATOWSKA. 2012.** „Korzyści z treningu zdrowotnego u osob w starszym wieku”. *Problemy Higieny i Epidemiologii* 93(2): 256–259.
- [3] **GUZMAN R.E., M.G. EVANS, S. BOVE, B. MORENKO, K. KILGORE. 2003.** "Monoiodoacetate-induced histologic changes in subchondral bone and articular cartilage of rat femorotibial joints: an animal model of osteoarthritis" 31(6): 619–24.
- [4] **HERMANN G.F., T. RIVKINA, D. LAVINO. 2008.** "Pain management in cervical chronic myofascial trigger points: prm homeomesotherapy vs. Conventional mesotherapy - results of a cohort, controlled clinical trial". *Physiological. Regulating Medicine Jan* (1): 3–10.
- [5] **IVANOV V., S. IVANOVA, T. KALINOVSKY, A. NIEDZWIECKI, M. RATH. 2016.** "Inhibition of collagen synthesis by select calcium and sodium channel blockers can be mitigated by ascorbic acid and ascorbyl palmitate". *American Journal of Cardiovascular Disease* 6(2): 26–35.
- [6] **KJAER M., A. KRUSE, S. FREDERIKSEN, I. INGEMANN NISSEN, N. WILLUMSEN, G. VAN HALL, L. NANNESTAD JORGENSEN, J.R. ANDERSEN, M.S. AGREN. 2017.** "Multinutrient Supplementation Increases Collagen Synthesis during Early Wound Repair in a Randomized Controlled Trial in Patients with Inguinal Hernia". *The Journal of Nutrition*. <https://www.clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT03221686?id=NCT03221686&draw=2&rank=1>
- [7] **KOZŁOWSKA J., A. SIONKOWSKA. 2011.** „Wlasciwosci kolagenu wyizolowanego z łusek ryb z gatunku *Esox Lucius*". *Inzynieria biomaterialow* 109–111: 24–26.
- [8] **KRASNOWSKA G. 2005.** „Charakterystyka i wykorzystanie białek kolagenowych”. *Medycyna weterynaryjna* 61 (3).
- [9] **LEON-LOPEZ A. A. MORALES-PENALOZA, V.M. MARTINEZ-JUAREZ, A. VARGAS-TORRES, D.I. ZEUGOLIS, G. AGUIRRE-ALVAREZ. 2019.** "Hydrolyzed Collagen--Sources and Applications". *Molecules* 24: 4031.

- [10] LUGO J.P., Z.M. SAIYED, F.C. LAU, J.P. MOLINA, M.N. PACKDAMAN, A.N. SHAMIE, J.K. UDANI. 2013. „Undenatured type II collagen (UC-II®) for joint support: a randomized, double-blind, placebo-controlled study in healthy volunteers”. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 10(1): 48.
- [11] MARONE P.A., F.C. LAU, R.C. GUPTA, M. BAGCHI, D. BAGCHI. 2010. “Safety and toxicological evaluation of undenatured type II collagen”. *Toxicology Mechanisms and Methods* 20(4):175–189.
- [12] MATYSKA-PIEKARSKAE., E. ŁUSZCZEWSKI, J. ŁĄCKI, I. WAWER. 2006. „Rola stresu oksydacyjnego w etiopatogenezie reumatoidalnego zapalenia stawów”. *Postępy Higieny i Medycyny Doswiadczalnej* 60: 617–623.
- [13] MICHALCZUK M., A. SIENNICKA. 2010. „Właściwości dietetyczne mięsa różnych gatunków drobiu utrzymywanych w alternatywnych systemach chowu”. *Przegląd Hodowlany* 11.
- [14] MIN S.Y., K.S. PARK, M.L. CHO, J.W. KANG, Y.G. CHO, S.Y. HWANG, M.J. PARK, C.H. YOON, J.K. MIN, S.H. LEE, S.H. PARK, H.Y. KIM. 2006. “Antigen-induced, tolerogenic CD11c+, CD11b+ dendritic cells are abundant in Peyer’s patches during the induction of oral tolerance to type II collagen and suppress experimental collagen-induced arthritis”. *Arthritis and Rheumatism* 54(3): 887–98.
- [15] MOSKOWITZ R.W. 2000. “Role of collagen hydrolysate in bone and joint disease”. *Seminars in Arthritis and Rheumatism* 30(2): 87–89.
- [16] NOWICKA-ZUCHOWSKA A., A. ZUCHOWSKI. 2019. „Kolagen – rola w organizmie i skutki niedoboru”. *Lek w Polsce, Farmakoterapia* 29 (11/12): 342–343.
- [17] ORKUSZ A. 2015. Czynniki kształtujące jakość mięsa drobiu grzebiącego. Praca przeglądowa. *Nauki inżynierskie i technologiczne* 1(16).
- [18] PAVELKAK., R. SVOBODOVA, H. JAROSLOVA. 2012. “MD-Lumbar, MD-Muscle, MD-Neural in the treatment of low back pain”. *Physiological Regulating Medicine* <https://guna.com/product/physiological-regulating-medicine-2012/attachment/3-6-pavelka-pdfmd-lumbarmd-muscleandmd-neuralinthreatmentoflowbackpain-k-pavelkar-svobodovh-jaroovaacute>
- [19] PLISZKA M., J. BORAWSKA, M. ŚWITAJ, M. DAREWICZ. 2015. „Białka pstrąga tęczowego jako potencjalne źródło biologicznie aktywnych peptydów”. Praca oryginalna. *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu* 21(3): 322–327.
- [20] SHAW G., A. LEE-BARTHEL, M. LR ROSS, B. WANG, K. BAAR. 2017. “Vitamin C-enriched gelatin supplementation before intermittent activity augments collagen synthesis”. *The American Journal of Clinical Nutrition* 105(1): 136–143.
- [10] LUGO J.P., Z.M. SAIYED, F.C. LAU, J.P. MOLINA, M.N. PACKDAMAN, A.N. SHAMIE, J.K. UDANI. 2013. “Undenatured type II collagen (UC-II(R)) for joint support: a randomized, double-blind, placebo-controlled study in healthy volunteers”. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 10(1): 48.
- [11] MARONE P.A., F.C. LAU, R.C. GUPTA, M. BAGCHI, D. BAGCHI. 2010. “Safety and toxicological evaluation of undenatured type II collagen”. *Toxicology Mechanisms and Methods* 20(4): 175–189.
- [12] MATYSKA-PIEKARSKAE., E. LUSZCZEWSKI, J. LACKI, I. WAWER. 2006. „Rola stresu oksydacyjnego w etiopatogenezie reumatoidalnego zapalenia stawów”. *Postępy Higieny i Medycyny Doswiadczalnej* 60: 617–623.
- [13] MICHALCZUK M., A. SIENNICKA. 2010. „Właściwości dietetyczne miesa roznych gatunkow drobiu utrzymywanych w alternatywnych systemach chowu”. *Przegląd Hodowlany* 11.
- [14] MIN S.Y., K.S. PARK, M.L. CHO, J.W. KANG, Y.G. CHO, S.Y. HWANG, M.J. PARK, C.H. YOON, J.K. MIN, S.H. LEE, S.H. PARK, H.Y. KIM. 2006. „Antigen-induced, tolerogenic CD11c+, CD11b+ dendritic cells are abundant in Peyer’s patches during the induction of oral tolerance to type II collagen and suppress experimental collagen-induced arthritis”. *Arthritis and Rheumatism* 54(3): 887–98.
- [15] MOSKOWITZ R.W. 2000. “Role of collagen hydrolysate in bone and joint disease”. *Seminars in Arthritis and Rheumatism* 30(2): 87–89.
- [16] NOWICKA-ZUCHOWSKA A., A. ZUCHOWSKI. 2019. „Kolagen – rola w organizmie i skutki niedoboru”. *Lek w Polsce, Farmakoterapia* 29 (11/12): 342–343.
- [17] ORKUSZ A. 2015. Czynniki kształtujące jakosc miesa drobiu grzebiącego. Praca przeglądowa. *Nauki inżynierskie i technologiczne* 1(16).
- [18] PAVELKAK., R. SVOBODOVA, H. JAROSLOVA. 2012. “MD-Lumbar, MD-Muscle, MD-Neural in the treatment of low back pain”. *Physiological Regulating Medicine* <https://guna.com/product/physiological-regulating-medicine-2012/attachment/3-6-pavelka-pdfmd-lumbarmd-muscleandmd-neuralinthreatmentoflowbackpain-k-pavelkar-svobodovh-jaroovaacute>
- [19] PLISZKA M., J. BORAWSKA, M. SWITAJ, M. DAREWICZ. 2015. „Białka pstraga teczowego jako potencjalne zrodlo biologicznie aktywnych peptydow”. Praca oryginalna. *Medycyna Ogolna i Nauki o Zdrowiu* 21(3): 322–327.
- [20] SHAW G., A. LEE-BARTHEL, M. LR ROSS, B. WANG, K. BAAR. 2017. „Vitamin C-enriched gelatin supplementation before intermittent activity augments collagen synthesis”. *The American Journal of Clinical Nutrition* 105(1): 136–143.

- [21] **WRIGHT N.T., J.D. HUMPREY. 2002.** "Denaturation of Collagen Via Heating: An Irreversible Rate Process". Annual Review of Biomedical Engineering 4: 109–128.
- [22] **ŻELASZCZYK D., A. WASZKIELEWICZ, H. MARONA. 2012.** „Kolagen – struktura oraz zastosowanie w kosmetologii i medycynie estetycznej”. Estetologia Medyczna i Kosmetologia 2(1): 14–20.

- [21] **WRIGHT N.T., J.D. HUMPREY. 2002.** "Denaturation of Collagen Via Heating: An Irreversible Rate Process". Annual Review of Biomedical Engineering 4: 109–128.
- [22] **ZELASZCZYK D., A. WASZKIELEWICZ, H. MARONA. 2012.** „Kolagen – struktura oraz zastosowanie w kosmetologii i medycynie estetycznej”. Estetologia Medyczna i Kosmetologia 2(1): 14–20.

Mgr inż. Kamila KOZIEŁ¹

Mgr inż. Dorota JANISZEWSKA¹

Доцент канд. техн. наук Олег в. АГЕЕВ, prof. nadzw. inż.²

¹Morski Instytut Rybacki – Państwowy Instytut Badawczy, Polska
Sea Fisheries Institute in Gdynia, Department of Fish Resources, Poland

²Кафедра пищевых и холодильных машин, механико-технологический факультет, Калининградский государственный технический университет г.Калининград, Россия

PASTA RYBNA Z WYKORZYSTANIEM WYSORTOWANYCH FILETÓW Z KARPI®

Fish paste using sorted carp fillets®

Słowa kluczowe: przetwórstwo karpi, odzysk mięsa.

Celem artykułu jest przedstawienie uzyskanych wyników badań dotyczących określenia przydatności technologicznej mięsa odzyskanego z kręgosłupów i żeber karpi, a także wysortowanych, czyli uszkodzonych mechanicznie filetów z karpi oraz ścinek z dorszy. Analizowano podstawowy skład chemiczny: zawartość suchej masy, białka, ogólną zawartość tłuszczu, popiołu oraz soli w użytych do prób surowcach. Dokonano oceny poszczególnych wskaźników jakości sensorycznej w wytworzonych pastach rybnych. Stwierdzono, iż wysoka jakość sensoryczna wytworzonych na bazie mięsa z karpi past może być podstawą do wykorzystania opracowanych technologii w zakładach przetwórstwa rybnego.

Key words: carp processing, meat recovery.

The aim of the article is to present the obtained results of research on the technological suitability of meat recovered manually from the backbones and ribs of carp, as well as sorted, i.e. mechanically damaged, fillets with carps and cut from cod. The basic chemical composition was analyzed: dry matter, protein, total fat, ash and salt content in the raw materials used for the tests. The individual indicators of sensory quality were assessed in manufactured fish pastes. It was found that the high sensory quality of pastes made on the basis of carp meat may be the basis for the use of the developed technologies in fish processing plants.

WSTĘP

W Morskim Instytucie Rybackim – Państwowym Instytucie Badawczym w ramach jednego z etapów projektu pt. „Opracowanie programu wykorzystywania nowoczesnych, kompleksowych technologii przetwarzania karpi w gospodarstwach akwakultur i w zakładach przetwórstwa ryb. Poradnik” wykonano próby i badania możliwości wykorzystania mięsa oddzielonego ręcznie z kręgosłupów i żeber karpi w produkcie typu pasta rybna.

Prowadzone prace podzielono na cztery etapy:

1. Teoretyczne opracowanie receptur past z użyciem mięsa pozyskanego metodą ręczną z technologicznych pozostałości z przetwórstwa świeżych karpi.
2. Wytworzenie w warunkach laboratoryjnych dwóch asortymentów: pasty z karpi oraz pasty z karpi z dodatkiem wysortowanych kawałków filetów z dorsza (ścinki).
3. Ocena fizykochemiczna użytych surowców.
4. Ocena jakościowa wytworzonych past.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiałem badawczym były próby mięsa pozyskane metodą ręczną z technologicznych pozostałości z przetwórstwa świeżych karpi (kręgosłupów oraz żeber), a także

wysortowane, czyli uszkodzone mechanicznie filety z karpi oraz ścinki z dorszy.

Zakres prób technologicznych obejmował:

1. Odzyskanie mięsa metodą łyżeczkowania z kręgosłupów karpi.
2. Przygotowanie past rybnych.

Przygotowanie past rybnych w warunkach laboratoryjnych

Porcję mięsa potrzebną do wykonania jednego asortymentu odważono na wadze laboratoryjnej. W przypadku pierwszego asortymentu – pasty z karpi było to: 80% mięsa z wysortowanych filetów z karpi i 20% mięsa odseparowanego ręcznie z kręgosłupów i żeber. Drugi asortyment – pasta na bazie mięsa karpi z dodatkiem dorsza, zawierała 50% mięsa z wysortowanych filetów karpi i 50% mięsa z wysortowanych kawałków filetów z dorsza (ścinki). Tak przygotowane mięso umieszczono w misie kutra dodając stopniowo odważone składniki pasty.

Udziały mas poszczególnych składników na 1 kg gotowego wyrobu (rys.1, rys.2):

- a) pasty na bazie mięsa z wysortowanych filetów z karpi oraz mięsa odseparowanego ręcznie z kręgosłupów oraz żeber,

b) pasty na bazie mięsa z wysortowanych filetów z karpia i ścinków z dorsza.

Proces kutrowania każdej z dwóch rodzajów past rozpoczęto od dodatku koncentratu pomidorowego oraz kawałków papryki świeżej do uprzednio odważonego i umieszczonego w misie kutra mięsa. Całość kutrowano przez 2 minuty, przy obrotach miski 12÷15 obr/min i obrotach wału nożowego 950÷1000 obr/min [2]. Następnie, do rozdrobnionej już masy dodawano stopniowo odważone składniki sypkie, takie jak: pieprz czarny, curry, majeranek, sól, cukier, przyprawę papryki oraz błonnik grochowy stanowiący składnik strukturotwórczy. Całość kutrowano kolejne 2 minuty w niezmiennych warunkach. W trzecim etapie dodano do częściowo już wyrobionej masy odmierzoną ilość wody oraz oleju. Całość poddano kutrowaniu przez 1 minutę przy obrotach miski 30 obr/min i obrotach wału nożowego 2400÷2500 obr/min. Przedstawiony powyżej proces zapewnił uzyskanie jednolitej masy wyprodukowanych past rybnych.

Wykonane laboratoryjnie pasty zamknięto w opakowaniach typu Alupack (130 g) i poddano cieplnej sterylizacji

w autoklawie wodnym, zroszeniowo-natryskowym. Parametry sterylizacji: podgrzewanie (35 min), sterylizacja właściwa 117°C (40 min). Po zakończonej sterylizacji, konserwy poddano schładzaniu do temperatury otoczenia (30 min), a następnie przechowywano w temperaturze pokojowej [5].

W surowcu oraz w wyprodukowanych próbach past z karpia oraz z karpia i dorsza dokonano analizy zawartości podstawowych składników. Oznaczono w nich zawartość suchej masy (metodą wagową), zawartość białka (metodą Kjeldahla w aparacie Kjeltec System), ogólną zawartość tłuszczu (metodą Soxhleta) oraz zawartość związków mineralnych w postaci popiołu (metodą wagową po mineralizacji próbki) i soli kuchennej (NaCl). Wszystkie oznaczenia wykonano w trzech powtórzeniach.

W ramach badań przeprowadzono ocenę jakości sensorycznej prób past z karpia oraz z karpia i dorsza. Produkty oceniono na podstawie 5-cio punktowej skali według metody D. Tinglera [1]. Ocenie jakości sensorycznej poddano następujące wyróżniki jakości: wygląd ogólny wyrobu, zapach, barwę i smak produktu oraz konsystencję (smarowność) pa-

sty. Oceny jakości sensorycznej były prowadzone indywidualnie przez pięciu specjalistów.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Uzyskane wyniki poszczególnych wskaźników (tab. 1) klasyfikują mięso oddzielone ręcznie z kręgosłupów oraz żeber karpia na poziomie zbliżonym do mięsa pochodzącego z wysortowanych filetów z karpia. Uwagę zwraca jedynie dość duża różnica w zawartości tłuszczu. Mięso oddzielone z kręgosłupów i żeber ma znacznie niższą zawartość tłuszczu (7,67%), niż mięso z wysortowanych filetów bez skóry (25,01%). Dodatek pełnowartościowego mięsa z wysortowanych filetów, podnosi więc zawartość tłuszczu w produkcie finalnym, co korzystnie wpływa na zawartości w nim wielonienasyconych kwasów tłuszczowych omega-3 i omega-6. Kwasy te są kluczowym składnikiem ludzkiego organizmu, wspomagającym między innymi prawidłową pracę mózgu człowieka, a ich obecność w modelowych wyrobach o cechach żywności funkcjonalnej, znacząco wpływa na poprawę funkcjonowania całego organizmu. Dodatek mięsa z wysortowanych kawałków filetów z dorsza do opracowanych nowych asortymentów past rybnych miał na celu podniesienie walorów smakowych, a także kształtowanie konsystencji produktu [3, 4].

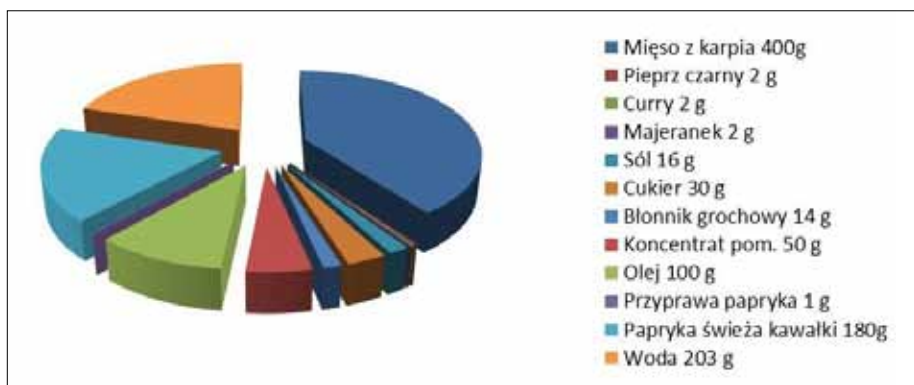


Fig. 1. Mass share of individual components of the paste based on meat with carps per 1 kg of product.

Rys. 1. Udział mas poszczególnych składników pasty na bazie mięsa z karpia na 1 kg wyrobu.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

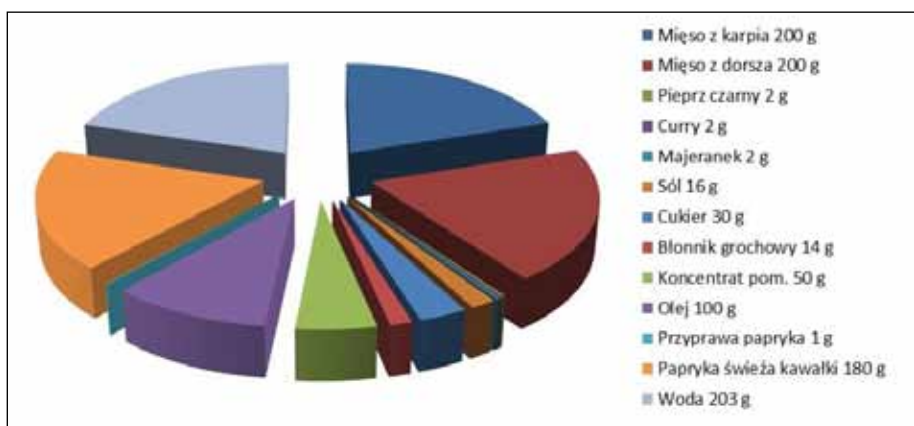


Fig. 2. Mass share of individual components of carps based paste with the addition of cod cuts per 1 kg of the product.

Rys. 2. Udziały mas poszczególnych składników pasty na bazie mięsa z karpia z dodatkiem ścinek z dorsza na 1 kg wyrobu.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

Tabela 1. Podstawowy skład chemiczny trzech rodzajów surowców wykorzystanych do produkcji pilotażowych partii past rybnych

Table 1. Basic chemical composition of the three types of raw materials used in the production of pilot batches of fish paste

Składnik [%]	Mięso z kręgosłupów i żeber karpia	Wysortowane filety z karpia bez skóry	Ścinki z dorszy bez skóry
Sucha masa	21,17±1,39	25,01±0,43	19,50±0,17
Tłuszcz	2,79±0,12	7,67±0,40	0,42±0,08
Białko	16,62±0,27	16,96±0,45	19,39±0,94
Popiół całkowity	0,97±0,01	0,90±0,05	1,05±0,03
NaCl	0,20±0,00	0,20±0,00	0,18±0,00

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Tabela 2. Podstawowy skład chemiczny pasty z karpia oraz pasty z karpia i dorszy

Table 2. Basic chemical composition of carp paste and carp and cod paste

Składnik [%]	Pasta z karpia	Pasta z karpia i dorszy
Sucha masa	30,77 ± 0,11	29,02 ± 0,13
Tłuszcz	15,50 ± 0,18	12,62 ± 0,13
Białko Nx6,25	7,40 ± 0,21	8,48 ± 0,20
Popiół całkowity	2,34 ± 0,04	2,38 ± 0,01
NaCl	2,01 ± 0,00	2,02 ± 0,00

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Analizując podstawowy skład chemiczny past z karpia oraz z karpia i dorszy (tab. 2) można stwierdzić, że w zasadniczy sposób nie różnią się one od siebie. W przypadku tłuszczu, który zawiera cenne dla organizmu człowieka wielonienasycone kwasy tłuszczowe, różnica ta jest na poziomie około 3%, natomiast w przypadku białka, które stanowi ważny element

budulcowy dla komórek organizmu, różnica ta jest na poziomie około 1%. Wynika to głównie ze zmiany zawartości mięsa z karpia lub dorsza w wyrobie końcowym. Mięso z fileta dorsza ma stosunkowo niską zawartość tłuszczu na poziomie około 0.5% podczas gdy, zawartość tłuszczu w mięsie fileta karpia wynosi około 7,5%.

Wyniki oceny sensorycznej dla wytworzonych produktów były pozytywne. Zdecydowanie, jako lepszy produkt oceniono pastę z karpia. Smak w tym przypadku określono jako apetyczny, przepyszny, wyjątkowy, natomiast pasty z karpia i dorsza, jako typowy dla produktu (rybno-warzywny). Pasta z karpia charakteryzowała się paprykowym lekko słodkim smakiem. Dodatek mięsa dorsza miał na celu poprawę walorów estetycznych oraz smakowitości produktu, który w tym przypadku okazał się zbędny. Ponadto, dodatek dorsza nie wypłynął istotnie na konsystencję (smarowność) pasty, która została oceniona dla obu produktów, jako spoista, smarowna, delikatna.

PODSUMOWANIE

Wytworzone pasty z karpia oraz z karpia i dorszy uzyskały wysokie oceny sensoryczne. Oba rodzaje past bezpośrednio po otwarciu charakteryzowały się wyrównanym lustrem farszu z nielicznie występującymi małymi zagłębieniami. Powierzchnia zewnętrzna obu past była gładka i równa oraz nie przywierała do ścianek opakowania.

Pod względem jakości sensorycznej produkty zostały ocenione na wysokim poziomie, jednak za bardziej pożądaną ze względu na smak uznano pastę z karpia. Uzyskała ona najwyższe z możliwych ocen sensorycznych.

Opracowane technologie wytwarzania past na bazie mięsa karpia są możliwe do zastosowania w zakładach przetwórstwa rybnego.

SUMMARY

The produced carp, carp and cod pastes achieved high sensory ratings. Both types of pastes, immediately after opening, were characterized by an even mirror of the stuffing with only a few small depressions. The outer surface of both pastes was smooth and even and did not stick to the walls of the package.

In terms of sensory quality, the products were rated at a high level, but carp paste was considered more desirable in terms of taste. It obtained the highest possible sensory ratings.

The developed technologies for the production of carp meat based paste are possible for use in fish processing plants.

REFERENCES

- [1] GAWĘCKA J., T. JĘDRYKA. 2001. Analiza sensoryczna. Wybrane metody i przykłady zastosowań. Wyd. Akademii Ekonomicznej w Poznaniu.
- [2] PAWLIKOWSKI B., A DOWGIAŁŁO. 2013. Technologie wykorzystywania mechanicznie odzyskanego mięsa z karpia. Koszalin: Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej.

REFERENCES

- [1] GAWĘCKA J., T. JĘDRYKA. 2001. Analiza sensoryczna. Wybrane metody i przykłady zastosowań. Wyd. Akademii Ekonomicznej w Poznaniu.
- [2] PAWLIKOWSKI B., A DOWGIAŁŁO. 2013. Technologie wykorzystywania mechanicznie odzyskanego mięsa z karpia. Koszalin: Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej.

- [3] **PIJANOWSKI E., M. DŁUŻEWSKI. 2004.** Ogólna technologia żywności. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne.
- [4] **PUCHAŁA R., M. PILARCZYK. 2007.** „Wpływ żywienia na skład chemiczny mięsa karpia.” Inżynieria Rolnicza 5(93): 363–368.
- [5] **SIKORSKI Z. E. 2004.** Ryby i bezkręgowce morskie. Pozyskanie, właściwości i przetwarzanie. Warszawa: WNT.

- [3] **PIJANOWSKI E., M. DLUZEWSKI. 2004.** Ogólna technologia żywności. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne.
- [4] **PUCHAŁA R., M. PILARCZYK. 2007.** „Wpływ żywienia na skład chemiczny mięsa karpia.” Inżynieria Rolnicza 5(93): 363–368.
- [5] **SIKORSKI Z. E. 2004.** Ryby i bezkręgowce morskie. Pozyskanie, właściwości i przetwarzanie. Warszawa: WNT.

Dr hab. Beata BILSKA*

Dr inż. Agnieszka TUL-KRZYSZCZUK**

Dr inż. Ewa ŚWISTAK***

*Katedra Technologii Gastronomicznej i Higieny Żywności, Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Polska

*Department of Food Gastronomy and Food Hygiene, Institute of Human Nutrition Sciences
Warsaw University of Life Sciences (SGGW – WULS), Poland

**Instytut Zarządzania, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Polska

**Management Institute, Warsaw University of Life Sciences (SGGW – WULS), Poland

***Katedra Badań Rynku Żywności i Konsumpcji, Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Polska

***Department of Organization and Consumption Economics, Institute of Human Nutrition Sciences
Warsaw University of Life Sciences (SGGW – WULS), Poland

JAKOŚĆ POSIŁKÓW PODAWANYCH W MAZOWIECKICH SZPITALACH W OCENIE PACJENTÓW®

Meals quality served in Mazovia hospitals in the evaluation of patients®

Słowa kluczowe: jakość posiłków, żywienie w szpitalu, ocena pacjentów, jakość potraw.

Leczenie żywieniowe w szpitalach jest równie ważne jak leczenie farmakologiczne. Racjonalnie zbilansowana dieta może stanowić „element terapii”. Odpowiednia jakość i ilość posiłków, powinna być ściśle kontrolowana w czasie leczenia pacjentów. W celu zredukowania występowania niedożywienia, należy brać pod uwagę walory sensoryczne i odżywcze żywności. Celem badań była ocena przez pacjentów wybranych elementów jakości posiłków serwowanych w szpitalach. Badanie przeprowadzono w 2014 r. w pięciu szpitalach zlokalizowanych w województwie mazowieckim, wśród 300 pacjentów hospitalizowanych na 11 oddziałach. Wykorzystanym narzędziem badawczym był kwestionariusz wywiadu. Zdecydowana większość ankietowanych pacjentów szpitali oceniła pozytywnie zarówno ogólną jakość posiłków, jak też ich smak, estetykę podania i temperaturę. Osoby przebywające dłużej na oddziałach szpitalnych gorzej oceniały jakość posiłków. Ponad połowa respondentów korzystała z dodatkowego żywienia we własnym zakresie. Dwie powyższe obserwacje mogą świadczyć o tym, że oferowane w szpitalach wyżywienie nie w pełni satysfakcjonuje wszystkich pacjentów pod względem jakości, jak i ilości.

Key words: quality of meals, nutrition in the hospital, evaluation by patients, quality of food.

Nutritional treatment in hospitals should be considered on the same level as the pharmacological treatment. Reasonably balanced diet may be an „element of therapy”. The quality and quantity of meals, should be closely monitored during treatment of patients. In order to reduce the prevalence of malnutrition, should take into account the sensory qualities and nutritional food. The aim of the study was for patients to assess selected elements of the quality of meals served in hospitals. The survey was conducted in 2014, in five hospitals located in the Mazovian Province, among 300 patients hospitalized at 11 wards. Deployed research tool was a questionnaire. The vast majority of respondents hospital patients evaluated positively both the overall quality of the meals, as well as their taste, aesthetics and temperature. Persons staying longer in hospital wards worse evaluated the meals quality. More than half of the respondents made use of supplementary feeding on their own. The above two observations may indicate that offered in hospitals is not fully satisfied all patients in terms of quality and quantity.

WSTĘP

Jakość to jeden z najważniejszych atrybutów żywności, do którego przywiązuje się coraz większą wagę. W literaturze można spotkać wiele definicji jakości. W powszechnym znaczeniu jakość oznacza brak wad, a jej głównym celem jest spełnienie oczekiwań konsumentów. Gdy ocenia się jakość żywności, należy uwzględnić: bezpieczeństwo, wartość

odżywczą, atrakcyjność sensoryczną, dyspozycyjność [13]. Żywność przeznaczona do konsumpcji powinna spełniać wymagania przede wszystkim w zakresie jakości zdrowotnej, tzn. powinna być całkowicie bezpieczna dla konsumenta oraz posiadać odpowiednią wartość odżywczą. Posiłki wydawane pacjentom w szpitalach powinny być zbilansowane, tzn. charakteryzować się odpowiednią wartością energetyczną i zawartością niezbędnych składników odżywczych,

jednocześnie muszą być dostosowane do jednostki chorobowej [27]. Żywnienie pacjentów zgodne z zasadami prawidłowego żywienia powoduje szybszą poprawę stanu zdrowia [28], co skraca pobyt chorego w szpitalu i zmniejsza wydatki na jego leczenie [5, 9, 20, 21].

Dieta szpitalna stanowi więc istotny element terapeutyczny, ale jej skuteczność ogranicza niedożywienie przyjmowanych pacjentów, zwłaszcza wtedy, gdy nie jest rozpoznane. Problem ten dotyka wielu krajów, przykładowo badania w szpitalach Kanady wykazały, że tylko 27% pacjentów było zbadanych przez dietetyka, a spośród nich ponad połowa wykazywała umiarkowane lub znaczne niedożywienie [2]. Na znaczny odsetek niedożywionych wskazywały także badania prowadzone w innych krajach: w Irlandii 33% hospitalizowanych pacjentów znalazło się w grupie ryzyka chorób z powodu niedożywienia, w Holandii – 24%, w Szkocji – 25%, w Niemczech i Szwecji – 27%, na Węgrzech – 41% [15, 19].

Niedożywienie wpływa na zdolność funkcjonowania tkanek organizmu i ogólny stan zdrowia. Powstaje jeszcze przed hospitalizacją z powodu braku łaknienia wynikającego tak ze zmian chorobowych, jak i ze stresu związanego z chorobą. Jest jednak powszechne wśród pacjentów hospitalizowanych, u których powikłania chorobowe, zwłaszcza wywołujące stany zapalne mogą pogłębić stan niedożywienia i zwiększyć zapotrzebowanie na składniki odżywcze. Wychodzenie z tego stanu jest dodatkowo utrudnione w przypadku braku apetytu u chorego. Nielezione lub niewłaściwie leczone niedożywienie wydłuża czas pobytu w szpitalu, zwiększa ryzyko zgonu pacjenta, a po zakończeniu hospitalizacji częściej wymaga pobytu w sanatorium w celu kontynuacji terapii [4, 5, 8, 18]. Wśród przyczyn nielezonego niedożywienia szpitalnego można wymienić brak wiedzy na temat ewentualnych skutków takiego stanu dla pacjenta i dla systemu opieki zdrowotnej (wzrost kosztów), słabą znajomość tematu wśród lekarzy i pielęgniarek oraz niedoceniając rolę dietetyka w profilaktyce, wykrywaniu i leczeniu niedożywienia [2, 20, 28]. Potwierdzenie aktualności tych obserwacji także dla polskich placówek można znaleźć w raporcie NIK z 2018 roku [18], z którego wynika, że obowiązujące w kraju przepisy nie określają norm żywieniowych w szpitalach oraz wymagań zdrowotnych, a żywnienie w szpitalach jest często niedostosowane do potrzeb pacjentów, ich stanu odżywienia oraz jednostki chorobowej. Brakuje także metod oceny jakości i zasad kontroli usług żywienia w szpitalach czy zasad zatrudniania dietetyków na oddziałach szpitalnych.

Leczenie żywieniowe powinno być rozpatrywane na tym samym poziomie, co leczenie farmakologiczne [20, 28]. Wymaga to zmiany podejścia zarówno kadr zarządzających szpitalami, jak i lekarzy [24]. W czasie leczenia niezbędne jest zapewnienie pacjentom posiłków o odpowiedniej wartości odżywczej i ściśle kontrolowanej ilości. Jednak dla osiągnięcia właściwego efektu terapeutycznego, wobec częstego problemu pojawiającego się w czasie hospitalizacji - utraty apetytu przez chorych, konieczne jest wzięcie pod uwagę także walorów sensorycznych żywności [1, 7, 11, 17], czemu nie sprzyja coraz bardziej powszechna rezygnacja z kuchni szpitalnych na rzecz korzystania z usług firm cateringowych.

Celem przeprowadzonych badań ankietowych była ocena przez pacjentów wybranych elementów jakości posiłków serwowanych w szpitalach.

MATERIAŁY I METODY

Badanie przeprowadzone zostało w 2014 r. w pięciu szpitalach zlokalizowanych w województwie mazowieckim, wśród 300 pacjentów hospitalizowanych na 11 oddziałach: kardiologicznym, ginekologiczno-położniczym, zakaźnym, chirurgii ogólnej, wewnętrznym, ortopedycznym, okulistycznym, urologicznym, onkologicznym, gastrologicznym i endokrynologicznym. Cztery szpitale posiadały własny blok żywieniowy, natomiast jeden korzystał z usług firmy cateringowej. W dwóch szpitalach posiłki wydawane były w systemie tacowym, w pozostałych – w bemarowym.

Wykorzystanym narzędziem badawczym był kwestionariusz wywiadu skierowany do pacjentów. Kobiety stanowiły ponad połowę badanych osób. Największy udział wśród respondentów stanowiły osoby w wieku powyżej 55 roku życia, najmniejszy zaś osoby w wieku 18–25 lat. Najwięcej badanych osób deklarowało wykształcenie średnie. Zdecydowana większość respondentów jako miejsce zamieszkania wskazała miasto. Blisko połowa badanych osób przebywała w szpitalu od 2 do 3 dni. Szczegółową charakterystykę populacji przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1. Charakterystyka respondentów pod względem płci, wieku, wykształcenia, miejsca zamieszkania i okresu hospitalizacji

Table 1. Characteristics of the respondent in terms of sex, age, education, place of residence and the period of hospitalization

		[%]	n
Płeć Gender	Kobiety Female	54	162
	Mężczyźni Male	46	138
Wiek Age	18 – 25 lat	5,3	16
	26 – 35 lat	10,3	31
	36 – 45 lat	13	39
	46 – 55 lat	9,1	27
	powyżej 55 lat	62,3	187
Wykształcenie Education	podstawowe	8,3	25
	zawodowe	19,7	59
	średnie	48,7	146
	wyższe	23,3	70
Miejsce zamieszkania Place of residence	miasto	80,7	242
	wieś	19,3	58
Okres hospitalizacji Period of hospitalisation	2 – 3 dni	47,7	143
	4 – 7 dni	30,3	91
	8 -14 dni	13,3	40
	więcej niż 14 dni	8,7	26

Źródło: Badanie własne

Source: Own study

Analizę zebranych wyników przeprowadzono w programie Microsoft Office Excel 2010 oraz w programie Statistica 9.0. PL.

WYNIKI

Zdecydowana większość badanych pacjentów przyznała jakości posiłków ocenę „dobrą” (64,4%), drugą z najczęściej wybieranych odpowiedzi był wariant „ani dobra, ani zła” (16,7%). Dopiero co ósmy ankietowany przyznał ocenę „bardzo dobrą” (12,3%). Niewielki odsetek respondentów wybrał ocenę „złą” i „bardzo złą” (odpowiednio 4,6% i 2%). Analizując wpływ płci na udzielone odpowiedzi, stwierdzono, że kobiety pozytywniej oceniły serwowane w szpitalach posiłki.

Jednocześnie zaobserwowano, że im dłuższy czas pobytu w szpitalu deklarowali badani, tym bardziej negatywne oceny przyznawali jakości posiłków.

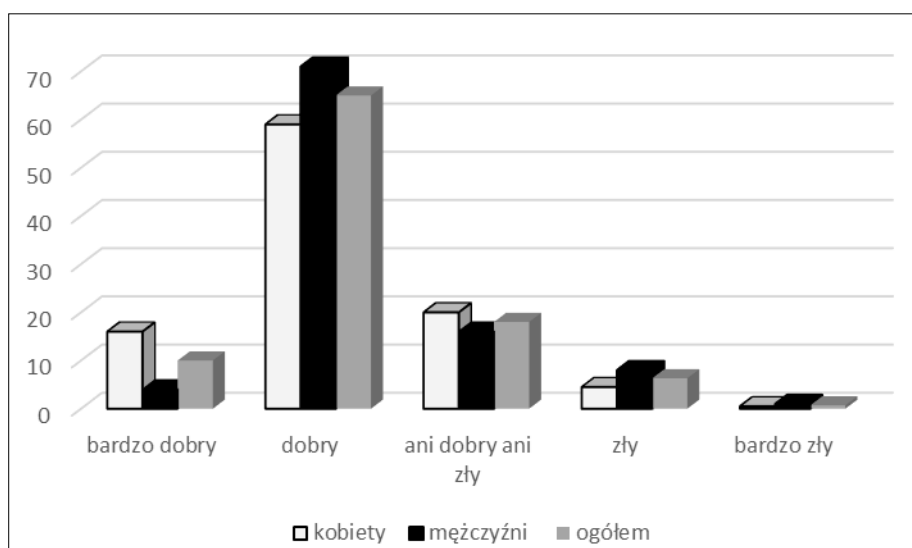
Przy pomocy współczynnika korelacji Pearsona stwierdzono, że na ocenę jakości posiłków statystycznie istotnie wpływał smak ($p = 0,0073$) oraz estetyka podania ($p = 0,00078$). Przeważająca większość respondentów oceniła smak potraw jako „dobry” (65%). Niemal co piąty badany stwierdził, że smak oferowanych w szpitalu potraw jest „ani dobry, ani zły” (18%). Co dziesiąty badany pacjent przyznał najwyższą ocenę (10%). Zaledwie 7% respondentów wskazało najniższe oceny (6,3% – „zła”; 0,7% – „bardzo zła”).

Analizując oceny wystawione przez kobiety i mężczyzn zauważyć można nieznaczne różnice (Rys. 1).

Pacjenci wypowiadali się również na temat estetyki posiłków. Większość ankietowanych oceniło „estetykę” jako „dobrą” (59%), jedna czwarta zaś jako „ani dobrą, ani złą”. Co dziesiąty badany pacjent przyznał najwyższą ocenę (12,3%), natomiast niewielki odsetek wskazał najniższe noty (3% – „zła”, 0,7% – „bardzo zła”). Porównanie ocen przyznanych przez badanych pacjentów takim elementom, jak: smak, estetyka, jakość ogólna przedstawiono na Rys. 2.

Na pytanie o temperaturę posiłków ponad trzy czwarte pacjentów odpowiedziało, że jest odpowiednia (83%). Niemal co piąty respondent wyraził przeciwną opinię (17%). Nie stwierdzono różnic w odpowiedziach udzielanych przez kobiety i przez mężczyzn.

Ankietowani odpowiadali na pytanie czy satysfakcjonuje ich liczba wydawanych posiłków (w każdym szpitalu serwowane były 3 posiłki). Ponad trzy czwarte pacjentów badanych

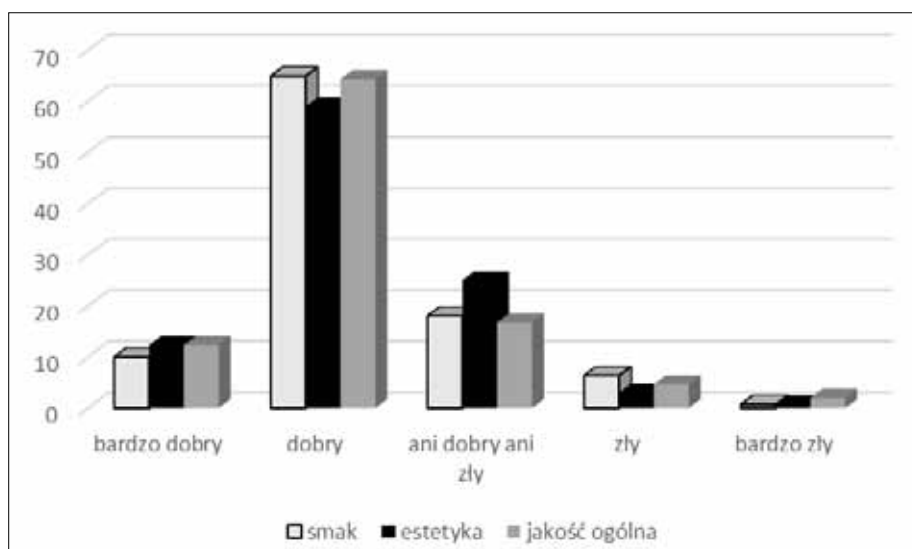


Rys. 1. Ocena smaku posiłków serwowanych w szpitalu w opinii respondentów [%].

Fig. 1. Evaluation of the taste of meals served in the hospital in the opinion of the respondents [%].

Źródło: Badanie własne

Source: Own study



Rys. 2. Smak, estetyka, ogólna jakość posiłków serwowanych w szpitalu w opinii respondentów [%].

Fig. 2. Taste, aesthetics, the overall quality of meals served in a hospital in the opinion of respondents [%].

Źródło: Badanie własne

Source: Own study

szpitali uznała, że „tak” (75,3%). Niemal co piąty badany odpowiedział, że „nie” (18,7%). Niewielki odsetek ankietowanych nie miał zdania na ten temat (6%). Mniejszy odsetek mężczyzn niż kobiet pozytywnie ocenił liczbę posiłków (odpowiednio 71% i 80%). Wykazano zależność pomiędzy długością pobytu w szpitalu a oceną liczby posiłków. Im dłużej przebywali w szpitalu pacjenci, tym gorzej oceniali omawianą kwestię (tab. 2).

Tabela 2. Odpowiedzi pozytywne na pytanie „czy liczba posiłków w szpitalach jest odpowiednia” respondentów przebywających powyżej 3 dni w szpitalu

Table 2. Positive responses to the question „whether the number of meals in hospitals is appropriate” among respondents staying above 3 days in the hospital

Okres hospitalizacji Period of hospitalisation	odpowiedzi pozytywne/ positive answers	
	[%]	n
4 – 7 dni	88	80
8 -14 dni	80	32
więcej niż 14 dni	65	17

Źródło: Badanie własne

Source: Own study

Oprócz liczby posiłków istotna jest również wielkość porcji. Ponad połowa respondentów wybrała stwierdzenie, że posiłki są „obfite” (58,3%). Niemal tyle samo respondentów wybrało pozostałe odpowiedzi, tj. posiłki są „bardzo obfite” (14%), „mało obfite” (13,7%) i „bardzo mało obfite” (12%). Niewielki odsetek ankietowanych nie miał zdania na ten temat (2%).

Jednocześnie połowa badanych pacjentów deklaruwała korzystanie z żywienia we własnym zakresie podczas pobytu w szpitalu. Wśród osób korzystających z dodatkowego żywienia przeważali mężczyźni (52%, kobiety – 48%).

DYSKUSJA

W celu zmniejszenia niedożywienia wśród pacjentów spowodowanego utratą apetytu, należy zwracać szczególną uwagę na smak serwowanych posiłków [7, 11]. Wielu badaczy odnotowało fakt, że jakość posiłków przez pacjentów jest oceniana wyżej, przy lepszych doznaniach smakowych potraw [10, 16, 22, 25, 29]. Obserwacja ta została potwierdzona w niniejszym badaniu.

Serwując posiłki w szpitalu należy pamiętać o tym, że estetyka ich podania znacząco wpływa na doznania smakowe. Nieodpowiednia prezentacja posiłku na talerzu chorego, może powodować obniżenie apetytu [19]. Estetyka posiłków przez ponad połowę badanych pacjentów została oceniona jako „dobra”.

Posiłki podawane konsumentom muszą mieć odpowiednią temperaturę (zupy: ≥ 75 °C, II danie: ≥ 63 °C, napoje gorące ≥ 80 °C [26]), która zapewnia bezpieczeństwo mikrobiologiczne żywności. Podawanie posiłków o temperaturach niższych niż zalecane, powoduje rozwój patogenów w żywności, co może spowodować zatrucia pokarmowe [8, 12]. Badania pokazują, że na pozytywną ocenę żywienia szpitalnego wśród pacjentów wpływała temperatura posiłków i napojów [10]. Zdaniem Tranter i wsp. [25] szpitale mają problem z zapewnieniem odpowiedniej temperatury posiłków. W badaniach przeprowadzonych przez Naithanigo i wsp. [16] wśród 828 pacjentów czterech londyńskich szpitali zaobserwowano,

że znaczny odsetek badanych wykazywał niezadowolenie ze smaku i temperatury otrzymanych posiłków. Z działań kontrolnych przeprowadzonych w połowie 2016 r. przez organy Państwowej Inspekcji Sanitarnej wraz z organami Inspekcji Handlowej w 284 szpitalach, które samodzielnie przygotowywały pacjentom posiłki oraz na zlecenie UOKiK, w 99 firmach cateringowych produkujących i dostarczających gotowe posiłki do 234 szpitali wynika, że do najczęściej powtarzających się nieprawidłowości w zakresie żywienia pacjentów należała zbyt niska temperatura potraw serwowanych na gorąco [14]. W badaniu własnym temperatura posiłków przez większość pacjentów została oceniona pozytywnie.

W badaniu własnym zaobserwowano, że im dłuższy czas pobytu w szpitalu deklarowali badani, tym bardziej negatywne oceny przyznawali jakości posiłków. Podobne wnioski wysnuło w innym badaniu [22], gdzie zauważono, że dłuższy czas hospitalizacji wpływa istotnie na satysfakcję pacjentów. Najbardziej negatywne opinie wyrazili chorzy przebywający w lecznicy dłużej niż 8 dni. Inne badania pokazują, że dłuższy czas pobytu w szpitalu powodował lepszą opinię pacjenta na temat wyżywienia szpitalnego [25].

Dieta szpitalna powinna być wzorem prawidłowego żywienia. Natomiast badania wskazują na liczne nieprawidłowości pod względem jakości i ilości podawanych posiłków [18, 22]. Dieta szpitalna nie zapewnia realizacji norm żywienia na energię, niektóre składniki mineralne i witaminy. U większości chorych po hospitalizacji, stwierdzono pojawienie się lub pogłębienie niedożywienia, zwiększającego ryzyko wystąpienia powikłań oraz nowych chorób. Przyczyną tego jest nieprzestrzeganie zaleceń dietetycznych oraz niesmaczna, źle zbilansowana i niskokaloryczna dieta szpitalna [6]. Należy przeprowadzać szkolenia dla pracowników szpitala i dostawców posiłków (firm cateringowych), dotyczące odpowiedniego żywienia w czasie pobytu chorych w szpitalach [3, 18, 23].

WNIOSKI

1. Zdecydowana większość ankietowanych pacjentów szpitali oceniła pozytywnie zarówno ogólną jakość posiłków, jak też ich smak, estetykę podania i temperaturę.
2. Liczba posiłków, jak też wielkość porcji była zadawalająca dla ponad połowy badanych osób.
3. Osoby przebywające dłużej na oddziałach szpitalnych gorzej oceniały jakość i liczbę posiłków. Ponad połowa respondentów korzystała z dodatkowego żywienia we własnym zakresie. Dwie powyższe obserwacje mogą świadczyć o tym, że oferowane w szpitalach wyżywienie nie w pełni satysfakcjonuje wszystkich pacjentów pod względem jakości, jak i ilości.
4. Osoby odpowiedzialne za organizację żywienia w szpitalach powinny dołożyć wszelkich starań, aby oferowane posiłki odznaczały się najwyższymi cechami sensorycznymi, zachęcającymi pacjentów do ich konsumpcji.

CONCLUSIONS

1. The vast majority of respondents hospital patients evaluated positively both the overall quality of the meals, as well as their taste, aesthetics and temperature.

2. The number of meals as well as the portion size was satisfactory for more than half of the respondents.
3. People who stayed longer in hospital wards had a lower assessment of the quality and number of meals. More than half of the respondents used additional nutrition on their own. The above two observations may prove that the food offered in hospitals does not fully satisfy all patients in terms of both quality and quantity.
4. People responsible for the organization of nutrition in hospitals should make every effort to ensure that the meals offered have the highest sensory features, encouraging patients to consume them.

REFERENCES

- [1] **ABBOTT R.A., R. WHEAR, J. THOMPSON-COON, O.C. UKOUMUNNE, M. ROGERS, A. BETHEL, A. HEMSLEY, K. STEIN. 2013.** „Effectiveness of mealtime interventions on nutritional outcomes for the elderly living in residential care: A systematic review and meta-analysis”. *Ageing Research Reviews* 12(4): 967–981.
- [2] **An Inter-professional Approach to Malnutrition in Hospitalized Adults. Dietians Leading the Way. Dietians of Canada 2014. www.dietians.ca**
- [3] **BECK A.M., S.P. BALKANE, P. FUERST i wsp. 2001.** „Food and nutritional care in hospitals: how to prevent undernutrition report and guidelines from the Council of Europe”. *Clinical Nutrition* 20(5): 455–460.
- [4] **BURGOS R., B. SARTO, L., ELÍO, M., PANAS, M., FORGA, A., CANTÓN, R., TRALLERO, M.J., MUÑOZ, D., PÉREZ, A. BONADA, E. SALÓ, M. LECHA, G. ENRICH, J. SALAS-SALVADÓ. 2012.** “Prevalence of malnutrition and its etiological factors in hospitals”. *Nutr. Hosp.* 27(2): 469–476.
- [5] **Department of Health, United Kingdom. 2014.** The Hospital Food Standards Panel’s report on standards for food and drink in NHS hospitals.
- [6] **DZIENISZEWSKI J., L. SZPONAR, B. SZCZYGIEL i wsp. 2001.** *Podstawy naukowe żywienia w szpitalach*, Warszawa: IŻŻ.
- [7] **ENGELUND E., B.E. MIKKELSEN. 2007.** “The modernization of hospital food service – findings from a longitudinal study of technology trends in Danish hospitals”. *Nutrition & Food Science* 37(2): 90–99.
- [8] **FERNANDO G.H.S., C.J. WIJESINGHE. 2017.** „Quality and standards of hospital food service; a critical analysis and suggestions for improvements”. *Galle Medical Journal* 22(2): 17–21.
- [9] **FREIJER K., S.S. TAN, M.A. KOOPMANSCHAP, J.M. MEIJERS, R.J. HALFENS, M.J. NUIJTEN. 2013.** “The economic costs of disease related malnutrition”. *Clinical Nutrition* 32: 136–141.
- [10] **HARTWELL J.H., S.A. JOHN, J. EDWARDS i wsp. 2007.** “Plate versus bulk trolley food service in a hospital: comparison of patients’ satisfaction”. *Nutrition* 23: 211–218.
- [11] **KIELTYKA A, L. NAROJEK, K. KANDEFER. 2001.** „Ocena jakości żywienia szpitalnego na podstawie badań w dwóch wybranych szpitalach o różnej stawce żywieniowej”. *Żywność Człowieka i Metabolizm* 3: 230–241.

REFERENCES

- [1] **ABBOTT R.A., R. WHEAR, J. THOMPSON-COON, O.C. UKOUMUNNE, M. ROGERS, A. BETHEL, A. HEMSLEY, K. STEIN. 2013.** „Effectiveness of mealtime interventions on nutritional outcomes for the elderly living in residential care: A systematic review and meta-analysis”. *Ageing Research Reviews* 12(4): 967–981.
- [2] **An Inter-professional Approach to Malnutrition in Hospitalized Adults. Dietians Leading the Way. Dietians of Canada 2014. www.dietians.ca**
- [3] **BECK A.M., S.P. BALKANE, P. FUERST i wsp. 2001.** “Food and nutritional care in hospitals: how to prevent undernutrition report and guidelines from the Council of Europe”. *Clinical Nutrition* 20(5): 455–460.
- [4] **BURGOS R., B. SARTO, L., ELIO, M., PANAS, M., FORGA, A., CANTON, R., TRALLERO, M.J., MUNOZ, D., PEREZ, A. BONADA, E. SALO, M. LECHA, G. ENRICH, J. SALAS-SALVADO. 2012.** “Prevalence of malnutrition and its etiological factors in hospitals”. *Nutr. Hosp.* 27(2): 469–476.
- [5] **Department of Health, United Kingdom. 2014.** The Hospital Food Standards Panel’s report on standards for food and drink in NHS hospitals.
- [6] **DZIENISZEWSKI J., L. SZPONAR, B. SZCZYGIEL i wsp. 2001.** *Podstawy naukowe żywienia w szpitalach*, Warszawa: IZZ.
- [7] **ENGELUND E., B.E. MIKKELSEN. 2007.** “The modernization of hospital food service – findings from a longitudinal study of technology trends in Danish hospitals”. *Nutrition & Food Science* 37(2): 90–99.
- [8] **FERNANDO G.H.S., C.J. WIJESINGHE. 2017.** “Quality and standards of hospital food service; a critical analysis and suggestions for improvements”. *Galle Medical Journal* 22(2): 17–21.
- [9] **FREIJER K., S.S. TAN, M.A. KOOPMANSCHAP, J.M. MEIJERS, R.J. HALFENS, M.J. NUIJTEN. 2013.** “The economic costs of disease related malnutrition”. *Clinical Nutrition* 32: 136–141.
- [10] **HARTWELL J.H., S.A. JOHN, J. EDWARDS i wsp. 2007.** “Plate versus bulk trolley food service in a hospital: comparison of patients’ satisfaction”. *Nutrition* 23: 211–218.
- [11] **KIELTYKA A, L. NAROJEK, K. KANDEFER. 2001.** „Ocena jakości żywienia szpitalnego na podstawie badań w dwóch wybranych szpitalach o różnej stawce żywieniowej”. *Żywność Człowieka i Metabolizm* 3: 230–241.

- [12] **KOŁOŻYN-KRAJEWSKA D. 2007.** Higiena produkcji żywności. Warszawa: Wyd. SGGW.
- [13] **KOŁOŻYN-KRAJEWSKA D, T. SIKORA. 2010.** Zarządzanie bezpieczeństwem żywności: teoria i praktyka. Warszawa: Wydawnictwo CH Beck.
- [14] **Kontrole posiłków w szpitalach.** <http://gis.gov.pl/onas/aktualnosci/444-zywienie>, (02.06.2017).
- [15] **MEIJERS J., J. SCHOLS, M. VAN BOKHORST-DE VAN DER SCHUEREN, T. DASSEN, M. JANSSEN, R. HALFENS. 2009.** "Malnutrition prevalence Measurement of Care Problems". British Journal of Nutrition 101: 417–423.
- [16] **NAITHANIS, J.E. THOMAS, K. WHELAN i wsp. 2009.** „Experiences of food access in hospital. A new questionnaires measure”. Clinical Nutrition 28: 625–630.
- [17] **PICIOCCHI C., S. LOBEFARO, F. LUISI, L. MIRAGLIAB, N. ROMITO, R. LUNEIA, S. FOTI, E. MOCINI, E. POGGIOGALLE, A. LENZI, M.D LORENZO. 2022.** “Innovative cooking techniques in a hospital food service: Effects on the quality of hospital meals”. Nutrition 93: 111487.
- [18] **Raport NIK.** Żywnienie pacjentów w szpitalach. Delegatura w Łodzi, luty 2018.
- [19] **RICE N., C. NORMAND. 2007.** “The cost associated with disease-related Malnutrition in Ireland”, Public Health Nutrition 15(10): 1966–1972.
- [20] **SHANG E., T. HASENBERG, B. SCHLEGEL, A.B. STERCHI, K. SCHINDLER, W. DRUML, B. KOLETZKO, R. MEIER. 2005.** “An European survey of structure and organisation of nutrition support teams in Germany, Austria and Switzerland”. Clinical Nutrition 24: 1005–1013.
- [21] **SIMZARI K., D. VAHABZADEH, S. NOURI SAEIDLOU, S. KHOSHBIN, Y. BEKTAS. 2017.** “Food intake, plate waste and its association with malnutrition in hospitalized patients”. Nutrición Hospitalaria 34(6): 1376–1381.
- [22] **STANGAZ., H. ZURFLU, M. ROSELLI i wsp. 2003.** „Hospital food: a survey of patients’ perceptions”. Clinical Nutrition 23(3): 241–246.
- [23] **SZCZYGIEL B. 2006.** “Hospital malnutrition in patients hospitalized in Europe and in Poland-plenary lecture”. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences 15(56): 43–46.
- [24] **SZCZYGIEL B, A. UKLEJA. 2013.** „Wytyczne ESPEN i Rady Europy dotyczące leczenia żywieniowego i żywienia w szpitalach”. Żywnienie Człowieka i Metabolizm 4: 290–296.
- [25] **TRANter M.A., M.B. GREGOIRE, F.A. FULLAM i wsp. 2009.** “Can patient-written comments help explain patient satisfaction with food quality?” J Am Diet Assoc 109(12): 2068–2072.
- [26] **TURLEJSKA H. 2004.** Zasady GHP/GMP oraz system HACCP jako narzędzia zapewniania bezpieczeństwa zdrowotnego żywności. Poradnik dla przedsiębiorcy. Warszawa: Wyd. Fundacja Programów Pomocy dla Rolnictwa.
- [12] **KOŁOŻYN-KRAJEWSKA D. 2007.** Higiena produkcji żywności. Warszawa: Wyd. SGGW.
- [13] **KOŁOŻYN-KRAJEWSKA D, T. SIKORA. 2010.** Zarządzanie bezpieczeństwem żywności: teoria i praktyka. Warszawa: Wydawnictwo CH Beck.
- [14] **Kontrole posiłków w szpitalach.** <http://gis.gov.pl/onas/aktualnosci/444-zywienie>, (02.06.2017).
- [15] **MEIJERS J., J. SCHOLS, M. VAN BOKHORST-DE VAN DER SCHUEREN, T. DASSEN, M. JANSSEN, R. HALFENS. 2009.** “Malnutrition prevalence Measurement of Care Problems”. British Journal of Nutrition 101: 417–423.
- [16] **NAITHANIS, J.E. THOMAS, K. WHELAN i wsp. 2009.** “Experiences of food access in hospital. A new questionnaires measure”. Clinical Nutrition 28: 625–630.
- [17] **PICIOCCHI C., S. LOBEFARO, F. LUISI, L. MIRAGLIAB, N. ROMITO, R. LUNEIA, S. FOTI, E. MOCINI, E. POGGIOGALLE, A. LENZI, M.D LORENZO. 2022.** “Innovative cooking techniques in a hospital food service: Effects on the quality of hospital meals”. Nutrition 93: 111487.
- [18] **Raport NIK.** Żywnienie pacjentów w szpitalach. Delegatura w Łodzi, luty 2018.
- [19] **RICE N., C. NORMAND. 2007.** “The cost associated with disease-related Malnutrition in Ireland”, Public Health Nutrition 15(10): 1966–1972.
- [20] **SHANG E., T. HASENBERG, B. SCHLEGEL, AB. STERCHI, K. SCHINDLER, W. DRUML, B. KOLETZKO, R. MEIER. 2005.** “An European survey of structure and organisation of nutrition support teams in Germany, Austria and Switzerland”. Clinical Nutrition 24: 1005–1013.
- [21] **SIMZARI K., D. VAHABZADEH, S. NOURI SAEIDLOU, S. KHOSHBIN, Y. BEKTAS. 2017.** “Food intake, plate waste and its association with malnutrition in hospitalized patients”. Nutrición Hospitalaria 34(6): 1376–1381.
- [22] **STANGAZ., H. ZURFLU, M. ROSELLI i wsp. 2003.** “Hospital food: a survey of patients’ perceptions”. Clinical Nutrition 23(3): 241–246.
- [23] **SZCZYGIEL B. 2006.** “Hospital malnutrition in patients hospitalized in Europe and in Poland-plenary lecture”. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences 15(56): 43–46.
- [24] **SZCZYGIEL B, A. UKLEJA. 2013.** „Wytyczne ESPEN i Rady Europy dotyczące leczenia żywieniowego i żywienia w szpitalach”. Żywnienie Człowieka i Metabolizm 4: 290–296.
- [25] **TRANter MA., MB. GREGOIRE, FA. FULLAM i wsp. 2009.** „Can patient-written comments help explain patient satisfaction with food quality?” J Am Diet Assoc 109(12): 2068–2072.
- [26] **TURLEJSKA H. 2004.** Zasady GHP/GMP oraz system HACCP jako narzędzia zapewniania bezpieczeństwa zdrowotnego żywności. Poradnik dla przedsiębiorcy. Warszawa: Wyd. Fundacja Programów Pomocy dla Rolnictwa.

- [27] **TURLEJSKA H. 2011.** Systemowe podejście do zarządzania bezpieczeństwem zdrowotnym posiłków w szpitalach. [w:] Zasady prawidłowego żywienia chorych w szpitalach. Jarosz M (red). Warszawa: IZZ: 253–259.
- [28] **WRONKA L, E. EHMKE VELEMCZYŃSKA, B. SIŃSKA i wsp. 2009.** „Catering – sposób na żywienie pacjentów w szpitalach?” Żywnienie Człowieka i Metabolizm 5(6): 736–745.
- [29] **WYMELBEKEA V., C. SULMONT-ROSSÉB, V. FEYENB, S. ISSANCHOUB, P. MANCKOUNDIAA, I. MAÎTRE. 2020.** “Optimizing sensory quality and variety: An effective strategy for increasing meal enjoyment and food intake in older nursing home residents”. Appetite 153: 104749.

- [27] **TURLEJSKA H. 2011.** Systemowe podejście do zarządzania bezpieczeństwem zdrowotnym posiłków w szpitalach. [w:] Zasady prawidłowego żywienia chorych w szpitalach. Jarosz M (red). Warszawa: IZZ: 253–259.
- [28] **WRONKA L, E. EHMKE VELEMCZYNSKA, B. SINSKA i wsp. 2009.** „Catering – sposób na żywienie pacjentów w szpitalach?” Żywnienie Człowieka i Metabolizm 5(6): 736–745.
- [29] **WYMELBEKEA V., C. SULMONT-ROSSEB, V. FEYENB, S. ISSANCHOUB, P. MANCKOUNDIAA, I. MAITRE. 2020.** “Optimizing sensory quality and variety: An effective strategy for increasing meal enjoyment and food intake in older nursing home residents”. Appetite 153:104749.

Dr inż. Barbara SIONEK

Institute of Human Nutrition Sciences, Warsaw University of Life Sciences (WULS), Poland
Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, SGGW, Polska

APPLICATION OF *LACTOBACILLUS CASEI* O12 STRAIN FOR THE PRODUCTION OF PROBIOTIC TOMATO JUICE WITH ADDITION OF SEA BUCKTHORN®

Zastosowanie szczepu *Lactobacillus casei* O12 do produkcji probiotycznego soku pomidorowego z dodatkiem soku z owoców rokitnika®

Key words: *Lactobacillus*, tomato, sea buckthorn, fermentation, probiotics.

The aim of the work presented in the article was to evaluate the application of *Lactobacillus casei* O12 strain for the production of probiotic tomato juice with 3% addition of sea buckthorn. Fermentation was carried out with potentially probiotic *Lactobacillus casei* O12 strain isolated from fermented cucumbers. Fermentation carried out at 37°C for 18 hours. The viable cell count of *Lb. casei* O12 at the end of the storage at 4°C and 15°C was 9.3 and 9.4 log CFU/mL respectively, and was similar to probiotic foods. It was found that fermented tomato juice with 3% addition of sea buckthorn juice stored at 4°C for 16 days and 8 days at 15°C have a satisfying sensory quality.

Słowa kluczowe: *Lactobacillus*, pomidor, owoc rokitnika, fermentacja, probiotyki.

Celem pracy przedstawionej w artykule była ocena zastosowania szczepu *Lactobacillus casei* O12 do produkcji probiotycznego soku pomidorowego z dodatkiem 3% soku z owoców rokitnika. Fermentację przeprowadzono w temperaturze 37°C przez 18 godzin z zastosowaniem potencjalnie probiotycznego szczepu *Lactobacillus casei* O12 wyizolowanego z kiszonych ogórków. Liczba żywych komórek *Lb. casei* O12 pod koniec okresu przechowywania w 4°C i 15°C wynosiła odpowiednio: 9.3 and 9.4 log jtk/mL i była odpowiednia, jak dla żywności probiotycznej. Stwierdzono, że sok pomidorowy z dodatkiem 3% soku z owoców rokitnika przechowywany w temperaturze 4°C przez 16 dni i 8 dni w temperaturze 15°C ma zadowalającą jakość sensoryczną.

INTRODUCTION

Recently, there has been an increase in consumer interest in non-dairy probiotic products. Vegetables and fruits are characterized by high nutritional and health-promoting value, with a low caloric value at the same time. Many efforts have been taken in the development of novel functional probiotic beverages. The composition of plant-based products indicates that they can be a potentially good carrier of probiotic bacteria. Recently, some fermented vegetable or fruit juices with lactic acid bacteria have been developed as probiotic foods [13, 21, 24, 28, 33, 34].

Tomato is a popular raw material that has a high nutritional value, with a low caloric value. Tomatoes and tomato products have health-promoting properties and contain beneficial nutrients and antioxidants, including Vitamins A and C, α -lipoic acid, lycopene, choline, folic acid, β -carotene, lutein and minerals. Health benefits of raw tomatoes and tomato juice have been reported in many studies [1, 3, 10].

Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) is a berry that, due to its high content of natural antioxidants (including flavonoids, tannins, phenolic acids, ascorbic acid, carotenoids and tocopherols) can be a valuable addition to food products

[5, 11, 32]. According to Sireswar et al. (2020) the phenolic compounds of sea buckthorn may have additive and protective effects on *Lactobacillus rhamnosus* GG [29].

The sensory attributes of sea buckthorn can influence the final sensory quality of the of the food product [5]. Therefore the balance between the benefits to human health and the consumer sensory acceptance it should be considered.

The FAO and WHO recommends the use of probiotic bacteria derived from the human gastrointestinal tract [8]. Microorganisms with potentially probiotic properties can also be obtained from fermented and unfermented products of plant and animal origin. However, despite the evidence arising from the history of safe long-term use of traditional food products containing such microorganisms, further research are needed to confirm their health benefits and safety. Recently, in many works it was proved that strains of potentially probiotic bacteria obtained from traditional fermented foods have been successfully used in the production of functional foods [2, 4, 12, 18, 31]. The aim of the study was to evaluate the use of *Lactobacillus casei* O12 strain isolated from fermented cucumbers for the production of probiotic tomato juice with 3% addition of sea buckthorn.

MATERIAL AND METHODS

The research material consisted of fresh, oblong, almost seedless tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) of the ground cultivar. Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L) juice, producer Polska Róża, distributor Bio Planet S.A. Wilkowa Wieś 7, 05-084 Leszno, Poland came from organic farming. The *Lactobacillus casei* O12 strain was isolated from fermented cucumbers and came from the collection of Department of Food Gastronomy and Food Hygiene, Institute of Human Nutrition Sciences. The strain showed some traits of probiotic properties, which allowed it to be classified as a potential probiotic [35].

Preparation of the tomato juice with addition of sea buckthorn juice

Fresh tomatoes were stored in wooden baskets at room temperature in the dark for 24 hours. They were cleaned and thoroughly washed with tap water, and then the juice was squeezed out of them using a Kenwood juicer (England). 1% sucrose and the addition of pasteurized, sea buckthorn fruit juice in the amount of 3% were added to the tomato juice. The juice was pasteurized at 95°C for 5 minutes. The juice obtained in this way was poured into sterilized conical flasks closed with a cotton bud. After cooling to room temperature, the juice was inoculated with a previously centrifuged culture of potentially probiotic bacteria *Lactobacillus casei* O12. The inoculum concentration before being added to the juice was about 9.0 log CFU/mL. Fermentation of the juice lasted 18 hours and was carried out at a temperature of 37°C. After fermentation the juices were storage at 4°C and 15°C for 16 days. The fermented samples were collected at 0, 4, 8, 12, 16 days of storage for microbiological, pH and sensory analysis.

Microbiological analysis

The strains were stored in frozen culture at -80°C in media with 20% glycerol. The preparation of the strain consisted of activating frozen bacteria and passaging it on MRS broth (Biokar Diagnostic, France). After incubation at 37°C the culture medium was centrifuged and replaced with food broth. Then the juice was inoculated with bacteria.

Microbiological determinations performed according to ISO 15214:2002 standard [14]. The measurement were carried out with a traditional plate method using a MRS agar (Merck, Germany), like a dedicated culture media for a Lactic Acid Bacteria (LAB). Serial dilution of juices were prepared. Aliquots of 1 mL of dilution were plated in MRS agar plates then the plates were incubated under anaerobic conditions at 37 °C per 48 h. Plates containing 30–300 colonies were counted. The viable counts of potential probiotics were expressed as log CFU/mL.

The pH analysis

The pH values were measured using a pH meter (Elmetron CP 501, Poland) taking into account the temperature of measurement. The accuracy was 0.001. The pH values were performed in triplicate.

Sensory evaluation

The sensory quantitative descriptive analysis method was used with an unstructured, linear graphical scale: 100

mm was converted to numerical values (0–10 conventional units, where 0 means absence or very low intensity of the descriptor and 10 means very high intensity of the descriptor) [16]. Sensory analyses were performed by the 9 person trained according to the ISO 8586:2012 standard [15]. A list of 16 sensory attributes with definitions were used by the panel. The evaluation was repeated twice so as each mean result was based on minimum 18 unitary results. All the samples for evaluation were individually coded with three-digit codes and were delivered in at random sequence. The tests were carried out at a room temperature, in the place with the day light.

Statistical analysis

The statistical analysis of the results was performed using the Statistica 13.3 software (StatSoft, Kraków, Poland). The multivariate analysis of variance (ANOVA) was used. Fisher's NIR test was used to compare post-hoc means. The difference was considered statistically significant when $p < 0.05$.

RESULT AND DISCUSSION

The growth of probiotic bacteria during fermentation, and their viability during storage is important for the quality and stability of the product. Changes in the viable counts of potential probiotic strain after fermentation and during storage are presented in Fig. 1. The initial viable cell counts after fermentation was high and was 8.9 log CFU/mL and after storage it increased respectively for juice stored at 4°C and 15°C: 9.3 log cfu/mL and 9.4 log CFU/mL. During storage the number of *Lb. casei* O12 strain showed an increase in both fermented juices, especially in the early stage of fermentation (up to 4 days). At 15°C, greater bacterial growth was observed than at 4°C, which may be due to the greater metabolic activity of the bacteria. The higher temperature created more favorable conditions for the growth and development of bacteria, but the difference in the number of bacterial cells between juices stored at different temperatures was statistically insignificant ($p > 0.05$). The survival of bacterial strains during storage may be related to the type of strain used. Yoon et al. (2004) also found high survival rates of the strains studied: *Lactobacillus acidophilus* LA39, *Lactobacillus casei* A4, *Lactobacillus plantarum* C3, *Lactobacillus delbrueckii* D7 during storage for 4 weeks at 4°C of fermented tomato juice [33]. The viable cell counts of *Lactobacillus acidophilus* LA39 and *Lactobacillus delbrueckii* D7 didn't decrease during refrigerating storage and was 1.4×10^9 and 8.1×10^8 respectively on the last day of storage. The viable cell counts *Lactobacillus casei* A4 and *Lactobacillus plantarum* C3 decreased slightly during storage, but was still at a high level above 10^6 [33]. In the research of King et al. (2007) tomato juice was fermented with *Lactobacillus acidophilus* BCRC 10695 at 37°C for 80 hours. After 10 weeks of storage in 4°C, the number of bacteria of this strain decreased from 10^9 CFU/mL after fermentation to approx. 10^4 log CFU/mL, which could be associated with the low pH of the juice [17]. The survival of lactic acid strains may also be influenced by the interaction of the strains used between themselves, culture condition, oxygen content, final acidity of the product, concentration of lactic acid and acetic acid [6, 30, 34].

Survival is also related to the type of matrix (raw material from which the juice was obtained) [20, 27]. Sheehan et al. (2007) found that the survival rate of *Lactobacillus paracasei* in pineapple juice was higher than in cranberry juice despite the identical pH of both juices (pH 3.5) [26]. The study by Min et al. (2019) does a review on probiotic food products of non-dairy origin: cereals, fruits, vegetables, soy and meat products and states that the food matrix play an important role in the growth of microorganism and confirms that survival of cells in such matrices are strain dependent [20]. The steps occurring in the technological process with fruits and vegetables, such as peeling and cutting release cellular content and create ideal conditions for microbial growth [25]. Based on the obtained own results, it can be concluded that tomato juice with 3% addition of sea buckthorn juice is a good environment for the growth of *Lactobacillus casei* O12 strain.

International standards state that, fermented products claiming health benefits must contain a minimum of 10^6 CFU/mL viable probiotic cells per gram of product at the time of the consumption [8]. In our study, the viable cell counts of potential probiotic strain *Lactobacillus casei* O12 in fermented tomato juice with 3% addition of sea buckthorn juice reached this recommendation, which can have beneficial effect on consumer's health.

A low pH is one of the most important factors which can negative effects on viability microorganisms [23]. In our study, the pH value of fresh tomato juice with 3% addition of sea buckthorn juice was 4.142 and lowered to 3.911 after 18 hours of fermentation, which proves the active fermentation carried out by examined potential probiotic strain *Lactobacillus casei* O12. During the storage of juice at both temperatures, there was a decrease in pH. This fact can be attributed to the increase in lactic acid, ethanol and carbon dioxide as a result of lactic acid fermentation [7, 22]. The statistical analysis showed that the storage time and the temperature had a statistically

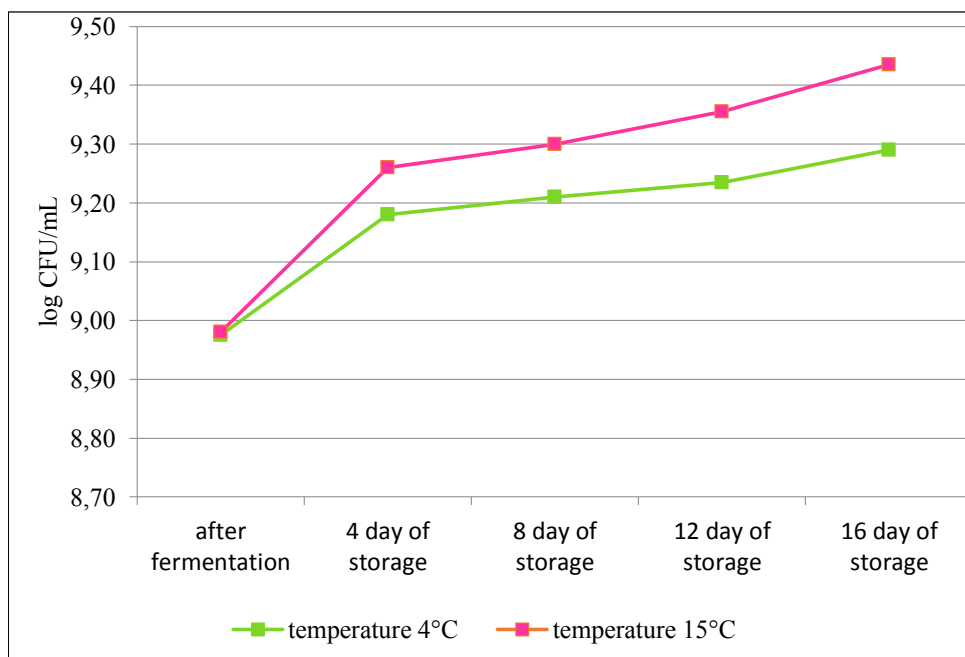


Fig. 1. Changes in *Lb. casei* O12 counts of fermented tomato juice with 3% addition of sea buckthorn during storage.

Rys. 1. Zmiany liczby komórek *Lb. casei* O12 w fermentowanym soku pomidorowym z 3% dodatkiem soku z owoców rokitnika podczas przechowywania.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

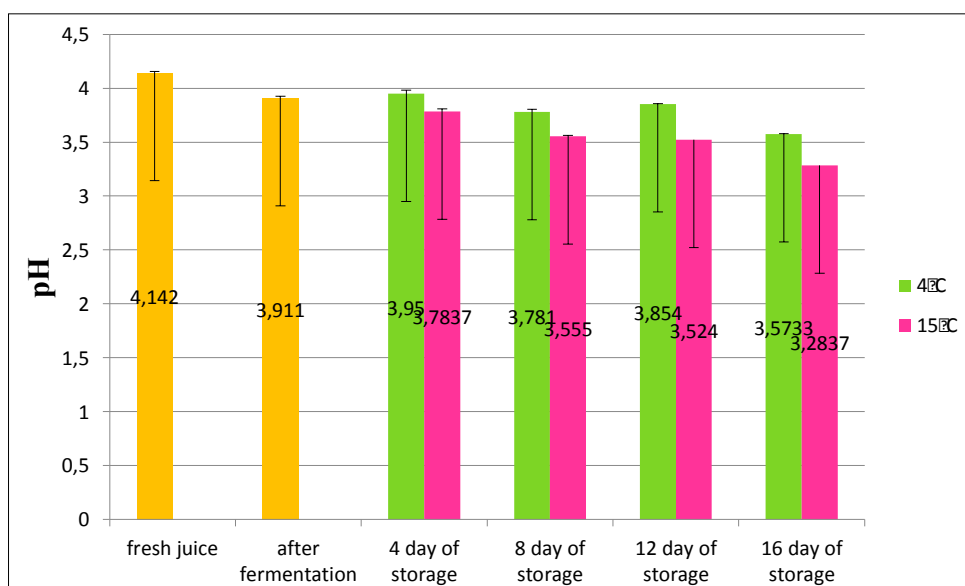


Fig. 2. Changes in pH of fermented tomato juice with 3% addition of sea buckthorn during storage.

Rys. 2. Zmiany pH fermentowanego soku pomidorowego z 3% dodatkiem soku z owoców rokitnika podczas przechowywania.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

significant effect on changes in the pH values of juices stored at both temperatures ($p < 0.05$). In the juice that was stored at the higher temperature, i.e. at 15°C, showed more rapid drop in pH. The pH value of this juice decreased to 3.284 after 16 days of storage. At the same time, more intensive growth of *Lactobacillus casei* O12 cells was observed in the juice stored

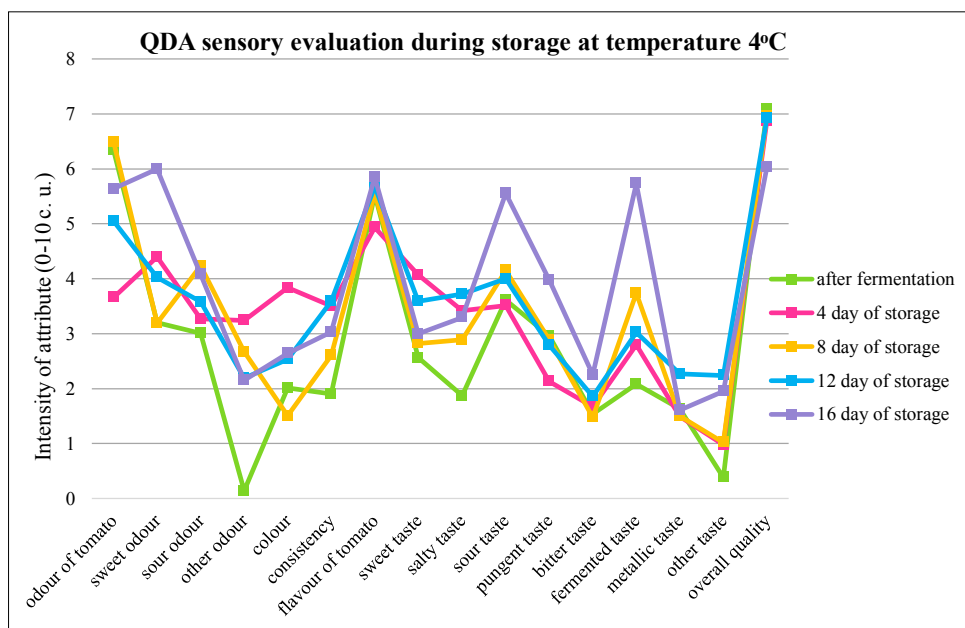


Fig. 3. Characteristic of the sensory quality of tomato juice with 3% addition of sea buckthorn during storage in 4°C.

Rys. 3. Charakterystyka jakości sensorycznej fermentowanego soku pomidorowego z 3% dodatkiem soku z owoców rokitnika podczas przechowywania w 4°C.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

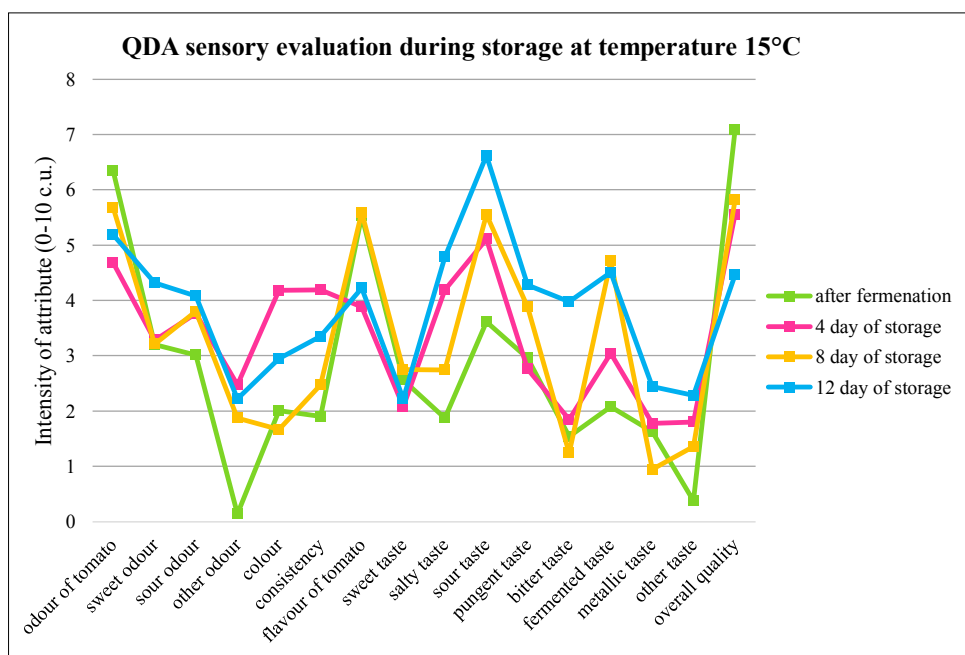


Fig. 4. Characteristic of the sensory quality of tomato juice with 3% addition of sea buckthorn during storage in 15°C.

Rys. 4. Charakterystyka jakości sensorycznej fermentowanego soku pomidorowego z 3% dodatkiem soku z owoców rokitnika podczas przechowywania w 15°C.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

at this temperature (Fig. 1). The strain of *Lactobacillus casei* O12 used in the study was able to survive to the end of storage despite the low pH of the juice.

Sensory quality is very important for consumers. The fermentation of some plant juices could improve their sensory quality [9, 13, 19]. In our study the fermented tomato juice with 3% addition of sea buckthorn was characterised by the high overall quality after fermentation (above 7 c.u.).

The average results of intensity of chosen attributes characterising the tomato juice with 3% addition of sea buckthorn are presented in Fig 3 and Fig 4. The intensity of the sour taste, fermented taste, and other taste increased in juices stored at the temperature 4°C and 15°C. Changes of sweet odour intensity during storage at both temperatures were insignificant (Fig 3 and Fig 4.).

The overall quality of the juice stored at 4°C was high until the end of the storage period (Fig. 5.). Changes in the overall quality of the juice stored at this temperature were statistically insignificant. The overall quality of the juice stored at 15°C decreased significantly from 7.1 c.u. to 5.6 c.u. after 4 days of storage (Fig.5.). After 12 days of storage the overall quality of this juice decreased to 4,5 c.u. below the level accepted by consumers. The decrease of overall quality of the juice stored at 15°C may be due to a significant increase in the intensity of negative attributes: sour taste and fermented taste. The significant ($p < 0,05$) increase in the intensity of bitter taste from 1.5 c.u. to 3.9 c.u. was also observed between the 8th and 12th day of storage of this juice (Fig. 4.). In the juice stored at 4°C observed changes in the intensity of bitter taste were not statistically significant. The intensity of fermented taste of juice stored at 15°C significantly increased after 8 days of storage, while the fermented taste of juice stored at 4°C increased in the last day of storage (Fig. 3., Fig. 4.). The results of the sensory evaluation indicate, that the tomato juice with 3% addition of sea buckthorn juice can be stored at 4°C for 16 days and 8 days at 15°C.

CONCLUSIONS

Tomato juice with 3% addition of sea buckthorn juice is a good raw material for the growth of potentially probiotic bacteria *Lactobacillus casei* O12. The bacteria cells of the tested strain survived during 16 days of storage under the low pH of the juice (below 3.6). The cell count of *Lactobacillus casei* O12 until the end of the storage at 4°C and 15°C remained at a high level (9.3 and 9.4 log CFU/mL respectively) allowing the product to be considered probiotic according to FAO/WHO requirements.

After fermentation, the overall quality of tomato juice with 3% addition of sea buckthorn juice with using potentially probiotic *Lactobacillus casei* O12 was high (above 7 c.u.). The results of the sensory evaluation indicate, that tomato juice with 3% addition of sea buckthorn juice can be stored at 4°C for 16 days and 8 days at 15°C.

The tomato juice with 3% addition of sea buckthorn juice fermented with *Lactobacillus casei* O12 can be favourable as a probiotic juice, however the consumption effects should be investigated in future studies.

WNIOSKI

Sok pomidorowy z 3% dodatkiem soku z owoców rokitnika jest dobrym surowcem do wzrostu potencjalnie probiotycznych bakterii *Lactobacillus casei* O12. Stwierdzono obecność żywych komórek badanego szczepu

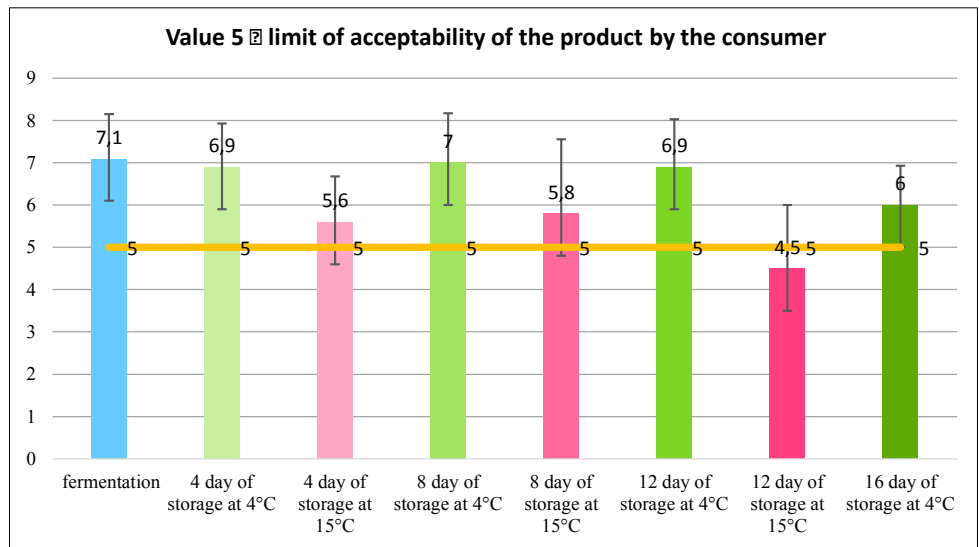


Fig 5. Changes in the overall quality of fermented tomato juice with 3% addition of sea buckthorn during storage.

Rys. 5. Zmiany jakości ogólnej fermentowanego soku pomidorowego z 3% dodatkiem soku z owoców rokitnika podczas przechowywania.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

po 16 dniach przechowywania soku o niskim pH (poniżej 3,6). Liczba komórek *Lactobacillus casei* O12 do końca przechowywania w 4°C i 15°C utrzymywała się na wysokim poziomie (odpowiednio 9,3 i 9,4 log jtk/ml) i produkt spełniał wymagania FAO/WHO odnośnie minimalnej liczby komórek dla produktów probiotycznych. Po fermentacji jakość ogólna soku pomidorowego z 3% dodatkiem soku z owoców rokitnika z użyciem potencjalnie probiotycznego szczepu *Lactobacillus casei* O12 była wysoka (powyżej 7 j.u.). Wyniki oceny sensorycznej wskazują, że sok pomidorowy z 3% dodatkiem soku z owoców rokitnika fermentowany *Lactobacillus casei* O12 może być atrakcyjnym sokiem probiotycznym, jednak niezbędne są dalsze badania odnośnie jego właściwości prozdrowotnych.

REFERENCES

- [1] ALDRICH H.T., K. SALANDANAN. K. KENDAL, M. BUNNING, F. STONAKER, U. KULEN, C. STUSHNOFF. 2010. "Cultivar choice provides options for local production of organic and conventionally produced tomatoes with higher quality and antioxidant content". Journal of the Sciences of Food and Agriculture 90 (15): 46.
- [2] AMORIM J.C., R.H. PICCOLI, W.F. DUARTE. 2018. "Probiotic potential of yeasts isolated from pineapple and their use in the elaboration of potentially functional fermented beverages". Food Research International 107: 518–527.
- [3] ANTHON G.E., M. LeSTRANGE, D.M. BARRET. 2011. "Changes in pH, acids, sugars and other quality parameters during extended vine holding of ripe processing tomatoes". Journal of the Sciences of Food and Agriculture 91 (7): 1175–81.

REFERENCES

- [1] ALDRICH H.T., K. SALANDANAN. K. KENDAL, M. BUNNING, F. STONAKER, U. KULEN, C. STUSHNOFF. 2010. "Cultivar choice provides options for local production of organic and conventionally produced tomatoes with higher quality and antioxidant content". Journal of the Sciences of Food and Agriculture 90 (15): 46.
- [2] AMORIM J.C., R.H. PICCOLI, W.F. DUARTE. 2018. "Probiotic potential of yeasts isolated from pineapple and their use in the elaboration of potentially functional fermented beverages". Food Research International 107: 518–527.
- [3] ANTHON G.E., M. LeSTRANGE, D.M. BARRET. 2011. "Changes in pH, acids, sugars and other quality parameters during extended vine holding of ripe processing tomatoes". Journal of the Sciences of Food and Agriculture 91 (7): 1175–81.

- [4] **Cao Z., H. PAN, H. TONG, D. Gu, S. Li, Xu. YONGPING, Ge. CHANGRONG, L. QIUYE. 2016.** "In vitro evaluation of probiotic potential of *Pediococcus pentosaceus* L1 isolated from paocai – a Chinese fermented vegetable". *Annals of Microbiology* 66 (3): 963–971.
- [5] **CIEZAROVÁ Z., M. MMURKOVIČ, K. CEJPEK, F. KREPS, B. TOBOLKOWÁ, R. KOPLIK, E. BELAJOVÁ, E. KUKUROVÁ, D. LUBOMIR, Z. PANOWSKA, D. REVENCO, Z. BURCOVÁ. 2020.** "Why is sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) So exceptional? A review". *Food Research International* 133 (6): 109170.
- [6] **DING W.K., N.P. SHAH, 2008.** "Survival of Free and Microencapsulated Probiotic Bacteria in Orange and Apple Juices". *International Food Research Journal* 15: 219–232.
- [7] **De la FUENTE B., C. LUZ, G. MECA, J. BARBA. 2021.** "Evaluation of fermentation assisted by *Lactobacillus brevis* POM, and *Lactobacillus plantarum* (TR-7, TR-71, TR-14) on antioxidant compounds and organic acids of an orange juice-milk base beverage". *Food Chemistry* 343: 128414.
- [8] **FAO/WHO. 2002.** "Guidelines for the evaluation of probiotics in food, Joint Food and Agricultural Organization of the United Nations and World Health Organization Working Group Meeting Report, Londyn, Ontario, Kanada" 85: 1–56.
- [9] **FILANNINO P., L. AZZI, I. CAVOSKI, O. VINCENTINI, C.G. RIZELLO, M. GOBBETTI, R. Di CAGNO. 2013.** "Exploitation of the health-promoting and sensory properties of organic pomegranate (*Punica granatum* L.) juice through lactic acid fermentation". *International Journal of Food Microbiology* 163 (2–3): 184–192.
- [10] **FRIEDMAN M., C.E. LEVIN, S.U. LEE. 2009.** "Tomatine-containing green tomato extracts inhibit growth of human breast, colon, liver, and stomach cancer cells". *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57(13): 5727–33.
- [11] **GE X., N. TANG, Y. HUANG, X. CHEN., M. DONG, X. RUI, Q, ZHANG, W. Li. 2022.** "Fermentative and physicochemical properties of fermented milk supplemented with sea buckthorn (*Hippophae eleagnaceae* L.)". *LWT – Food Science and Technology* 153: 112484.
- [12] **HAN Q., B. KONG, Q. CHEN, F. SUN, H. ZHANG. 2017.** "In vitro comparison of probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from Harbin dry sausages and selected probiotics". *Journal of Functional Foods* 32: 391–400.
- [13] **HASHEMI S.M.B., A.M. KHANEGHAH, F.J. BARBA., Z. NEMATI, S.S. SHOKOFTI, F. ALIZADEH. 2017.** "Fermented sweet lemon juice (*Citrus limetta*) using *Lactobacillus plantarum* LS5: Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities". *Journal of Functional Foods* 38: 409–414.
- [4] **Cao Z., H. PAN, H. TONG, D. Gu, S. Li, Xu. YONGPING, Ge. CHANGRONG, L. QIUYE. 2016.** "In vitro evaluation of probiotic potential of *Pediococcus pentosaceus* L1 isolated from paocai – a Chinese fermented vegetable". *Annals of Microbiology* 66 (3): 963–971.
- [5] **CIEZAROVA Z., M. MMURKOVIC, K. CEJPEK, F. KREPS, B. TOBOLKOWA, R. KOPLIK, E. BELAJOVA, E. KUKUROVA, D. LUBOMIR, Z. PANOWSKA, D. REVENCO, Z. BURCOVA. 2020.** "Why is sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) So exceptional? A review". *Food Research International* 133 (6): 109170.
- [6] **DING W.K., N.P. SHAH, 2008.** "Survival of Free and Microencapsulated Probiotic Bacteria in Orange and Apple Juices". *International Food Research Journal* 15: 219–232.
- [7] **De la FUENTE B., C. LUZ, G. MECA, J. BARBA. 2021.** "Evaluation of fermentation assisted by *Lactobacillus brevis* POM, and *Lactobacillus plantarum* (TR-7, TR-71, TR-14) on antioxidant compounds and organic acids of an orange juice-milk base beverage". *Food Chemistry* 343: 128414.
- [8] **FAO/WHO. 2002.** "Guidelines for the evaluation of probiotics in food, Joint Food and Agricultural Organization of the United Nations and World Health Organization Working Group Meeting Report, Londyn, Ontario, Kanada" 85: 1–56.
- [9] **FILANNINO P., L. AZZI, I. CAVOSKI, O. VINCENTINI, C.G. RIZELLO, M. GOBBETTI, R. Di CAGNO. 2013.** "Exploitation of the health-promoting and sensory properties of organic pomegranate (*Punica granatum* L.) juice through lactic acid fermentation". *International Journal of Food Microbiology* 163 (2–3): 184–192.
- [10] **FRIEDMAN M., C.E. LEVIN, S.U. LEE. 2009.** "Tomatine-containing green tomato extracts inhibit growth of human breast, colon, liver, and stomach cancer cells". *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57(13): 5727–33.
- [11] **GE X., N. TANG, Y. HUANG, X. CHEN., M. DONG, X. RUI, Q, ZHANG, W. Li. 2022.** "Fermentative and physicochemical properties of fermented milk supplemented with sea buckthorn (*Hippophae eleagnaceae* L.)". *LWT – Food Science and Technology* 153: 112484.
- [12] **HAN Q., B. KONG, Q. CHEN, F. SUN, H. ZHANG. 2017.** "In vitro comparison of probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from Harbin dry sausages and selected probiotics". *Journal of Functional Foods* 32: 391–400.
- [13] **HASHEMI S.M.B., A.M. KHANEGHAH, F.J. BARBA., Z. NEMATI, S.S. SHOKOFTI, F. ALIZADEH. 2017.** "Fermented sweet lemon juice (*Citrus limetta*) using *Lactobacillus plantarum* LS5: Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities". *Journal of Functional Foods* 38: 409–414.

- [14] **ISO 15214:2002:** Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of mesophilic lactic acid bacteria – Colony-count technique at 30°C.
- [15] **ISO 8586:2012:** Sensory analysis – General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors.
- [16] **ISO 13299:2016:** Sensory analysis – Methodology – General guidance for establishing a sensory profile.
- [17] **KING V.A., H.Y. HUANG, J.H. TSEN. 2007.** “Fermentation of tomato juice by cell immobilized *Lactobacillus acidophilus*”. *Mid-Taiwan Journal of Medicine* 12: 1–7.
- [18] **KUDA T., M. KAEWAHARA, H. NEMOTO, TAKAHASHI, B. KIMURA. 2014.** “In vitro antioxidant and anti-inflammation properties of lactic acid bacteria isolated from fish intestines and fermented fish from the Sanriku Satoumi region in Japan”. *Food Research International* 64: 248–255.
- [19] **LI H., J. HUANG, Y. WANG, X. WANG, RY. EN, T, YUE, Z. WANG, Z. GAO. 2021.** “Study on the nutritional characteristics and antioxidant activity of dealcoholized sequentially fermented apple juice with *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactobacillus plantarum* fermentation”. *Food Chemistry* 363: 130351.
- [20] **MIN M., C.R. BUN, L. MASON, M.A. HUSSAIN. 2019.** “Non-dairy probiotic food products: An emerging group of functional foods”. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 59 (16): 2626–2641.
- [21] **MOUSAVI Z.E., S.M. MOUSAVI, M. HADINEJAD, Z. EMAM-DJOMEH, M. MIRZAPOUR. 2013.** “Effect of fermentation of pomegranate juice by *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus acidophilus* on the antioxidant activity and metabolism of sugars, organic acids and phenolic compounds”. *Food Biotechnology* 27 (1): 1–13.
- [22] **NEMATOLLAHI A., S. SOHRABVANDI, A.M. MORTAZAVIAN, S. JAZAERI. 2016.** “Viability of probiotic bacteria and some chemical and sensory characteristics in cornelian cherry juice during cold storage”. *Electronic Journal of Biotechnology* 21: 49–53.
- [23] **NUALKAEKULS., D. CHARALAMPOPOULOS. 2011.** “Survival of *Lactobacillus plantarum* in model solutions and fruit juices”. *International Journal of Food Microbiology* 146 (2): 111–117.
- [24] **PEREIRA A.L.F., T.C. MACIELA, S. RODRIGUESA. 2011.** “Probiotic beverage from cashew apple juice fermented with *Lactobacillus casei*”. *Food Research International* 44: 1276–1283.
- [25] **PERES C.M., C. PERES, A. HERNÁNDEZ-MENDOZA, F.X.MALCATA. 2012.** “Review on fermented plant materials as carriers and sources of potentially probiotic lactic acid bacteria – With an emphasis on table olives”. *Trends in Food Science and Technology* 26: 31–42.
- [14] **ISO 15214:2002:** Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of mesophilic lactic acid bacteria – Colony-count technique at 30°C.
- [15] **ISO 8586:2012:** Sensory analysis – General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors.
- [16] **ISO 13299:2016:** Sensory analysis – Methodology – General guidance for establishing a sensory profile.
- [17] **KING V.A., H.Y. HUANG, J.H. TSEN. 2007.** “Fermentation of tomato juice by cell immobilized *Lactobacillus acidophilus*”. *Mid-Taiwan Journal of Medicine* 12: 1–7.
- [18] **KUDA T., M. KAEWAHARA, H. NEMOTO, TAKAHASHI, B. KIMURA. 2014.** “In vitro antioxidant and anti-inflammation properties of lactic acid bacteria isolated from fish intestines and fermented fish from the Sanriku Satoumi region in Japan”. *Food Research International* 64: 248–255.
- [19] **LI H., J. HUANG, Y. WANG, X. WANG, RY. EN, T, YUE, Z. WANG, Z. GAO. 2021.** “Study on the nutritional characteristics and antioxidant activity of dealcoholized sequentially fermented apple juice with *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactobacillus plantarum* fermentation”. *Food Chemistry* 363: 130351.
- [20] **MIN M., C.R. BUN, L. MASON, M.A. HUSSAIN. 2019.** “Non-dairy probiotic food products: An emerging group of functional foods”. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 59 (16): 2626–2641.
- [21] **MOUSAVI Z.E., S.M. MOUSAVI, M. HADINEJAD, Z. EMAM-DJOMEH, M. MIRZAPOUR. 2013.** “Effect of fermentation of pomegranate juice by *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus acidophilus* on the antioxidant activity and metabolism of sugars, organic acids and phenolic compounds”. *Food Biotechnology* 27 (1): 1–13.
- [22] **NEMATOLLAHI A., S. SOHRABVANDI, A.M. MORTAZAVIAN, S. JAZAERI. 2016.** “Viability of probiotic bacteria and some chemical and sensory characteristics in cornelian cherry juice during cold storage”. *Electronic Journal of Biotechnology* 21: 49–53.
- [23] **NUALKAEKULS., D. CHARALAMPOPOULOS. 2011.** “Survival of *Lactobacillus plantarum* in model solutions and fruit juices”. *International Journal of Food Microbiology* 146 (2): 111–117.
- [24] **PEREIRA A.L.F., T.C. MACIELA, S. RODRIGUESA. 2011.** “Probiotic beverage from cashew apple juice fermented with *Lactobacillus casei*”. *Food Research International* 44: 1276–1283.
- [25] **PERES C.M., C. PERES, A. HERNÁNDEZ-MENDOZA, F.X.MALCATA. 2012.** “Review on fermented plant materials as carriers and sources of potentially probiotic lactic acid bacteria – With an emphasis on table olives”. *Trends in Food Science and Technology* 26: 31–42.

- [26] SHEEHAN V.M., P. ROSS, G.F. FITZGERALD. 2007. "Assessing the acid tolerance and the technological robustness of probiotic cultures for fortification in fruit juices". *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 8: 279–284.
- [27] SHORI AB. 2016. "Influence of food matrix on the viability of probiotic bacteria: a review based on dairy and non-dairy beverages". *Food Bioscience* 13: 1–8.
- [28] SIONEK B., D. KOŁOŻYŃ-KRAJEWSKA, D. JAWORSKA, M. BŁAŻEJCZYK. 2015. „Zastosowanie bakterii kwasu mlekowego do produkcji probiotycznego soku warzywnego”. *Żywność Nauka Technologia Jakość* 4: 125 – 136.
- [29] SIRESWAR S., S. BISWAS, G. DEY. 2020. "Adhesion and anti-inflammatory potential of *Lactobacillus Rhamnosus* GG in a sea buckthorn based beverage matrix". *Food Function* 11.
- [30] TSEN J.H., Y.P. LIN, H.Y. HUANG, V.A. KING. 2008. "Studies on the fermentation of tomato juice by using κ -carrageenan immobilized *Lactobacillus acidophilus*". *Journal of Food Processing and Preservation* 32: 178–189.
- [31] VASILEY D., A. ALEKSIC, A. TARBUK, M. DIMITRIJEVIC, N. KARABASIL, N. COBANOWIC, N. VASILEVIC. 2015. "Identification of lactic acid bacteria isolated from serbian traditional fermented sausages sremski and lemeski kulen". *Procedia Food Science* 5: 300–303.
- [32] XIAOJIA Ge., T. NANYU, Y. HUANG, C. XIAOHONG, D. MINGSHENG, X. RUI, Q. ZHANG, W. LI. 2022. "Fermentative and physicochemical properties of fermented milk supplemented with sea buckthorn (*Hippophae eleagnaceae* L.)". *LWT – Food Science and Technology* 153: 112484.
- [33] YOON K.Y., E.E. WOODANS, Y.D. HANG. 2004. "Probiotication of tomato juice by lactic acid bacteria". *The Journal of Microbiology* 42: 315–318.
- [34] YOON K.Y., E.E. WOODAMS, Y.D. HANG. 2006. "Production of probiotic cabbage juice by lactic acid bacteria". *Bioresource Technology* 97: 1427–1430.
- [35] ZIELIŃSKA D., A. RZEPKOWSKA, A. RADAWSKA, K. ZIELIŃSKI. 2015. "In vitro screening of selected probiotic properties of *Lactobacillus* strains isolated from traditional fermented cabbage and cucumber". *Current Microbiology* (70) 2: 183–194.
- [26] SHEEHAN V.M., P. ROSS, G.F. FITZGERALD. 2007. "Assessing the acid tolerance and the technological robustness of probiotic cultures for fortification in fruit juices". *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 8: 279–284.
- [27] SHORI AB. 2016. "Influence of food matrix on the viability of probiotic bacteria: a review based on dairy and non-dairy beverages". *Food Bioscience* 13: 1–8.
- [28] SIONEK B., D. KOŁOŻYŃ-KRAJEWSKA, D. JAWORSKA, M. BŁAŻEJCZYK. 2015. „Zastosowanie bakterii kwasu mlekowego do produkcji probiotycznego soku warzywnego”. *Zywnosc Nauka Technologia Jakosc* 4: 125–136.
- [29] SIRESWAR S., S. BISWAS, G. DEY. 2020. "Adhesion and anti-inflammatory potential of *Lactobacillus Rhamnosus* GG in a sea buckthorn based beverage matrix". *Food Function* 11.
- [30] TSEN J.H., Y.P. LIN, H.Y. HUANG, V.A. KING. 2008. "Studies on the fermentation of tomato juice by using κ -carrageenan immobilized *Lactobacillus acidophilus*". *Journal of Food Processing and Preservation* 32: 178–189.
- [31] VASILEY D., A. ALEKSIC, A. TARBUK, M. DIMITRIJEVIC, N. KARABASIL, N. COBANOWIC, N. VASILEVIC. 2015. "Identification of lactic acid bacteria isolated from serbian traditional fermented sausages sremski and lemeski kulen". *Procedia Food Science* 5: 300–303.
- [32] XIAOJIA Ge., T. NANYU, Y. HUANG, C. XIAOHONG, D. MINGSHENG, X. RUI, Q. ZHANG, W. LI. 2022. "Fermentative and physicochemical properties of fermented milk supplemented with sea buckthorn (*Hippophae eleagnaceae* L.)". *LWT – Food Science and Technology* 153: 112484.
- [33] YOON K.Y., E.E. WOODANS, Y.D. HANG. 2004. "Probiotication of tomato juice by lactic acid bacteria". *The Journal of Microbiology* 42: 315–318.
- [34] YOON K.Y., E.E. WOODAMS, Y.D. HANG. 2006. "Production of probiotic cabbage juice by lactic acid bacteria". *Bioresource Technology* 97: 1427–1430.
- [35] ZIELIŃSKA D., A. RZEPKOWSKA, A. RADAWSKA, K. ZIELIŃSKI. 2015. "In vitro screening of selected probiotic properties of *Lactobacillus* strains isolated from traditional fermented cabbage and cucumber". *Current Microbiology* (70) 2: 183–194.

Karolina SZULC, PhD DrSc

Department of Food Engineering and Process Management, Institute of Food Sciences

Warsaw University of Life Sciences, Poland

Katedra Inżynierii i Organizacji Produkcji, Instytut Nauk o Żywności

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Polska

ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF USING AQUAFABA IN THE PRODUCTION OF VEGETABLE EMULSIONS®

Ocena możliwości zastosowania aquafaby w produkcji emulsji roślinnych®

Key words: aquafaba, chickpea; emulsifier, emulsion, mayonnaise.

Canning or boiling pulse seeds in water produces a by-product solution called aquafaba, is generally discarded as waste. However, this valuable resource contains high quantities of proteins with good functional properties. The paper article presents the assessment of the usefulness of aquafaba as a stabilizer in the production of vegetable emulsions with different fat content. The conducted research has shown that aquafaba can be successfully used for the production of vegetable emulsions (including mayonnaise) with a fat content of less than 75% and healthier alternatives compared to those available on the market.

Słowa kluczowe: aquafaba, ciecierzycza, emulgulator, emulsja, majonez.

Gotowanie nasion strączkowych w wodzie lub ich puszkowanie powoduje powstanie roztworu produktu ubocznego o nazwie aquafaba, który jest zwykle usuwany jako odpad. Ten wartościowy zasób zawiera jednak znaczne ilości białek o dobrych właściwościach funkcjonalnych. W artykule przedstawiono ocenę przydatności aquafaby jako stabilizatora w produkcji emulsji roślinnych o różnej zawartości tłuszczu. Przeprowadzone badania dowiodły, że aquafaba może być z powodzeniem stosowana do produkcji emulsji roślinnych (w tym majonezu) o zawartości tłuszczu poniżej 75% oraz zdrowszych alternatyw w porównaniu do dostępnych na rynku.

INTRODUCTION

Proteins derived from pulse seeds in terms of their ability to bind water, solubility, and other physicochemical properties, they can be suitable substitutes for proteins of animal origin [1]. The use of vegetable proteins, for example soybeans, to stabilize the emulsion, has been widely spread [15, 22]. Vegetable proteins are used as substitutes in vegan diets, comparing their properties with a typical source of protein – chicken eggs [6]. Legumes are most often used in production; soybeans, chickpeas, broad beans and various kinds of beans [9].

Aquafaba is a viscous liquid obtained after boiling chickpeas or other pulse seeds in water, which is a cooking leachate. Boiling the seeds in water causes some of the valuable ingredients to migrate into the liquid (aquafaba) [17]. Aquafaba consists of water (92–95%) and dry matter (5–8%), which includes carbohydrates, low molecular weight proteins (0.95–1.5% w/v, ≤ 24 kDa), saponins [8, 19]. The fluid is low-calorie, gluten-free and does not contain cholesterol. The protein content of canned aquafaba is about 13 g/100 g, this level of this ingredient allows to achieve stable emulsions [1]. The electrophoresis and analysis of aquafaba proteins indicate the predominant content of particles with a molecular weight of ≤ 24 kDa in the composition of this product.

According to many authors, these are mainly albumin, which has exceptional foaming properties [14, 18]. Moreover, the presence of compounds such as saponins and amphiphilic glycosides acting as surfactants has the ability to emulsify [3]. The use of aquafaba in food products expands the market for food of plant origin, increases the demand for pulse seeds, and reduces the amount of wastewater generated in some bean production processes [8].

The aim of the research was to assess the possibility of using aquafaba as a stabilizer in the production of vegetable emulsions with different fat content.

MATERIALS AND METHODS

The aquafaba material used in this study originated from canned chickpeas. The canned chickpeas and rapeseed oil were purchased from a local supermarket (Groszek, Poland).

Emulsion preparation

Oil-in-water emulsions (O/W) were prepared by mixing aquafaba and rapeseed oil resulting in an oil part of 25, 33, 50, 66 and 75%. Aquafaba and oil sample was mixed by an Ultra Turrax T25 (IKA Werke GmbH & Co. KG, Germany) for 4 min at 15000 rpm.

Physical properties of emulsion

Droplet size distribution of emulsion samples was measured as a function of time (0, 1, 3, 7, and 21 days) using a laser diffraction particle analyzer Cilas 1190 (Cilas, France). Drops of samples were added to the sample dispersion unit (containing water) until the obscuration index reached approximately 10%, and the average droplet size was reported in terms of volume mean diameter d_{50} [5].

The emulsion density was determined using a Densito 30PX densimeter (Mettler Toledo, USA).

The emulsion conductivity was determined using the Elmetron multifunction meter CX-505 with an Elmetron EC-201t electrode (Elmetron, Poland).

The colour characteristics were assessed using a CR-5 colorimeter (Konica Minolta, Japan), set on the CIELAB coordinates. Before measurement, the device was calibrated with a black and white calibration plate. Emulsion colour, represented by lightness (L^*), redness/greenness ($\pm a^*$), and yellowness/blueness ($\pm b^*$), was determined after preparation.

Emulsion stability measurements were performed during storage for 0, 1, 3 and 7 days at 4°C, using Turbiscan Lab® Expert (Formulation SA, France), which collected data from the entire height of the vial every 40 μm [5]. Round flat-bottomed vials were filled with the test emulsion (20 ml) to of $\frac{3}{4}$ their height. The Turbiscan Stability Index (TSI) was determined based on the Turbiscan Soft Lab software.

Statistical analysis

Experiments were conducted in triplicate and the data were presented as mean \pm standard deviation (SD). The statistical analysis was performed by the statistical software, Statistica version 13.1 (StatSoft, Poland). Analysis of variance (ANOVA) and Tukey's post hoc statistical tests were used to evaluate significant differences in emulsion physicochemical properties. Statistical significance was accepted at $p < 0.05$.

RESULTS AND DISCUSSION

Physical properties of the emulsions obtained on the basis of aquafaba are presented in Table 1. The size of the dispersed phase particles affects the properties of emulsion

systems present in food, including the appearance, structure, and taste. For the emulsion in which the ratio of aquafaba to oil was 3:1 (75% oil content), a stable obscuration of 10% was not obtained, which made it impossible to determine the droplets size. The emulsion with the oil content of 33% was characterized by the largest droplet size – 15.3 μm . The degree of dispersion and their coalescence in the emulsion formation process change depending on the fat content. It is well known that emulsions with droplets of small diameter tend to have a higher stability compared to emulsions of larger droplet diameter [11]. Moreover, it was observed that with the increase in the ratio of the dispersed phase, the size of the oil droplets decreased (Table 1). Thanonkaew et al. [20] found that o/w emulsions based on cold pressed rice bran oil are characterized by low oil droplet size values, and the degree of droplet breakdown and flocculation in the emulsion process change depending on the fat content.

As the proportion of oil in the emulsion increased, its density also decreased, which is logical as rapeseed oil has a lower density than water or aquafaba (Table 1). The density of the aquafaba from which the tested emulsion systems were prepared was 1050.1 kg/m^3 . From the literature, the density of aquafaba ranges from 1009 to 1180 kg/m^3 [12, 18].

The tested emulsions showed a pH of 6.2, regardless of the ratio of aquafaba to oil, which indicates that the emulsion components were characterized by a similar pH value (Table 1). The slightly acidic pH of the emulsions obtained differed from the values obtained by other authors due to the lack of acidifying agents in the recipe [2, 16]. The participation of aquafaba in the emulsion had a significant impact on its conductivity. The higher content of aquafaba, the higher the conductivity of the emulsion, which can be related to the presence of ions passing into the leachate during the cooking process of chickpeas. Chickpea effluent mainly contains potassium and phosphorus [3, 22].

Along with the increase in the amount of the oil phase in the emulsion, its brightness (L^*) increased, and the participation of green ($-a^*$) and yellow ($+b^*$) colours was also observed (Table 1). When comparing the colour parameters of the emulsion with the highest participation of the oil phase (75%) to the aquafaba-based mayonnaises obtained by Lafarga et al. [9]

Table 1. Physical properties of aquafaba-based emulsions and different fat content

Tabela 1. Właściwości fizyczne emulsji na bazie aquafaby o różnej zawartości tłuszczu

	Emulsion – fat content:				
	25%	33%	50%	66%	75%
Droplet size (μm)	11.2 \pm 0.5 ^c	15.1 \pm 0.1 ^d	10.5 \pm 0.3 ^b	6.5 \pm 0.1 ^a	-
Density (kg/m^3)	1002.1 \pm 0.5 ^d	991.1 \pm 1.5 ^c	948.3 \pm 1.5 ^b	938.4 \pm 0.3 ^a	936.2 \pm 0.6 ^a
pH	6.1 \pm 0.0 ^a	6.2 \pm 0.0 ^a	6.2 \pm 0.0 ^a	6.2 \pm 0.0 ^a	6.2 \pm 0.0 ^a
Conductivity (mS/cm)	9.3 \pm 0.0 ^e	7.8 \pm 0.0 ^d	4.9 \pm 0.0 ^c	2.7 \pm 0.0 ^b	1.9 \pm 0.0 ^a
L^*	70.3 \pm 0.0 ^a	70.1 \pm 0.0 ^a	71.0 \pm 0.1 ^b	71.6 \pm 0.2 ^c	71.5 \pm 0.4 ^c
a^*	-0.8 \pm 0.0 ^d	-1.4 \pm 0.1 ^c	-1.7 \pm 0.0 ^b	-2.4 \pm 0.0 ^a	-2.5 \pm 0.1 ^a
b^*	22.9 \pm 0.0 ^a	23.2 \pm 0.1 ^b	23.4 \pm 0.1 ^c	23.6 \pm 0.0 ^d	24.6 \pm 0.1 ^e

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne

and He et al. [7], it was noticed that the analyzed emulsion was characterized by lower brightness and a higher participation of colour yellow. Which indicates not only the differences in the composition of the emulsion (the proportion of aquafaba to oil), but also the significant impact on the colour of the emulsion by the variety of chickpeas and its processing, including the colour of aquafaba. The composition of aquafaba depends on: the conditions of extraction (soaking the seeds before cooking, the ratio of seeds to water, temperature, pH, time and

pressure during extraction), the variety of chickpeas and the composition of the seeds and their structure [8]. Moreover, the brightness of the emulsion is influenced by the degree of fragmentation of the dispersed phase. Previous research has shown that the colour of the emulsion can change from gray to an increasingly lighter white colour with decreasing droplet size, possibly due to an increase in light scattering [13].

For each emulsion, the presence of at least two fractions of the dispersed phase, different in terms of droplet size, was

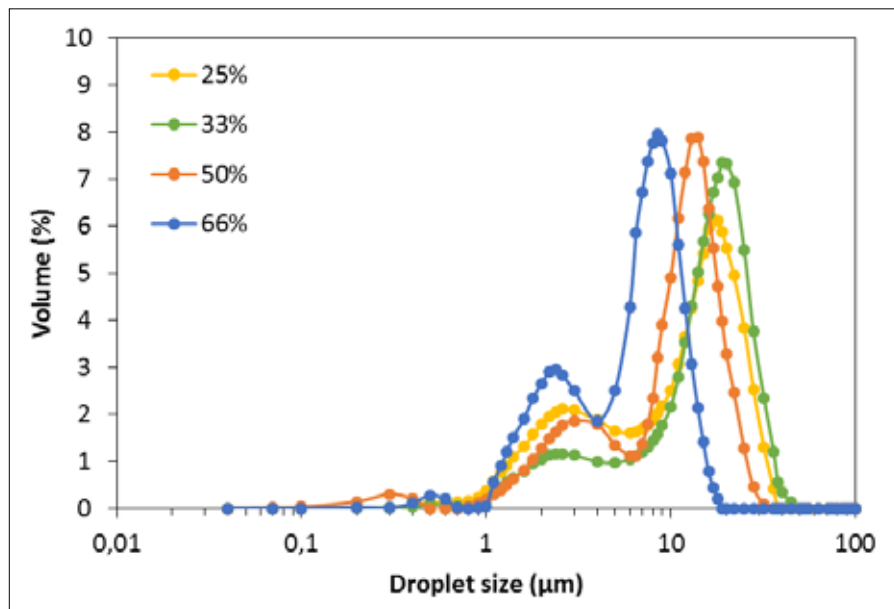


Fig. 1. Droplet size distribution in emulsions based on aquafaba and different fat content.

Rys. 1. Rozkład wielkości kropli w emulsjach na bazie aquafaby i różnej zawartości tłuszczu.

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne

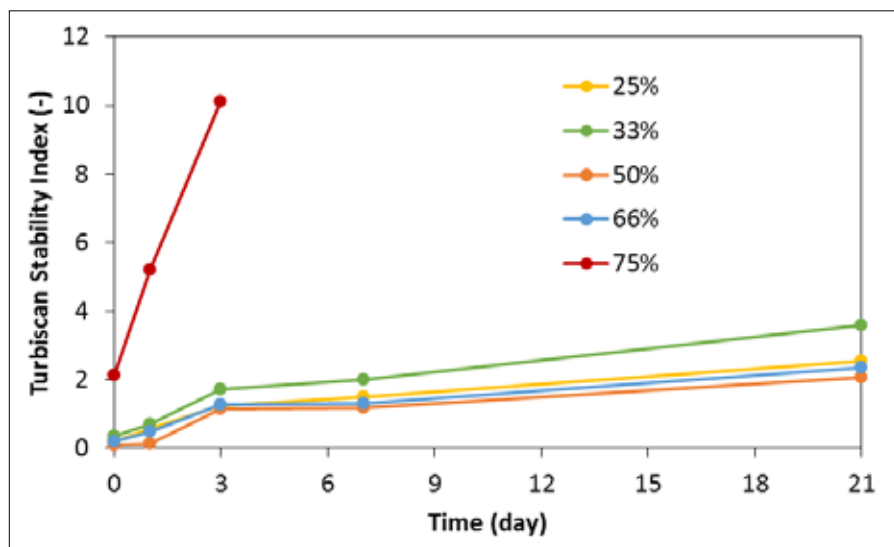


Fig. 2. Turbiscan Stability Index in emulsions based on aquafaba and different fat content.

Rys. 2. Wskaźnik stabilności TSI emulsji na bazie aquafaby i różnej zawartości tłuszczu.

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne

observed (Fig. 1). Which is especially important in products with increased fat content. Smaller oil droplets, in the process of producing the emulsion, were packed between drops with larger diameters, creating a spatial lattice structure [10]. Probably the formation of a spatial grid and the optimal size of the fatty globules guarantee good stability of the emulsion [4].

The stability of the dispersed system is one of the most important properties of an emulsion. In the conducted research, the Turbiscan Stability Index (TSI) was determined. The method is based on measuring the intensity of the light backscattered every 20 µm along the height of the sample. TSI is calculated by summing the back light scattering in successive measurements as a function of the sample height. By comparing TSI values, it was possible to determine the stability of various emulsion systems (Fig. 2). The higher the values of the TSI, the less stable the emulsion. Emulsions in which the participation of oil did not exceed 66% had a TSI below 4, which indicates good physical stability of the analyzed systems. Moreover, more stable emulsions were obtained when the size of the oil droplets did not exceed 11.2 µm. On the other hand, for the emulsion with the highest oil content at the level of 75%, the TSI value of 4 was exceeded after just one day of storage, which indicates its instability. Flocculation/coalescence is the main problem for the stability of high fat emulsions, which is the result of the convergence of oil droplets. Applying high-pressure homogenization could help to obtain an aquafaba-based emulsion with smaller droplet sizes and more stability during storage [7]. The most effective way to reduce coalescence is to generate strong repulsive forces between the droplets [15]. In the studies shown by He et al. [7], the stability of mayonnaise (pH = 4, 80% fat) based on aquafaba during storage was confirmed, which indicates that the pH of the emulsion may affect its stability. The results are agreed

with the research of Tontul et al. [21] who showed that in the pH range 2-10, emulsions based on the chickpea protein isolate are characterized by different stability.

SUMMARY

The use of aquafaba in food production meets global efforts to minimize by-products. Chickpea seeds have many minerals that pass into the aquafaba. Aquafaba can be successfully used to produce vegetable emulsions (including mayonnaises) with a fat content below 75% and healthier alternatives compared to those available on the market.

The presence of at least two fractions of the dispersed phase, different in terms of the size of the oil droplets, was observed in the emulsions. This indicates that the smaller oil droplets, in the emulsion production process, were packed between the larger droplets, creating a spatiae grid structure that guarantees good stability to the analyzed systems.

PODSUMOWANIE

Zastosowanie aquafaby w produkcji żywności spełnia globalne wysiłki na rzecz minimalizacji produktów ubocznych. Nasiona ciecierzycy posiadają wiele składników mineralnych, które przenikają do aquafaby. Aquafaba, może być z powodzeniem stosowana do wytworzenia emulsji roślinnych (w tym majonezów) o zawartości tłuszczu poniżej 75% oraz zdrowszych alternatyw w porównaniu do dostępnych na rynku.

W emulsjach obserwowano występowanie co najmniej dwóch frakcji fazy zdyspergowanej zróżnicowanych pod względem wielkości kropeł olejowych. Wskazuje to, że mniejsze kropelki oleju, w procesie wytwarzania emulsji, zostały upakowane pomiędzy kroplami o większych rozmiarach, tworząc strukturę siatki przestrzennej, która gwarantuje dobrą stabilność analizowanym układom.

REFERENCES

- [1] **BUHL T.F., C.H. CHRISTENSEN, M. HAMMERSHØJ. 2019.** "Aquafaba as an egg white substitute in food foams and emulsions: Protein composition and functional behaviour". *Food Hydrocolloids* 96: 354-364.
- [2] **CHETANAR., K.P. BHAVANA, R. BABYLATHA, V. GEETHA, G. SURESH KUMAR. 2019.** "Studies on eggless mayonnaise from rice bran and sesame oils". *Journal of Food Science and Technology* 56: 3117-3125.
- [3] **DAMIAN J., S. HUO S., L. SERVENTI. 2018.** "Phytochemical content and emulsifying ability of pulses cooking water". *European Food Research and Technology* 244: 1647-1655.
- [4] **DEPREE J., G. SAVAGE. 2001.** "Physical and flavour stability of mayonnaise". *Trends in Food Science & Technology* 12: 157-163.
- [5] **DOMIAN E., J. CENKIER, A. GÓRSKA, A. BRYNDA-KOPYTOWSKA. 2018.** "Effect of oil content and drying method on bulk properties and stability of powdered emulsions with OSA starch and linseed oil". *LWT-Food Science and Technology* 88: 95-102.
- [6] **GEERA B., J.A. REILING, M.A. HUTCHISON, D. RYBAK, B. SANTHA, W.S. RATNAYAKE. 2011.** "A comprehensive evaluation of egg and egg replacers on the product quality of muffins". *Journal of Food Quality* 34: 333-342.
- [7] **HE Y., S.K. PURDY, T.J. TSE, B. TAR'AN, V. MEDA, M.J.T. REANEY, R. MUSTAFA. 2021.** "Standardization of Aquafaba Production and Application in Vegan Mayonnaise Analogs". *Foods* 10: 1978.
- [8] **HE Y., V. MEDA, M.J.T. REANEY, R. MUSTAFA. 2021.** "Aquafaba, a new plant-based rheological additive for food applications". *Trends in Food Science & Technology* 111: 27-42.

REFERENCES

- [1] **BUHL T.F., C.H. CHRISTENSEN, M. HAMMERSHØJ. 2019.** "Aquafaba as an egg white substitute in food foams and emulsions: Protein composition and functional behaviour". *Food Hydrocolloids* 96: 354-364.
- [2] **CHETANAR., K.P. BHAVANA, R. BABYLATHA, V. GEETHA, G. SURESH KUMAR. 2019.** "Studies on eggless mayonnaise from rice bran and sesame oils". *Journal of Food Science and Technology* 56: 3117-3125.
- [3] **DAMIAN J., S. HUO S., L. SERVENTI. 2018.** "Phytochemical content and emulsifying ability of pulses cooking water". *European Food Research and Technology* 244: 1647-1655.
- [4] **DEPREE J., G. SAVAGE. 2001.** "Physical and flavour stability of mayonnaise". *Trends in Food Science & Technology* 12: 157-163.
- [5] **DOMIAN E., J. CENKIER, A. GORSKA, A. BRYNDA-KOPYTOWSKA. 2018.** "Effect of oil content and drying method on bulk properties and stability of powdered emulsions with OSA starch and linseed oil". *LWT-Food Science and Technology* 88: 95-102.
- [6] **GEERA B., J.A. REILING, M.A. HUTCHISON, D. RYBAK, B. SANTHA, W.S. RATNAYAKE. 2011.** "A comprehensive evaluation of egg and egg replacers on the product quality of muffins". *Journal of Food Quality* 34: 333-342.
- [7] **HE Y., S.K. PURDY, T.J. TSE, B. TAR'AN, V. MEDA, M.J.T. REANEY, R. MUSTAFA. 2021.** "Standardization of Aquafaba Production and Application in Vegan Mayonnaise Analogs". *Foods* 10: 1978.
- [8] **HE Y., V. MEDA, M.J.T. REANEY, R. MUSTAFA. 2021.** "Aquafaba, a new plant-based rheological additive for food applications". *Trends in Food Science & Technology* 111: 27-42.

- [9] LAFARGA T., S. VILLARÓ, G. BOBO, I. AGUILÓ-AGUAYO. 2019. "Optimisation of the pH and boiling conditions needed to obtain improved foaming and emulsifying properties of chickpea aquafaba using a response surface methodology". *International Journal of Gastronomy and Food Science* 18: 100177.
- [10] MCCLEMENTS D. J. 2007. "Critical review of techniques and methodologies for characterization of emulsion stability". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 47(7): 611–649.
- [11] MCCLEMENTS D.J., L. BAI, C. CHUNG. 2017. "Recent advances in the utilization of natural emulsifiers to form and stabilize emulsions". *Annual Review of Food Science and Technology* 8: 205–236.
- [12] MEURER M.C., D. DE SOUZA, L.D. FERREIRA MARCZAK. 2019. "Effects of ultrasound on technological properties of chickpea cooking water (aquafaba)". *Journal of Food Engineering* 265: 109688.
- [13] MUN S., Y.L. KIM, C.G. KANG, K.H. PARK, J.Y. SHIM, Y.R. KIM. 2009. "Development of reduced-fat mayonnaise using 4 α Gase-modified rice starch and xanthan gum". *International Journal of Biological Macromolecules* 44: 400–407.
- [14] MUSTAFA R., Y. HE, Y.Y. SHIM, M.J.T. REANEY. 2018. "Aquafaba, wastewater from chickpea canning, functions as an egg replacer in sponge cake". *International Journal of Food Science and Technology* 53(10): 2247–2255.
- [15] NIKZADE V., M.M. TEHRANI, M. SAADATMAND-TARZJAN. 2012. "Optimization of low-cholesterol-low-fat mayonnaise formulation: Effect of using soy milk and some stabilizer by a mixture design approach". *Food Hydrocolloids* 28: 344–352.
- [16] RAIKOS V., H. HAYES, H. NI. 2020. "Aquafaba from commercially canned chickpeas as potential egg replacer for the development of vegan mayonnaise: Recipe optimisation and storage stability". *International Journal of Food Science and Technology* 55: 1935–1942.
- [17] SERVENTI L., S. WANG, J. ZHU, S. LIU, F. FEI. 2018. "Cooking water of yellow soybeans as emulsifier in gluten-free crackers". *European Food Research and Technology* 244(12): 2141–2148.
- [18] SHIM Y.Y., R. MUSTAFA, J. SHEN, K. RATANAPARIYANUCH, M.J.T. REANEY. 2018. "Composition and properties of aquafaba: Water recovered from commercially canned chickpeas". *Journal of Visualized Experiments* 132: 1–14.
- [19] STANTIAL S.E., K.J. DALE, F.S. CALIZO, L. SERVENTI. 2018. "Application of pulses cooking water as functional ingredients: The foaming and gelling abilities". *European Food Research and Technology* 244(1): 97–104.
- [9] LAFARGA T., S. VILLARO, G. BOBO, I. AGUILO-AGUAYO. 2019. "Optimisation of the pH and boiling conditions needed to obtain improved foaming and emulsifying properties of chickpea aquafaba using a response surface methodology". *International Journal of Gastronomy and Food Science* 18: 100177.
- [10] MCCLEMENTS D. J. 2007. "Critical review of techniques and methodologies for characterization of emulsion stability". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 47(7): 611–649.
- [11] MCCLEMENTS D.J., L. BAI, C. CHUNG. 2017. "Recent advances in the utilization of natural emulsifiers to form and stabilize emulsions". *Annual Review of Food Science and Technology* 8: 205–236.
- [12] MEURER M.C., D. DE SOUZA, L.D. FERREIRA MARCZAK. 2019. "Effects of ultrasound on technological properties of chickpea cooking water (aquafaba)". *Journal of Food Engineering* 265: 109688.
- [13] MUN S., Y.L. KIM, C.G. KANG, K.H. PARK, J.Y. SHIM, Y.R. KIM. 2009. "Development of reduced-fat mayonnaise using 4 α Gase-modified rice starch and xanthan gum". *International Journal of Biological Macromolecules* 44: 400–407.
- [14] MUSTAFA R., Y. HE, Y.Y. SHIM, M.J.T. REANEY. 2018. "Aquafaba, wastewater from chickpea canning, functions as an egg replacer in sponge cake". *International Journal of Food Science and Technology* 53(10): 2247–2255.
- [15] NIKZADE V., M.M. TEHRANI, M. SAADATMAND-TARZJAN. 2012. "Optimization of low-cholesterol-low-fat mayonnaise formulation: Effect of using soy milk and some stabilizer by a mixture design approach". *Food Hydrocolloids* 28: 344–352.
- [16] RAIKOS V., H. HAYES, H. NI. 2020. "Aquafaba from commercially canned chickpeas as potential egg replacer for the development of vegan mayonnaise: Recipe optimisation and storage stability". *International Journal of Food Science and Technology* 55: 1935–1942.
- [17] SERVENTI L., S. WANG, J. ZHU, S. LIU, F. FEI. 2018. "Cooking water of yellow soybeans as emulsifier in gluten-free crackers". *European Food Research and Technology* 244(12): 2141–2148.
- [18] SHIM Y.Y., R. MUSTAFA, J. SHEN, K. RATANAPARIYANUCH, M.J.T. REANEY. 2018. "Composition and properties of aquafaba: Water recovered from commercially canned chickpeas". *Journal of Visualized Experiments* 132: 1–14.
- [19] STANTIAL S.E., K.J. DALE, F.S. CALIZO, L. SERVENTI. 2018. "Application of pulses cooking water as functional ingredients: The foaming and gelling abilities". *European Food Research and Technology* 244(1): 97–104.

- [20] **THANONKAEW A., S. WONGYAI, E. DECKER, D.J. MCCLEMENTS. 2015.** “Formation, antioxidant property and oxidative stability of cold pressed rice bran oil emulsion”. *Journal of Food Science and Technology* 52: 6520–6528.
- [21] **TONTUL I., Z. KASIMOGLU, S. ASIK, T. ATBAKAN, A. TOPUZ. 2018.** “Functional properties of chickpea protein isolates dried by refractance window drying”. *International Journal of Biological Macromolecules* 109: 1253–1259.
- [22] **YILDRIM A, M. ÖNER. 2014.** “Electrical conductivity, water absorption, leaching and color change of chickpea (*Cicer arietinum L.*) during soaking with ultrasound treatment”. *International Journal of Food Properties* 18: 1359–1372.

- [20] **THANONKAEW A., S. WONGYAI, E. DECKER, D.J. MCCLEMENTS. 2015.** “Formation, antioxidant property and oxidative stability of cold pressed rice bran oil emulsion”. *Journal of Food Science and Technology* 52: 6520–6528.
- [21] **TONTUL I., Z. KASIMOGLU, S. ASIK, T. ATBAKAN, A. TOPUZ. 2018.** “Functional properties of chickpea protein isolates dried by refractance window drying”. *International Journal of Biological Macromolecules* 109: 1253–1259.
- [22] **YILDRIM A, M. ONER. 2014.** “Electrical conductivity, water absorption, leaching and color change of chickpea (*Cicer arietinum L.*) during soaking with ultrasound treatment”. *International Journal of Food Properties* 18: 1359–1372.

Dr hab. inż. Sabina GALUS

Inż. Edyta PODOLSKA

Department of Food Engineering and Process Management, Institute of Food Sciences, Warsaw University of Life Science (SGGW-WULS), Warsaw, Poland

Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Instytut Nauk o Żywności
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Polska

ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF USING EDIBLE ALGINATE FILMS AS COLORIMETRIC PH INDICATORS IN INTELLIGENT FOOD PACKAGING®

Ocena możliwości zastosowania jadalnych folii alginianowych jako kolorymetrycznych wskaźników pH w opakowaniach inteligentnych do żywności®

Key words: edible films, sodium alginate, pH indicator, intelligent packaging.

The aim of the work presented in the article was to evaluate the possibility of using edible alginate films based on the infusions of hibiscus flowers, chokeberry and blackcurrant fruit pomace as colorimetric pH indicators in intelligent food packaging. The films were made from aqueous infusions by casting method. The color and its change under different pH from 2 to 12 were examined. The films showed a color change from purple to red in an acidic environment and to dark gray in an alkaline environment. The color change of the films prepared with the addition of infusions from chokeberry and blackcurrant pomace indicated the possibility of using them as colorimetric pH indicators, which needs more research.

Słowa kluczowe: folie jadalne, alginian sodu, wskaźnik pH, opakowanie inteligentne.

Celem pracy przedstawionej w artykule była ocena możliwości zastosowania jadalnych folii alginianowych wytworzonych na bazie naparów z wycieków z kwiatów hibiskusa, owoców aronii i czarnej porzeczki jako kolorymetrycznych wskaźników pH w opakowaniach inteligentnych do żywności. Folie wytworzono z wodnych naparów barwnych metodą wylewania. Zbadano barwę i jej zmianę pod wpływem pH od 2 do 12. Folie wykazywały zmianę barwy z fioletowej do czerwonej w środowisku kwaśnym oraz do ciemnoszarej w środowisku zasadowym. Zmiana barwy folii przygotowanych z dodatkiem naparów z wycieków z aronii i czarnej porzeczki wskazała na możliwość zastosowania ich jako kolorymetrycznych wskaźników pH i celowość prowadzenia dalszych badań.

INTRODUCTION

Food packaging meets a few basic functions, which include: protective and informative, marketing, logistics, utility, sales and ecological. These functions affect on the quality of packaged products and reduce the risk of product adulteration and misleading consumers at the stage of distribution in the supply chain [3]. Proper selection of packaging for food products enables standardization of production and maintaining the quality of products at a constant level. Nowadays, there is an increasing need to control and monitor the conditions outside and inside the packed products. This control is possible using intelligent packaging, enriched with colorimetric indicators of freshness [8].

Intelligent or smart packaging act as an indicator informing about the characteristics of the product, including changes in the composition of the product or in the environment around the product, such as an increase in the amount of carbon dioxide,

biogenic amines and other compounds that are products of microbial metabolism, formed in the food packaging during storage. Smart packaging also provides information about changes in environmental parameters of the packed product, such as temperature and humidity. There are technologies for the production of intelligent packaging with indicators placed outside the packaging and those in which indicators are placed inside the packed product. When the indicator is located inside the packaged product, it is necessary to separate the indicator from the food in order to limit the potential migration of ingredients from the indicator to the food as much as possible. Intelligent packaging provides consumers with information about quality changes of food [2]. Through the color reactions between the components of the indicator and the product and/or its environment, the indicator's color changes, which is a colorful message about the deterioration of the properties of the packed food [13]. Based on the Commission Regulation (EC) No 450/2009 [4] on active and intelligent materials and

articles intended to come into contact with food, intelligent packaging ensures control of the packed product and its environment by monitoring the environmental conditions and the stability of the packaged product. Intelligent packaging communicates to consumers about changes in food product.

The mechanism of action of colorimetric indicators in smart packaging is based on chemical and enzymatic changes, reactions to the produced metabolites of microorganisms, changing the pH of the environment and mechanical damage to the packaging. Smart packaging, through an element placed inside or outside packaging reacts with the environment, providing information about changing environmental conditions of the product or changes related to the product itself [2]. The production of pH color sensitive edible films is possible by adding a natural dye to the film-forming solution, which is safe in contact with food. The interaction of the dye with the film-forming agent is crucial to form the color change of the indicator as a result of environmental changes [1]. Biopolymers can be used for the production of indicators in intelligent packaging. Polysaccharides are an example of a biopolymer used to obtain edible films [10], they can be extracted from by-products resulting from the processing of fruit and vegetables, e.g. fruit pomace, bran, fruit and vegetable peels. Compounds from by-products of the agro-industrial industry may be a valuable source of bioactive compounds such as anthocyanins or carotenoids [9]. These pigments, characterized by low permeability to oxygen and light radiation, have good antioxidant properties. The recovery of bioactive compounds from waste is used for the production of intelligent packaging, using the reactivity of these compounds to some environmental factors [11]. The combination of the functions of biopolymers with bioactive dyes obtained from waste enables the production of biodegradable smart packaging. Natural dyes are used for the production of indicators of freshness, temperature-time indicators or detectors of the presence of oxygen and carbon dioxide, which react to changes in the pH of the environment, light and changes in the temperature of the product. These dyes can be extracted from fruit waste such as blackberry and blueberry pomace, black rice bran, grape skin and turmeric residues. Such packaging, due to the natural ingredients, does not contribute the negative effects on environmental and the consumer health [14].

The aim of the research was to assess the possibility of using edible alginate films based on infusions of hibiscus flowers, chokeberry and blackcurrant pomace as colorimetric pH indicators in intelligent food packaging.

MATERIALS AND METHODS

The research materials were edible films based on aqueous infusions of chokeberry and blackcurrant pomace and hibiscus flowers (Greenfield Sp. z o. o. Sp. K., Warsaw). The film-forming material was sodium alginate (Agnex, Białystok). Glycerol (Avantor Performance Materials Poland, Gliwice) was used as a plasticizer. Model buffers with a pH from 2 to 12 were purchased from Alfachem Sp. z o.o. (Lublin). The aqueous infusions from grounded fruit pomace or hibiscus flowers were prepared at the concentrations of 2.5 g and 5 g using the water at 95° C and 25 minutes of extraction. Then, the solutions were filtered through a filter paper (Warchem

Sp. z o.o., Marki), separating the pomace solids from the infusions. The pH of the infusions were measured using the pH-meter model CPO-505 (Elektron Sp.j., Warsaw). The color of the infusions were evaluated using the CR-5 colorimeter (MINOLTA, Tokyo, Japan) in the CIE L*a*b* color system. The infusions were used as solvents in the preparation of a film-forming solutions based on sodium alginate at 1.5 and 2%. The control sample was a film made with the addition of distilled water. The mixtures were heated to the temperature of 60°C and mixed for 20 minutes with the use of a magnetic stirrer RT10 (IKA, Poland Sp. Z o.o.). After the solutions were cooled down to ambient temperature, glycerol was added at the concentration of 50% relative to biopolymer. The mixtures were poured in constant amount on a series of Petri dishes and dried in a SUP 65 W/G laboratory dryer (WA-MED Bożena and Jan Warchoń Sp. J., Płock) at the temperature of 35°C for 24 hours. After drying, films were conditioned in a KBF 240 climatic chamber (Binder GmbH, Tuttlingen, Germany) for 48 hours at 25°C and 50% of relative humidity prior to testing. The measured properties of the obtained alginate films included the measurement of the film thickness, color, opacity and sensitivity to the changes in pH. The film thickness was measured with an accuracy of 1 µm in a minimum of three repetitions using a ProGage thickness gauge (Thwing-Albert Instrument Company, West Berlin, USA). To determine the color of the films, measurements were made using a CR-300 colorimeter (MINOLTA, Tokyo, Japan) in the CIE L*a*b* color system. The samples were placed on a white standard with constant values at (L*=97.04, a*=-0.08, b*=2.15) and the color was measured in 6 repetitions. The total color difference (ΔE) was calculated according to the equation presented by Sobral et al. [15]:

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L)^2 + (a^* - a)^2 + (b^* - b)^2} \quad (1)$$

where: L*, a*, b* – values for the white standard;
L, a, b – values for the films.

The film opacity was measured in 6 repetitions using a Helios γ spectrophotometer (Thermo Electron Corporation, Waltham, USA) at a wavelength of 600 nm. The film opacity was calculated according to the equation presented by Han and Floros [6]:

$$O = \frac{A_{600}}{l} \quad (2)$$

where: O – film opacity [A/mm];
A₆₀₀ – absorbance at the wavelength of 600 nm;
l – film thickness [mm].

The determination of the pH sensitivity of the films were evaluated visually by placing films in model buffers with a pH in the range of 2-12. The statistical analysis was performed using the analysis of variance (ANOVA) with the Tukey test at the significance level of p = 0.05 using the Statistica 13.0 program (StatSoft Polska Sp.z o.o., Kraków).

RESULTS AND DISCUSSION

The pictures of infusions made from chokeberry and blackcurrant pomace and hibiscus flowers were presented in Figure 1. The fruit pomace infusions had a red-purple color,

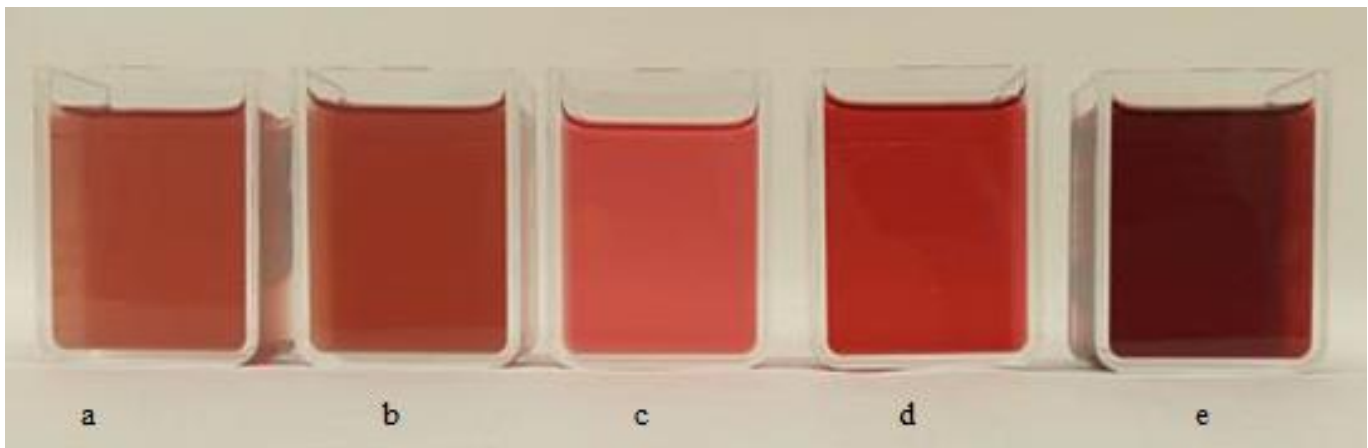


Fig. 1. Infusions of chokeberry at a concentration of 2,5% (a) and 5% (b), blackcurrant at a concentration of 2,5% (c) and 5% (d) and hibiscus flowers at a concentration of 2,5% (e).

Rys. 1. Napary z wyłoków z aronii o stężeniu 2,5% (a) i 5% (b), czarnej porzeczki o stężeniu 2,5% (c) i 5% (d) oraz kwiatów hibiskusa o stężeniu 2,5% (e).

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne

whereas the hibiscus flower infusion had significantly darker purple color, which can be used as a source of color pigments in the preparation of edible films. The infusions were made from grounded pomace due to the greater bioavailability of the pigments. Preliminary studies have shown that the infusions of ungrounded pomace were brighter, indicating that the dyes were located in the dried fruit, the release of which was limited. In general, the fruit pomace is characterized by a high content of polyphenols, antioxidants, fiber, pectins and antioxidants being a good source of natural dyes, including anthocyanins [17].

The produced infusions differed in the type and amount of pomace used in their preparation. Therefore, it can be visually observed that the infusions differ in color intensity, from light red to dark red. The color of the infusions is darker with the increase in the concentration of the pomace used. Table 2 presents the results of the L*, a* and b* color parameters of analyzed infusions. The L* parameter determines the lightness, which is define as black for values closed to 0 and white for values closed to 100. The highest L* value was observed for the infusion from the blackcurrant pomace at the concentration of 2,5%, while the lowest for infusion from the hibiscus flowers. The higher the concentration of pomace used, the redder the color of the infusions. The tested fruit infusions had an intense red color, which is related to the presence of anthocyanins in the fruit pomace [12,16]. The differences in the color parameters between the samples were statistically significant ($p < 0.05$). The saturation of infusions is influenced by the content of pigments, as well as the amount of solid particles (stones, stalks, twigs) present in the pomace used. The darkest hibiscus infusion was characterized by an intense red color, which was related to the fact that only hibiscus petals were used in the infusion, without the remaining parts of the plant. In addition, the color of the infusion from the hibiscus flowers is also connected with its chemical composition, including a relatively high content of organic acids (15-30%), which are citric, malic, tartaric, oxalic and hibiscus acids. Moreover, this flower is a source of anthocyanins, influencing

its intense red color, as well as phenols [18]. Parameters a* and b* were both positive, indicating the color towards to red and yellow, respectively.

Table 1. L*, a*, b* color parameters and pH of tested infusions

Tabela 1. Parametry barwy L*, a*, b* i pH badanych naparów

Infusion	L*	a*	b*	pH
A2,5%	42,53 ± 0,01 ^b	43,21 ± 0,03 ^b	34,43 ± 0,03 ^c	4,23
A5%	47,23 ± 0,01 ^d	41,48 ± 0,01 ^a	32,47 ± 0,02 ^c	3,98
CP2,5%	60,42 ± 0,00 ^e	57,07 ± 0,02 ^d	21,18 ± 0,01 ^a	3,08
CP5%	44,32 ± 0,00 ^c	67,16 ± 0,02 ^e	46,23 ± 0,04 ^e	2,92
H2,5%	21,83 ± 0,02 ^a	53,52 ± 0,06 ^c	37,22 ± 0,11 ^d	2,58

Abbreviations: A2,5 and A5 – infusions from chokeberry pomace at 2,5% and 5%, CP2,5 and CP5 – infusions from blackcurrant pomace at 2,5% and 5%, H2,5 – infusions from hibiscus flower at 2,5%. Different superscripts letters (a-e) within the same column indicate significant differences ($p < 0.05$).

Oznaczenia: A2,5 i A5 – napary z wyłoków z aronii o stężeniu 2,5% i 5%, CP2,5 i CP5 – napary z wyłoków z czarnej porzeczki o stężeniu 2,5% i 5%, H2,5 – napar z kwiatów hibiskusa o stężeniu 2,5%. Różne litery przy wartościach (a-e) w tej samej kolumnie wskazują na istotne różnice ($p < 0,05$).

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne

The analyzed infusions differed in the pH values ranging from 2,58 to 4,23, which correspond to the acidic reaction (Table 1). Differences in the acidity of analyzed infusions may result in the different chemical composition of used materials. Hibiscus infusion had the lowest pH value (2,58).

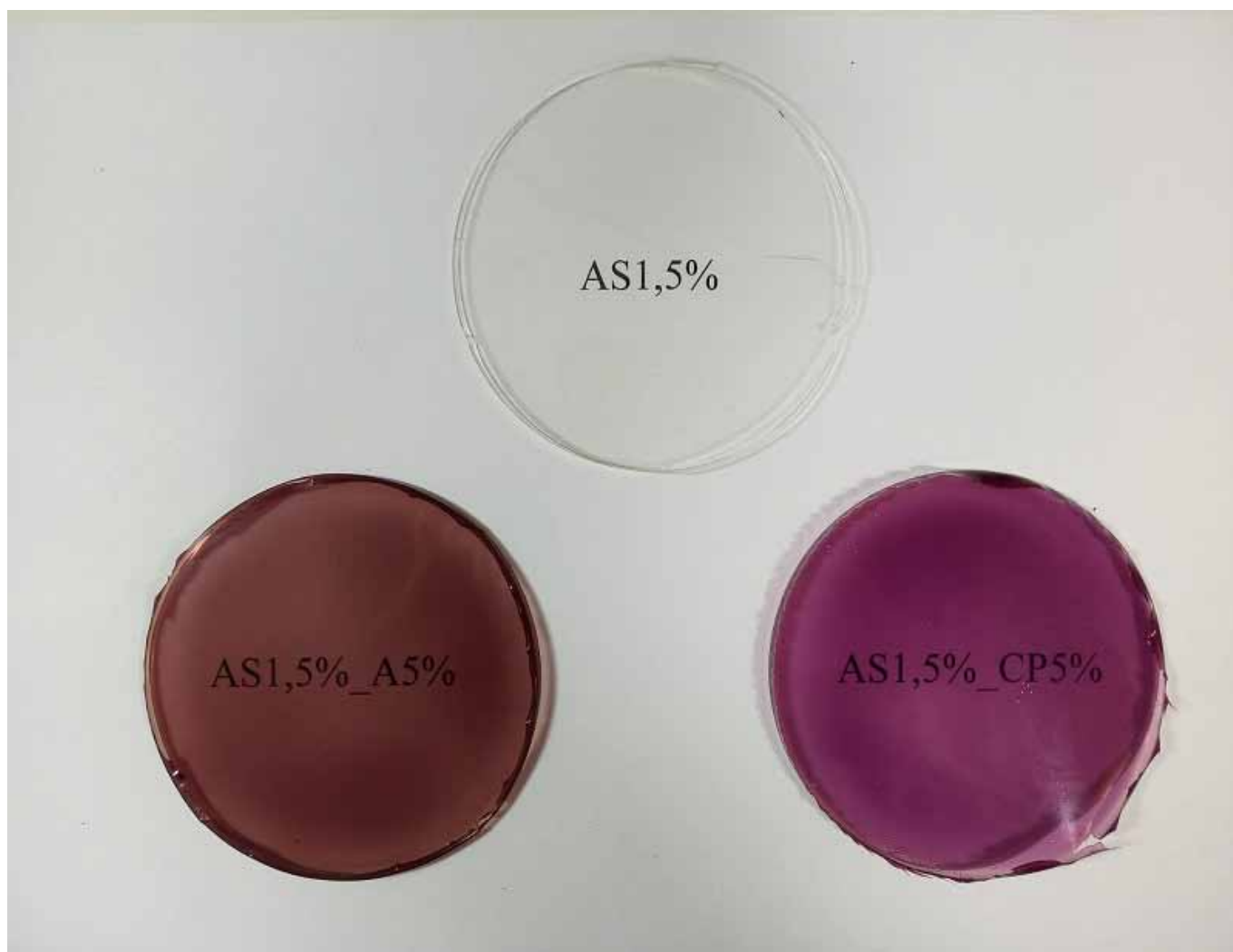


Fig. 2. Edible films prepared without (AS1,5%) and with the infusions of chokeberry (AS1,5%_A5%) and blackcurrant (AS1,5%_CP5%) pomace.

Rys. 2. Folie jadalne wytworzone bez (AS1,5%) i z dodatkiem naparów z wytlóków z aronii (AS1,5%_A5%) i czarnej porzeczki (AS1,5%_CP5%).

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne

According to Znajdek-Awizek and Matłowska [18], hibiscus is a plant with a high content of organic acids, which may have an influence on the low pH of the infusion obtained from hibiscus flowers, which resulted in very dense film-forming solutions. The blackcurrant pomace infusion also had a low pH (2,92), however no negative effects were observed in contact with sodium alginate. In general, blackcurrant pomace is also a source of organic acids such as: citric, malic, maleic and tartaric acids [7], which contributed to the low pH of the infusions. The highest values of pH, 4,23 and 3,98, were noted for infusions with 2,5% and 5% of chokeberry pomace. Comparing the pH values of the obtained infusions, it can be concluded that the highest amount of organic acids in hibiscus flower infusions and chokeberry pomace infusions affected the lower pH values. At the low pH of the solution, the color of the infusions is the most intense, which results from the dominance of the flavylic cation responsible for the red color of anthocyanins [16].

Different type of edible films were prepared with the use of sodium alginate as gelling agent at the concentration of 1,5 and 2% and the infusions from fruit pomace and hibiscus flowers as solvents. In the case of the control films, the solvent was distilled water. All films were prepared using glycerol as a plasticizer. It was observed an instant gelling for hibiscus flowers infusions in contact with sodium alginate, resulting in high density, which is probably due to the low pH value (2,58). The gel structure of the hibiscus mixture resulted in a gelatinous consistency of the solutions. There was no possibility to pour out the exact amount of the film-forming solutions and obtain thin films. Therefore, for the next step of studies, only infusions from the chokeberry and blackcurrant pomace were taken into account. However, the concentration of fruit pomace used in the study was significant. Film-forming solutions prepared from the infusions at the concentration of 2,5% were less intense in red color. Fig. 2 shows pictures of obtained films with the use of sodium alginate at 1,5%. The control films were transparent and slightly shiny, while the

films prepared with the use of infusions were characterized by a semi-transparent structure with a red-violet color. All the films were uniform, smooth, without any cracks and pores, and they differed in color.

The film thickness varied depending on the fruit pomace infusion used. As shown in Table 3, the thickness of the films ranged from 58,4 μm for control films at lower concentration of biopolymer (AS1,5%) to 76,9 μm for films prepared with the infusion of blackcurrant and biopolymer at the concentration of 2% (AS2%_CP2,5%). The control films were the thinnest, however the higher concentration of sodium alginate resulted in higher thickness (from 58,4 to 78,6 μm), which is often observed for films prepared at different concentrations of biopolymers affecting the functional properties of films [5]. An increase in the sodium alginate content resulted in higher thickness values. The differences in thickness values between films at the same biopolymer concentration (2%) and the fruit infusions at the same content (5%) can be explain by the presence of blackcurrant residues, which could resulted in higher thickness.

Table 2. Thickness of analyzed edible films

Tabela 2. Grubość badanych folii jadalnych

Film	Thickness [μm]
AS1,5%	58,4 \pm 6,5 ^a
AS2%	78,6 \pm 7,9 ^b
AS1,5%_A5%	60,0 \pm 1,4 ^a
AS2%_A2,5%	76,6 \pm 1,4 ^b
AS1,5%_CP5%	72,9 \pm 10,5 ^b
AS2%_CP2,5%	76,9 \pm 4,3 ^b

Abbreviations: AS1,5% and AS2% – control films prepared at the concentration of sodium alginate of 1,5 and 2%, AS1,5%_A5% and AS2%_A2,5% – films prepared with the infusions of chokeberry pomace, AS1,5%_CP5% and AS2%_CP2,5% – films prepared with the infusions of blackcurrant pomace. Different superscripts letters (^a–^b) within the same column indicate significant differences ($p < 0.05$).

Oznaczenia: AS1,5% i AS2% – folie kontrolne przygotowane przy stężeniu alginianu sodu 1,5 i 2%, AS1,5%_A5% i AS2%_A2,5% – folie przygotowane z naparów z wyłoków z aronii, AS1,5%_CP5% i AS2%_CP2,5% – folie sporządzony z naparów z wyłoków z czarnej porzeczki. Różne litery przy wartościach (^a–^b) w tej samej kolumnie wskazują na istotne różnice ($p < 0,05$).

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne

The L^* , a^* and b^* color parameters as well as the total color difference (ΔE) of the analyzed films are presented in Table 3. The L^* value indicates the lightness, which was the highest for control films (96,01–96,16) and lowest for films prepared with the infusions of chokeberry and blackcurrant at the concentration of 5%. It means that these films were the most dark compared to others. The a^* color parameter showed negative valued for control films and positive for films prepared with the fruit infusions showing the color toward red. The b^* parameter was positive for control films and those prepared with the infusions of chokeberry pomace indicating the yellow colow, and negative values, color toward to blue, were observed for films contaning infusions from blackcurrant

pomace. As the concentration of the fruit pomace in infusions increased, the color of the films became more red or blue, respectively. The results of the total color difference (ΔE) can be interpreted using the following guidelines [12]: $\Delta E < 1$ – the difference in color is not perceived; $\Delta E [1-2]$ – the difference in color is noticeable by a qualified observer; $\Delta E [2-3,5]$ – the difference in color is noticeable by an unqualified observer and $\Delta E > 5$ – the color difference is significant. The total color difference (ΔE) of the analyzed films were significant and were 5,66 and 5,71 for control films and from 40,09 to 61,39 for films with fruit infusions. When the biopolymer was used at lower concentration, the higher values of total color difference were observed as a result of the higher effect of pigments in film-forming solutions.

Table 3. L^* , a^* , b^* color parameters and total color difference (ΔE) of edible films

Tabela 3. Parametry barwy L^* , a^* , b^* i bezwzględna różnica barwy (ΔE) folii jadalnych

Film	L^*	a^*	b^*	ΔE	Opacity [A/mm]
AS1,5%	96,01 \pm 0,26 ^e	-0,13 \pm 0,04 ^a	3,41 \pm 0,20 ^b	5,66 \pm 0,23 ^a	0,35 \pm 0,03 ^a
AS2%	96,16 \pm 0,23 ^e	-0,17 \pm 0,03 ^a	3,49 \pm 0,22 ^b	5,71 \pm 0,25 ^a	0,52 \pm 0,02 ^a
AS1,5%_A5%	49,68 \pm 1,44 ^b	22,61 \pm 0,25 ^d	6,18 \pm 0,20 ^c	53,17 \pm 1,29 ^d	7,01 \pm 0,14 ^e
AS2%_A2,5%	56,38 \pm 0,89 ^c	13,00 \pm 0,33 ^b	8,74 \pm 0,19 ^e	44,08 \pm 0,90 ^c	5,74 \pm 0,13 ^d
AS1,5%_CP5%	47,14 \pm 1,68 ^a	31,79 \pm 0,51 ^e	-6,09 \pm 0,47 ^a	59,36 \pm 1,15 ^e	3,49 \pm 0,59 ^c
AS2%_CP2,5%	61,28 \pm 0,88 ^d	17,56 \pm 0,14 ^c	-6,16 \pm 0,86 ^a	40,09 \pm 0,77 ^b	1,53 \pm 0,09 ^b

Abbreviations: AS1,5% and AS2% – control films prepared at the concentration of sodium alginate of 1,5 and 2%, AS1,5%_A5% and AS2%_A2,5% – films prepared with the infusions of chokeberry pomace, AS1,5%_CP5% and AS2%_CP2,5% – films prepared with the infusions of blackcurrant pomace. Different superscripts letters (^a–^e) within the same column indicate significant differences ($p < 0.05$).

Oznaczenia: AS1,5% i AS2% – folie kontrolne przygotowane przy stężeniu alginianu sodu 1,5 i 2%, AS1,5%_A5% i AS2%_A2,5% – folie przygotowane z naparów z wyłoków z aronii, AS1,5%_CP5% i AS2%_CP2,5% - folie sporządzony z naparów z wyłoków z czarnej porzeczki. Różne litery przy wartościach (^a–^e) w tej samej kolumnie wskazują na istotne różnice ($p < 0,05$).

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne

Film opacity is presented in Table 3. The values ranged from 0,35 for control film at the concentration of sodium alginate of 1,5% to 7,01 A/mm for films prepared with the infusion of chokeberry at the concentration of 5%. It can be observed that an increase in the opacity values is connected with lower concentration of biopolymer and higher concentration of fruit pomace used, which is attributed to the higher content of pigments. Comparing two fruit pomace used, higher values of film opacity were observed for those prepared with the chokeberry pomace, indicating that these films are less transparent to light. Taking into account the higher values

of total color difference and opacity, as the most relevant, films prepared at the concentration of sodium alginate at 1,5% and the fruit pomace at 5% were used for evaluating the color changes in different pH buffers from 2 to 12. The results were presented in Figure 2 for films prepared with the infusions based on chokeberry pomace and on Figure 3 for films prepared with the infusions based on blackcurrant pomace. The color changes from violet to intense dark red at pH 2 and to dark gray at pH 8 and 12 were observed for films containing chokeberry pomace infusions. The films with the infusions of blackcurrant pomace showed a more pronounced color changes of the film due to the increase in pH of the buffers. The color changed from purple to intense red at pH 2 and to dark blue at pH 8. Immersion of the film in acidic pH did not significantly affect the color of the film made of chokeberry and blackcurrant pomace. The films in an acidic environment remains red in color, which results from the presence of the flavylc cation, responsible for the red color of anthocyanins. Strengthening of the film structure in an acidic environment was also observed, as well as higher hydration in an alkaline environment, which was related to the solubility of the film in buffers. The neutral environment visibly changed the color of

the films. Increasing the pH in the alkaline direction caused discoloration of the film. The films became lighter with a blue tinge appearing in both cases, which is attributed to the fact that the flavylc cation has probably disappeared. The change in the color can be observed due to the decomposition of anthocyanins from the films, caused by the instability of these compounds in buffer solutions [16].

SUMMARY

The article assessed the possibilities of using edible alginate films based on infusions from chokeberry and blackcurrant pomace and hibiscus flowers as colorimetric pH indicators that can be used in intelligent food packaging. Chokeberry and blackcurrant pomace infusions were characterized by an intense red color, which can be used as a solvent in the production of biopolymer films with the desired red color. The infusions of hibiscus flowers were characterized by an intense red color, and the low pH, which resulted in the gelation of film-forming solutions and there was no possibility to obtain thin films. The use of sodium alginate at a concentration of 1,5% with the addition of glycerol at 50% allowed for the



Fig. 3. Reaction to the changing pH from 2 to 12 for films prepared with the infusions of chokeberry pomace (AS1,5%_A5%).

Rys. 3. Reakcja na zmianę pH z zakresu 2–12 przez folie przygotowane z naparów z aronii (AS1,5%_A5%).

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne



Fig. 4. Reaction to the changing pH from 2 to 12 for films prepared with the infusions of blackcurrant pomace (AS1,5%_CP5%).

Rys. 4. Reakcja na zmianę pH z zakresu 2–12 przez folie przygotowane z naparów z czarnej porzeczki (AS1,5%_CP5%).

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne

production of films with the desired functional properties, such as: flexibility and lack of cracks and pores, surface smoothness and homogeneity, uniform distribution of pigments from the fruit pomace infusions. The control films were characterized by high brightness and low opacity, while the color films were dark and less transparent to light. Films prepared at the concentration of sodium alginate at 1,5% and the chokeberry and blackcurrant pomace at 5% were the most relevant in color to be used as colorimetric pH indicators. After immersing those films in various pH buffers from the range of 2-12, a clear change in the color of the film was observed, which probably resulted in the decomposition of anthocyanins under the influence of the changing pH of the environment. Color of the films in an acidic environment increased the intensity to red, and in an alkaline environment changed to dark blue or dark gray. The color change of the films prepared with the addition of infusions from the chokeberry and blackcurrant pomace indicated the possibility of using them as colorimetric pH indicators, which needs more research.

PODSUMOWANIE

W artykule oceniono możliwości zastosowania jadalnych folii alginianowych wytworzonych z naparów z wyłoków z aronii i czarnej porzeczki oraz kwiatów hibiskusa jako kolorymetrycznych wskaźników pH, które mogą znaleźć zastosowanie w opakowaniach inteligentnych do żywności. Napary z wyłoków z aronii i czarnej porzeczki charakteryzowały się intensywną barwą czerwoną. Mogą być one stosowane jako rozpuszczalnik przy wytwarzaniu folii biopolimerowych o pożądanej barwie czerwonej. Napary z kwiatów hibiskusa charakteryzowała intensywnie czerwona barwa, zaś niskie pH, wpłynęło na szybkie żelowanie roztworów powłokotwórczych i uniemożliwienie wytworzenia cienkich folii. Zastosowanie alginianu sodu o stężeniu 1,5% z dodatkiem 50% glicerolu umożliwiło wytworzenie folii o pożądanych właściwościach użytkowych, takich jak: elastyczność i brak pęknięć oraz porów, gładkość i jednorodność powierzchni, równomierność rozprzodzenia substancji barwnych z naparów. Folie kontrolne charakteryzowały się wysoką jasnością i niską nieprzezroczystością, zaś folie barwne były ciemne i mniej

przepuszczalne dla światła. Folie wytworzone z zastosowaniem alginianu sodu o stężeniu 1,5% i naparów z aronii i czarnej porzeczki w stężeniu 5% wykazywały najbardziej pożądaną barwę. Po zanurzeniu tych folii w różnych buforach pH z zakresu 2-12, można zauważyć wyraźną zmianę barwy folii, która wynika z rozpadu antocyjanów, pod wpływem zmiennego pH środowiska. Folie barwne w środowisku kwaśnym

zwiększyły intensywność barwy czerwonej zaś w środowisku zasadowym zmieniły barwę na ciemnoniebieską lub ciemnoszarą. Zmiana barwy folii przygotowanych z zastosowaniem naparów z wyłoków z aronii i czarnej porzeczki wskazuje na możliwości zastosowania badanych folii jako kolorymetrycznych wskaźników pH oraz celowość dalszych badań.

REFERENCES

- [1] ALIZADEH-SANI M., E. MOHAMMADIAN, J.W. RHIM., S.M. JAFARI. 2020. „pH sensitive (halochromic) smart packaging films based on natural food colorants for the monitoring of food quality and safety”. *Trends in Food Science & Technology* 105: 93–144.
- [2] CICHON M., T. LESIOW. 2013. „Zasada działania innowacyjnych opakowań inteligentnych w przemyśle spożywczym”. *Nauki Inżynierskie i Technologie* 2 (9): 9–32.
- [3] CIECHOMSKI W. 2008. „Opakowanie jako instrument promocji”. *LogForum* 4 (4):1–8.
- [4] Commission Regulation (EC) No 450/2009 of 29 May 2009 on active and intelligent materials and articles intended to come into contact with food.
- [5] GALUS S., A. LENART. 2011. „Wpływ stężenia białka na kinetykę adsorpcji pary wodnej przez powłoki otrzymywane na bazie izolatu białek serwatkowych”. *Żywność, Nauka. Technologia. Jakość* 4: 66–73.
- [6] HAN J. H., J. D. FLOROS. 1997. „Casting antimicrobial packaging films and measuring their physical properties and antimicrobial activity”. *Journal of Plastic Film and Sheets* 13: 287–298.
- [7] JURGIEL-MAŁECKA G., A. BUCHWAŁ. 2016. „Charakterystyka składu chemicznego owoców porzeczki uprawianej w regionie pomorza zachodniego”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 6 (109): 90–101.
- [8] LESIOW T., Z. FOLTYNOWICZ. 2018. „Opakowania funkcjonalne w żywności”. *Nauki Inżynierskie i Technologie* 1(28): 32–41.
- [9] ŁABAS. 2012. „Proekologiczne działania w zakresie zagospodarowania odpadów w przemyśle owocowo-warzywnym”. *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu* 14 (5): 133–138.
- [10] MIKUS M., S. GALUS. 2020. „Powlekanie żywności – materiały, metody i zastosowanie w przemyśle spożywczym”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 27, 4 (125), 5–24.
- [11] NEMES S. A., K. SZABO. 2020. “Applicability of agro-industrial by-products in intelligent food packaging”. *Coatings* 10 (6): 550.
- [12] OBIEDZIŃSKI M. 2009. *Wybrane zagadnienia z analizy żywności*. Wydawnictwo SGGW: 232–240.

REFERENCES

- [1] ALIZADEH-SANI M., E. MOHAMMADIAN, J. W. RHIM., S. M. JAFARI. 2020. “pH sensitive (halochromic) smart packaging films based on natural food colorants for the monitoring of food quality and safety”. *Trends in Food Science & Technology* 105: 93–144.
- [2] CICHON M., T. LESIOW. 2013. „Zasada działania innowacyjnych opakowań inteligentnych w przemyśle spożywczym”. *Nauki Inżynierskie i Technologie* 2 (9): 9–32.
- [3] CIECHOMSKI W. 2008. „Opakowanie jako instrument promocji”. *LogForum* 4 (4):1–8.
- [4] Commission Regulation (EC) No 450/2009 of 29 May 2009 on active and intelligent materials and articles intended to come into contact with food.
- [5] GALUS S., A. LENART. 2011. „Wpływ stężenia białka na kinetykę adsorpcji pary wodnej przez powłoki otrzymywane na bazie izolatu białek serwatkowych”. *Zywnosc, Nauka. Technologia. Jakosc* 4: 66–73.
- [6] HAN J. H., J. D. FLOROS. 1997. “Casting antimicrobial packaging films and measuring their physical properties and antimicrobial activity”. *Journal of Plastic Film and Sheets* 13: 287–298.
- [7] JURGIEL-MAŁECKA G., A. BUCHWAŁ. 2016. „Charakterystyka składu chemicznego owoców porzeczki uprawianej w regionie pomorza zachodniego”. *Zywnosc. Nauka. Technologia. Jakosc* 6 (109): 90–101.
- [8] LESIOW T., Z. FOLTYNOWICZ. 2018. „Opakowania funkcjonalne w zywnosci”. *Nauki Inzynierskie i Technologie* 1(28): 32–41.
- [9] LABAS. 2012. „Proekologiczne działania w zakresie zagospodarowania odpadów w przemyśle owocowo-warzywnym”. *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu* 14 (5): 133–138.
- [10] MIKUS M., S. GALUS. 2020. „Powlekanie zywnosci – materiały, metody i zastosowanie w przemyśle spożywczym”. *Zywnosc. Nauka. Technologia. Jakosc* 27, 4 (125), 5–24.
- [11] NEMES S. A., K. SZABO. 2020. “Applicability of agro-industrial by-products in intelligent food packaging”. *Coatings* 10 (6): 550.
- [12] OBIEDZINSKI M. 2009. *Wybrane zagadnienia z analizy zywnosci*. Wydawnictwo SGGW: 232–240.

- [13] **PODOLSKAE.,S.GALUS.2021.**„Kolorymetryczne wskaźniki jakości w inteligentnych opakowaniach do żywności”. Wazenie Dozowanie Pakowanie 1 (81): 42–49.
- [14] **SAGAR N. A., S. PAREEK, S. SHARMA, E. M. YAHIA, M. G. LOBO. 2018.** “Fruit and vegetable waste: bioactive compounds, their extraction, and possible utilization”. *Comprehensive reviews in Food Science and Food Safety* 17 (3): 512–531.
- [15] **SOBRAL P. J., J. S. DOS SANTOS, F. T. GARCIA. 2005.** “Effect of protein and plasticizer concentration in film forming solutions on physical properties of edible films based on muscle proteins of a Thai Tilapia”. *Journal of Food Engineering* 70: 93–100.
- [16] **SZANIAWSKA M., A. TARABA, K. SZYMCZYK. 2015.** „Budowa, właściwości i zastosowanie antycyjanów”. *Nauki Inżynierskie i Techniczne* 2 (17): 63–69.
- [17] **TARKO T., A. DUDA-CHODACZ, A. BEBEK. 2012.** „Aktywność biologiczna wybranych wyłoków owocowych oraz warzywnych”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 4 (83): 55–65.
- [18] **ZNAJDEK-AWIŻEK, I. MATŁOWSKA. 2011.** „Właściwości lecznicze ketmii szczawiowej – *Hibiscus sabdariffa* L”. *Postęp Fitoterapii* 3: 197–201.

- [13] **PODOLSKAE.,S.GALUS.2021.**„Kolorymetryczne wskaźniki jakości w inteligentnych opakowaniach do żywności”. Wazenie Dozowanie Pakowanie 1 (81): 42–49.
- [14] **SAGAR N.A., S. PAREEK, S. SHARMA, E.M. YAHIA, M.G. LOBO. 2018.** “Fruit and vegetable waste: bioactive compounds, their extraction, and possible utilization”. *Comprehensive reviews in Food Science and Food Safety* 17 (3): 512–531.
- [15] **SOBRAL P.J., J.S. DOS SANTOS, F.T. GARCIA. 2005.** “Effect of protein and plasticizer concentration in film forming solutions on physical properties of edible films based on muscle proteins of a Thai Tilapia”. *Journal of Food Engineering* 70: 93–100.
- [16] **SZANIAWSKA M., A. TARABA, K. SZYMCZYK. 2015.** „Budowa, właściwości i zastosowanie antycyjanów”. *Nauki Inżynierskie i Techniczne* 2 (17): 63–69.
- [17] **TARKO T., A. DUDA-CHODACZ, A. BEBEK. 2012.** „Aktywność biologiczna wybranych wyłoków owocowych oraz warzywnych”. *Zywnosc. Nauka. Technologia. Jakosc* 4 (83): 55–65.
- [18] **ZNAJDEK-AWIZEK, I. MATŁOWSKA. 2011.** „Właściwości lecznicze ketmii szczawiowej - *Hibiscus sabdariffa* L”. *Postęp Fitoterapii* 3: 197–201.

PhD, DSc Jolanta KOWALSKA, prof. SGGW

MSc. Eng. Bogumiła URBAŃSKA

Eng. Aleksander GREESE-ŁYKO

Department of Food Engineering and Process Management, Institute of Food Sciences

Warsaw University of Life Sciences (WULS), Poland

Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Instytut Nauk o Żywności

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (SGGW), Polska

RISK ANALYSIS ON THE EXAMPLE OF CHOCOLATE PRODUCTION®

Analiza ryzyka na przykładzie produkcji czekolady®

Key words: risk analysis, chocolate, threats, production process.

Risk analysis is a tool supporting and allowing to determine the level of risk and the effects that may cause potential threats. Based on the results obtained, during the analysis of hazards in the chocolate production process, it was possible to assess the existing hazards and assign them a specific weight, which translates into risk levels that have a potential impact on the health safety of dark chocolates. Dark chocolate has been shown to be a relatively safe product. Many stages in the technological cycle allow for the elimination of hazards from raw materials and earlier processing stages, which is supported by properly designed quality systems.

Słowa kluczowe: analiza ryzyka, czekolada, zagrożenia, process produkcji.

Analiza ryzyka jest narzędziem wspomagającym i pozwalającym na określenie poziomu ryzyka i skutków, jakie mogą wywołać potencjalne zagrożenia. W oparciu o uzyskane wyniki podczas analizy zagrożeń w procesie produkcji czekolady możliwe było dokonanie oceny występujących zagrożeń oraz nadanie im określonej wagi, przekładającej się na poziomy ryzyka mające potencjalny wpływ na bezpieczeństwo zdrowotne czekolad gorzkich. Wykazano, że czekolada gorzka jest produktem stosunkowo bezpiecznym. Wiele etapów w cyklu technologicznym pozwala na usunięcie zagrożeń pochodzących z surowców i wcześniejszych etapów przetwórczych, w czym są pomocne właściwie opracowane systemy jakości.

INTRODUCTION

Chocolate is valued for its unique taste and aroma, as well as for its antioxidant properties [19]. The basic raw material for the production of chocolate is cocoa beans [35]. Four varieties of cocoa are most commonly used: *Criollo*, *Forastero*, *Nacional* and *Tritario* [18].

Cocoa fruits, and thus the beans contained in them, are exposed to numerous threats, both environmental and resulting from the use of agrotechnical measures or the implementation of the processing process. In plantations, ripe fruit is fermented and then dried in natural conditions, without the possibility of controlling both the process parameters and sanitary conditions [14, 17]. The next stages are carried out in processing plants, where they are exposed to hazards originating from raw materials (including agrotechnical agents), machinery, employees, packaging, etc. Microbiological, chemical, or physical hazards can be identified in chocolate [28]. Stones, fragments of wood, metals, glass, plastic, and animal waste and fragments are examples of physical hazards. They can get into the product at any stage of the process, especially during the processes carried out on plantations, under natural conditions. Devices, especially moving parts, whose parts

may accidentally get into the product, also pose the risk of contamination with foreign bodies. Physical hazards may also come from employees (jewelry, hair, buttons) as a result of non-compliance with hygiene and production rules. In addition, other raw materials as well as the packaging from which they are dispensed, e.g. paper, strings, fragments of foil, may be the source of threats. The group of chemical hazards includes heavy metals (derived from raw materials to which they get from the external environment), plant protection agents (pesticides), toxins, detergent residues [28, 31]. Cocoa beans show a lower degree of contamination with heavy metals than their processing products, which is related to the protective effect of the husks, absorbing pollutants from the environment [22, 24].

The conditions of the processing process, especially fermentation and storage, favor the multiplication of fungal microflora, e.g. *Aspergillus*, *Penicillium* and *Fusarium* responsible for the formation of toxic metabolites causing mutagenic, teratogenic and carcinogenic changes [15]. The raw material is considered to be free from fungal contamination only after it has undergone the alkalization and roasting process, but it is still susceptible to secondary contamination

from the surrounding environment and machines used for its processing [10, 11]. The main microbial risk of chocolate is Salmonella. The presence of *Enterobacteriaceae* and the *Coli group* bacteria is used to determine the level of hygiene for raw materials, the final product, and for the environment in which the chocolate production process takes place [7]. One of the tools used to ensure the safety of food products are quality management systems. Each production plant is obligatorily obliged to implement good production and hygienic practices as well as HACCP principles. In addition, a risk analysis is also required, which indicates the significance of the hazard and the level of risk associated with it. The risk analysis consists of three factors that create a coherent structure that ensures efficient and appropriate management: risk assessment, risk management and risk communication [8, 13, 21, 26]. The risk assessment is carried out on the basis of the hazard identification, its characteristics, the probability of the hazard occurrence and the determination of the risk's impact and effect [4, 9, 34, 36]. Many methods are used to carry out a risk assessment. One of them is the Ishikawa diagram, in which factors, such as human, machine, materials, environment, etc., are used to describe the "problem", which are classified as causes or subcauses [23]. Another method is the use of the Fault Tree Analysis (FTA), thanks to which it is possible to construct an example of a situation considered during the risk analysis and to conduct its assessment [22]. The most frequently used method to carry out the risk assessment is the scoring method based on two values: the probability with which the hazard may occur and the assessment of the intensity of the effects of the hazard [36].

Table 1. Chocolate production stages

Tabela 1. Etapy produkcji czekolady

Cultivation region	Processing of cocoa beans	Chocolate production
Growing cocoa trees	Grain cleaning / sorting (alkalization can also be used)	Liquefaction of cocoa liquor
↓	↓	↓
Set of fruits	Roasting	Mixing ingredients (cocoa mass, cocoa butter, sugar, cocoa powder)
↓	↓	↓
Fruit fermentation	Dehulling / dehydrating	Rolling / grinding
↓	↓	↓
Drying	Grinding – cocoa nibs (alkalization may be used)	Conching
↓	↓	↓
Initial sort	Grinding – cocoa liquor	Tempering
↓	↓	↓
Packing	Fat pressing – obtaining cocoa butter and cocoa cakes (dried and ground – cocoa powder is formed)	Pouring / dosing into molds
↓		↓
Transport (export)		Cooling
		↓
		Removing from the moulds
		↓
		Packing
		↓
		Storage

Source: The own study

Źródło: Badania własne

The aim of the study was to determine the level of risk in the chocolate production process with the use of various methods of risk analysis.

METHODOLOGY

The first stage of the work was to prepare a chocolate production scheme based on the available literature. The process was divided into three phases (Table 1) depending on the place of their implementation (plantation, cocoa pulp production plant, check-counter production plant).

Then, based on the literature data, three methods were selected to conduct the risk analysis: Ishikawa's cause-effect diagram (Fig. 1), the error tree (Fig. 2) and the scoring method (Table 2).

The Ishikawa diagram (fishbone) consists in determining the components and then assigning each component causes and sub-causes that may have influenced the occurrence of the effect.

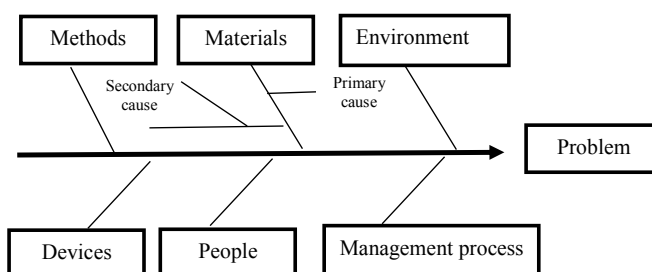


Fig. 1. Ishikawa diagram.

Rys. 1. Diagram Ishikawy.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

The tree is structured in such a way that it is possible to identify logical relationships between causes, using gates ("AND", "OR"), which represent the logical relationship of causes to the following effect, up to the final hazard. The "I" gate specifies that a given effect cannot be achieved without meeting all the problems that create it, while the "OR" gate informs about the effect that will take place if there is at least one of the problems that create it [25].

The Risk Score method, is a 2- or 3-parameter method. In this study, the 2-parameter method was used. The risk indicator is the product of probability of event occurrence marked as (P) and the size of potential outcome (E) of such an event. The parameters were set on a scale from 1 to 6, where the value of 1 was set for the unlikely probability, and 6 – for the very probable one. Effect 1 – had a minor impact and 6 – very significant.

The probability of a hazard occurring: 1. Impossible 2. Very unlikely 3. Unlikely 4. Often, 5. Very often, 6. Almost certain. Outcomes of the hazard: 1. Minor, 2. Light injuries, 3. Medium injuries, 4. Serious injuries, 5. Very severe injuries, 6. Fatal accident. Risk significance level for the scale 1 – 6:

1. Minimal, requiring little action, $P * E = 1 - 6$,
2. Small, require taking small, periodic actions, $P * E = 7 - 12$,
3. Medium, require taking actions determined by the management – introducing requirements in the system

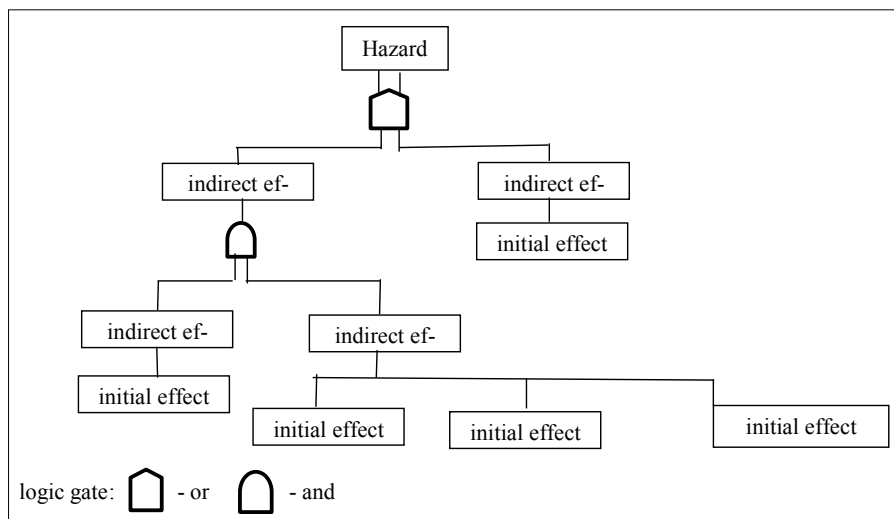


Fig. 2. Fault Tree.
Rys. 2. Drzewo błędów.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

- documentation, training employees and increasing their awareness and role in the system, verification during internal audits, periodic laboratory tests, $P * E = 13 - 18$,
4. High risk, difficult to remove, requiring preventive actions, $P * E = 19 - 24$,
 5. Very high risk, very difficult to remove, require preventive measures, $P * E = 25 - 30$,
 6. Very high risk, very difficult or impossible to remove, requiring preventive actions and significant financial resources, $P * E = 31 - 36$.

Table 2. Risk assessment scoring method

Tabela 2. Metoda punktowa szacowania ryzyka

		Probability value					
		1	2	3	4	5	6
Effect value	1	1	2	3	4	5	6
	2	2	4	6	8	10	12
	3	3	6	9	12	15	18
	4	4	8	12	16	20	24
	5	5	10	15	20	25	30
	6	6	12	18	24	30	36

Source: The own study

Źródło: Badania własne

RESULTS AND DISCUSSION

Risks in the initial stage of cocoa beans processing

Both cocoa trees and pods, and the beans present in them, already at the stage of cultivation and post-harvest processes, are exposed to both physical, chemical and microbiological threats (Table 3).

The main threats are insects, often found in the environment around the cultivated field, which can transmit viruses that infect plants, and thus the produced crops are deformed. In order to protect plantations against diseases caused by the CSSV virus (Cacao Swollen Shoot Virus), the practice of cutting already infected trees and adjacent trees or burning whole plants is used. The presence of *Phytophthora* fungi causes browning, blackening and rotting of pods and kernels due to the development of Black Pod Disease [3, 33]. Fungal infections can also cause anomalies in shoot development, at the expense of the formation of pods (Witches Broom Disease). In addition, toxins (mainly mycotoxins) are metabolites of mold and fungi, which are very serious and difficult to remove chemical hazards [11]. The risk of plant infection is reduced thanks to the use of insecticides, which in turn results in

an increase in their amount in dried, already fermented grains, the formation of grain blemishes and the risk of exceeding the maximum allowable limit of pesticides present in the raw material [4]. After harvesting, the pods are fermented and dried. At the fermentation stage, the pods and grains are exposed to the development of mold, and in the next stages they are susceptible to infection with Salmonella and fungi, e.g. *Aspergillus* and *Penicilium* [16]. The close contact with the ground results in getting the grain mass of foreign bodies, such as sand, gravel, stones, wood, plant fragments, faeces and the remains of dead animals [1, 11]. The cocoa beans, along with the pulp inside the pod, are sterile. Open pods during fermentation are prone to contamination from mold and pests. The hands of employees can also be a source of microbiological contamination. The flesh, which is exposed to contamination, is above all rich in sugar [16].

Table 3. Identification of hazards for the sourcing and pre-processing phase of cocoa beans

Tabela 3. Identyfikacja zagrożeń dla fazy pozyskiwania i wstępnego przetworzenia ziarna kakaowego

Hazard category	Hazard identification
Physical	Cocoa beans contamination with wood, soil, stones, gravel, sand, metals, animal faeces and remains, inaccurate separation of the flesh from the grain, presence of dead insects and pests in the mass of the beans, seed germination
Chemical	The presence of mycotoxins, pesticides in the mass of grains, contamination with heavy metals, chemical contamination resulting from the use of chemical fertilizers
Microbiological	Mold and fungus growth on pods, infecting cocoa trees with insect-borne microbes, contamination by bacteria Salmonella, and fungi Aspergillus and Penicilium

Source: The own study

Źródło: Badania własne

Hazards at the stage of obtaining cocoa liquor

After the stages carried out on the plantations, the beans are transported to processing plants, where the cocoa mass is obtained. This stage can also be carried out in the country of cultivation and such practices are followed. At the stage of obtaining cocoa mass, as well as cocoa fat and cocoa, the process may be exposed to physical hazards such as wood from pallets, strings from bags, and as a result of inaccurate cleaning of the raw material – stone, insect remains (Table 4). Toxins can be produced as a result of the development of mold and fungi in the preliminary stages carried out on plantations, as well as favorable storage and transport conditions. This type of hazard, mainly *Ochratoxin A*, may be present in the cocoa liquor pre-paration step.

Table 4. Identification of hazards for the cocoa liquor extraction phase

Tabela 4. Identyfikacja zagrożeń dla fazy pozyskiwania miazgi kakaowej

Hazard category	Hazard identification
Physical	sand, stones, wood from pallets, metal parts from machines, husk
Chemical	mycotoxins, machine oils, cleaning agent residues
Microbiological	contamination with <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Coli</i>

Source: The own study

Źródło: Badania własne

A significant threat are also *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, *E. coli*, the presence of which may result from the contamination of the raw material, inaccurate washing of machines, and also from employees. At this stage, an important element for minimizing and eliminating the risks is compliance with hygiene and production rules specified in the quality systems [16]. In the first place, the grains are cleaned mainly of the remains of sticks, stones, wood fragments from transport pallets, soil, sand or metal elements [16], which is mainly done by sieving and blowing with air. The roasting stage is important from the technological and health safety point of view. It is based on the temperature of the most frequently in the range 110–160°C. Whole grains or grits (broken grains, most often using the hammer method) can be roasted. Roasting is to loosen the grain structure, which facilitates the separation of the outer husk from the kernel. Moreover, the roasting process, due to the applied temperature, enables the destruction of undesirable microflora, which significantly affects the safety of the product [27]. The husk is removed by winding, and its remains are a source of contamination (in addition to the permitted amount of up to 5%) [8]. Over the prepared pellets, magnets are placed to separate metal fragments that are accidentally in the mass [20]. After the husk has been separated, the roasted beans or kernels are crushed / ground into a mass known as cocoa liquor. Part of the pulp is pressed on hydraulic presses in order to obtain cocoa butter. The by-product of this process is cocoa cake, which undergoes a drying and grinding process to obtain cocoa powder.

Risks at the stage of chocolate production

The following ingredients / raw materials are used in the production of dark chocolates: cocoa mass, cocoa butter, sugar, cocoa powder, as well as emulsifiers (most often soy lecithin). An important factor is the control of the parameters and hygienic condition of vehicles transporting these components in order to eliminate or minimize the likelihood of hazards entering the production process. The assessment of potential hazards at the stage of chocolate production was carried out using three methods: the Ishikawa diagram, the error tree and the point method. **Ishikawa diagram – „fishbone”**

The “fishbone” method was used as the first. Six root causes were identified: management, machines, man, environment, method and raw material. For each of the reasons, sub-reasons were proposed, i.e. specific actions that could cause the appearance of a hazard in the finished product. Management is one of the elements that defines the guidelines in the form of specifications, contracts, training, and verifies the effectiveness of these records and their implementation. In all hazard categories (Figs. 3–5), raw materials, training and documentation (mainly specifications, procedures) are classified as the main factors that may result in the appearance of hazards in production.

Not only properly developed guidelines, but also attention to the awareness of employees through the effectiveness of training, as well as the control of the agreed activities, make it possible to prevent the risk of getting into the product. The conducted analyzes show the importance of the raw material, which is the most common source of threats (Fig. 3–5).

Machines and auxiliary equipment can also be the source of all kinds of hazards. Lack of maintenance or inadequate maintenance, the use of inadequate cleaning and disinfection agents, lack of competence and / or training of employees to one of the main causes of chemical hazards. Food is also exposed to contact with oils and greases necessary for the proper functioning of machines in a production plant [5, 6].

Dark chocolate is characterized by low water activity (and about 0.3), high fat and sugar content, and a pH of about 5.5. These features are responsible for limiting the growth and development of undesirable bacterial and fungal microflora, but do not cause its elimination. The most serious threat to the health and life of consumers is the presence of *Salmonella* bacteria. These bacteria are not natural microflora found in the environment, nor are they present during the fermentation process. The source of bacterial contamination, both the mass of grains and semi-finished products, may be the direct contact of a human carrying *Salmonella* bacteria with a given raw material [32]. Man is one of the main factors that can introduce a threat to a product. Routine, lack of training or its ineffectiveness, lack of awareness, and sometimes deliberate actions are some of the main risk factors. It is important that the employer provides supervision over employees, controls the employee's admission to the workplace, both in terms of work clothes, health condition, as well as knowledge and awareness, especially in terms of the employee's role in ensuring food safety [29].

Also the work environment, methods used, compliance with the established rules are factors that influence the probability of the occurrence of threats in the final production.

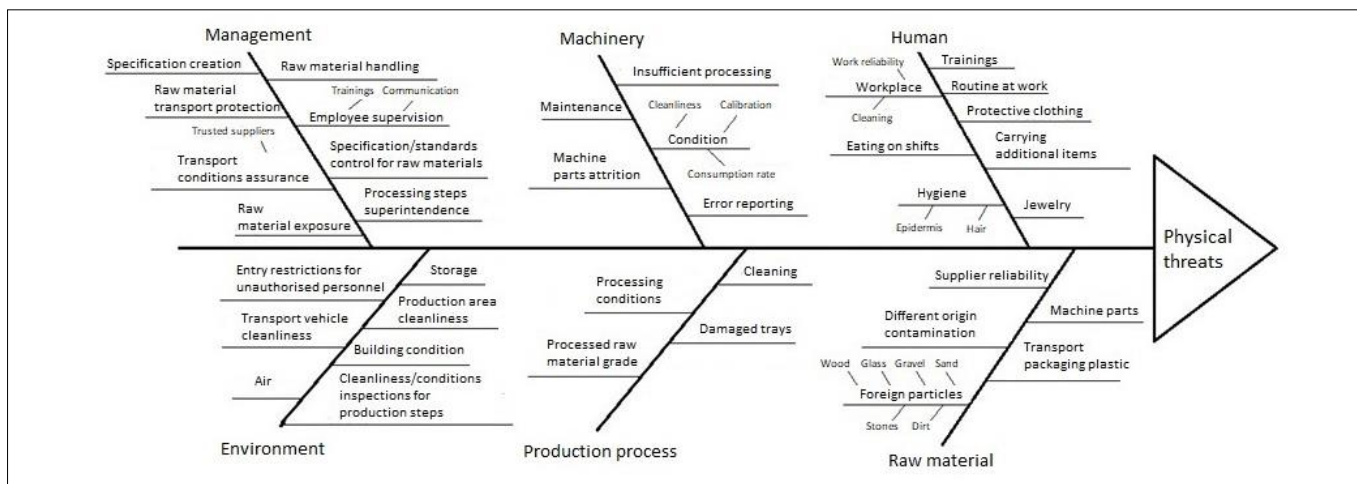


Fig. 3. Ishikawa Diagram for physical hazards in chocolate production.

Rys. 3. Diagram Ishikawy dla zagrożeń fizycznych na etapie produkcji czekolady.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

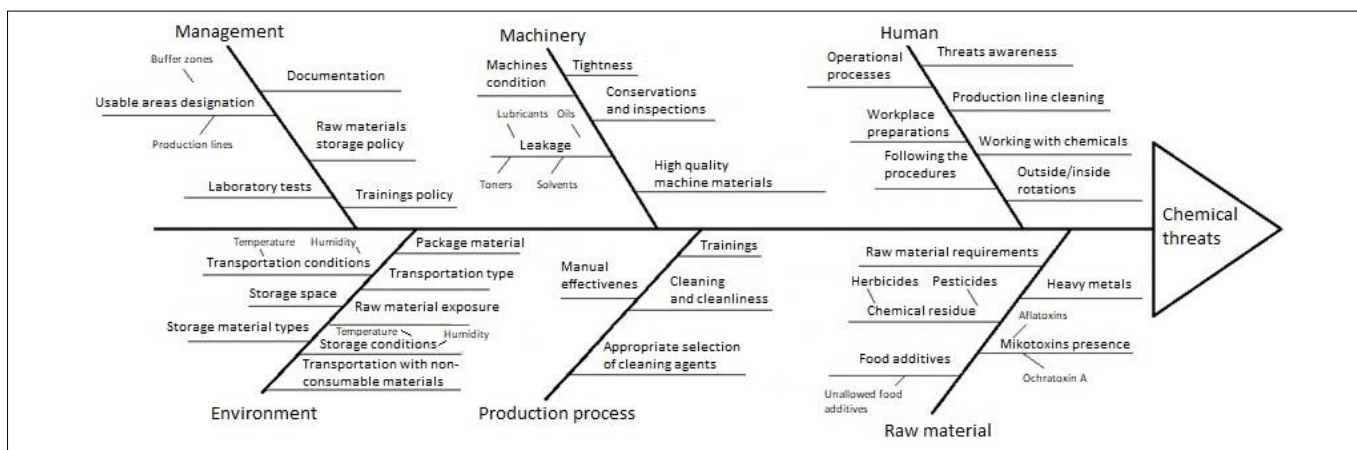


Fig. 4. Ishikawa Diagram for chemical hazards in chocolate production.

Rys. 4. Diagram Ishikawy dla zagrożeń chemicznych na etapie produkcji czekolady.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

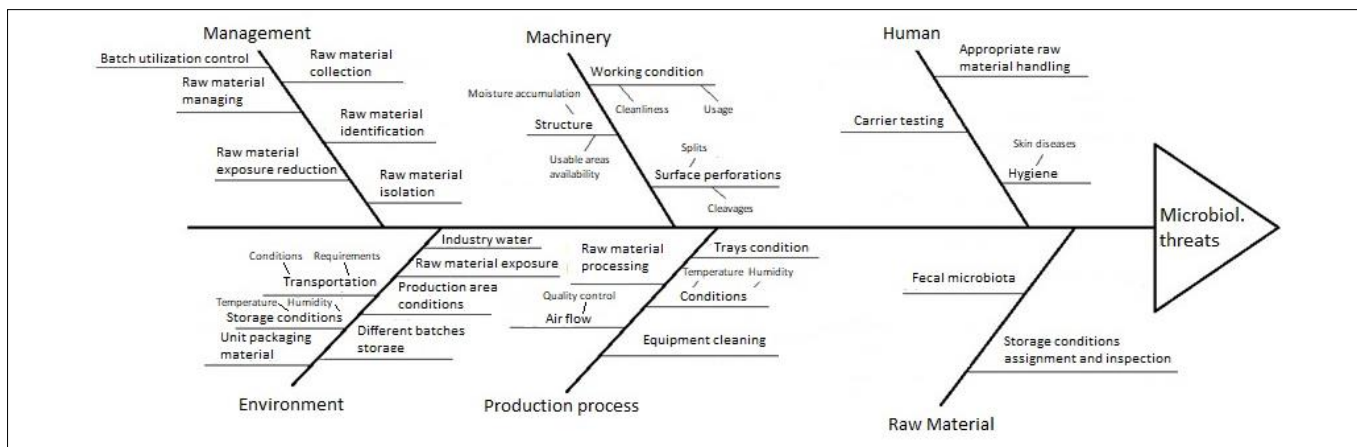


Fig. 5. Ishikawa Diagram for microbiological hazards in chocolate production.

Rys. 5. Diagram Ishikawy dla zagrożeń mikrobiologicznych na etapie produkcji czekolady.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

Fault Tree Analysis

The fault tree method is a qualitative method of risk analysis, which consists in modeling the course of a process / situation and then analyzing it. At the bottom of the tree are factors that have or may have an influence on the event / course of the process (Figs. 6–8). Threats have been divided into those originating from the plant and those coming from outside the plant. Transport, raw material, management, environment, machines, people are taken into account. These factors coincide with those identified in the “fish–bone” analysis (Figs. 3–5). The “and” or “or” logic gates define the relationship between individual factors at particular levels. Physical hazards may be introduced with the raw material, so it is important to monitor the transport conditions and check the raw material upon delivery. Determining the requirements in specifications, concluding contracts, logistics are other aspects influencing the control of processes outside the plant. It is also important to identify factors that may contribute to the occurrence of an incident on the premises of the facility. A dependent factor in all types of threats is the human factor. As in the analysis by the Ishikawa method, also here hygiene, competences, training, responsibility and awareness of employees are one of the basic factors influencing the safety of the final product, e.g. dark chocolate.

Cooperation with regular, checked suppliers is one of the elements supporting ensuring product safety. Proper process planning is also important, starting from process planning, machinery, technical condition as well as hygiene. All these elements are a component of quality management systems implemented in all production units, in accordance with legal requirements [30].

Microbiological hazards, as well as physical and chemical hazards, have been determined using the fault tree. First of all, hygiene, proper process conditions, including storage, transport, maintaining certain parameters of temperature, humidity and time, have the greatest impact on the microbiological quality of chocolates. As pointed out by Afoakwa [1], chocolate may contain *Staphylococcus aureus*, Coliforms and *Salmonella* bacteria, as well as *Aspergillus* and *Penicillium* molds, which are important due to the possibility of producing toxins, which are chemical hazards.

Risk assessment using the scoring method

The most popular method used in risk assessment is the scoring method, taking into account the likelihood of a hazard occurring and the effects of the resulting risk. The scoring method identifies 13 main factors that can create a risk from physical hazards. The probability of the occurrence of a threat was determined from 2 to 5 points. The threats resulting from inaccurate washing of machines, the appearance of glass in the product and incorrect storage parameters were indicated as unlikely. On the other hand, the use of non-compliant raw material and improper performance of work by the employee were identified as the most probable. The lowest risk impact was estimated for eating meals in production zones, giving it 2 points. On the other hand, the use of non-compliant raw materials generates the greatest impact on the risk (6 points), and is therefore the most common reason for a non-compliant product (30 points). An important factor generating the risk of producing a non-conforming product is improper performance of work by the employee, which may result from the lack of training, ineffective training or intentional action.

Table 5. Risk scoring method for physical hazards in the chocolate manufacturing stage

Tabela 5. Metoda punktowa szacowania ryzyka dotyczącego zagrożeń fizycznych na etapie produkcji czekolady

No	Characteristic	Probability P		Consequences C		Risk Value	The significance of the risk
		Description	Points	Description	Points	R=P*C	Description
1.	No protective clothing is used	frequent	4	serious injuries	4	16	medium
2.	Low level of employee hygiene	frequent	4	medium injuries	3	12	small
3.	Eating meals	unlikely	3	light injuries	2	6	minimal
4.	Wearing jewelry	frequent	4	medium injuries	4	16	medium
5.	Not keeping order at the workplace	frequent	4	medium injuries	4	16	medium
6.	Bad performance of the work entrusted to him	very often	5	serious injuries	4	20	high risk
7.	Raw material contamination (stones, wood, earth, sand)	unlikely	3	medium injuries	3	9	small
8.	Inaccurate cleaning of the raw material – glass	very unlikely	2	very severe injuries	5	10	small
9.	Poor equipment maintenance	unlikely	3	very severe injuries	5	15	medium
10.	Inaccurate cleaning and inspection of machines	very unlikely	2	serious injuries	4	8	small
11.	Bad machine calibration	unlikely	3	very severe injuries	5	15	medium
12.	Acceptance of non-conforming raw material	very big	5	deadly accident	6	30	very high risk
13.	Incorrect storage conditions	very unlikely	2	medium injuries	3	6	minimal

Source: The own study

Źródło: Badania własne

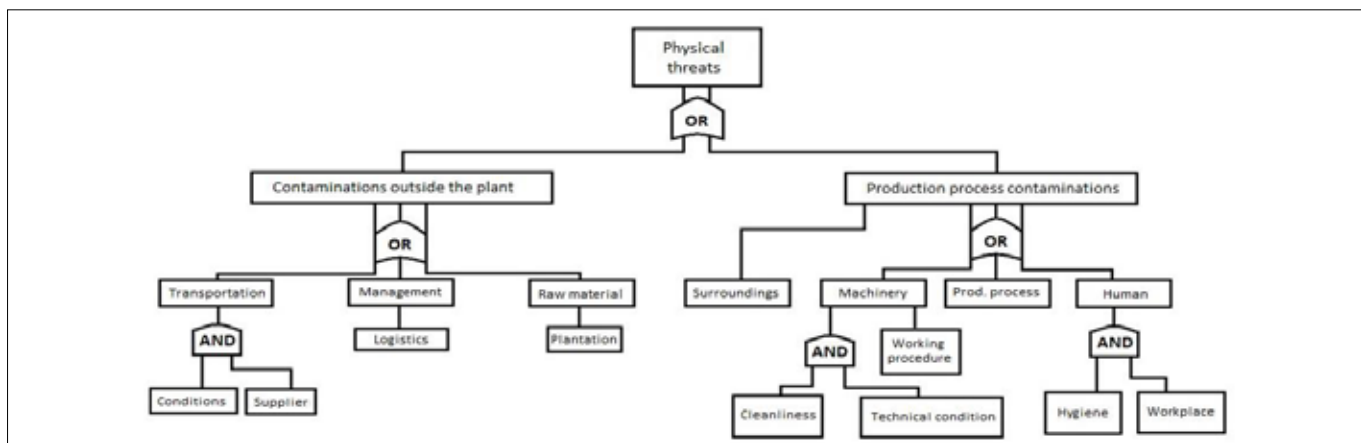


Fig. 6. Analysis of physical hazards using the fault tree.

Rys. 6. Analiza zagrożeń fizycznych z wykorzystaniem drzewa błędów.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

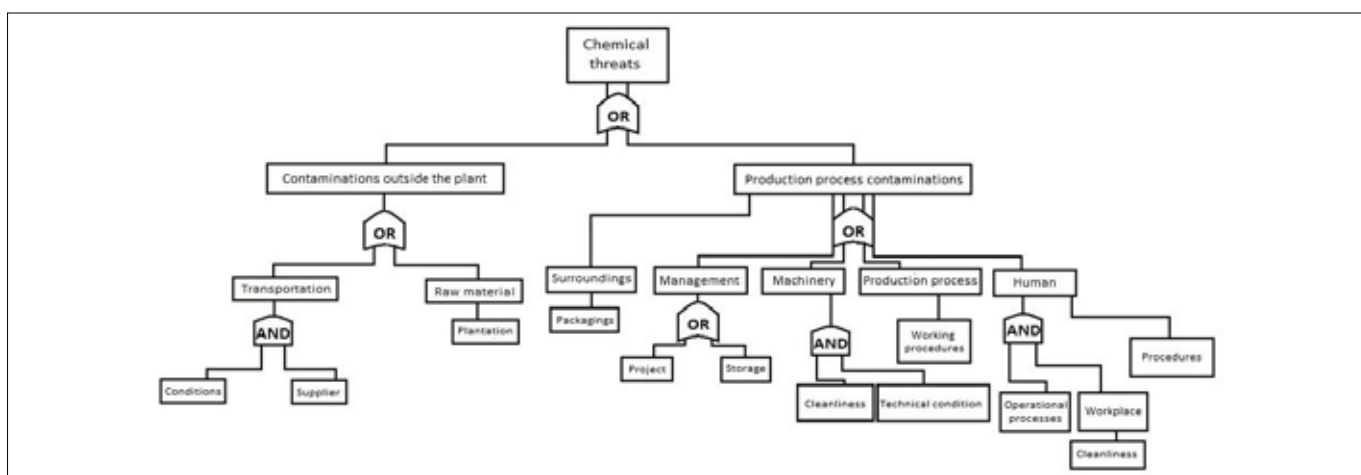


Fig. 7. Analysis of chemical hazards using the fault tree.

Rys. 7. Analiza zagrożeń chemicznych z wykorzystaniem drzewa błędów.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

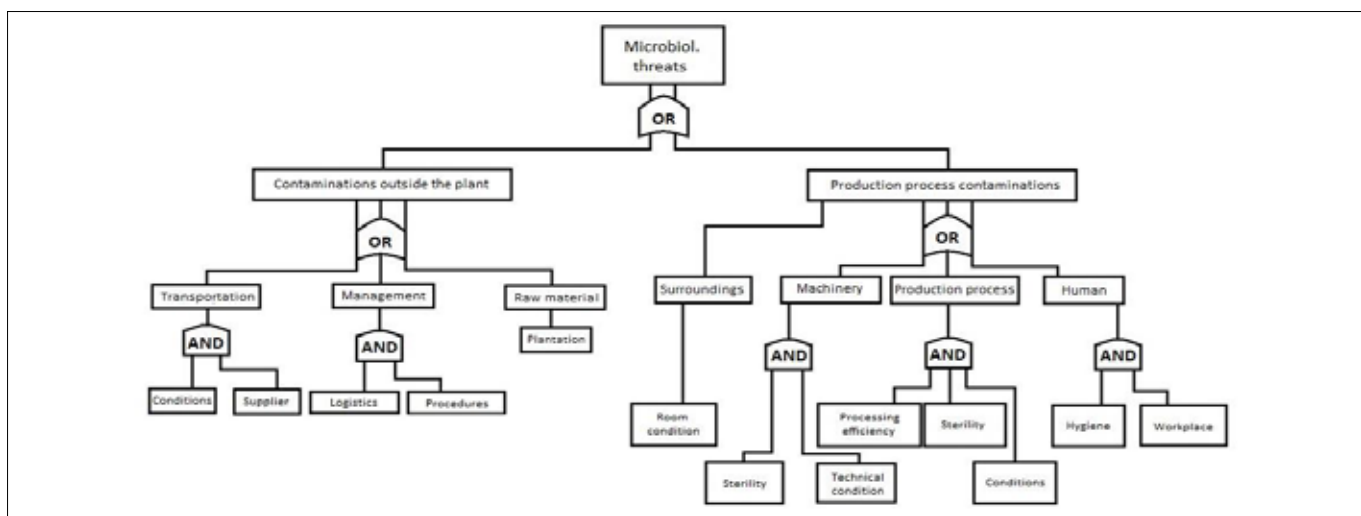


Fig. 8. Analysis of microbiological hazards using the fault tree.

Rys. 8. Analiza zagrożeń mikrobiologicznych z wykorzystaniem drzewa błędów.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

Among the chemical hazards, 9 main factors have been identified that are the most common and affect the safety of chocolate. The likelihood of occurrence of 6 out of 9 cases was assessed as unlikely and assigned to 3 points. Only improper performance of work by employees, improper cleaning of the production line and improper use of chemicals were rated 5, 4 and 5 points. On the other hand, the effects of the factors were determined at a very dangerous level, giving most of the factors 6 points (Table 6). Improper use of chemical agents was considered a factor with a very high risk, which was determined at the level of 25 points (Table 2). Apart from improper cleaning of the production line and inadequate maintenance of machinery and equipment, the risk of which is assessed as low, other factors may cause an average risk.

The probability of the hazard getting into the process and, consequently, the product depends on the applied system practices [2]. Determining and complying with the requirements at individual stages of the processes, from the cultivation of grains, through the subsequent stages of their processing to the production of the finished product, is a guarantee that all hazards are eliminated or minimized to acceptable levels [20]. According to Afoakwa [2], there are two sources of chemical hazards in the production of chocolate: from the raw material and from the process. At high doses, exposure to chemical contamination can cause toxicity to the consumer, for example acute poisoning after ingestion of lead levels [5, 6]. At lower doses, these risks generally have long-term adverse health consequences for the consumer, such as renal dysfunction, skeletal damage, or reproductive disorders when cadmium accumulates in the body for many years [2]. Similarly, the toxins produced by the species *Aspergillus* and *Penicillium* can have serious health

consequences, including renal failure, and are also classified by the International Agency for Research on Cancer (IARC) as a probable human carcinogen. The species *Aspergillus* and *Penicillium* occur primarily in the post-harvest period, in the initial stages of sun drying cocoa beans, and in warm, humid transport or storage conditions. That is why it is so important to determine the parameters of the processes, including transport, and to comply with them, which significantly reduces the multiplication of mold and the production of toxins. The last group of threats identified at the stages of chocolate production are microbiological hazards. Due to the use of temperatures well below 100 °C, contamination of the product in the production process most often results in the presence of this hazard in the final product. According to Afoakwa [2], *Salmonella* is the key microbial threat in the production and use of chocolate. Although chocolate has a very low water content (less than 2%) and a low water activity (around 0.4–0.5), it is at risk of being contaminated with *Salmonella*. Referring to Cordier [12], Afoakwa states that the fatty matrix of chocolate protects *Salmonella* cells from the acidic environment of the stomach, which allows for the colonization of the lower parts of the gastrointestinal tract, giving clinical symptoms. *Salmonella* can be introduced into the chocolate production process with the raw materials or through inadequate hygiene practices in the factory [2]. Lack of proper hygiene of workers, microbiological contamination, e.g. at the hands of workers was identified as a very serious risk, giving 5 points for probability and 6 points for effect. The product of 30 points is the highest of all specified hazards, which indicates the severity of the problem (Table 7). A similar value was also indicated in the field of physical hazards – the use of a raw material that does not meet the requirements (Table 5).

Table 6. Risk scoring method for chemical hazards in the chocolate manufacturing stage

Tabela 6. Metoda punktowa szacowania ryzyka dotyczącego zagrożeń chemicznych na etapie produkcji czekolady

No	Characteristic	Probability P		Consequences C		Risk Value	The significance of the risk
		Description	Points	Description	Points		
1.	Exceeding the permissible limits of herbicides and pesticides in the raw material	unlikely	3	deadly accident	6	18	medium
2.	Too high content of heavy metals in the raw material	unlikely	3	deadly accident	6	18	medium
3.	Incorrect performance of work by employees	very often	5	medium injuries	3	15	medium
4.	Improper cleaning of the production line	often	4	medium injuries	3	12	small
5.	Incompetent use of chemicals	very often	5	very serious injuries	5	25	high risk
6.	Exceeding the allowable limits of food additives	unlikely	3	deadly accident	6	18	medium
7.	Presence of aflatoxins and ochratoxin A, formed by mold growth (contamination of raw materials, inaccurate washing of the production line)	unlikely	3	deadly accident	6	18	medium
8.	Leakage of oils and greases from machines / devices	unlikely	3	deadly accident	6	18	medium
9.	Inadequate maintenance of machinery and equipment	unlikely	3	serious injuries	4	12	small

Source: The own study

Źródło: Badania własne

Table 7. Risk scoring method for microbiological hazards in the chocolate manufacturing stage

Tabela 7. Metoda punktowa szacowania ryzyka dotyczącego zagrożeń mikrobiologicznych na etapie produkcji czekolady

No	Characteristic	Probability P		Consequences C		Risk Value	The significance of the risk
		Description	Points	Description	Points		
1.	Improper handling of raw material by employees	very often	5	serious injuries	4	20	high risk
2.	Lack of proper hygiene of workers, microbiological contamination, e.g. at the hands of workers	very often	5	deadly accident	6	30	very high risk
3.	Lack of current research of employees, possibility of introducing a bacterial and / or viral hazard	often	4	deadly accident	6	24	high risk
4.	Adding contaminated ingredients to the mass at the mixing stage	unlikely	3	deadly accident	6	18	medium
5.	Using machines that are not thoroughly cleaned, contaminated equipment	often	4	deadly accident	6	24	high risk
6.	The presence of gaps, cracks on the surface of machines, devices, instruments, the possibility of collecting post-production residues constituting a nutrient medium or a source of microbiological contamination	almost certainly	6	serious injuries	4	24	high risk
7.	Inadequate construction of machines, making it impossible to keep all utility surfaces clean	unlikely	3	serious injuries	4	12	small
8.	lack of filters or failure to replace filters in ventilation – air pollution in production halls	very unlikely	2	deadly accident	6	12	small
9.	Acceptance of the raw material or product not in accordance with the specification, not meeting the standards	unlikely	3	very serious injuries	5	15	medium
10.	Contamination of raw material / product with contaminated materials	often	4	deadly accident	6	24	high risk
11.	Incorrect transport conditions (temperature and humidity)	unlikely	3	deadly accident	6	18	medium
12.	Inappropriate storage conditions for the raw material / product	unlikely	3	deadly accident	6	18	medium
13.	Poor condition of utility rooms – difficulties in proper cleaning of the surface	often	4	serious injuries	4	16	medium
14.	Using non-potable water	very unlikely	2	deadly accident	6	12	small

Source: The own study

Źródło: Badania własne

Proper design of machines and their hygiene were determined as significant, which is indicated by the assigned values of probability of occurrence (4 and 6 points) and effects (6 and 4 points). The product at the level of 24 points was also determined in the case of contamination of the raw material and / or the product with contaminated materials. The analyzes carried out with the use of various methods have shown that the greatest and most probable source of threats are raw materials and employees as well as improper hygiene of machines. Defining requirements for raw materials, good cooperation and supervision of suppliers, training of employees and their awareness of the important role in ensuring the health safety of chocolate are the basic elements that should be focused on in order to eliminate or minimize the risk. Each of the methods of risk analysis used has its advantages and disadvantages, therefore it is important to define for what

purpose the risk analysis is to be performed. The use of the Ishikawa diagram allows the classification of the causes of threats to appropriate groups and the determination of their sub-causes. However, when using a diagram, it is not possible to accurately characterize the problem and plan preventive actions. Risk analysis with the use of a tree of errors allows you to quickly identify factors that affect the appearance of a given threat and to examine the relationship between them. On the other hand, the error tree diagram, similar to the Ishikawa diagram, does not allow for a detailed characterization of the emerging problem, but only briefly specifies the main factors that may affect the production process. Conducting a risk analysis using the risk scoring method takes much longer than the two previous methods. It makes it possible to define the exact characteristics of both emerging threats and methods of responding to the risk. Additionally, thanks to the adopted

scoring, it is possible to determine the levels of risk, which was not possible with other methods used. However, due to the large amount of information, it may not be sufficiently readable by employees.

CONCLUSIONS

The health safety of chocolates depends on many factors. The conditions and methods of cultivation and post-harvest processes, especially fermentation and drying, which are carried out in ambient conditions without the possibility of establishing and controlling the parameters of these processes, play a significant role. Control of the use of agrotechnical agents, sorting, cleaning, maintaining the parameters of thermal processes, especially roasting, are one of the most important factors in minimizing and eliminating hazards in the production of chocolate. An important element is the proper implementation and maintenance of quality systems, especially in the field of hygiene of processes and employees, machine maintenance and the proper, planned course of technological processes. Risk analysis is an effective method in predicting and combating emerging threats. Various methods are used to carry out the risk analysis, the proper adaptation of which to the specifics of the plant increases the effectiveness of ensuring the safety of chocolates.

WNIOSKI

Bezpieczeństwo zdrowotne czekolad zależy od wielu czynników. Istotny wpływ odgrywiają warunki i metody upraw oraz procesów pozbiorczych, przede wszystkim fermentacji i suszenia, które są realizowane w warunkach otoczenia bez możliwości ustalenia i kontroli parametrów tych procesów. Kontrola stosowania środków agrotechnicznych, sortowanie, oczyszczanie, zachowanie parametrów procesów termicznych, przede wszystkim prażenia to jedne z najważniejszych czynników minimalizujących i eliminujących zagrożenia w produkcji czekolady. Istotnym elementem jest właściwe wdrożenie i utrzymanie systemów jakości, szczególnie w zakresie higieny procesów i pracowników, konserwacji maszyn i właściwego, zaplanowanego przebiegu procesów technologicznych. Analiza ryzyka to skuteczna metoda w przewidywaniu i zwalczaniu pojawiających się zagrożeń. Do przeprowadzenia analizy ryzyka wykorzystywane są różne metody, których właściwe dopasowanie do specyfiki zakładu zwiększa skuteczność zapewnienia bezpieczeństwa czekolad.

REFERENCES

- [1] **AFOAKWA E. O. 2010.** "Chocolate Science and Technology". 2nd Edition. Wiley-Blackwell, Oxford.
- [2] **AFOAKWA E.O. 2016.** "Food safety management systems in chocolate processing". *Chocolate Science and Technology*, Chapter 18: 399–415. doi:10.1002/9781118913758.ch18.
- [3] **ATTOKARAN M. 2017.** "Natural Food Flavors and Colorants, Second Edition". Wiley-Blackwell, York.
- [4] **AVEN T. 2015.** "Risk Analysis, Second Edition". Wiley-Blackwell, York.
- [5] **BURNDRED F., L. PEACE. 2017.** "Food safety in chocolate manufacture and processing". *Beckett's Industrial Chocolate Manufacture and Use*, Fifth Edition (ed. by S. T. Beckett, M. S. Fowler, G. R. Ziegler). Wiley-Blackwell, York.
- [6] **BURNDRED F. 2009.** "Food safety in chocolate manufacture and processing". *Industrial Chocolate Manufacture and Use: Fourth Edition*. 530–550. 10.1002/9781444301588.ch23.
- [7] **CAMPAGNOLLO F., M. MIRANDA, S. BEATRIZ, L.P. MARGALHO, J. DE ALMEIDA CARMINATI, A. SANT'ANA, M. NASCIMENTO. 2019.** "A quantitative risk assessment model for salmonellosis due to milk chocolate consumption in Brazil". *Food Control* 107, 106804. 10.1016/j.foodcont.2019.106804.
- [8] **CODEX ALIMENTARIUS. 1983.** "Standard for cocoa (cacao) mass (cocoa/chocolate liquor) and cocoa cake".

REFERENCES

- [1] **AFOAKWA E. O. 2010.** "Chocolate Science and Technology". 2nd Edition. Wiley-Blackwell, Oxford.
- [2] **AFOAKWA E.O. 2016.** "Food safety management systems in chocolate processing". *Chocolate Science and Technology*, Chapter 18: 399–415. doi:10.1002/9781118913758.ch18.
- [3] **ATTOKARAN M. 2017.** "Natural Food Flavors and Colorants, Second Edition". Wiley-Blackwell, York.
- [4] **AVEN T. 2015.** "Risk Analysis, Second Edition". Wiley-Blackwell, York.
- [5] **BURNDRED F., L. PEACE. 2017.** "Food safety in chocolate manufacture and processing". *Beckett's Industrial Chocolate Manufacture and Use*, Fifth Edition (ed. by S.T. Beckett, M.S. Fowler, G.R. Ziegler). Wiley-Blackwell, York.
- [6] **BURNDRED F. 2009.** "Food safety in chocolate manufacture and processing". *Industrial Chocolate Manufacture and Use: Fourth Edition*. 530–550. 10.1002/9781444301588.ch23.
- [7] **CAMPAGNOLLO F., M. MIRANDA, S. BEATRIZ, L.P. MARGALHO, J. DE ALMEIDA CARMINATI, A. SANT'ANA, M. NASCIMENTO. 2019.** "A quantitative risk assessment model for salmonellosis due to milk chocolate consumption in Brazil". *Food Control* 107, 106804. 10.1016/j.foodcont.2019.106804.
- [8] **CODEX ALIMENTARIUS. 1983.** "Standard for cocoa (cacao) mass (cocoa/chocolate liquor) and cocoa cake".

- [9] **CODEX ALIMENTARIUS. 2007.** WHO/FAO, Section III.
- [10] **COPETTI M. V., B. T. IAMANAKA, J. I. PITT, M. H. TANIWAKI. 2014.** “Fungi and mycotoxins in cocoa: From farm to chocolate”. *International Journal of Food Microbiology* 178: 13–20.
- [11] **COPETTI M. V., B. T. IAMANAKA, M. H. TANIWAKI. 2013.** “Fungi and Mycotoxin Occurrence in Cocoa, Chocolate in Health and Nutrition” (ed. by R. R. Watson, V. R. Preedy, S. Zibadi). Humana Press, New Jersey.
- [12] **CORDIER J. L. 1994.** “HACCP in the chocolate industry”. *Food Control* 5, 3: 171–175. doi.org/10.1016/0956-7135(94)90078-7.
- [13] **COVELLO V. T., M.W. MERKHOHER. 2014.** “Risk Assessment Methods: Approaches for Assessing Health and Environmental Risks”. Springer, New York.
- [14] **DE VUYST L., S. WECKX. 2016.** “The cocoa bean fermentation process: from ecosystem analysis to starter culture development”. *Journal of Applied Microbiology* 121(1): 5–17.
- [15] **DELGADO-OSPINA J., J.B. MOLINA-HERNÁNDEZ, C. CHAVES-LÓPEZ, G. ROMANAZZI, A. PAPARELLA. 2021.** “The Role of Fungi in the Cocoa Production Chain and the Challenge of Climate Change”. *Journal of Fungi* 7: 202. https://doi.org/10.3390/jof7030202.
- [16] **DJAAFAR T.F., L. ELGHINA, S. WIDODO, T. MARWATI, T. UTAMI, E. S. RAHAYU. 2019.** “Study of Good Handling Practices and Critical Control Point Determination of Dried Fermented Cocoa Bean in Gunung Kidul Regency, Yogyakarta”. 2nd International Conference on Agriculture Postharvest Handling and Processing, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 309 (2019) 012015. doi:10.1088/1755-1315/309/1/012015.
- [17] **FOWLER M. S., F. COUTEL. 2017.** “Cocoa beans: from tree to factory”. Beckett’s Industrial Chocolate Manufacture and Use, Fifth Edition (ed. by S. T. Beckett, M. S. Fowler, G. R. Ziegler). Wiley-Blackwell, York.
- [18] **GIACOMETTI J., S. MAZOR JOLIĆ, D. JOSIĆ. 2015.** “Cocoa Processing and Impact on Composition”. *Processing and Impact on Active Components in Food* (ed. by V. Preedy). Academic Press, London: 605–612.
- [19] **GODOČIKOVÁ L., E. IVANIŠOVÁ, G. ZAGULA, L. NOGUERA-ARTIAGA, A. CARBONELL-BARRACHINA, P. KOWALCZEWSKI, M. KACANIOVA. 2020.** “Antioxidant activities and volatile flavor components of selected single-origin and blend chocolates”. *Molecules* 25: 3648. 10.3390/molecules25163648.
- [20] **GUTIÉRREZ T.J. 2017.** “State-of-the-Art Chocolate Manufacture: A Review”. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 16(6): 1313–1344. doi.org/10.1111/1541-4337.12301.
- [9] **CODEX ALIMENTARIUS. 2007.** WHO/FAO, Section III.
- [10] **COPETTI M. V., B. T. IAMANAKA, J. I. PITT, M. H. TANIWAKI. 2014.** “Fungi and mycotoxins in cocoa: From farm to chocolate”. *International Journal of Food Microbiology* 178: 13–20.
- [11] **COPETTI M.V., B.T. IAMANAKA, M.H. TANIWAKI. 2013.** “Fungi and Myco-toxin Occurrence in Cocoa, Chocolate in Health and Nutrition” (ed. by R. R. Watson, V. R. Preedy, S. Zibadi). Humana Press, New Jersey.
- [12] **CORDIER J. L. 1994.** “HACCP in the chocolate industry”. *Food Control* 5, 3: 171–175. doi.org/10.1016/0956-7135(94)90078-7.
- [13] **COVELLO V. T., M.W. MERKHOHER. 2014.** “Risk Assessment Methods: Approaches for Assessing Health and Environmental Risks”. Springer, New York.
- [14] **DE VUYST L., S. WECKX. 2016.** “The cocoa bean fermentation process: from eco-system analysis to starter culture development”. *Journal of Applied Microbiology* 121(1): 5–17.
- [15] **DELGADO-OSPINA J., J.B. MOLINA-HERNANDEZ, C. CHAVES-LOPEZ, G. ROMANAZZI, A. PAPARELLA. 2021.** “The Role of Fungi in the Cocoa Production Chain and the Challenge of Climate Change”. *Journal of Fungi* 7: 202. https://doi.org/10.3390/jof7030202.
- [16] **DJAAFAR T.F., L. ELGHINA, S. WIDODO, T. MARWATI, T. UTAMI, E.S. RAHAYU. 2019.** “Study of Good Handling Practices and Critical Control Point De-termination of Dried Fermented Cocoa Bean in Gunung Kidul Regency, Yogyakarta”. 2nd International Conference on Agriculture Postharvest Handling and Processing, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 309 (2019) 012015. doi:10.1088/1755-1315/309/1/012015.
- [17] **FOWLER M. S., F. COUTEL. 2017.** “Cocoa beans: from tree to factory”. Beckett’s Industrial Chocolate Manufacture and Use, Fifth Edition (ed. by S. T. Beckett, M. S. Fowler, G. R. Ziegler). Wiley-Blackwell, York.
- [18] **GIACOMETTI J., S. MAZOR JOLIC, D. JOSIC. 2015.** “Cocoa Processing and Impact on Composition”. *Processing and Impact on Active Components in Food* (ed. by V. Preedy). Academic Press, London: 605–612.
- [19] **GODOCIKOVA L., E. IVANISOVA, G. ZAGULA, L. NOGUERA-ARTIAGA, A. CARBONELL-BARRACHINA, P. KOWALCZEWSKI, M. KACANIOVA. 2020.** “Antioxidant activities and volatile flavor components of selected single-origin and blend chocolates”. *Molecules* 25: 3648. 10.3390/molecules25163648.
- [20] **GUTIERREZ T.J. 2017.,** “State-of-the-Art Chocolate Manufacture: A Review”. *Com-prehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 16(6): 1313–1344. doi.org/10.1111/1541-4337.12301.

- [21] **ISO 31000:2018. RISK MANAGEMENT – GUIDELINES. 2018.** International Organization for Standardization.
- [22] **KIM D. H., W.I. CHO, S.J. LEE. 2019.** “Fault tree analysis as a quantitative hazard analysis with a novel method for estimating the fault probability of microbial contamination: A model food case study”. *Food Control* 107019. doi:10.1016/j.foodcont.2019.10.
- [23] **KOWALIK K. 2018.** „Diagram Ishikawy w teorii i praktyce zarządzania jakością”. *Archiwum Wiedzy Inżynierskiej* 3,1: 15–17.
- [24] **KRUSZEWSKI B., M.W. OBIEDZIŃSKI, J. KOWALSKA. 2018.** “Nickel, cadmium and lead levels in raw cocoa and processed chocolate mass materials from three different manufacturers”. *Journal of Food Composition and Analysis* 66: 127–135, <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.12.012>.
- [25] **KUBOSZEK A., E. MILEWSKA. 2017.** „Analiza zagrożeń na wybranych stanowiskach pracy z zastosowaniem drzewa błędów”. *Jakość, Bezpieczeństwo, Środowisko* 6,7: 97–104.
- [26] **LUNDGREN R. E., A. H. MCMAKIN. 2018.** “Risk Communication: A Handbook for Communicating Environmental, Safety and Health Risks”. Wiley-IEEE Press, York.
- [27] **MARTINI S., A. CONTE, D. TAGLIAZUCCHI. 2018.** “Comprehensive evaluation of phenolic profile in dark chocolate and dark chocolate enriched with Sakura green tea leaves or turmeric powder”. *Food Research International* 11: 1–16. doi.org/10.1016/j.foodres.2018.06.020.
- [28] **MARWATI T., P. HENDRAWANTO, S. WIDODO, T. DJAAFAR, T. UTAMI, E. RAHAYU. 2019.** “GMP Implementation and CCP Determination on Chocolate Candy Processing in ATP Nglangeran Yogyakarta”. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 309, 012042. 10.1088/1755-1315/309/1/012042.
- [29] **MCFARLAND P., A. CHECINSKA SIELAFF, B. RASCO, S. SMITH. 2019.** “Efficacy of Food Safety Training in Commercial Food Service”. *Journal of Food Science* 84,6: 1239–1246. doi.org/10.1111/1750-3841.14628.
- [30] **MIARKA D., B. URBAŃSKA, J. KOWALSKA. 2019.** “Traceability as a tool aiding food safety assurance on the example of a food packaging plant”. *Accreditation and Quality assurance(acqa)* 24(3): 237–244. doi: 10.1007/s00769-018-01370-8.
- [31] **OKOFFO E. D., B. Y. FOSU-MENSAH, C. GORDON. 2017.** “Contamination levels of organophosphorus and synthetic pyrethroid pesticides in cocoa beans from Ghana”. *Food Control* 73(B): 1371–1378.
- [21] **ISO 31000:2018. RISK MANAGEMENT – GUIDELINES. 2018.** International Organization for Standardization.
- [22] **KIM D.H., W.I. CHO, S.J. LEE. 2019.** “Fault tree analysis as a quantitative hazard analysis with a novel method for estimating the fault probability of microbial contamination: A model food case study”. *Food Control* 107019. doi:10.1016/j.foodcont.2019.10.
- [23] **KOWALIK K. 2018.** “Diagram Ishikawy w teorii i praktyce zarządzania jakoscia”. *Archiwum Wiedzy Inzynierskiej* 3,1: 15–17.
- [24] **KRUSZEWSKI B., M.W. OBIEDZINSKI, J. KOWALSKA. 2018.** “Nickel, cadmium and lead levels in raw cocoa and processed chocolate mass materials from three different manufacturers”. *Journal of Food Composition and Analysis* 66: 127–135, <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.12.012>.
- [25] **KUBOSZEK A., E. MILEWSKA. 2017.** “Analiza zagrozen na wybranych stanowiskach pracy z zastosowaniem drzewa bledow”. *Jakosc, Bezpieczenstwo, Srodowisko* 6, 7: 97–104.
- [26] **LUNDGREN R.E., A.H. MCMAKIN. 2018.** “Risk Communication: A Handbook for Communicating Environmental, Safety and Health Risks”. Wiley-IEEE Press, York.
- [27] **MARTINI S., A. CONTE, D. TAGLIAZUCCHI. 2018.** “Comprehensive evaluation of phenolic profile in dark chocolate and dark chocolate enriched with Sakura green tea leaves or turmeric powder”. *Food Research International* 11: 1–16. doi.org/10.1016/j.foodres.2018.06.020.
- [28] **MARWATI T., P. HENDRAWANTO, S. WIDODO, T. DJAAFAR, T. UTAMI, E. RAHAYU. 2019.** “GMP Implementation and CCP Determination on Chocolate Candy Processing in ATP Nglangeran Yogyakarta”. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 309, 012042. 10.1088/1755-1315/309/1/012042.
- [29] **MCFARLAND P., A. CHECINSKA SIELAFF, B. RASCO, S. SMITH. 2019.** “Efficacy of Food Safety Training in Commercial Food Service”. *Journal of Food Science* 84,6: 1239–1246. doi.org/10.1111/1750-3841.14628.
- [30] **MIARKA D., B. URBANSKA, J. KOWALSKA. 2019.** “Traceability as a tool aiding food safety assurance on the example of a food packaging plant.” *Accreditation and Quality assurance(acqa)* 24(3): 237–244. doi: 10.1007/s00769-018-01370-8.
- [31] **OKOFFO E.D., B.Y. FOSU-MENSAH, C. GORDON. 2017.** “Contamination levels of organophosphorus and synthetic pyrethroid pesticides in cocoa beans from Ghana”. *Food Control* 73(B): 1371–1378.

- [32] **PALOMINO-CAMARGO C. E. 2015.** Microbiological and physicochemical factors that affect the safety and quality of chocolate, Chocolate, Cocoa byproducts technology, rheology, styling, and nutrition Food Science and technology (ed. by E. Perez Sira). Nova Science Publishers, Inc, New York.
- [33] **PLOETZ R. 2016.** The Impact of Diseases on Cacao Production: A Global Overview. In book: Cacao Diseases pp. 33–59. 10.1007/978-3-319-24789-2_2.
- [34] **RAMESH R., M. PRABU, S. MAGIBALAN, P. SENTHILKUMAR. 2017.** “Hazard Identifications and Risk Assessment in Automotive Industry”. International Journal of ChemTech Research 10, 4: 352–358.
- [35] **URBAŃSKA B., T. SZAFRAŃSKI, H. KOWALSKA, J. KOWALSKA. 2020.** “Study of polyphenol content and antioxidant properties of various mix of chocolate milk masses with different protein content”. Antioxidant 9(4): 299. <https://doi.org/10.3390/antiox9040299>.
- [36] **VAN DER FELLS-KLERX H.J., E.D. VAN ASSELT, M. RALEY, M. POULSEN, H. KORSGAARD, L. BREDSORFF, M. NAUTA, M. D’AGOSTINO, D. COLES, H.J.P. MARVIN, L.J. FREWER. 2018.** “Critical review of methods for risk ranking of food–related hazards, based on risks for human health”. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 58,2: 178–193. doi: 10.1080/10408398.2016.1141165.

- [32] **PALOMINO-CAMARGO C. E. 2015.** Microbiological and physicochemical factors that affect the safety and quality of chocolate, Chocolate, Cocoa byproducts technology, rheology, styling, and nutrition Food Science and technology (ed. by E. Perez Sira). Nova Science Publishers, Inc, New York.
- [33] **PLOETZ R. 2016.** The Impact of Diseases on Cacao Production: A Global Overview. In book: Cacao Diseases pp. 33–59. 10.1007/978-3-319-24789-2_2.
- [34] **RAMESH R., M. PRABU, S. MAGIBALAN, P. SENTHILKUMAR. 2017.** “Hazard Identifications and Risk Assessment in Automotive Industry”. International Journal of ChemTech Research 10, 4: 352–358.
- [35] **URBANSKA B., T. SZAFRANSKI, H. KOWALSKA, J. KOWALSKA. 2020.** “Study of polyphenol content and antioxidant properties of various mix of chocolate milk masses with different protein content”. Antioxidant 9(4): 299. <https://doi.org/10.3390/antiox9040299>.
- [36] **VAN DER FELLS-KLERX H.J., E.D. VAN ASSELT, M. RALEY, M. POULSEN, H. KORSGAARD, L. BREDSORFF, M. NAUTA, M. D’AGOSTINO, D. COLES, H.J.P. MARVIN, L.J. FREWER. 2018.** “Critical review of methods for risk ranking of food–related hazards, based on risks for human health”. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 58,2: 178–193. doi: 10.1080/10408398.2016.1141165.

Dr hab. inż. Małgorzata WRONIAK, prof. SGGW

Mgr inż. Adonis HILAL

Dr inż. Katarzyna RATUSZ

Division of Fat and Oils and Food Concentrates Technology

Department of Food Technology and Assessment

Institute of Food Sciences

Warsaw University of Life Sciences, Warsaw, Poland

THE INFLUENCE OF THE DEGREE OF FILLING THE PACKAGE WITH OIL AND FLUSHING THE OIL NITROGEN ON THE OXIDATIVE STABILITY OF COLD-PRESSED RAPESEED OIL®

Wpływ stopnia napełniania opakowania olejem i płukania oleju azotem na stabilność oksydacyjną oleju rzepakowego tłoczonego na zimno®

Key words: cold pressed rapeseed oil, flushing nitrogen, storage, oxidative stability.

The paper discusses the effect of filling the package with oil, as well as oil nitrogen flushing, on the oxidative stability of cold-pressed rapeseed oil during storage in an accelerated test at 63°C, and a long-term test at 20°C. Filling the package with minimal headspace, along with nitrogen flushing the cold-pressed rapeseed oil before sealing it, was a very effective way of reducing oxidation damage. Although the formation of peroxides was inhibited, the content of secondary oxidation products increased, and the oxidative stability in the Rancimat test decreased due to peroxide decomposition.

Słowa kluczowe: tłoczony na zimno olej rzepakowy, przepłukiwanie azotem, przechowywanie, stabilność oksydacyjna.

W pracy określono wpływ stopnia wypełnienia opakowania olejem oraz przepłukiwania oleju rzepakowego tłoczonego na zimno azotem na stabilność oksydacyjną w czasie przechowywania w teście przyspieszonym w 63°C i długoterminowym w 20°C. Napełnienie opakowania z minimalną wolną przestrzenią nad olejem jak również przepłukiwanie azotem oleju rzepakowego tłoczonego na zimno przed zamknięciem opakowania, było bardzo efektywnym sposobem ograniczenia zmian spowodowanych utlenianiem. Zahamowane zostało powstawanie nadtlenków, jednakże w wyniku rozpadu nadtlenków, rosła zawartość wtórnych produktów utlenienia i obniżała się stabilność oksydacyjna w teście Rancimat.

INTRODUCTION

Rapeseed oil is one of the top three seed oils in the world. It is the main edible oil produced in Poland. It is regarded as one of the healthiest oils due to its low content of saturated fatty acids (SFA 6–7 %), and high contents of monoenoic fatty acids (MUFA 58–62 %) and polyenoic PUFA, particularly α -linolenic acid (8–12 %). It is characterized by an n–6 to n–3 fatty acids ratio approx. 2:1, which has been proven to be beneficial. Rapeseed oil is known for its high concentration of bioactive compounds and contains more tocopherols and phytosterols than many other vegetable oils [5, 7].

Recently, the cold-pressing method of oil extraction has re-emerged [6]. As a result, in the last 20 years, there has been a surge in interest in virgin oils apart from virgin olive oil [16, 17]. This trend is also visible in the Polish market, where there is an increase in the consumption of cold-pressed oils, including rapeseed oil. Cold-pressed oils are defined by the

Codex Alimentarius Standard for Named Vegetable Oils [3] as oils obtained without altering the nature of the oil through mechanical procedures, such as expelling or pressing, without the use of heat. However, cold-pressed oils frequently have a shorter storage stability than refined oils. The reason for this is because of the higher oxidation state [16, 17, 20].

Oxidative stability is a key quality indicator of edible fats because it refers to resistance to oxidation during acquisition, processing, and storage. The development of an unpleasant odor and taste is caused by oxidation. Secondary products of hydroxides include volatile and non-volatile substances, as well as saturated and unsaturated aldehydes, ketones, hydrocarbons, esters, and alcohols. The oxidative stability of oils is affected by oxygen and light access, the presence of pro-oxidative metals, dyes, phospholipids, mono- and diacylglycerols, or thermal oxidation products, as well as storage time and temperature. Chemical oxidation, which

Corresponding author – Adres do korespondencji: Małgorzata Wroniak, Warsaw University of Life Sciences, Institute of Food Sciences, Department of Food Technology and Assessment, Division of Fat and Oils and Food Concentrates Technology, 159c Nowoursynowska str., 02-776 Warsaw, Poland, e-mail: małgorzata_wroniak@sggw.edu.pl

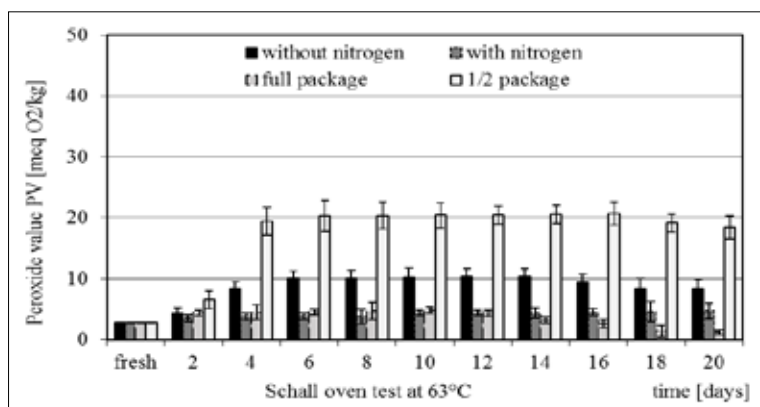


Fig. 1. Peroxide value of examined oils in accelerated test at 63°C.
Rys. 1. Liczba nadtlenkowa badanych olejów w teście termostatowym w 63°C.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

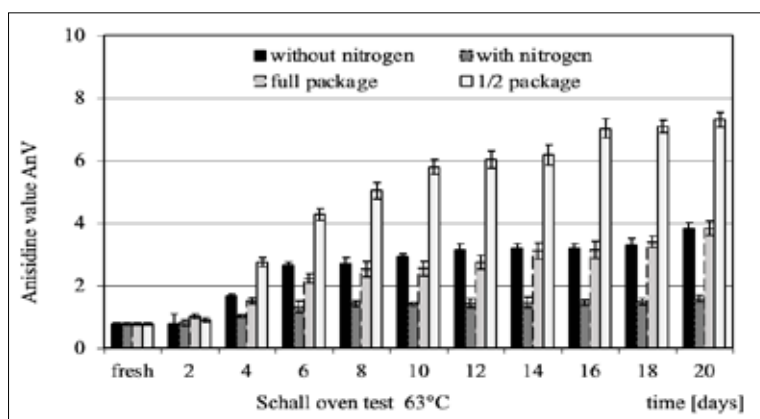


Fig. 2. Anisidine value of examined oils in accelerated test at 63°C.
Rys. 2. Liczba anizydynowa badanych olejów w teście termostatowym w 63°C.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

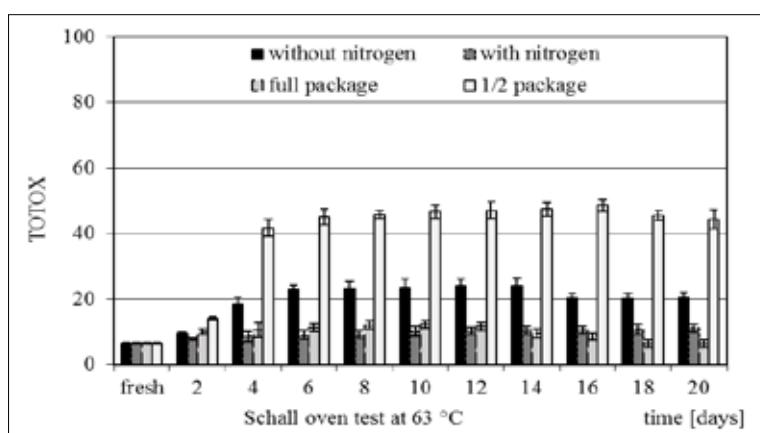


Fig. 3. Totox index (2PV+AnV) of examined oils in accelerated test at 63°C.

Rys. 3. Wskaźnik Totox (2PV+AnV) badanych olejów w teście termostatowym w 63°C.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

occurs without the presence of enzymes, is the most significant in the case of refined oils, whereas biochemical oxidation is also important in the case of cold-pressed oils and stored oil materials. The oxidative stability of lipids is determined by the chemical composition of the oil: fatty acid composition, the presence of anti- and pro-oxidative concomitant compounds, and their interactions [1, 2, 11, 20].

Ensuring a high quality of the seeds and the technological process is insufficient to maintain a consistent quality of cold-pressed oil over its shelf life. Improper post-production handling, improper pouring to packages, the use of an inappropriate package or even a sealing, and finally, failure to follow recommended storage, distribution, and retail conditions may waste the effects of all previous treatments [16, 17].

The application of various methods decreasing air content in the package, including inert gases: nitrogen and carbon dioxide, and various methods of oxygen elimination, such as oil flushing with a specified gas and/or formation of a gas cushion above the oil in the package, can inhibit oxidation in oils. These techniques guarantee a significant reduction in oxidation. Nitrogen has been shown to be highly effective in the stabilization of refined oils [13, 15, 19]. Studies conducted as early as the 1970s show that oil flushing with nitrogen (nitrogen cushion) has been and continues to be widely used in the oil industry for storage, as it provides significant benefits such as extending the induction time in the oxidation process, which allows for longer storage stability of oils and fats [14]. As a result, it appeared justified to use this method of stabilization to extend the stability of cold-pressed rapeseed oil.

The purpose of this research was to determine the effect of filling the package with oil, as well as oil nitrogen flushing, on the oxidative stability of cold-pressed rapeseed oil.

MATERIALS AND METHODS

The Plant Breeding Strzelce, group IHAR (Institute of Plant Breeding and Acclimatization – National Research Institute) provided the double low winter rapeseed (“00”) harvested in Poland. The seeds were harvested at their peak maturity and were free of impurities and broken seeds. They were kept in paper bags at $15 \pm 2^\circ\text{C}$. 1.5 kg of rapeseed was pressed using a screw press (Farmet, Czech Republic) with a capacity of 9–12 kg of seeds per hour. The oil was pressed using a nozzle with an 8 mm diameter. The temperature of the outflowing oil ranged between 39 and 42°C . After 3 days, the rapeseed oil was decanted from the precipitate after sedimentation ($4 \pm 2^\circ\text{C}$).

The oil was poured into 26 mL colorless glass bottles that were filled, respectively to $\frac{1}{2}$, to $\frac{3}{4}$ of their volume, and to their full volume (i.e., with

a minimal free air space left above the oil), and sealed with a rubber stopper and an aluminum cap. The oils were stabilized by creating an anaerobic environment in the bottles by blowing through with nitrogen and generating a "nitrogen cushion" for 20 seconds using a capillary at a flow rate of 5 mL/s (Nitrogen 5.0 by Boc Gazy Company). The oils in the bottles filled to $\frac{3}{4}$ of their volume (control samples), and those in the bottles with the smallest amount of free air space were not flushed with nitrogen.

In a 20-day accelerated test without light, the changes caused by oxidation at 63°C were investigated in oils. Quality indices were calculated in fresh oil as well as after 4, 8, 12, 16, and 20 days. Bottled oil samples were stored on a lab shelf exposed to daylight (day-night) at room temperature, with an average temperature of 20°C (ranging from 18 to 22°C) during the storage period for up to 180 days [12]. The quality indices were determined in fresh oil as well as after 30, 60, 90, 120, 150, and 180 days. Sampling and analyses were done in triplicate on two different bottles for each type of oil, always using closed bottles. Oxidation curves were drawn.

The characteristic values were determined according to the following ISO standard methods: peroxide value (PV) expressed in milliequivalents of active oxygen/kg of oil (ISO 3960) [8], anisidine value AnV (ISO 6885) [9] and Totox index ($2 \times PV + AnV$). All solvents and reagents used in the analytical determinations of quality were purchased from Sigma-Aldrich (USA) and Chempur (Poland) and were of analytical grade. Oxidative stability (ISO 6886) [10] was measured with a Rancimat apparatus (Metrohm model 743; Metrohm KEBO Lab AB, Herisau, Switzerland). Oil samples were weighed (2.5 g) into the reaction vessel in triplicate and heated to 120°C under air flow of 20 L/h. The induction period (IP) was expressed in hours (h). Rancimat test was used to determine induction time after each month of storage. Values presented on figures represent means of two experimental series and at least three replications ($n=2 \times 3$), as well as standard deviations ($\bar{x} \pm SD$).

RESULTS AND DISCUSSION

Fresh cold-pressed rapeseed oil had low basic quality parameters. The levels of primary ($PV=2.82$ meq/kg) and secondary ($AnV=0.76$) oxidation products ($Totox=6.40$) (fig. 1, 2, 3 – fresh oil) did not exceed values permitted for cold-pressed oils provided in Codex Alimentarius ($PV < 15$ mEq O_2 /kg – Codex Stan 210) [3] and requirements specified in the Polish Standard for refined vegetable oils ($AnV < 8$ – PN-A-86908:2000) [18]. This finding is consistent with previously published data [20, 22]. Because there is no established limit for TOTOX value in cold-pressed oils, the quality assessment of the examined oils was based on the agreed limit specified for edible oils (TOTOX value < 10). Fresh cold-pressed rapeseed oil had a typical induction

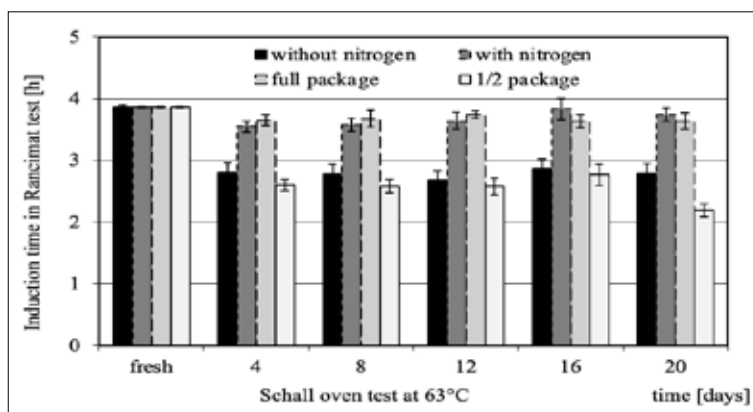


Fig. 4. Induction time of examined oils in Rancimat test after accelerated test at 63°C.

Rys. 4. Czas indukcji badanych olejów w teście Rancimat podczas testu termostatowego w 63°C.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

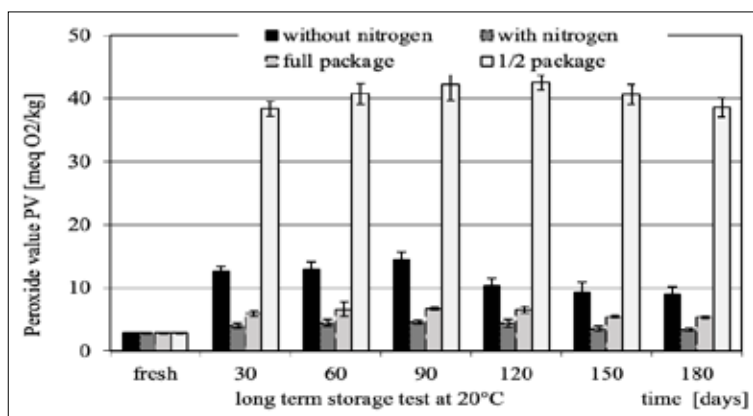


Fig. 5. Peroxide value of examined oils in long term storage test at 20°C.

Rys. 5. Liczba nadtlenkowa badanych olejów w teście przechowalniczym w 20°C.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

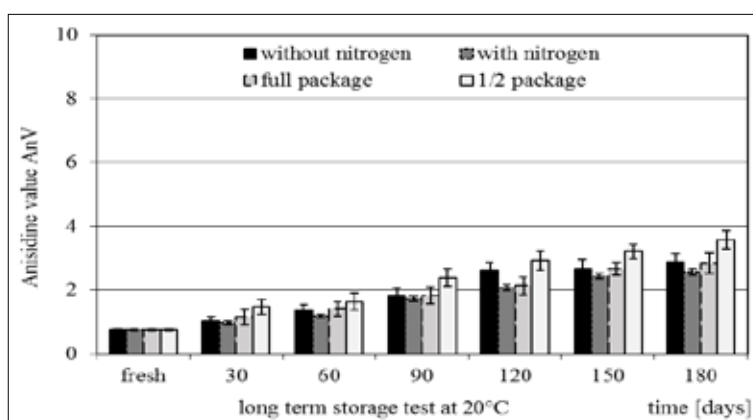


Fig. 6. Anisidine value of examined oils in long term storage test at 20°C.

Rys. 6. Liczba anizydynowa badanych olejów w teście przechowalniczym w 20°C.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

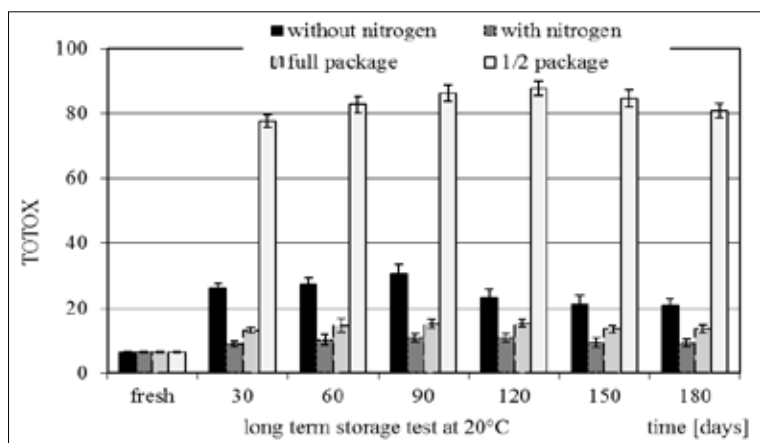


Fig. 7. Totox index (2PV+AnV) of examined oils in long term storage test at 20°C.

Rys. 7. Wskaźnik Totox (2PV+AnV) badanych olejów w teście przechowalniczym w 20°C.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

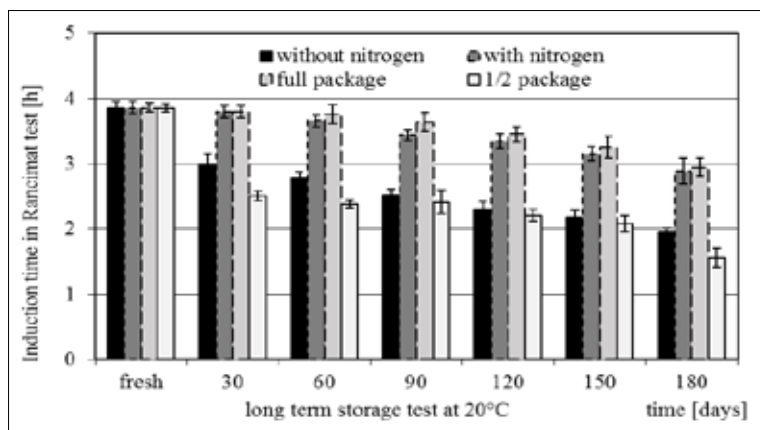


Fig. 8. Induction time of examined oils in Rancimat test after long term test at 20°C.

Rys. 8. Czas indukcji badanych olejów w teście Rancimat podczas testu przechowalniczego w 20°C.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

period (IP) of 3.86 h. (fig. 4 – fresh oil). The IP of 00-variety cold-pressed rapeseed oils ranges from 3 to 5 h (oxidative stability determined via Rancimat test at 120°C) [20, 21, 23].

Regardless of the test used, intense undesirable changes were observed in the oils as they oxidized along with storage time, but only until the oxygen dissolved in the oil or present in the space above the oil surface was completely consumed. Oil flushing with nitrogen proved to be an effective method of preventing oxidation in oils. The flushing of oils with nitrogen before bottle closure almost completely inhibited the oxidation process in the accelerated test (no access to light, but high temperature of 63°C), as indicated by no increase in primary oxidation products PV (Fig. 1). After 20 days, the PV value in the nitrogen-flushed rapeseed oil was four times lower than in the control samples. In turn, the PV value of the oil flushed with nitrogen was more than two times lower in the long-term storage test (with access to light and a temperature of 20°C)

than in the control sample after 6 months of storage (Fig. 5). Oil oxidation was not completely inhibited in the storage test, but it did progress slowly due to light exposure (photosensitized oxidation) [2]. Furthermore, an intensive increase in the anisidine value (AnV) in nitrogen-protected oil was observed during both tests (accelerated and long-term storage), which was likely due to intensive breakdown of the primary (PV at a stable level) to secondary oxidation products [2]. When compared to the control samples, nitrogen flushing caused a 2-fold deceleration in the increase of secondary oxidation product, but it did not result in a complete reduction of these undesirable oxidative changes [21]. Regarding the oxidative stability of oils in the Rancimat test, it was discovered that in the accelerated test, the IP changed insignificantly after 20 days (fig. 4), whereas in the storage test with light access, it was almost 2-fold shortened (fig. 8), but to a lesser extent in the oil packed with nitrogen.

Oxygen removal from above the oil in the package via package filling with gas (i.e. with a minimal free space left above the oil) proved to be an effective method of extending cold-pressed rapeseed oil storage stability (fig. 1 to fig. 8). After 6 months of storage, the peroxide value PV of the oil in the filled-up bottle (with a minimal free space left above the oil) was approximately 1.5 times lower than in the control sample but higher than the PV value of nitrogen-saturated oil (fig. 5). In both tests, the increase in primary oxidation products was most intense at the start of the test (fig. 1, fig. 4). Following that, the oxidative changes were inhibited/slowed, and a decrease in hydroxide content was observed, which could be due to the depletion of oxygen left in the package and that dissolved in oil. In contrast, a significant increase in secondary oxidation products was observed (fig. 2, fig. 6). The oils from the bottles filled to half their volume with a large gas cushion showed the most intense oxidative changes, but once oxygen was consumed, analyses revealed an increase in only secondary oxidation products of AnV that was more visible in the accelerated test (with no access to light and at high temperature, fig. 2) than in the storage test (with access to light, fig. 6), which had also been observed in a previous experiment.

The results of the accelerated test confirm the findings of Ayton et al. [1], who demonstrated a decrease in the peroxide value in nitrogenated olive oils stored with no access to light at 37°C due to oxygen consumption in the package, compared to olive oils stored at 20°C, as the higher temperature intensifies oxidation and accelerates peroxide degradation. Despite the low peroxide value, significant degradation changes were observed, including a twofold increase in secondary oxidation products, a 19% decrease in phenolics, and a 60% decrease in tocopherols. In contrast, a lower peroxide content increased induction time, whereas a lack of oxygen resulted in no changes in fatty acid structure. Similar to the results obtained for nitrogen-flushed rapeseed oil, no changes in the content of free fatty acids and a stable level of PV followed by an insignificant decrease with time

were obtained in the storage test with light access for olive oil. In turn, this study found that light exposure had a significant effect on the increase in the content of secondary oxidation products, a decrease in the content of α -tocopherol, a significant decrease in the content of chlorophylls until complete depletion, and undesirable changes in the organoleptic characteristics of nitrogenated oils due to high secondary compound contents [1].

It was discovered [4] that using nitrogen during packing protected olive oil from exceeding permissible levels of PV and K232 nm and ensured the preservation of sensory values at a stable level throughout the storage period, which was 24 months at a temperature of 12–20 °C. Flushing with nitrogen was also found to significantly protect the oils against oxidation in partially filled packages, i.e., 60 and 90 % filled, compared to 98 % filled packages. However, it was discovered that the content of natural antioxidants – phenolic compounds – decreased by up to 60 – 70% because of their consumption during the oxidation process. Within 24 months of storage, the Rancimat test revealed no changes in oxidative stability. Induction time increased from 7 to 10 h in samples stored at 40°C, which was explained by the formation of oxidation products, i.e., polymerized triacylglycerols, which increase resistance to oxidation in the Rancimat test [4].

The results obtained for nitrogen-flushed cold-pressed rapeseed oil are consistent with other published data [14, 15, 19]. Nitrogen flushing before storing linseed and rapeseed oils and their mixtures was found to reduce oxidation rate 2.5 times on average in the case of LOO and ca. 1.6–2 times in the case of LAN [15]. Because peroxides are subject to rapid degradation to secondary oxidation products: aldehydes and ketones (high LA or K268), and stability decrease in the Rancimat test, the determination of peroxides content as a measure of degradation changes of lipids during fat storage, especially with no access to light, was concluded to be an inappropriate, and certainly insufficient, quality indicator [1].

CONCLUSIONS

1. Flushing the oil with nitrogen and removing the oxygen from above the oil by completely filling the package with oil, i.e., with a minimum headspace above the oil, is an excellent way to reduce undesirable changes caused by oxidation of cold pressed rapeseed oil.
2. The formation of peroxides is inhibited. However, as peroxides decompose, the content of carbonyl compounds – secondary oxidation products – increases, and oxidation stability decreases.
3. It has been demonstrated that measuring peroxides alone as a measure of oxidation is an ineffective and insufficient quality indicator during oil storage without oxygen access.

PODSUMOWANIE

1. Przepłukiwanie oleju azotem podobnie jak usunięcie tlenu nad oleju poprzez wypełnienie opakowania olejem do pełna, tj. z minimalną wolną przestrzenią nad olejem jest bardzo dobrym sposobem ograniczenia niepożądanych zmian spowodowanych utlenianiem oleju rzepakowego tłoczonego na zimno.
2. Zahamowane zostaje powstawanie nadtlenków. Jednakże w wyniku dekompozycji nadtlenków wzrasta zawartość związków karbonylowych – wtórnych produktów utleniania i obniża się stabilność oksydacyjna.
3. Wykazano, że sam pomiar nadtlenków jako miara stopnia utlenienia to mało przydatny i niewystarczający wskaźnik jakości w trakcie przechowywania olejów bez dostępu tlenu.

REFERENCES

- [1] **AYTON J., R.J. MAILER, K. GRAHAM. 2012.** “The effect of storage conditions on extra virgin olive oil quality”. Rirde Publication No. 12/024, Rirde Project No. Prj-002297.
- [2] **CHOE E., D. MIN. 2006.** “Mechanisms and factors for edible oil oxidation”. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 5: 169–186.
- [3] **CODEX STAN 210 – 1999.** Codex Standard for Named Vegetable Oil. Codex Alimentarius. Amendment 2005, 2011.
- [4] **DI GIOVACCHINO L., M. R. MUCCIARELLA, N. COSTANTINI, M.L. FERRANTE, G. SURRICCHIO. 2002.** “Use of nitrogen to improve stability of virgin olive oil during storage”. *Journal of the American Oil Chemists’ Society* 79(4): 339–344.
- [5] **DUBOIS V., S. BRETON, M. LINDER, J. FANNI, M. PARMENTIER. 2007.** “Fatty acid profiles of 80 vegetable oils with regard to their nutritional potential”. *European Journal of Lipid Science and Technology* 109: 710–732.

REFERENCES

- [1] **AYTON J., R.J. MAILER, K. GRAHAM. 2012.** “The effect of storage conditions on extra virgin olive oil quality”. Rirde Publication No. 12/024, Rirde Project No. Prj-002297.
- [2] **CHOE E., D. MIN. 2006.** “Mechanisms and factors for edible oil oxidation”. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 5: 169–186.
- [3] **CODEX STAN 210 – 1999.** Codex Standard for Named Vegetable Oil. Codex Alimentarius. Amendment 2005, 2011.
- [4] **DI GIOVACCHINO L., M. R. MUCCIARELLA, N. COSTANTINI, M.L. FERRANTE, G. SURRICCHIO. 2002.** “Use of nitrogen to improve stability of virgin olive oil during storage”. *Journal of the American Oil Chemists’ Society* 79(4): 339–344.
- [5] **DUBOIS V., S. BRETON, M. LINDER, J. FANNI, M. PARMENTIER. 2007.** “Fatty acid profiles of 80 vegetable oils with regard to their nutritional potential”. *European Journal of Lipid Science and Technology* 109: 710–732.

- [6] **FEBRIANTO N.A., T.A. YANG. 2011.** "Producing high quality oil by using eco-friendly technology: A review". *Advanced Journal of Food Science and Technology* 3: 317–326.
- [7] **GUNSTONE F.D. 2002.** *Rapeseed and canola oil: Production, processing, properties and uses.* Blackwell Publishing Ltd, Oxford: 186–212.
- [8] **ISO 3960:2007.** Animal and vegetable fats and oils. Determination of peroxide value – iodometric (visual) end point determination.
- [9] **ISO 6885:2006.** Animal and vegetable fats and oils. Determination of anisidine value.
- [10] **ISO 6886:2006.** Animal and vegetables fats and oils. Determination of oxidation stability (Accelerated oxidation test).
- [11] **KAMAL-ELDIN A. 2006.** "Effect of fatty acids and tocopherols on the oxidative stability of vegetable oils". *European Journal of Lipid Science and Technology* 108: 1051–1061.
- [12] **KRALJIĆ, E., D. ŠKEVIN, M. POSPIŠIL, M. OBRANOVIĆ, S. NEDERAL, T. BOSOLT. 2013.** "Quality of rapeseed oil produced by conditioning seeds at modest temperatures." *Journal of the American Oil Chemists' Society* 90: 589–599.
- [13] **KRAWCZYK T. 2002.** "Retail oil". *Inform* 11: 932–942.
- [14] **LIST G. R., T. WANG, V. K. S. SHUKLA. 2005.** *Storage, Handling and Transport of Oils In: Bailey's Industrial Oil and Fat Products and Fats*, Ed. Shahidi F., John Wiley & Sons, Inc. Hobocen, New Jersey: 191–229.
- [15] **MARCINIAK-LUKASIAK K., A. ŻBIKOWSKA, K. KRYGIER. 2006.** „Wpływ stosowania azotu na stabilność oksydacyjną mieszaniny oleju rzepakowego z olejem lnianym.” *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2 (47): Supl.: 206–215.
- [16] **MATTHÄUS B. 2012.** *Oil technology In: Technological Innovations In Major World Oil Crops*, Ed. S.K. Gupta, Springer Science+Business Media, Vol. 2: Perspectives: 23–92.
- [17] **MATTHÄUS B., L. BRÜHL. 2008.** "Why is it so difficult to produce high-quality virgin rapeseed oil for human consumption?" *European Journal of Lipid Science and Technology* 110 (7): 611–617.
- [18] **PN-A-86908:2000.** Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Rafinowane oleje roślinne. [in Polish].
- [19] **SIONEK B., K. KRYGIER, K. UKALSKI, J. UKALSKA, R. AMAROWICZ. 2013.** "The influence of nitrogen and carbon dioxide on the oxidative stability of fully refined rapeseed oil". *European Journal of Lipid Science and Technology* 115(12): 1426–1433.
- [20] **WRONIAK M. 2012.** „Wartość żywieniowa olejów rzepakowych tłoczonych na zimno”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 85(6): 79–92.
- [6] **FEBRIANTO N.A., T.A. YANG. 2011.** "Producing high quality oil by using eco-friendly technology: A review". *Advanced Journal of Food Science and Technology* 3: 317–326.
- [7] **GUNSTONE F.D. 2002.** *Rapeseed and canola oil: Production, processing, properties and uses.* Blackwell Publishing Ltd, Oxford: 186–212.
- [8] **ISO 3960:2007.** Animal and vegetable fats and oils. Determination of peroxide value – iodometric (visual) end point determination.
- [9] **ISO 6885:2006.** Animal and vegetable fats and oils. Determination of anisidine value.
- [10] **ISO 6886:2006.** Animal and vegetables fats and oils. Determination of oxidation stability (Accelerated oxidation test).
- [11] **KAMAL-ELDIN A. 2006.** "Effect of fatty acids and tocopherols on the oxidative stability of vegetable oils". *European Journal of Lipid Science and Technology* 108: 1051–1061.
- [12] **KRALJIC, E., D. SKEVIN, M. POSPISIL, M. OBRANOVIC, S. NEDERAL, T. BOSOLT. 2013.** "Quality of rapeseed oil produced by conditioning seeds at modest temperatures." *Journal of the American Oil Chemists' Society* 90: 589–599.
- [13] **KRAWCZYK T. 2002.** "Retail oil". *Inform* 11: 932–942.
- [14] **LIST G.R., T. WANG, V.K.S. SHUKLA. 2005.** *Storage, Handling and Transport of Oils In: Bailey's Industrial Oil and Fat Products and Fats*, Ed. Shahidi F., John Wiley & Sons, Inc. Hobocen, New Jersey: 191–229.
- [15] **MARCINIAK-LUKASIAK K., A. ZBIKOWSKA, K. KRYGIER. 2006.** „Wpływ stosowania azotu na stabilność oksydacyjną mieszaniny oleju rzepakowego z olejem lnianym.” *Zywnosc. Nauka. Technologia. Jakosc* 2 (47): Supl.: 206–215.
- [16] **MATTHAUS B. 2012.** *Oil technology In: Technological Innovations In Major World Oil Crops*, Ed. S.K. Gupta, Springer Science+Business Media, Vol. 2: Perspectives: 23–92.
- [17] **MATTHAUS B., L. BRUHL. 2008.** "Why is it so difficult to produce high-quality virgin rapeseed oil for human consumption?" *European Journal of Lipid Science and Technology* 110 (7): 611–617.
- [18] **PN-A-86908:2000.** Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Rafinowane oleje roślinne. [in Polish].
- [19] **SIONEK B., K. KRYGIER, K. UKALSKI, J. UKALSKA, R. AMAROWICZ. 2013.** "The influence of nitrogen and carbon dioxide on the oxidative stability of fully refined rapeseed oil". *European Journal of Lipid Science and Technology* 115(12): 1426–1433.
- [20] **WRONIAK M. 2012.** „Wartosc zywnieniowa olejow rzepakowych tłoczonych na zimno”. *Zywnosc. Nauka. Technologia. Jakosc* 85(6): 79–92.

- [21] **WRONIAK M., FLOROWSKA A., RĘKAS A. 2016.** "Effect of oil flushing with nitrogen on the quality and oxidative stability of cold pressed rapeseed and sunflower oils". *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria* 15(1): 79–87.
- [22] **WRONIAK M., LUKASIK D., MASZEWSKA M. 2006.** „Porównanie stabilności oksydacyjnej wybranych olejów tłoczonych na zimno z olejami rafinowanymi.” *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 1 (46), Supl.: 214–221.
- [23] **WRONIAK M., PTASZEK A., K. RATUSZ 2013.** „Ocena wpływu warunków tłoczenia w prasie ślimakowej na jakość i skład chemiczny olejów rzepakowych”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 20(1): 92–104.

- [21] **WRONIAK M., FLOROWSKA A., REKAS A. 2016.** "Effect of oil flushing with nitrogen on the quality and oxidative stability of cold pressed rapeseed and sunflower oils". *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria* 15(1): 79–87.
- [22] **WRONIAK M., LUKASIK D., MASZEWSKA M. 2006.** „Porównanie stabilności oksydacyjnej wybranych olejów tłoczonych na zimno z olejami rafinowanymi.” *Zywnosc. Nauka. Technologia. Jakosc* 1 (46), Supl.: 214–221.
- [23] **WRONIAK M., PTASZEK A., K. RATUSZ 2013.** „Ocena wpływu warunków tłoczenia w prasie ślimakowej na jakość i skład chemiczny olejów rzepakowych”. *Zywnosc. Nauka. Technologia. Jakosc* 20(1): 92–104.

Dr hab. inż. Katarzyna SZWEDZIAK, prof. PO

Mgr inż. Dominika KOTYSZ

Inż. Karolina MENDEL

Department of Biosystems Engineering, Faculty of Production Engineering and Logistics
Opole University of Technology, Poland

EFFECT OF THE ADDITION OF MODIFIED STARCH ON THE TEXTURE AND THE FLAKING OF THE MELTED CHEESE®

Wpływ dodatku modyfikowanej skrobi na teksturę i płatkowanie sera topionego®

Key words: processed cheese, texture, starch, thickening, texturometer, hardness.

The paper presents the effect of modified starch on the texture and meltability of processed cheese. Four different processed cheeses of the same species (gouda) but from different producers were used in the tests. Three processed cheeses were cuboid-shaped and one was triangular. All processed cheeses analyzed did not deviate from the factory standards. The first processed cheese had a relatively low viscosity and its structure was the most compact and compact. The second processed cheese showed the highest viscosity - its texture was the least stable. The third processed cheese, like the first cheese, was characterized by a relatively low melting point. The fourth processed cheese after unpacking from foil was characterized by the lowest viscosity and meltability. The color of all cheeses was uniform throughout the mass. The taste and aroma of all analyzed processed cheeses was mild, slightly salty, with no aftertastes or foreign smells. The taste was characteristic of the type of cheese from which it was made. In order to analyze the texture of the examined objects, the Brookfield CT3 texture analyzer and the TexturePro CT V1.4 Build 17 software were used. A straight conical probe was used with the guidelines for selecting an appropriate probe for the texture test. The processed cheese was tested by placing each cheese on a measuring table, which was then loaded with a conical probe. All samples were subjected to a single compression test. The texture test showed that processed cheese I had the highest hardness, and processed cheese II the lowest. The highest hardness of processed cheese I was caused by the presence of a greater amount of thickeners (starch) in the composition. Processed cheese II contained less thickening substances, which contributed to its highest viscosity and the least stable structure.

Słowa kluczowe: ser topiony, tekstura, skrobia, zagęszczanie, teksturometr, twardość.

W pracy zaprezentowano wpływ skrobi modyfikowanej na teksturę i topliwość serów topionych. Do badań użyto czterech różnych serów topionych, tego samego gatunku (gouda) lecz pochodzących od różnych producentów. Trzy sery topione miały kształt prostopadłościanu natomiast jeden miał kształt trójkąta. Wszystkie sery topione poddane analizie nie wykazywały żadnych odchyżeń od norm zakładowych. Pierwszy ser topiony charakteryzował się stosunkowo małą lepkością a jego struktura była najbardziej zwarta i zbita. Drugi ser topiony wykazał się największą lepkością – jego tekstura była najmniej stabilna. Trzeci ser topiony, podobnie jak ser pierwszy, odznaczał się stosunkowo małą topliwością. Czwarty ser topiony po odpakowaniu z folii charakteryzował się najmniejszą lepkością oraz topliwością. Barwa wszystkich serów była jednolita w całej masie. Smak i zapach wszystkich serów topionych poddanych analizie był łagodny, lekko słony, bez posmaków oraz zapachów obcych. Smak był charakterystyczny dla gatunku sera. W celu przeanalizowania tekstury badanych obiektów wykorzystano analizator tekstury Brookfield CT3 oraz oprogramowanie TexturePro CT V1.4 Build17. Zgodnie z wytycznymi dotyczącymi wyboru odpowiedniej sondy do badania tekstury zastosowano sondę prostą stożkową. Badanie serów topionych polegało na umieszczeniu każdego sera na stoliku pomiarowym, a następnie obciążeniu go sondą stożkową. Wszystkie próbki poddane były jednokrotnemu testowi kompresyjnemu. Badanie tekstury wykazało iż największą twardością charakteryzował się ser topiony I, najmniejszą zaś ser topiony II. Największa twardość sera topionego I była spowodowana obecnością w składzie większej ilości substancji zagęszczających (skrobia). Ser topiony II zawierał mniej substancji zagęszczających, co przyczyniło się do jego największej lepkości oraz najmniej stabilnej struktury.

INTRODUCTION

Changing the eating habits contributes to increased consumption of processed food, including melted cheese. The delicate and subtle flavor of the melted cheese compared to the sharp and expressive taste of ripened cheeses is more endorsed by consumers, especially young people. Furthermore, melted cheese is a food with a wide use and show the possibility of modifying functional features [6]. Production of melted cheese was initiated by European countries. The year 1890 can be considered as initial date [7]. The dynamic growth in the production of melted cheese in the early twentieth century was conditioned by the development of special equipment used in the melting process, but mainly plastics used in the manufacture of packaging and packaging machines [2]. Creation various textures and forms of processed cheese (sliced, spreadable, block and cream) it was conditioned by higher nutritional value than ripened cheeses, and by high digestibility and digestibility, and especially high stability [2]. The most effective method of preservation ripening cheeses is melting process [7]. Today, there are many types of melted cheese that by using thickening additives, they can take various shapes and consistency. The most popular forms of cheese includes sliced form, spreadable, blocky and creamy [2, 7]. The correct selection of ingredients and melting salts is a key element in the production of melted cheese. The composition of the melted cheese mixture plays a crucial role in the correct melting process and affects the quality of the final melting of the product [5]. The ingredients used in the production of melted cheese are ripened cheese rennet, cottage cheese, butter, sheep's milk called brynza, skimmed milk powder, whey in powdered form, whey protein concentrate, coprecipitates. From the extras the following are used: fluxes, cheese paint, salt, flavor additives, which can be used in food production, ingredients and food such as ham, mushrooms, etc [2]. Since the Second World War, an increase in the mass production of various substances obtained with the use of starch has been observed, also in the food industry. As a result of the activity of physical and chemical factors, substances with various qualitative properties are obtained. Often these compounds have different characteristics than starch occurring in its natural form [8]. Naturally occurring starch is characterized by a reduced resistance to physical factors. This phenomenon can be observed mainly during processing and storage of finished products. In order to improve the resistance to physical conditions, the starches are modified. This process makes it possible as well producing a wide range of articles [1]. Modified starch is produced as a result of physical, chemical or biochemical changes of natural starch. As a result of these changes, its features are modified with slight changes in the structure of the molecule, improving its rheological properties [1,4].

PURPOSE AND SCOPE OF WORK

The aim of the work is to analyze the effect of modified starch on the texture and meltability of selected processed cheeses. The work was done in a laboratory and includes sensory evaluation processed cheese and texture testing with the Brookfield CT3 texture analyzer.



Fig. 1. Brookfield CT3 9 texture analyzer.

Rys. 1. Analizator tekstury Brookfield CT3 9.

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne



Fig. 2. Testing of the 1st processed cheese sample using a texture analyzer.

Rys. 2. Badanie pierwszej próbki sera topionego za pomocą analizatora tekstury.

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne



Fig. 3. Testing of the 2nd processed cheese sample using a texture analyzer.

Rys. 3. Badanie drugiej próbki sera topionego za pomocą analizatora tekstury.

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne



Fig. 4. Testing of the 3rd processed cheese sample using a texture analyzer.

Rys. 4. Badanie trzeciej próbki sera topionego za pomocą analizatora tekstury.

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne

RESEARCH METHODOLOGY

The tests were carried out in a laboratory and include sensory evaluation of the processed cheese and texture testing with the Brookfield CT3 texture analyzer. Four were used for the research types of processed cheese of the same grade (gouda) from four different producers. Three processed cheeses were cuboid-shaped and one was triangular. All processed cheeses analyzed did not deviate from the factory standards. The cheeses were wrapped in aluminum foil and special casings, which informed about the type of cheese and indicated the name of the producer. The unit packets of all cheeses were undamaged, the surface was smooth and the shape was regular. As mentioned earlier, three cheeses had the shape of a cuboid, while one was in the form of a triangle. The texture of all cheeses was spreadable, elastic, creamy with a slight sheen on the cross-section. The first processed cheese showed a relatively low viscosity and melt ability after unwrapping. This cheese also showed the greatest stability – its structure was the most compact and compact. The second processed cheese showed the highest viscosity. After taking it out of the foil, the cheese melted by itself. Its structure was the least stable. The third processed cheese, like the first cheese, had relatively little melting and its consistency was relatively firm. The fourth processed cheese analyzed was the only one that was triangular in shape. After unpacking from foil, it was characterized by the lowest viscosity and fusibility. Its structure was quite compact. The color of all cheeses was uniform throughout the mass. The texture of the tested objects was examined using an analyzer that measures the resistance of the analyzed product against the applied force. The force is imparted by the method of vertical compression. The resistance is measured by the transducer of which the data are properly explained and create a measure of the texture and various parameters of the tested product [3]. The analyzer works by inserting the probe into the tested object. The resistance of the tested object against the compressive force is measured by means of an adjustable load transducer and presented on the analyzer screen in grams [3].

Table 1. The method of selecting the appropriate measuring probe [3]

Tabela 1. Sposób doboru odpowiedniej sondy pomiarowej [3]

Probe Type	Typical Application
Cylinder	Samples with a well-defined shape, uniform surface, universal probes, most often used for texture profile analysis (TPA)
Ball	Samples with slight surface irregularities, universal probes
Cone	Spreadable samples, penetrometry and samples with a hard surface layer
Knives and cutting wires	Samples that are cut and sliced, e.g. hard cheese
Pistons	Semi-liquid and liquid samples
Shear knives	Samples that are cut, e.g. meat

The test was carried out with the use of TexturePro CT V1.4 Build 17. According to the table (Tab. 1), a straight conical probe was used to test the texture of processed cheese. The probe was attached to the extension arm of the apparatus using a right-hand thread. In addition, the probe had to be screwed on carefully as it could damage the thread. After the probe was properly prepared and the appropriate data entered, the texture of four processed cheeses of the same grade from different manufacturers were measured. Each cheese was placed on a measuring table which was then loaded with a conical probe.



Fig. 5. Testing IV of a processed cheese sample using a texture analyzer.

Rys. 5. Badanie IV próbki sera topionego za pomocą analizatora tekstury.

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne

Each sample was subjected to a single compression test after which the probe was returned to its starting position and the texture analyzer was ready for the next measurement [5]. Each examined processed cheese was appropriately labeled as: Processed cheese I, processed cheese II, processed cheese III and processed cheese IV. The processed cheese texture was tested by means of a one-time compression (Test Type) in which the probe penetrated (compressed) the sample. The Trigger Load, which means that the probe contacts the sample surface, was 4 g. The test speed was 0.5 mm / s, while its return speed was 4.5 mm / s. The Hold Line time was 0 seconds because this parameter is only used for the Hold to line method. The text description area also includes the date and time of the test [3].

ANALYSIS AND DISCUSSION OF THE RESULTS

As a result of the research, four different reports were obtained, which contain detailed information about the given calculations and four graphical presentations of the measurement data. Each processed cheese was tested for hardness, i.e. the maximum force needed to compress the sample.

The results also take into account the work that was performed during the hardness measurement. Each report is divided into three parts:

- Sample Descriptions
- Test Method
- Results

In the Identification Control Area, the determination, shape and shaping of the probe can be distinguished. All reports have these data on these three parameter values, which are related to the fact that for the testing of processed cheese tissues it was used that they have supplemented technical data with graphic values (which were supplemented with tabular technical values in the technical service of graphic analysis), i.e.: height 40 mm, section diameter 30 mm. parameter properties differed individual reports are what names. The results obtained are presented below:

TexturePro CT V1.4 Build 17		Brookfield Engineering Labs, Inc.	
DATA REPORT			
Sample Description		Notes:	
Product Name: Ser topionego I			
Batch Name: 10112015			
Sample: 1			
Dimensions:			
Shape: Cylinder			
Length: 40.00 mm			
Width: 30.00 mm			
Depth: 30.00 mm			
Test Method			
Test Date: 2015-11-10		Test Time: 10:00:00	
Test Type: Compression		Recovery Time: 0 s	
Target: 6.0 mm		Same Trigger: False	
Hold Time: 0 s		Pretest Speed: 2 mm/s	
Trigger Load: 4 g		Data Rate: 10 points/sec	
Test Speed: 0.5 mm/s		Probe: 1039	
Return Speed: 4.5 mm/s		Fixture: 10-RV-W1	
# of Cycles: 1		Load Cell: 10000g	
Results			
Hardness Cycle 1:	127 g		
Hardness Work Cycle 1:	3.6 mJ		

Fig. 6. The results obtained after examining the texture of processed cheese I.

Rys. 6. Wyniki uzyskane po zbadaniu tekstury sera topionego I.

Source: Own elaboration based on [3]

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [3]

The results also included the work that was done during the hardness measurement. The table below shows a comparison of the results of the four processed cheeses in terms of hardness and the work performed during the hardness measurement:

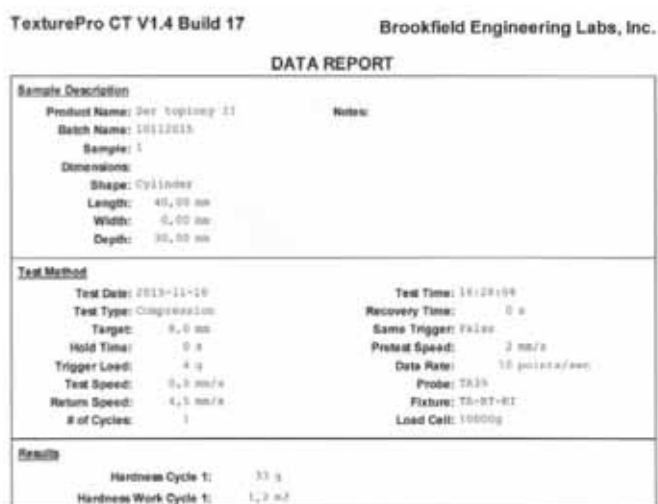


Fig. 7. The results obtained after examining the texture of processed cheese II.

Rys. 7. Wyniki uzyskane po zbadaniu tekstury sera topionego II.

Source: Own study based on [3].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [3].

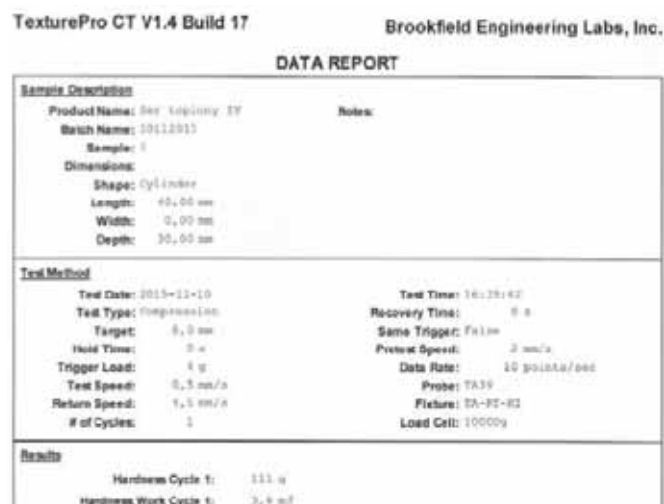


Fig. 9. Results obtained after examining the texture of processed cheese IV.

Rys. 9. Wyniki uzyskane po zbadaniu tekstury sera topionego IV.

Source: Own study based on [3].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [3].

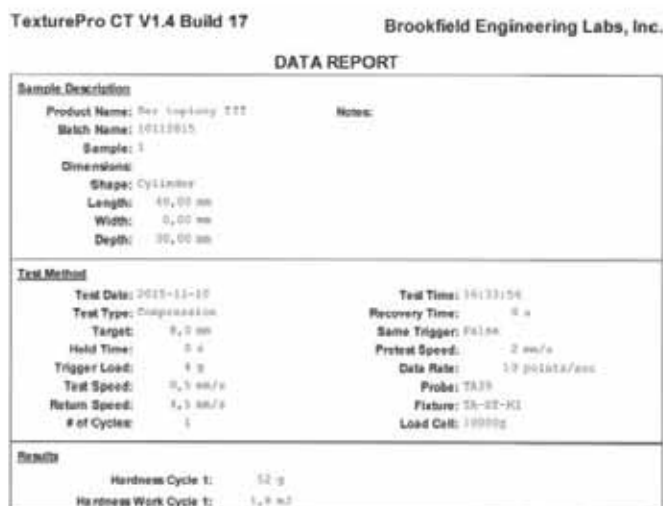


Fig. 8. The results obtained after examining the texture of the processed cheese III.

Rys. 8. Wyniki uzyskane po zbadaniu tekstury sera topionego III.

Source: Own study based on [3].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [3].

Table 2. Comparison of the obtained hardness results for individual processed cheese samples.

Tabela 2. Porównanie uzyskanych wyników twardości dla poszczególnych próbek serów topionych.

Parameters	Melted Cheese I	Melted Cheese II	Melted Cheese III	Melted Cheese IV
Hardness [g]	121	33	52	111
Work done during measurement [mJ]	3,8	1,2	1,8	3,6

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne

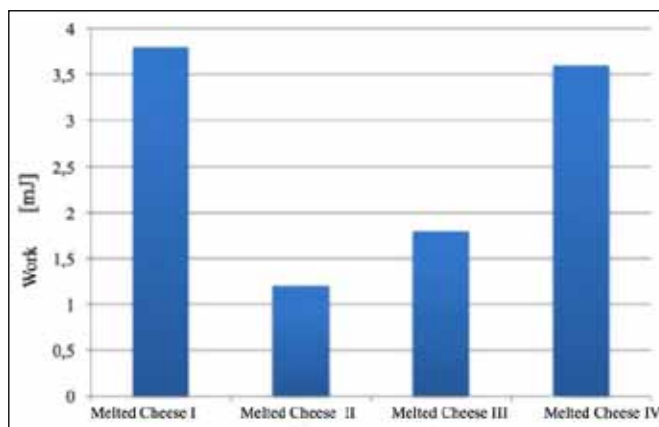


Fig. 10. Comparison of the work performed during the measurement of hardness of processed cheese analyzed.

Rys. 10. Porównanie pracy wykonanej podczas pomiaru twardości analizowanych serów topionych.

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne

Based on Table 2 and Figures 8 and 9, it can be read that processed cheese I was characterized by the highest hardness, and thus the work performed during the hardness measurement was also the highest. The lowest hardness and work were recorded in processed cheese II. Processed cheese IV had a similar hardness and work done to processed cheese I. In the case of processed cheese III it can be concluded that it had medium hardness compared to the other cheeses analyzed.

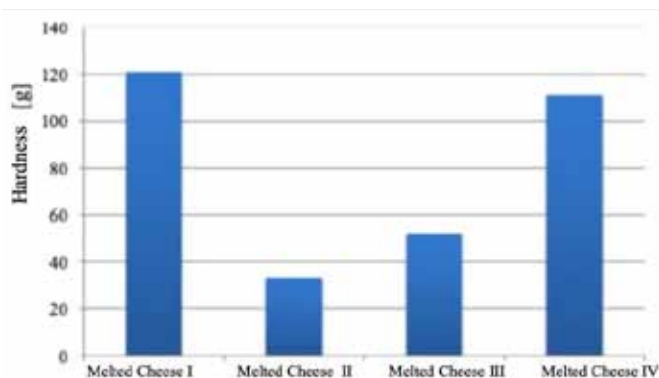


Fig. 11. Comparison of the hardness of the analyzed processed cheeses.

Rys. 11. Porównanie twardości analizowanych serów topionych.

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne

CONCLUSIONS

From the carried out research, the following conclusions can be drawn:

1. Processed cheese I and processed cheese IV contain more thickeners which contribute to the hardness of the cheese and to its firmer structure.
2. Processed cheese II, which was characterized by the highest viscosity and the least stable structure, was also distinguished by the lowest hardness during the texture test.
3. Processed cheese III had a relatively firm consistency, and thus its hardness, compared to other cheeses, was at an average level.

PODSUMOWANIE

Z przeprowadzonych badań można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Ser topiony I i ser topiony IV zawierają więcej zagęszczaczy, które przyczyniają się do twardości sera i jego jędrnej struktury.
2. Ser topiony II, który charakteryzował się najwyższą lepkością i najmniej stabilną strukturą, odznaczał się również najniższą twardością w teście tekstury.
3. Ser topiony III miał stosunkowo zwartą konsystencję, a co za tym idzie jego twardość w porównaniu z innymi serami była na średnim poziomie.

REFERENCES

- [1] **BILLER E. 2005.** Technologia żywności wybrane zagadnienia. Warszawa: Wydawnictwo SGGW.
- [2] **CICHOSZ G. 2000.** Technologia serów topionych. Warszawa: Oficyna Wydawnicza „Hoza”.
- [3] **Instrukcja obsługi. Analizator tekstury Brookfield CT3.**
- [4] **JARCZYK A. 2001.** Technologia żywności. Warszawa: Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne.
- [5] **OBRUSIEWICZ T. 1992.** Mleczarstwo część II, podręcznik dla zasadniczej szkoły zawodowej, wydanie czwarte poprawione i uzupełnione. Warszawa. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne.
- [6] **SOŁOWIEJ B., A. DYLEWSKA, M. TOMCZYŃSKA-MLEKO, S. MLEKO. 2014.** „Wpływ skrobi modyfikowanych na teksturę i topliwosć analogów serów topionych”. Warszawa: Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.
- [7] **TAMIME A.Y. 2011.** Processed cheese and analogues. Blackwell Publishing.
- [8] **UCHMAN W. 2001.** Substancje dodatkowe w przetwórstwie mięsa. Poznań: Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu.

REFERENCES

- [1] **BILLER E. 2005.** Technologia żywności wybrane zagadnienia. Warszawa: Wydawnictwo SGGW.
- [2] **CICHOSZ G. 2000.** Technologia serów topionych. Warszawa: Oficyna Wydawnicza „Hoza”.
- [3] **Instrukcja obsługi. Analizator tekstury Brookfield CT3.**
- [4] **JARCZYK A. 2001.** Technologia żywności. Warszawa: Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne.
- [5] **OBRUSIEWICZ T. 1992.** Mleczarstwo część II, podręcznik dla zasadniczej szkoły zawodowej, wydanie czwarte poprawione i uzupełnione. Warszawa. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne.
- [6] **SOŁOWIEJ B., A. DYLEWSKA, M. TOMCZYŃSKA-MLEKO, S. MLEKO. 2014.** „Wpływ skrobi modyfikowanych na teksturę i topliwosć analogów serów topionych”. Warszawa: Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.
- [7] **TAMIME A.Y. 2011.** Processed cheese and analogues. Blackwell Publishing.
- [8] **UCHMAN W. 2001.** Substancje dodatkowe w przetwórstwie mięsa. Poznań: Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu.

Elżbieta WIERZBICKA, Ph.D
Department of Human Nutrition, Institute of Human Nutrition Sciences
Warsaw University of Life Sciences (SGGW-WULS), Poland
Katedra Żywienia Człowieka, Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka
Szkola Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Polska

SWEETENERS AS SUGAR SUBSTITUTES IN FOOD INDUSTRY – ASSESSMENT OF DIETARY INTAKE OF INTENSE SWEETENERS IN CHILDREN AND ADOLESCENTS®

Substancje słodzące jako substytuty cukru w przemyśle spożywczym – ocena pobrania z dietą intensywnych substancji słodzących u dzieci i młodzieży®

Key words: sugar substitutes, non-nutritive sweeteners, low-calorie sweeteners, food additives, acceptable daily intake, ADI, safety evaluation, risk assessment.

Due to food industry offering a continuously expanding selection of products containing non-nutritive sweeteners (NNS) as sugar substitutes, the significance of studies referring to the assessment of the intake of NNS as part of one's diet in comparison to Acceptable Daily Intake (ADI) values is increasing, contributing to the monitoring and the assessment of food safety. The study was conducted in a group of 128 children and adolescents aged 7-16 years, from a randomly selected primary and secondary school within the area of the city of Warsaw. Based on a 3-day record of consumed products, meals and beverages and with the use of the Theoretical Maximum Daily Intake (TMDI) model, the intake of sweeteners was estimated and compared with the appropriate ADI values. In the studied group of children and adolescents, average (median) intake of the studied substances with the diet, calculated based on the real consumption of the sweeteners, did not exceed the established daily maximum intake, hence, the consumption of sweeteners from products containing sugar substitutes was on an acceptable level (all below ADI values). Due to a higher intake of sweeteners among adolescents aged 14-16 years, statistically significant for cyclamates and acesulfame K, this age group should be treated as a group that is vulnerable to higher intake, which may be linked with high consumption of flavoured non-alcoholic beverages, constituting the main source of intense sweeteners in their diet. It is necessary to continue studies to monitor changing use and the intake of sweeteners with the diet among children and adolescents.

Słowa kluczowe: substytuty cukru, nieodżywcze substancje słodzące, niskokaloryczne substancje słodzące, substancje dodatkowe, dopuszczalne dzienne pobranie, ADI, ocena bezpieczeństwa, ocena ryzyka.

Ze względu na stale poszerzającą się ofertę rynkowych produktów zawierających intensywne substancje słodzące jako substytuty cukru, badania związane z oceną pobrania ich z dietą w odniesieniu do dopuszczalnego dziennego pobrania (ADI) nabierają istotnego znaczenia, stanowiąc element monitorowania i oceny bezpieczeństwa żywności. Badania z tego zakresu przeprowadzono w grupie 128 dzieci i młodzieży w wieku 7-16 lat, z wylosowanej szkoły podstawowej i średniej z Warszawy. W oparciu o 3-dniowe bieżące notowanie spożytych produktów, potraw i napojów oraz model obliczeń teoretycznego najwyższego dziennego pobrania (TMD) I oszacowano pobranie substancji słodzących i porównano z odpowiednimi wartościami ADI. W badanej grupie dzieci i młodzieży średnie (mediana) pobranie z dietą substancji słodzących wyliczone na podstawie rzeczywistego spożycia tych produktów nie przekraczało ustalonego na podstawie badań toksykologicznych dopuszczalnego dziennego pobrania, a zatem pobranie substancji słodzących z produktów z zamiennikami cukru było na akceptowanym poziomie (wszystkie substancje poniżej ADI). Ze względu na stwierdzone znacznie większe spożycie substancji słodzących wśród młodzieży w wieku 14-16 lat, istotne w przypadku cyklaminianów i acesulfamu K, starszą młodzież szkolną należy wskazać jako grupę o potencjalnie większym ryzyku pobrania, co może być związane z dużym spożyciem aromatyzowanych napojów bezalkoholowych, będących głównym ich źródłem w diecie. W grupie dzieci i młodzieży niezbędne jest kontynuowanie badań monitoringowych z zakresu stosowania substancji słodzących oraz ich pobrania z całodzienną dietą.

INTRODUCTION

Food additives play a significant role in the contemporary food industry. This statement refers also to sweeteners, in particular non-nutritive sweeteners (NNS). They are a functional class of food additives, typically used to replace sugars for the production of energy-reduced foodstuffs [6, 9, 11, 16, 40, 42, 43]. They provide a desired sweet taste without the addition of appreciable energy and can help maintain the palatability of products [4, 7, 16, 17, 33, 34]. These products may or may not be labelled as e.g. 'diet', 'light', 'sugar-free' or 'low-energy' and commonly contain one or more NNS as full or partial replacement of sugar. Some of these types of products are formulated such that they can be added directly to beverages such as tea and coffee, or used for cooking and baking [7, 16, 17, 33, 34, 40, 43].

The EFSA concluded that there is sufficient scientific information to support the claims that intense sweeteners, as sugar replacers, lead to a lower postprandial rise in blood sugar levels, if consumed in place of sugars [15, 16]. NNS is likely to be beneficial for most individuals from a diabetes management and dental point of view and can help maintain a healthy body weight through reducing sugar and energy intake, which is a public health priority [4, 11, 23, 26, 34, 42]. Desired taste constitutes the basic factor taken into account when choosing the sweet-tasting products. Actual levels of use of sweeteners depend on consumer preferences, the presence of any natural sugar as well as on the application of sweetener mixes, which is not rare, and sometimes necessary due to technological reasons [7, 17, 34, 43]. Children and adolescent's diets are far from optimal, being characterized by a high consumption of sweetened beverages, sweet bakery products, confectionary and dairy products and an excess of products high in sugar [2, 3, 37]. In particular, sugar intake among children has raised concern worldwide as it exceeds recommendations [23, 48].

The use of NNS is approved in Europe in a number of specific food categories according to the provisions of Regulation (EC) No 1333/2008 (European Commission 2008) as amended by Commission Regulation (EU) No 1129/2011 (European Commission 2011), and has to take place under strictly determined conditions. Maximum permitted levels (MPL) differ between sweeteners, reflecting the differences in sweetness intensity and represent maximum permitted value in each of the categories of food and beverages [18, 19]. Consumption of NNS is increasing worldwide [5, 24, 30, 32, 36, 39, 47, 49], with the most marked rise observed among children and adolescents [1, 8, 22, 24, 30–32, 41, 44, 50].

With reference to the assessment of the intake of additives, the EFSA Panel on Food Additives and Flavourings presented its recommendations to be applied when assessing the safety of food additives, including exposure assessment scenarios as part of this assessment. Both typical as well as maximum levels of use of an assessed substance may be in particular taken into consideration in exposure estimates. It enables the assessment of the intake of such substances as part of one's diet basing on maximum permitted levels of use taking into consideration the brand-loyal consumers [12, 14, 16]. Additionally, a programme for the re-evaluation of food additives that were already permitted in the European Union before 20

January 2009 has been set up under the Regulation (EU) No 257/2010 [20]. This regulation foresees that sweeteners are re-evaluated whenever necessary in light changing conditions of use and new scientific information, and a protocol is being implemented in order to draft the scientific opinions on the re-evaluations of sweeteners [16].

In connection with the increasingly widespread use of NNS, the significance of studies referring to the assessment of their intake as part of one's diet is increasing and it results from the need to ensure health safety of the consumed products. Research in this field is based on the comparison of doses to be used in different food products with the values of Acceptable Daily Intake (ADI) as well as verification whether it could be possible for the ADI value to be exceeded, assuming different values of their consumption [12, 14, 16, 21, 25, 43]. International food regulators and other health or scientific agencies, including the EFSA, are responsible for the establishment of ADI values [12, 14, 16, 21, 25].

The aim of the study was to analyze the daily diet of primary and secondary school students with reference to the use of NNS as well as to assess their intake compared to the respective ADI values.

SUBJECTS AND METHODS

The study was conducted in a group of 128 children and adolescents aged 7–16 (mean age 12.5±3.2 years), 68 girls and 60 boys living within the area of the city of Warsaw. Study inclusion criterion consisted in the fact of a given child being a student of a randomly selected primary or secondary school. The following age groups were included in the study in the period of September to November: 7–10 years old (32 participants), 11–13 years old (41 participants), 14–16 years old (55 participants). A survey questionnaire together with notes on all meals consumed during 3 days were prepared by the parents who had given their consent for their children to take part in food-related studies. Basing on the analysis of the daily food ration, the following product groups containing artificial sweeteners were studied: fruit beverages containing fruit juice, "cola" beverages, energy drinks, beverages based on mineral water (so called flavoured water), "ice tea" beverages, other carbonated or non-carbonated beverages with fruit flavor, yoghurt and milk desserts, sweets, table sweeteners as well as pastilles, lozenges, chewing gums. The presence of the studied sweeteners in the products was determined based on manufacturer's information included on the label of the consumed products.

Theoretical Maximum Daily Intake (TMDI) model was applied in order to assess daily intake of intense sweeteners [14, 16] and their content in the consumed products was assumed at the permitted maximum, specified in appropriate legal provisions in force [19]. For each study participant, daily intake of acesulfame K (E 950), aspartame (E 951), cyclamic acid and its salts (E 952), saccharin and its salts (E 954) as well as sucralose (E 955) was calculated. Intake assessment was performed on the group of consumers only, calculated per individual body mass of each study participant. Mean body mass in respective age groups was: 7-10 years old (26.1±6.2 kg); 11-13 years old (41.8±6.3 kg); 14-16 years old (62.8±8.2 kg). Estimated daily intake was compared to appropriate ADI

for each substance. Results are reported as a percentage of the ADI (%ADI) for average (mean or median) and high-level consumers (95th percentile) for the population group examined in this study.

Statistical data analysis was performed with the use of the STATISTICA v.13.3 software. Chi² test was applied for qualitative variables. The Mann-Whitney nonparametric test was used in order to check the significance of differences for quantitative variables, thus verifying the hypotheses concerning the influence of age on the intake of the studied substances. The results were presented as mean with standard deviation (mean±SD) together with 95% confidence interval (CI) as well as 50th and 95th percentile of dietary intake. Significance level of ≤0.05 was assumed.

RESULTS

Dietary daily intake of artificial sweeteners, calculated according to the TMDI model based on the data obtained during a 3-day food record taking, is presented in Tables 1. and 2. The studies performed showed that the percentage of study participants consuming products containing artificial sweeteners was growing together with the increasing age of the children who took part in the study. The studied substances were consumed within their daily diet (Table 1) on the general level by ca. 48% of the children and adolescents surveyed, with statistically significantly more study participants in the oldest age group (71%) compared to younger respondents (on average 34%). It was stated that the biggest number of participants ate products containing acesulfame K (ca. 44% of all of those surveyed) and aspartame (40%), then cyclamates (ca. 19%), and the products with saccharin (14%) and sucralose (12%) were the least frequently consumed. In the group of older students, the presence of acesulfame K and aspartame was significantly more frequent than among younger children. The remaining studied substances were also more frequent in the diet of older respondents compared to younger ones; however,

these differences did not represent statistical significance. In the studied group of children, the highest intake (mg/kg of body mass/day) expressed as median (Table 2) was recorded for cyclamates and sucralose, then aspartame and acesulfame K, and the lowest for saccharin. The menus of children from the oldest age group included significantly more cyclamates and acesulfame K than those of younger respondents.

In order to assess potential health risk, the calculated intake of artificial sweeteners with daily diet was expressed per kg of body mass (Table 2) as well as with reference to appropriate ADIs (Table 3). Mean (median) intake of the studied substances estimated based on the TMDI model posed no health risk, i.e. it was significantly below ADI values. The consumption of studied substances was at a safe level not exceeding the established ADI values. The highest mean intake was recorded for cyclamates (20% ADI) then for acesulfame K, saccharine and sucralose (ca. 10% of ADI respectively), and the lowest for aspartame (ca. 5% ADI). Intake values for 95th percentile did not exceed the ADI either. Diets of adolescents from the oldest age group contained significantly more acesulfame K (52% of ADI) and cyclamates (38% of ADI) compared to the diets of younger respondents. Taking into consideration the consumption at the level of the 95th percentile as the least favorable scenario, in the oldest age group, relatively high intake of acesulfame K (52% of ADI) and cyclamates (38% of ADI) was recorded. Also, in the group of children aged 11-13, the intake of cyclamates was at a relatively high level (35% of ADI).

DISCUSSION

The presence of intense sweeteners in the usual diet of the children and adolescents surveyed did not pose a health risk as the estimated intake in all age groups was below ADI values. Paying particular attention to children and adolescents as groups particularly vulnerable to higher intake of artificial sweeteners with their daily diet constituted the subject of

Table 1. Study population by age group and percentage of subjects (%) consuming products containing intense sweeteners on a daily diet

Tabela 1. Badana grupa osób z uwzględnieniem kategorii wiekowych oraz odsetek osób (%) spożywających produkty zawierające poszczególne substancje słodzące z całodzienną dietą

Sweetener	Total	7-10 years	11-13 years	14-16 years	p*
Occurrence of intense sweeteners in daily diet (total)	47.5	31.8 ^a	36.7 ^a	71.3 ^b	0.0032
Acesulfame K (E 950)	44.3	27.6 ^a	34.8 ^a	67.9 ^b	0.0114
Aspartame (E 950)	40,1	21.9 ^a	29.9 ^a	65,2 ^b	0.0035
Cyclamate (E 952)	19.3	10.5	17.6	26.9	NS
Saccharin (E 954)	13.8	7.4	13.2	20.5	NS
Sucralose (E 955)	11.7	7.4	10.5	17.2	NS

*p-values for differences between subgroups were calculated with Chi-square test for categorical variables; NS – not significant.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

Table 2. Daily intake of intense sweeteners (mg/kg bw per day) by consumers only groups evaluated with use of the TMDI model

Table 2. Dzielne pobranie z diety intensywnej substancji słodzących (mg/kg mc/dzień) w badanych grupach osób oszacowane z zastosowaniem modelu TMDI

Sweetener	Total	7-10 years	11-13 years	14-16 years	P*
Acesulfame K					
Mean ± SD 95% CI	0.79 ± 1.09 0.44 – 1.18	0.36 ± 0.15 0.25 – 0.52	0.52 ± 0.46 0.12 – 0.89	1.95 ± 1.25 0.69 – 2.38	0,032
Median (P50) P95	1.02 3.92	0.29 ^a 0.95	0.39 ^a 1.95	3.56 ^b 5.45	
Aspartame					
Mean ± SD 95% CI Median (P50) P95	2.15 ± 1.49 1.25 – 2.47 1.35 7.25	1.42 ± 0.54 0.89 – 2.01 1.59 5.96	1.24 ± 0.45 0.56 – 1.95 1.75 7.99	2.99 ± 2.14 1.12 – 4.25 3.95 10.45	NS
Cyclamate					
Mean ± SD 95% CI Median (P50) P95	1.39 ± 0.72 0.99 – 1.75 1.34 3.25	0.85 ± 0.45 0.21 – 1.93 0.99 ^a 2.49	1.25 ± 0.55 0.59 – 1.95 1.26 ^a 3.25	2.05 ± 0.56 1.02 – 2.55 1.62 ^b 3.95	0,046
Saccharin					
Mean ± SD 95% CI Median (P50) P95	0.52 ± 0.25 0.39 – 0.65 0.49 1.27	0.35 ± 0.12 0.24 – 0.82 0.21 0.65	0.49 ± 0.15 0.35 – 0.73 0.38 0.92	0.62 ± 0.24 0.41 – 0.98 0.59 1.24	NS
Sucralose					
Mean ± SD 95% CI Median (P50) P95	1.49 ± 0.45 1.15 – 1.84 1.29 3.05	0.96 ± 0.15 0.43 – 2.42 0.96 1.92	1.58 ± 0.25 0.92 – 2.43 1.52 2.15	1.62 ± 0.59 0.99 – 2.62 1.75 3.04	NS

TMDI – Theoretical Maximum Daily Intake; *p-values for differences between subgroups were calculated with Mann-Whitney U test. Median with different letter scripts differed significantly at $p \leq 0.05$; NS – not significant.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

Table 3. Daily intake of artificial sweeteners (expressed as % ADI) by consumers only groups evaluated with use of the TMDI model

Tabela 3. Dzielne pobranie z diety intensywnej substancji słodzących (wyrażone jako %ADI) w badanych grupach osób oszacowane z zastosowaniem modelu TMDI

Sweetener	Total	7-10 years	11-13 years	14-16 years	p*
Acesulfame K (ADI – 9 mg/kg bw per day)					
x ± SD 95% CI Median (P50) P95	8.56 ± 10.4 4.93 – 13.5 3.15 36.5	3.85 ± 1.92 2.25 – 5.43 3.14 ^a 6.99	5.12 ± 4.20 0.97 – 8.95 3.92 ^a 9.85	12.6 ± 10.5 5.82 – 19.7 8.01 ^b 52.4	0,028
Aspartame (ADI – 40 mg/kg bw per day)					
x ± SD 95% CI Median (P50) P95	4.63 ± 4.24 2.98 – 6.43 4.12 17.2	3.92 ± 1.35 2.28 – 5.02 3.87 7.32	4.12 ± 2.06 2.26 – 5.83 4.28 6.74	5.98 ± 5.62 2.81 – 8.45 4.66 25.9	NS

Sweetener	Total	7-10 years	11-13 years	14-16 years	p*
Cyklamate (ADI – 7 mg/kg bw per day)					
x ± SD	19.8 ± 9.7	11,9 ± 5,94	17,5 ± 7,4	25,2 ± 11,2	0,037
95% CI	14.1 – 25.4	2.72 – 26.9	8.25 ± 26.9	14.2 – 33.7	
Median (P50)	18.9	14.2	18.6 ^a	27.2 ^b	
P95	35.6	27.9	34.5	37.8	
Saccharin (ADI – 5 mg/kg bw per day)					
x ± SD	9.05 ± 4.15	5.82 ± 0.97	8.87 ± 2.72	12.1 ± 4.30	NS
95% CI	7.45 – 12.6	3.12 – 14.6	4.58 – 13.2	7.45 – 16.6	
Median (P50)	6.25	5.81	6.52	11.9	
P95	19.8	12.3	17.5	24.1	
Sucralose (ADI – 15 mg/kg bw per day)					
x ± SD	9.65 ± 2.92	6.78 ± 1.12	10.8 ± 1.92	11.5 ± 3.68	NS
95% CI	7.42 – 11.9	3.52 – 16.8	5.74 – 15.3	5.95 – 15.2	
Median (P50)	9.35	6.72	9.99	11.6	
P95	18.6	9.5	11.8	19.9	

ADI – Acceptable Daily Intake (mg/kg body weight per day); TMDI – Theoretical Maximum Daily Intake; *p-values for differences between subgroups were calculated with Mann-Whitney U test. Median with different letter scripts differed significantly at $p \leq 0.05$; NS - not significant.

Source: The own study

Źródło: Badania własne

numerous scientific studies [1, 8, 22, 31, 41, 44, 50]. Higher intake of these substances was reported in the studies reported to children with diabetes [28]. Also, the respondents representing particular food-related behaviors and on special diets were found to consume more substances of this kind with their daily food ration. Intake assessment is of particular importance in the group of children and teenagers for whom the consumption per kilogram of body mass is higher than for adults [3, 20, 41, 44]. In Swedish studies [28], assuming the least favorable intake scenario in the group of children, exceeded ADI was reported for cyclamates and saccharine. In the present study, the intake estimated for them was significantly lower.

While assessing the intake of intense sweeteners in diet it is necessary to pay particular attention to eating habits of children and adolescents in the field of consumption of flavoured non-alcoholic beverages. Research points to the relatively high level of consumption of these beverages, constituting an important source of cyclamates and saccharine as well as acesulfame K and aspartame, and in recent years also sucralose. It can be concluded from the abovementioned studies that beverages of this kind constituted main source of intake of intense sweeteners. Similarly to the observations within the present study, the highest intake expressed as %ADI was also attributed to cyclamates and acesulfame K [1, 22, 27, 31, 44, 50].

Due to their level of sweetness achieved already at low concentration, the use of artificial sweeteners enables the production of “light” food products with energetic value lowered by 30% compared to their traditional counterparts. The offer of products of this kind available on the market is developing within a relatively wide range. Due to their rather low price, artificial sweeteners are used in food industry to replace sugar, in particular in the production of non-alcoholic beverages [4, 7, 9, 17, 43]. Reduced energy value

and preserved sweet taste together with no increase in blood glucose are the advantages of these substances for persons suffering from diabetes or those who want to reduce their body mass. A reduction of the energy density of the available foods by changing their production technology is an important component of prevention efforts [11, 15, 26, 33–35]. The recent position of the Polish Society of Obesity Research and Diabetes Poland confirms the safety of low-calorie sweetener use in food products and recommends substituting sugar with these low-calorie sweeteners by overweight and obese subjects, particularly if impaired fasting glucose, impaired glucose tolerance, or diabetes type 2 is also present. Additionally, the position stressed that the consumption of food products with a reduced energy value due to their low-calorie sweetener content cannot be the only modification – other changes to the diet are also necessary [38].

Permitted food additives are safe for the society in general, but for those suffering from individual hypersensitivity their consumption may lead to undesirable reactions [10, 29]. It may be connected with the risk of the occurrence of non-toxic symptoms of the reaction of the body, not related to the dose of the substance, but depending on individual sensitivity and the reaction to a given substance treated as atypical for the healthy population, described as reactions connected with hypersensitivity. This problem was studied in pediatric practice. Development mechanisms of hypersensitivity to some additives have not been fully studied and the symptoms may vary. They may represent immunological character, but significantly more frequently they are not connected with this mechanism. Due to their complex characteristics, hypersensitivities of this kind are relatively hard to be diagnosed and the recommended method is the placebo-controlled double blind challenge test [29].

Non-nutritive sweeteners are generally associated with their perceived health benefits although there are ongoing

debates regarding their benefits for obesity and weight-related diabetes alongside concerns for their safety [10, 41, 44, 45, 46, 50]. In the recent years, the most doubts connected with the use of artificial sweeteners refer to aspartame. The metabolism of this substance, being the aspartyl-phenylalanine methyl ester, takes place by hydrolysis to aspartic acid and phenylalanine methyl ester, which is then decomposed into phenylalanine and methanol. With reference to this fact, institutions assessing food additives presented their opinions about this substance. Joint Expert Committee on Food Additives and Contaminants (JECFA) as well as EFSA confirmed the safety of aspartame as well as current ADI [13].

Assessing the intake of artificial sweeteners, with particular attention paid to children and adolescents as a group particularly vulnerable to higher intake, constituted the subject of numerous scientific studies [1, 8, 22, 44, 50]. Results similar to those presented herein were obtained in foreign studies, in which higher intake of artificial sweeteners was observed among children and adolescents compared to older population groups [5, 24, 30, 36, 39, 47, 49]. Swedish studies [28] presented excessive intake for cyclamates and saccharine, for which the intake estimated in the present study was significantly lower. The assessment of eating habits of primary and secondary school students from the quantitative and qualitative perspective points to frequent and relatively high consumption of flavored non-alcoholic drinks. It was stated in numerous studies [27, 31, 36, 39] that beverages of this kind constituted the main source of artificial sweeteners consumed. Likewise, a recent study of the dietary exposure of sweeteners which are most used globally showed that overall intakes remained within ADI guidance and ongoing monitoring was also advised in response to global dietary recommendation to lower sugar intake [6, 20, 21, 32, 42].

SUMMARY

Due to food industry offering a continuously expanding selection of products containing intense sweeteners, the significance of studies referring to the assessment of the intake of sweeteners as part of one's diet in comparison to Acceptable Daily Intake (ADI) values is increasing, contributing to the monitoring and the assessment of food safety. The mean daily intake of the analyzed intense sweeteners assessed with reference to ADI did not present safety concerns of the studied population groups. For each of these sweeteners the estimated daily intake was less than the ADI. Due to significantly higher intake of artificial additives observed among adolescents aged 14-16, significant for acesulfame K and cyclamates, this age

group should be treated as potentially more vulnerable, which may be connected with high consumption of flavoured non-alcoholic beverages, constituting their main source in diet. It is necessary for the studies to be continued, in particular among children and adolescents, as in these groups the dietary intake may be higher due to relatively higher intake of these substances per body mass unit. All intense sweeteners as well as other food additives permitted for use within the European Union are subject to the rigorous EFSA assessment. As part of these evaluations, evidence from scientific research is studied in detail. Sweeteners as sugar substitutes are useful as they allow consumers to choose a wide variety of food and beverages with different energy density levels, as part of a balanced diet.

PODSUMOWANIE

Ze względu na stale zwiększającą się ofertę rynkowych produktów zawierających intensywne substancje słodzące, badania związane z oceną ich pobrania z dietą w odniesieniu do dopuszczalnego dziennego pobrania Acceptable Daily Intake (ADI) nabierają istotnego znaczenia, stanowiąc element monitorowania i oceny bezpieczeństwa żywności. Na podstawie przeprowadzonych badań w grupie dzieci i młodzieży stwierdzono, że średnie dzienne spożycie intensywnych substancji słodzących oceniane w odniesieniu do ADI nie budziło obaw o bezpieczeństwo. Dla każdej z badanych substancji szacowane pobranie było mniejsze niż wartości ADI. Ze względu na stwierdzone znacznie większe ich pobranie wśród młodzieży w wieku 14-16 lat, istotne w przypadku acesulfamu K i cyklamianów, starszą młodzież szkolną należy traktować jako grupę o potencjalnie większym ryzyku pobrania, co może być związane z dużym spożyciem aromatyzowanych napojów bezalkoholowych, będących głównym ich źródłem w diecie. Niezbędne jest kontynuowanie badań monitoringowych, szczególnie w grupie dzieci i młodzieży, u których spożycie tych substancji może być większe z powodu stosunkowo większego ich pobrania na jednostkę masy ciała. Wszystkie intensywne substancje słodzące, podobnie jak i inne dodatki do żywności dopuszczone do stosowania w Unii Europejskiej, podlegają rygorystycznym ocenom EFSA. W ramach tych ocen bardzo szczegółowo analizowane są wyniki pochodzące z badań naukowych. Substancje słodzące stosowane jako substytuty cukru dają konsumentom możliwość wyboru żywności i napojów o różnym poziomie wartości energetycznej, co może być ważnym elementem zbilansowanej diety.

REFERENCES

- [1] ARCELLA D., C. LE DONNE, R. PICCINELLI, C. LECLERCQ. 2004. "Dietary estimated intake of intense sweeteners by Italian teenagers. Present levels and projections derived from the INRAN-RM-2001 food survey". *Food and Chemical Toxicology* 42 (4): 677-685.

REFERENCES

- [1] ARCELLA D., C. LE DONNE, R. PICCINELLI, C. LECLERCQ. 2004. "Dietary estimated intake of intense sweeteners by Italian teenagers. Present levels and projections derived from the INRAN-RM-2001 food survey". *Food and Chemical Toxicology* 42 (4): 677-685.

- [2] **AZAÏS-BRAESCO V., D. SLUIK, M. MAILLOT, F. KOK, L. A. MORENO. 2017.** “A review of total & added sugar intakes and dietary sources in Europe”. *Nutrition Journal* 16:6.
- [3] **BAILEY R.L., V.L. FULGONI, A.E. COWAN, P.C. GAINE. 2018.** “Sources of added sugars in young children, adolescents, and adults with low and high intakes of added sugars”. *Nutrients* 10(1): 102.
- [4] **BELC N., I. SMEU, A. MACRI, D. VALLAURI K. FLYNN. 2019.** “Reformulating foods to meet current scientific knowledge about salt, sugar and fats”. *Trends in Food Science & Technology* 84: 25–28.
- [5] **BUFFINI M., S. GOSCINNY, J. VAN LOCO, A.P. NUGENT, J. WALTON, A. FLYNN, M.J. GIBNEY, B.A. MCNULTY. 2018.** “Dietary intakes of six intense sweeteners by Irish adults”. *Food Additives and Contaminants Part A* 35 (3): 425–438.
- [6] **CAROCHO M., P. MORALES, I.C.F.R. FERREIRA. 2017.** “Sweeteners as food additives in the XXI century: a review of what is known, and what is to come.” *Food and Chemical Toxicology* 107:302–317.
- [7] **CHATTOPADHYAY S., U. RAYCHAUDHURI, R.J. CHAKRABORTY. 2014.** “Artificial sweeteners - a review.” *Journal of Food Science and Technology* 51: 611–21.
- [8] **DANIKA MARTYN M., A.P. NUGENT, B.A. MCNULTY, E. O'REILLY, C. TLUSTOS, J. WALTON, A. FLYNN, M. J. GIBNEY. 2016.** “Dietary intake of four artificial sweeteners by Irish pre-school children”. *Food Additives & Contaminants: Part A* 33(4): 592–602.
- [9] **DIMONACOR., N.A. MIELE, E.K. CABISIDAN, S. CAVELLA. 2018.** “Strategies to reduce sugars in food.” *Current Opinion in Food Science* 19:92-97.
- [10] **DURÁN AGÜERO S., L. ANGARITA DÁVILA, M.C. ESCOBAR CONTRERAS, D. ROJAS GÓMEZ, J. DE ASSIS COSTA. 2018.** “Noncaloric Sweeteners in Children: A Controversial Theme”. *BioMed Research International* 2018: 4806534.
- [11] **EDWARDS C.H., M. ROSSI, C.P. CORPE, P.J. BUTTERWORTH, P.R. ELLIS. 2016.** “The role of sugars and sweeteners in food, diet and health: Alternatives for the future.” *Trends in Food Science and Technology* 56: 158–166.
- [12] **EFSA 2012.** “Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food. Scientific opinion. Guidance for submission for food additive evaluations.” *EFSA Journal* 10: 2760.
- [13] **EFSA 2013.** “Scientific Opinion on the re-evaluation of aspartame (E 951) as a food additive.” *EFSA Journal* 11(12): 3496.
- [14] **EFSA 2014.** “Panel on Food Additives and Nutrient Sources Added to Food, 2014. Statement on a conceptual framework for the risk assessment of certain food additives re-evaluated under Commission Regulation (EU) No 257/2010.” *EFSA Journal* 12(6): 3697.

- [15] **EFSA 2011.** “European Food Safety Authority.” Scientific opinion on the substantiation of health claims related to intense sweeteners and contribution to the maintenance or achievement of a normal body weight (ID 1136, 1444, 4299), reduction of post-prandial glycaemic responses (ID 4298), maintenance of normal blood glucose concentrations (ID 1221, 4298), and maintenance of tooth mineralisation by decreasing tooth demineralisation (ID 1134, 1167, 1283) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 9(6): 2229.
- [16] **EFSA 2021.** “European Food Safety Authority.” webpage for “Sweeteners”. <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/sweeteners> (accessed May 2021).
- [17] **ERICKSON S., J. CARR. 2020.** “The technological challenges of reducing the sugar content of foods.” *Nutrition Bulletin* 45: 309–314.
- [18] **EUROPEAN COMMISSION 2008.** “Regulation (EC) No 1333/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on food additives.” *Official Journal of the European Union L 345*: 16–33.
- [19] **EUROPEAN COMMISSION 2011.** “Regulation (EU) No. 1129/2011 of 11 November 2011 amending Annex II to Regulation (EC) No. 1333/2008 of the European Parliament and of the Council by establishing a Union list of food additives.” *Official Journal of the European Union L 295*: 1–177.
- [20] **EUROPEAN COMMISSION 2010.** “Regulation (EU) No 257/2010 of 25 March 2010 setting up a programme for the re-evaluation of approved food additives in accordance with Regulation (EC) No 1333/2008 of the European Parliament and of the Council on food additives.” *Official Journal of the European Union L 80/19*.
- [21] **FITCH S.E., L.E. PAYNE, J.L. VAN DE LIGT, C. DOEPKER, D. HANDU, S.M. COHEN, D. WIKOFF. 2021.** “Use of acceptable daily intake (ADI) as a health-based benchmark in nutrition research studies that consider the safety of low-calorie sweeteners (LCS): a systematic map”. *BMC Public Health* 21(1): 1–11.
- [22] **GARAVAGLIA M.B., V.R. GARCIA, M.M.E. ZAPATA. 2018.** “Non-nutritive sweeteners: children and adolescent consumption and food sources”. *Archivos Argentinos de Pediatría* 116(3): 186–191.
- [23] **GIBSON S, M. ASHWELL, J. ARTHUR, L., BAGLEY A., LENNOX, P.J., ROGERS, S. STANNER. 2017.** “What can the food and drink industry do to help achieve the 5% free sugars goal?” *Perspectives in Public Health* 137(4): 237–247.
- [24] **GRECH A., C.O. KAM, L. GEMMING, A. RANGAN. 2018.** “Diet-quality and socio-demographic factors associated with non-nutritive sweetener use in the Australian population” *Nutrients* 10(7): 833.
- [25] **HABER L.T, M.L. DOURSON, B.C. ALLEN, R.C. HERTZBERG, A. PARKER, M.J. VINCENT, A. MAIER, A.R. BOOBIS. 2018.** “Benchmark
- [15] **EFSA 2011.** “European Food Safety Authority.” Scientific opinion on the substantiation of health claims related to intense sweeteners and contribution to the maintenance or achievement of a normal body weight (ID 1136, 1444, 4299), reduction of post-prandial glycaemic responses (ID 4298), maintenance of normal blood glucose concentrations (ID 1221, 4298), and maintenance of tooth mineralisation by decreasing tooth demineralisation (ID 1134, 1167, 1283) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 9(6): 2229.
- [16] **EFSA 2021.** “European Food Safety Authority.” webpage for “Sweeteners”. <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/sweeteners> (accessed May 2021).
- [17] **ERICKSON S., J. CARR. 2020.** “The technological challenges of reducing the sugar content of foods.” *Nutrition Bulletin* 45: 309–314.
- [18] **EUROPEAN COMMISSION 2008.** “Regulation (EC) No 1333/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on food additives.” *Official Journal of the European Union L 345*: 16–33.
- [19] **EUROPEAN COMMISSION 2011.** “Regulation (EU) No. 1129/2011 of 11 November 2011 amending Annex II to Regulation (EC) No. 1333/2008 of the European Parliament and of the Council by establishing a Union list of food additives.” *Official Journal of the European Union L 295*: 1–177.
- [20] **EUROPEAN COMMISSION 2010.** “Regulation (EU) No 257/2010 of 25 March 2010 setting up a programme for the re-evaluation of approved food additives in accordance with Regulation (EC) No 1333/2008 of the European Parliament and of the Council on food additives.” *Official Journal of the European Union L 80/19*.
- [21] **FITCH S.E., L.E. PAYNE, J.L. VAN DE LIGT, C. DOEPKER, D. HANDU, S.M. COHEN, D. WIKOFF. 2021.** “Use of acceptable daily intake (ADI) as a health-based benchmark in nutrition research studies that consider the safety of low-calorie sweeteners (LCS): a systematic map”. *BMC Public Health* 21(1): 1–11.
- [22] **GARAVAGLIA M.B., V.R. GARCIA, M.M.E. ZAPATA. 2018.** “Non-nutritive sweeteners: children and adolescent consumption and food sources”. *Archivos Argentinos de Pediatría* 116(3): 186–191.
- [23] **GIBSON S, M. ASHWELL, J. ARTHUR, L., BAGLEY A., LENNOX, P.J., ROGERS, S. STANNER. 2017.** “What can the food and drink industry do to help achieve the 5% free sugars goal?” *Perspectives in Public Health* 137(4): 237–247.
- [24] **GRECH A., C.O. KAM, L. GEMMING, A. RANGAN. 2018.** “Diet-quality and socio-demographic factors associated with non-nutritive sweetener use in the Australian population” *Nutrients* 10(7): 833.
- [25] **HABER L.T, M.L. DOURSON, B.C. ALLEN, R.C. HERTZBERG, A. PARKER, M.J. VINCENT, A. MAIER, A.R. BOOBIS. 2018.** “Benchmark

dose (BMD) modeling: current practice, issues, and challenges.” *Critical Reviews in Toxicology* 48: 387–415.

- [26] **HASHEM K. M., F.J. HE, G.A. MACGREGOR. 2019.** “Effects of product reformulation on sugar intake and health – A systematic review and meta-analysis. *Nutrition Reviews*” 77(3): 181–196.
- [27] **HUIZINGA O., M. HUBERT. 2017.** “The content of caloric and non-caloric sweeteners in soft drinks in Germany”. *Obesity Medicine* 6: 11–14.
- [28] **ILBÄCK N.G., M. ALZIN, S. JAHRL. 2003.** “Estimated intake of the artificial sweeteners acesulfame K, aspartame, cyclamate and saccharin in a group of Swedish diabetics”. *Food Additives and Contaminants* 20(2): 99–114.
- [29] **KANTOR M.A. 2002.** “Adverse reaction to food additives”. (In): Watson D. H (ed.) “Food chemical safety”. Volume 2: Additives, Woodhead Publishing Ltd: 145–170.
- [30] **LE DONNE C., L. MISTURA, S. GOSCINNY, S. JANVIER, K. CUYPERS, L. D’ADDEZIO, S. SETTE, G. CATASTA, M. FERRARI, R. PICCINELLI, J VAN LOCO, A. TURRINI. 2017.** “Assessment of dietary intake of 10 intense sweeteners by the Italian population”. *Food and Chemical Toxicology* 102: 186–197.
- [31] **LINO C., I. COSTA, A. PENA, R. FERREIRA, S.M. CARDOSO. 2018.** “Estimated intake of the sweeteners, acesulfame-K and aspartame, from soft drinks, soft drinks based on mineral waters and nectars for a group of Portuguese teenage students”. *Food Additives and Contaminants Part A* 25(11): 1291–1296.
- [32] **MARTYN D., M. DARCH, A. ROBERTS, H.Y. LEE, T. YAQIONG TIAN, N. KABURAGI, P. BELMAR. 2018.** “Low-/No-Calorie Sweeteners.” *A Review of Global Intakes. Nutrients* 10: 357.
- [33] **MOORADIAN A.D., M. SMITH, M. TOKUDA. 2017.** “The role of artificial and natural sweeteners in reducing the consumption of table sugar: A narrative review.” *Clinical Nutrition ESPEN* 18: 1–8.
- [34] **MORA M.R., R. DANDO. 2021.** “The sensory properties and metabolic impact of natural and synthetic sweeteners.” *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 20: 1554–1583.
- [35] **MYSZKOWSKA-RYCIĄK J., A. HARTON, D. GAJEWSKA, S. BAWA. 2010.** „Środki słodzące w profilaktyce i leczeniu otyłości.” *Kosmos – Problemy Nauk Biologicznych* 59: 365–37.
- [36] **NUNN R., L. YOUNG, C. MHURCHU. 2021.** “Prevalence and Types of Non-Nutritive Sweeteners in the New Zealand Food Supply, 2013 and 2019”. *Nutrients* 13(9): 3228.
- [37] **PERRAR I., S. SCHMITTING, K.W. DELLA CORTE, A.E. BUYKEN, U. ALEXY. 2020.** “Age and time trends in sugar intake among children and adolescents: Results from the DONALD study”. *European Journal of Nutrition* 59(3): 1043–1054.

dose (BMD) modeling: current practice, issues, and challenges.” *Critical Reviews in Toxicology* 48: 387–415.

- [26] **HASHEM K. M., F.J. HE, G.A. MACGREGOR. 2019.** “Effects of product reformulation on sugar intake and health – A systematic review and meta-analysis. *Nutrition Reviews*” 77(3): 181–196.
- [27] **HUIZINGA O., M. HUBERT. 2017.** “The content of caloric and non-caloric sweeteners in soft drinks in Germany”. *Obesity Medicine* 6: 11–14.
- [28] **ILBACK N.G., M. ALZIN, S. JAHRL. 2003.** “Estimated intake of the artificial sweeteners acesulfame K, aspartame, cyclamate and saccharin in a group of Swedish diabetics”. *Food Additives and Contaminants* 20(2): 99–114.
- [29] **KANTOR M.A. 2002.** “Adverse reaction to food additives”. (In): Watson D. H (ed.) “Food chemical safety”. Volume 2: Additives, Woodhead Publishing Ltd: 145–170.
- [30] **LE DONNE C., L. MISTURA, S. GOSCINNY, S. JANVIER, K. CUYPERS, L. D’ADDEZIO, S. SETTE, G. CATASTA, M. FERRARI, R. PICCINELLI, J VAN LOCO, A. TURRINI. 2017.** “Assessment of dietary intake of 10 intense sweeteners by the Italian population”. *Food and Chemical Toxicology* 102: 186–197.
- [31] **LINO C., I. COSTA, A. PENA, R. FERREIRA, S.M. CARDOSO. 2018.** “Estimated intake of the sweeteners, acesulfame-K and aspartame, from soft drinks, soft drinks based on mineral waters and nectars for a group of Portuguese teenage students”. *Food Additives and Contaminants Part A* 25(11): 1291–1296.
- [32] **MARTYN D., M. DARCH, A. ROBERTS, H.Y. LEE, T. YAQIONG TIAN, N. KABURAGI, P. BELMAR. 2018.** “Low-/No-Calorie Sweeteners.” *A Review of Global Intakes. Nutrients* 10: 357.
- [33] **MOORADIAN A.D., M. SMITH, M. TOKUDA. 2017.** “The role of artificial and natural sweeteners in reducing the consumption of table sugar: A narrative review.” *Clinical Nutrition ESPEN* 18: 1–8.
- [34] **MORA M.R., R. DANDO. 2021.** “The sensory properties and metabolic impact of natural and synthetic sweeteners.” *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 20: 1554–1583.
- [35] **MYSZKOWSKA-RYCIĄK J., A. HARTON, D. GAJEWSKA, S. BAWA. 2010.** „Środki słodzące w profilaktyce i leczeniu otyłości.” *Kosmos – Problemy Nauk Biologicznych* 59: 365–37.
- [36] **NUNN R., L. YOUNG, C. MHURCHU. 2021.** “Prevalence and Types of Non-Nutritive Sweeteners in the New Zealand Food Supply, 2013 and 2019”. *Nutrients* 13(9): 3228.
- [37] **PERRAR I., S. SCHMITTING, K.W. DELLA CORTE, A.E. BUYKEN, U. ALEXY. 2020.** “Age and time trends in sugar intake among children and adolescents: Results from the DONALD study”. *European Journal of Nutrition* 59(3): 1043–1054.

- [38] **POSITION. 2021.** “Position of the Polish Society of Obesity Research and Diabetes Poland on the use of low-calorie sweeteners”. [In:] 2021 Guidelines on the management of patients with diabetes. A position of Diabetes Poland. *Clinical Diabetology* 10(1): 102–103.
- [39] **REDRUELLO-REQUEJO M., M. GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, M.D.L. SAMANIEGO-VAESKEN, A. MONTERO-BRAVO, T. PARTEARROYO, G. VARELA-MOREIRAS. 2021.** “Low- and no-calorie sweetener (LNCS) consumption patterns amongst the Spanish adult population”. *Nutrients*: 13: 1845.
- [40] **RUSSELL C., C. GRIMES, P. BAKER, K. SIEVERT, M. LAWRENCE. 2020.** “The drivers, trends and dietary impacts of non-nutritive sweeteners in the food supply: A narrative review.” *Nutrition Research Reviews* 1: 24.
- [41] **SAMUEL DURÁN A., L. ANGARITA DÁVILA, M.C. ESCOBAR CONTRERAS, D. ROJAS GÓMEZ, J. DE ASSIS COSTA. 2018.** “Noncaloric Sweeteners in Children: A Controversial Theme”. *BioMed Research International*: 1–7.
- [42] **STANNER S.A., A. SPIRO. 2020.** “Public health rationale for reducing sugar: Strategies and challenges.” *Nutrition Bulletin* 45: 253–270.
- [43] **ŚWIĄDER K., B. WASZKIEWICZ-ROBAK, F. ŚWIDERSKI. 2011.** „Substancje intensywnie słodzące – korzyści i zagrożenia”. *Problemy Higieny i Epidemiologii* 92(3): 392–396.
- [44] **SYLVETSKY A.C., Y. JIN, E.J. CLARK, J.A. WELSH, K.I. ROTHER, S.A. TALEGAWKAR. 2017.** “Consumption of low-calorie sweeteners among children and adults in the United States”. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics* 117(3): 441–448.
- [45] **TOEWS I., S. LOHNER, D.K. DE GAUDRY, H. SOMMER, J.J. MEERPOHL. 2019.** “Association between intake of non-sugar sweeteners and health outcomes: Systematic review and meta-analyses of randomised and non-randomised controlled trials and observational studies”. *BMJ* 364, k4718.
- [46] **TURNER A., M. VEYSEY, S. KEELY, C.J. SCARLETT, M. LUCOCK, E.L. BECKETT. 2020.** “Intense Sweeteners, Taste Receptors and the Gut Microbiome: A Metabolic Health Perspective. *International Journal of Environmental Research and Public Health*”17(11): 4094.
- [47] **VIN K., A. CONNOLLY, T. MCCAFFREY, A. MCKEVITT, C. O’MAHONY, M. PRIETO, D. TENNANT, A. HEARTY, J.L. VOLATIER. 2013.** “Estimation of the dietary intake of 13 priority additives in France, Italy, the UK and Ireland as part of the FACET project”. *Food Additives and Contaminants Part A*, 30(12): 2050–2080.
- [48] **World Health Organization (WHO). 2015.** “Guideline: Sugars intake for adults and children”. Geneva: World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549028>
- [38] **POSITION. 2021.** “Position of the Polish Society of Obesity Research and Diabetes Poland on the use of low-calorie sweeteners”. [In:] 2021 Guidelines on the management of patients with diabetes. A position of Diabetes Poland. *Clinical Diabetology* 10(1): 102–103.
- [39] **REDRUELLO-REQUEJO M., M. GONZALEZ-RODRIGUEZ, M.D.L. SAMANIEGO-VAESKEN, A. MONTERO-BRAVO, T. PARTEARROYO, G. VARELA-MOREIRAS. 2021.** “Low- and no-calorie sweetener (LNCS) consumption patterns amongst the Spanish adult population”. *Nutrients*: 13: 1845.
- [40] **RUSSELL C., C. GRIMES, P. BAKER, K. SIEVERT, M. LAWRENCE. 2020.** “The drivers, trends and dietary impacts of non-nutritive sweeteners in the food supply: A narrative review.” *Nutrition Research Reviews* 1:24.
- [41] **SAMUEL DURAN A., L. ANGARITA DAVILA, M.C. ESCOBAR CONTRERAS, D. ROJAS GOMEZ, J. DE ASSIS COSTA. 2018.** “Noncaloric Sweeteners in Children: A Controversial Theme”. *BioMed Research International*: 1–7.
- [42] **STANNER S.A., A. SPIRO. 2020.** “Public health rationale for reducing sugar: Strategies and challenges.” *Nutrition Bulletin* 45: 253-270.
- [43] **SWIADER K., B. WASZKIEWICZ-ROBAK, F. SWIDERSKI. 2011.** „Substancje intensywnie słodzące - korzyści i zagrożenia”. *Problemy Higieny i Epidemiologii* 92(3): 392–396.
- [44] **SYLVETSKY A.C., Y. JIN, E.J. CLARK, J.A. WELSH, K.I. ROTHER, S.A. TALEGAWKAR. 2017.** “Consumption of low-calorie sweeteners among children and adults in the United States”. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics* 117(3): 441–448.
- [45] **TOEWS I., S. LOHNER, D.K. DE GAUDRY, H. SOMMER, J.J. MEERPOHL. 2019.** “Association between intake of non-sugar sweeteners and health outcomes: Systematic review and meta-analyses of randomised and non-randomised controlled trials and observational studies”. *BMJ* 364, k4718.
- [46] **TURNER A., M. VEYSEY, S. KEELY, C.J. SCARLETT, M. LUCOCK, E.L. BECKETT. 2020.** “Intense Sweeteners, Taste Receptors and the Gut Microbiome: A Metabolic Health Perspective. *International Journal of Environmental Research and Public Health*”17(11): 4094.
- [47] **VIN K., A. CONNOLLY, T. MCCAFFREY, A. MCKEVITT, C. O’MAHONY, M. PRIETO, D. TENNANT, A. HEARTY, J.L. VOLATIER. 2013.** “Estimation of the dietary intake of 13 priority additives in France, Italy, the UK and Ireland as part of the FACET project”. *Food Additives and Contaminants Part A*, 30(12): 2050–2080.
- [48] **World Health Organization (WHO). 2015.** “Guideline: Sugars intake for adults and children”. Geneva: World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549028>

- [49] **WANG Y., L. CHENGGUO, L. DENGKUN, Y. HUAMEI, L. XIAOCHENG, J. DI, X.WEI, G. BAOFU. 2021.** “Estimated assessment of dietary exposure to artificial sweeteners from processed food in Nanjing, China”. *Food Additives & Contaminants Part A* 38:7, 1105–1117.
- [50] **YOUNG J., E.M. CONWAY, K.I. ROTHER, A.C. SYLVETSKY. 2019.** “Low-calorie sweetener use, weight, and metabolic health among children: A mini-review”. *Pediatric Obesity* 14(8): e12521.

- [49] **WANG Y., L. CHENGGUO, L. DENGKUN, Y. HUAMEI, L. XIAOCHENG, J. DI, X.WEI, G. BAOFU. 2021.** “Estimated assessment of dietary exposure to artificial sweeteners from processed food in Nanjing, China”. *Food Additives & Contaminants Part A* 38:7, 1105–1117.
- [50] **YOUNG J., E.M. CONWAY, K.I. ROTHER, A.C. SYLVETSKY. 2019.** “Low-calorie sweetener use, weight, and metabolic health among children: A mini-review”. *Pediatric Obesity* 14(8): e12521.

Dr hab. inż. Katarzyna SZWEDZIAK, prof. PO

Mgr inż. Dominika KOTYSZ

Inż. Marek ZBARASZCZUK

Department of Biosystems Engineering, Faculty of Production Engineering and Logistics
Opole University of Technology, Poland

WINTER BARLEY CULTIVATION INCLUDING CLIMATE CHANGES AND SOIL®

Uprawa jęczmienia ozimego w tym zmiany klimatu i gleby®

Key words: barley, crop cultivation, quality, food production, brewing barley.

The increasing demand for the production of cereals, both in Poland and in the world, puts farmers face a major challenge due to the constantly changing climatic and soil conditions. A sustainable policy of managing natural resources limits or excludes use of plant protection products and pesticides. Cultivation of cereal varieties with high resistance to pests as well as climate and soil changes constitute a new challenge for plant production. The article presents the results of field research on Winter Barley cultivation – Kanagoo and cultivars Conchita taking into account the changing soil and climatic conditions. From the obtained research, it can be concluded that the results achieved by the Kangoo variety could have been influenced by the application of two-treatment protection and the earlier sowing date. The lower protein content of the Conchita variety, despite the use of a higher dose of nitrogen, is a species characteristic of this variety.

Słowa kluczowe: jęczmień, uprawa roślin, jakość, produkcja żywności, jęczmień browarny.

Rosnący popyt na produkcję zbóż, zarówno w Polsce, jak i na świecie, stawia przed rolnikami duże wyzwanie ze względu na stale zmieniające się warunki klimatyczne i glebowe. Zrównoważona polityka zarządzania zasobami naturalnymi ogranicza lub wyklucza stosowanie środków ochrony roślin i pestycydów. Uprawa odmian zbóż o wysokiej odporności na szkodniki oraz zmiany klimatyczne i glebowe stanowią nowe wyzwanie dla produkcji roślinnej. W artykule przedstawiono wyniki badań polowych uprawy jęczmienia ozimego – Kanagoo i odmian Conchita z uwzględnieniem zmieniających się warunków glebowych i klimatycznych. Z przeprowadzonych badań można wnioskować, że na wyniki uzyskane w przypadku odmiany Kangoo mogło mieć wpływ zastosowanie ochrony dwuzabiegowej oraz wcześniejszy termin siewu. Niższa zawartość białka odmiany Conchita, pomimo zastosowania wyższej dawki azotu, wskazuje na to, że jest to cecha charakterystyczna dla tej odmiany.

INTRODUCTION

In 2019, the domestic production of cereals in Poland amounted to 28.9 million tons, while in 2021 this production exceeded the threshold of 30.7 tons. Increasing the production of grains such as wheat, corn, canola, barley and others [5]. Barley is one of the grasses that occur in different climatic zones. The structure of the plant consists of roots, stalks, which end with an inflorescence in the form of leaves and ear. A large part of the barley kernel forms is drenched, and the chaff is fused with the kernel, but recently the chaff-less, naked forms have started to gain importance [3]. As emphasized by Żur et al., temperature variation plays a key role in the cultivation of barley, as it is one of the plants that is not very resistant to frost [6, 12].

Leszczyńska et al. emphasizes that many species of barley winter has the highest tolerance to spring drought due to early ripening and better use of winter water reserves [6, 7, 12]. In

contrast to Western European countries, there is a forecast for steady increase in the cultivation of winter barley in Poland. Previously, numerous scientific studies were carried out on the use of nitrogen fertilizers [1, 2, 4, 8, 9, 11]. Other studies have focused on the analysis of the optimal sowing date [7]. It is important to use a good grade of material for the production of good quality beer. Breweries that purchase crops require the producer to meet certain criteria. The most important criterion for assessing the value of purchased barley is the % protein content in the dry matter of grains. It should contain up to 11.5% of protein, and 8.5% is not eligible for purchase [10]. Inadequate amount of protein lowers the starch content and causes the beer to become cloudy. Other features, which the malting barley buyer requires is the grain moisture of 15%, impurities – no more than 3% and grain uniformity – over 90%. All these factors influence the further production of barley malt [10].

PURPOSE AND SCOPE OF WORK

The aim of the study was to analyze and present agrotechnics along with the characteristics of overlaps of malting barley grown in changing soil and climatic conditions of the Prudnik commune in the Opole region. The scope of work included carrying out field tests with the participation of two Winter Barley cultivars in the cultivation field in the Prudnik commune.

RESEARCH METHODOLOGY

The field research was carried out in the Prudnik commune in the Opole region, and the period of cereal vegetation lasts about 180–200 days. The beginning of vegetation takes place between the third decade of March and the first decade of April. The average sum of precipitations is around 750 mm / year, and the average air humidity is 78%. The average annual temperature is around 8° C and from year to year shows an upward trend. During the growing season, the average temperature is approx. 14.2° C. Winter Barley of the Kangoo and Conchita cultivars were used in the yield study. The field research was carried out on an agricultural plot of 19.77 ha, the plot was divided into two parts, part I – 8.9 ha, and part II – 10.87 ha, and field experiments were carried out on the first part of the plot. In a given area, the prevailing soil valuation class is III b, moreover, in a small part there are III a and IV a. Before pre-sowing fertilization, the soil was analyzed for the content of macronutrients, and soil samples were taken in 4 places.

Preparation of the research substrate

Post-harvest tillage was performed with a disc harrow, thanks to which the stubble was removed and the harvest residues were mixed to a depth of 8 cm. This procedure was carried out in the third decade of August, then it was repeated in the second decade of September. Then the disc harrow was operated at a depth of 12 cm. I made a spinning plowing in the so-called sharp ridge plough at the beginning of the third decade of October.



Fig. 1. Post-harvest tillage with the use of a disc harrow.
Rys. 1. Uprawa późniwna broną talerzową.

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne

I performed the spring agriculture work at the end of March 2021, after having previously spread NPK fertilizers. The cultivation depth with a narrow-leg cultivator with

string rollers was approx. 7 cm. This treatment smoothed and compacted the top layer of soil and mixed the fertilizer previously spread.



Fig. 2. Cultivating the soil.

Rys. 2. Uprawa gleby.

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne

Knowing the abundance of the soil in available forms of P_2O_5 and K_2O , it was determined based on the fertilizer dose table for a field of 8.9 ha, which was previously divided into 4 plots. The applied doses of phosphorus and potassium have been presented in Table 1.

Potassium salt (60% K_2O) and Polidap (18% N; 46% P_2O_5) were used for fertilization. The doses of fertilization with Potassium Salt and Polidap have been presented in Table 1.

Table 1. Applied doses of P_2O_5 , K_2O and Potassium Salt (60% K_2O) and Polidap (18% N; 46% P_2O_5)

Tabela 1. Zastosowane dawki P_2O_5 , K_2O i Sól Potasowa (60% K_2O) oraz Polidap (18% N; 46% P_2O_5)

Quarter	P_2O_5 [kg/ha]	K_2O [kg/ha]	A dose of Potassium Salt [kg/ha]	A dose of Polidap [kg/ha]
1	70	60	100	152
2	50	50	84	109
3	70	60	100	152
4	50	50	84	109

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne

Table 2. Applied nitrogen doses per plot of land

Tabela 2. Zastosowane dawki azotu na działkę

Quarter	Nitrogen from Polydap [kg/ha]	Supplementing Kędzierzyn Ammonium Saltpetre [kg/ha]	A dose of Kędzierzyn Ammonium Saltpetre
1	27	23	72
2	20	30	94
3	27	23	72
4	20	30	94

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne

Polidap phosphorus fertilizer, apart from phosphorus, also contains 18% of nitrogen. When determining the nitrogen dose, I took into account the contained nitrogen in the Polidap fertilizer. Without knowing the soil's abundance in the form of available nitrogen, the dose for the entire field was 8.9 ha, for 50 kg N / ha based on presented Table 2. Used once, entirely before in pre-sowing. In order to supplement the nitrogen dose, I chose Kędzierzyn Ammonium Saltpetre 32% N. The doses required for the supplement have been presented in Table 2.

Prepared variety Kangoo seed of malting spring barley, was sown to a depth of 3 – 4 cm at the end of March 2021 by using a cultivating and sowing unit. The sowing density was 350 seeds/m². The data for the calculation of the sowing amount was given on the label of the seed packaging which is MTN – 44 g and a germination capacity of 95%.

Sowing

The emerging malting Kangoo variety spring barley from the date of sowing (23-24 March 2021) to the first decade of April, was problematic. The lack of rainfall at that time and the sunny weather were not favorable for growth. In the tillering phase, the barley density per 1 m² was 300-310 plants. In the 2nd and 3rd decade of April there was little rainfall in the Prudnik commune, after which the condition of the barley improved. During this period, it was possible to improve the propagation of plants by applying an additional dose of nitrogen, which was provided in the form of top dressing or by foliar fertilization. However, such practices were abandoned due to the risk of increasing the protein content in the grain.

Spraying and pest control

In the initial stage of tillering, the field was inspected for weeds. The following dicotyledonous weeds that exceeded the harmfulness thresholds have been observed on the plantation: clinging weeds, field violet, self-seeding rapeseed. In addition to these weeds, also other dicotyledonous weeds were observed, but their severity was less. In order to control the above-mentioned weeds, the herbicide Lintur 70 WG was applied in the maximum dose dedicated to spring barley, amounting to 150 g / ha. The procedure was performed with a sprayer within one month of sowing the seeds. The presence of weeds was effectively eliminated. Monocotyledonous weeds, i.e. grain broom or oats deaf in the plantation did not occur.

At the end of the tillering phase, and at the beginning of the stem shooting phase, a disease appeared on plants – powdery mildew of cereals and grasses. In order to control this disease, a full spray rate of 1 l / ha was applied to the plant protection agent Tilt Turbo 575EC. A retardant in the form of Cerone 480SL was also used when the second elbow appeared at the dose of 0.75 l / ha. When carrying out the first fungicide treatment, it was used additionally the Karate Zeon 050 CS insecticide at a dose of 0.1 l/ha. During the second verification of the growth and development of barley (May 28, 2021), the appearance of cereal horsetail was observed. Later, there were no indications to repeat the protection treatments for malting spring barley of the Kangoo variety.



Fig. 3. Conducting protective spraying.
Rys. 3. Przeprowadzanie natrysku ochronnego.

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne

Harvest

The harvest was carried out in one stage with the use of the Bizon harvester on August 1, 2021. The maturity of the grain is shown in Figure [4].



Fig. 4. Maturity of Winter Barley grain before harvest.
Rys. 4. Dojrzałość ziarna jęczmienia ozimego przed zbiorem.

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne

ANALYSIS AND DISCUSSION OF THE RESULTS

The results of the research and the field conditions of the experiments of individual experimental points were carried out and published by the Central Research Center for Cultivar Testing (COBORU). Below I present the characteristics of the Conchita variety (Table 3) and the field conditions in which the experiment at HR DANKO in Modzurów was conducted (Table 3).

Table 3. Conchita variety profile, elaboration: [13]

* a₁ – average level of agricultural technology

* a₂ – high level of agrotechnics

9° scale:

1 - the least favorable evaluation

Tabela 3. Profil odmiany Conchita, opracowanie: [13]

*a₁ – średni poziom techniki rolniczej

*a₂ – wysoki poziom agrotechniki

Skala 9°:

1 - ocena najmniej korzystna

Direction	brewing
Year of entry into the National Register	2020
Yield-forming properties	
Grain yield a ₁ [% of reference]	99
Grain yield a ₂ [% of reference]	100
The mass of 1000 grains	50
Disease resistance	
Powdery mildew	8,5
Net blotch	7,5
Barley rust	7,7
Rynchosporiasis	8
Black spot	7,6
Agricultural and utility features	
Reaction to Alt ++ [9° scale]	5
Plant height	68
Lodging [9° scale]	6,5
Waxy maturity	196
Quality	
Grain equalization (2.5 mm) [%]	92
loose grain density [9° scale]	5
protein content	5
Synthetic evaluation	6,7
Extractiveness	7

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne

Table 4. Field conditions of the experiment according to [14] suitability 9 – the most favorable assessment

Tabela 4. Warunki terenowe eksperymentu według [14] przydatności 9 – najkorzystniejsza ocena

Description	HR DANKO Modzurów, Raciborski
agricultural soil usefulness	2
valuation class	II
soil pH	6,48
forecrop	Winter oilseed rape
date of sowing	28.03.2021
grain cast	300
harvest date	31.08.2021
grain moisture during harvest	15,2%
Mineral fertilization	
N at the level of a ₁ [kg / ha]	40
N at the level of a ₂ , [kg / ha]	80
P ₂ O ₅ [kg / ha]	36
K ₂ O [kg / ha]	161
Protection products	
Seed dressing	Kinto Duo 80 FS
Herbicides	Lintur 70 WG 150 [g/ha]
Insecticides	Danadim 400 EC 0,5 l/ha[]
Only at the level a₂	
Fungicides	Prosaro 250 EC 1 [l/ha]
Fungicides	–
Growth Regu	Cerone 480 SL 0,75 [l/ha]

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne

The grain yield at the level of agrotechnics a₂, which was obtained in the HR of DANKO Modzurów of. Conchita variety, was 92% of the standard, where 100% of the standard was 75.5 dt. After conversion, 92% gave the achieved yield of 69.5 dt. In the area of the Prudnik commune, the studied variety of spring malting barley Kangoo yielded at the level of 71.3 dt, which gave 94.5% of the COBORU standard from the

Racibórz District. The next points of comparison are presented in the table below. (Tab. 5).

Table 5. Comparison of the two barley varieties

Tabela 5. Porównanie dwóch odmian jęczmienia

Parameter	Kangoo – Prudnik	Commune Conchita – Raciborski District
Crop dt	71,3	69,5
Crop %	94,5	92
Grain moisture at harvest	13,25	15,2
Protein content	10,65	9,2

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne

The Kangoo barley variety, compared to the Conchita variety, looks better despite the poorer soil conditions and the soil's lower nutrient abundance. The results achieved by the Kangoo variety could have been influenced by the application of two-treatment protection and an earlier sowing date. The lower protein content of the Conchita variety, despite the use of a higher dose of nitrogen, is a species characteristic of this variety.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

1. It has been proved that under given soil and climatic conditions a favorable and high yield of winter barley was obtained. The Kangoo variety achieved a higher yield compared to the Conchita variety.
2. The obtained parameters of the winter barley of the Kangoo variety were satisfactory and put it in the leading position in the production for the brewing industry.
3. The input of work and the processes performed did not constitute exceptions to the basic agrotechnical procedures.
4. The obtained crops may be the result of favorable weather and climatic and soil conditions in a given year.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

1. Wykazano, że w danych warunkach glebowo-klimatycznych uzyskano korzystny i wysoki plon jęczmienia ozimego. Odmiana Kangoo dała wyższy plon w porównaniu z odmianą Conchita.
2. Uzyskane parametry jęczmienia ozimego odmiany Kangoo były zadowalające i stawiały go na czołowej pozycji w produkcji dla przemysłu piwowarskiego.
3. Nakład pracy i wykonywane procesy nie różniły się od podstawowych zabiegów agrotechnicznych.
4. Uzyskiwane plony mogą być wynikiem sprzyjających warunków pogodowych i klimatyczno-glebowych w danym roku.

REFERENCE

- [1] **CHRZANOWSKA-DROŹDŹ, B., KACZMAREK K. 2007.** „Plonowanie odmian jęczmienia ozimego w warunkach zróżnicowanej technologii uprawy”. *Fragm. Agron.* 24(3): 34–40.
- [2] **GANDECKI R., R. WACŁAWOWICZ. 2006.** „Ocena działania następczego nawożenia organicznego i bezpośredniego mineralnego nawożenia azotowego na plon jęczmienia ozimego”. *Pam. Puł.* 142: 93–103.
- [3] **GAŚIOROWSKI H. 1997.** *Jęczmień, chemia i technologia.* Poznań: Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.
- [4] **KASSU T., D. HABTE, W. ADMASU, A. ADMASU, B. ABDULKADIR, A. TADESSE, A. MEKONNEN, A. DEBEBE. 2021.** “Effects of preceding crops and nitrogen fertilizer on the productivity and quality of malting barley in tropical environment”. *Heliyon.*
- [5] **KRAJOWY OŚRODEK WSPARCIA ROLNICTWA. 2019.** *Informacja o sytuacji rynku zbóż.* Biuro Analiz i Strategii KOWR.
- [6] **LESZCZYŃSKA D., K. NOWOROLNIK. 2017.** „Plonowanie jęczmienia ozimego dwurzędowego w zależności od gęstości i terminu siewu”. *Fragm. agron.* 34(1): 40–48.

REFERENCE

- [1] **CHRZANOWSKA-DROZDZ, B., KACZMAREK K. 2007.** „Plonowanie odmian jęczmienia ozimego w warunkach zróżnicowanej technologii uprawy”. *Fragm. Agron.* 24(3): 34–40.
- [2] **GANDECKI R., R. WACŁAWOWICZ. 2006.** „Ocena działania następczego nawożenia organicznego i bezpośredniego mineralnego nawożenia azotowego na plon jęczmienia ozimego”. *Pam. Puł.* 142: 93–103.
- [3] **GASIOROWSKI H. 1997.** *Jęczmień, chemia i technologia.* Poznań: Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.
- [4] **KASSU T., D. HABTE, W. ADMASU, A. ADMASU, B. ABDULKADIR, A. TADESSE, A. MEKONNEN, A. DEBEBE. 2021.** “Effects of preceding crops and nitrogen fertilizer on the productivity and quality of malting barley in tropical environment”. *Heliyon.*
- [5] **KRAJOWY OSRODEK WSPARCIA ROLNICTWA. 2019.** *Informacja o sytuacji rynku zbóż.* Biuro Analiz i Strategii KOWR.
- [6] **LESZCZYŃSKA D., K. NOWOROLNIK. 2017.** „Plonowanie jęczmienia ozimego dwurzędowego w zależności od gęstości i terminu siewu”. *Fragm. agron.* 34(1): 40–48.

- [7] **NOWOROLNIK K. 2007.** „Znaczenie terminu i gęstości siewu w uprawie jęczmienia ozimego”. *Studia i Raporty IUNG-PIB* 9: 47–54.
- [8] **NOWOROLNIK K., D. LESZCZYŃSKA, T. DWORAKOWSKI, A. SULEK. 2009.** „Wpływ odmiany i nawożenia azotem na plonowanie jęczmienia ozimego”. *Fragm. Agron.* 26(2): 89–95.
- [9] **RAJ K. SHRESTHA. 2019.** “Agronomic Management of Malting Barley and Research Needs to Meet Demand by the Craft Brew Industry”. *Agronomy Journal*.
- [10] **ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (WE) NR 687/2008** z dnia 18 lipca 2008 r. ustanawiające procedury przejścia zbóż przez agencje płatnicze lub agencje interwencyjne oraz metody analizy do oznaczania jakości zbóż.
- [11] **BAETHGEN E., C. B. CHRISTIANSON, A. G. LAMOTHE. 1995.** “Nitrogen fertilizer effects on growth, grain yield, and yield components of malting barley”. *Field Crops Research*, Volume 43, Issues 2–3, Pages: 87–99
- [12] **ŻUR I., E. DUBAS, S. MALAGA, F. JANOWIAK, A. JANECZKO, M. RAPACZ, T. HURA, P. WALIGÓRSKI, A. OSTROWSKA, M. WÓJCIK-JAGŁA. 2019.** „Identyfikacja czynników determinujących odporność jęczmienia ozimego (*Hordeum vulgare* L.) na suszę i mróz”. Kraków: Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin nr. 286.
- [13] <http://www.kws-lochow.pl/odmiany/wszystkie-odmiany/zboze/jeczmienn-jary/odmiana/conchita.html> (2021)
- [14] http://www.coboru.pl/PlikiWynikow/41_2012_IN_1_.pdf (2020)

- [7] **NOWOROLNIK K. 2007.** „Znaczenie terminu i gęstości siewu w uprawie jęczmienia ozimego”. *Studia i Raporty IUNG-PIB* 9: 47–54.
- [8] **NOWOROLNIK K., D. LESZCZYŃSKA, T. DWORAKOWSKI, A. SULEK. 2009.** „Wpływ odmiany i nawożenia azotem na plonowanie jęczmienia ozimego”. *Fragm. Agron.* 26(2): 89–95.
- [9] **RAJ K. SHRESTHA. 2019.** “Agronomic Management of Malting Barley and Research Needs to Meet Demand by the Craft Brew Industry”. *Agronomy Journal*.
- [10] **ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (WE) NR 687/2008** z dnia 18 lipca 2008 r. ustanawiające procedury przejścia zbóż przez agencje płatnicze lub agencje interwencyjne oraz metody analizy do oznaczania jakości zbóż.
- [11] **BAETHGEN E., C. B. CHRISTIANSON, A. G. LAMOTHE. 1995.** “Nitrogen fertilizer effects on growth, grain yield, and yield components of malting barley”. *Field Crops Research*, Volume 43, Issues 2–3, Pages: 87–99
- [12] **ŻUR I., E. DUBAS, S. MALAGA, F. JANOWIAK, A. JANECZKO, M. RAPACZ, T. HURA, P. WALIGÓRSKI, A. OSTROWSKA, M. WÓJCIK-JAGŁA. 2019.** „Identyfikacja czynników determinujących odporność jęczmienia ozimego (*Hordeum vulgare* L.) na suszę i mróz”. Kraków: Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin nr. 286.
- [13] <http://www.kws-lochow.pl/odmiany/wszystkie-odmiany/zboze/jeczmienn-jary/odmiana/conchita.html> (2021)
- [14] http://www.coboru.pl/PlikiWynikow/41_2012_IN_1_.pdf (2020)

Mgr inż. Paulina Luiza WIZA
 Department of Economics and Economic Policy in Agribusiness
 University of Life Sciences in Poznan, Poland
 Katedra Ekonomii i Polityki Gospodarczej w Agrobiznesie
 Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Polska

THE PHENOMENON OF FOOD TERRORISM – A CONTEMPORARY CHALLENGE FOR ENSURING GLOBAL FOOD SECURITY®

Zjawisko terroryzmu żywnościowego współczesnym wyzwaniem dla
 zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego na świecie®

Key words: food terrorism, food security, food industry.

The aim of this article is to discuss the phenomenon of food terrorism along with identifying threat factors and determining the potential consequences of its occurrence. Food terrorism is a new phenomenon which poses a challenge for the food industry in the 21st century. It consists in intentional contamination of food using biological, chemical and physical substances. Intentional food contamination may occur at any stage of food production. In order to achieve the goal, a literature study was conducted, on the basis of which it was stated that the issue of food terrorism is a new phenomenon in the economy, while the methods used by terrorists and the potential consequences of the threat are not fully known.

INTRODUCTION

Food is the primary source for human beings to satisfy their hunger by providing them with energy and taste sensations. Regulation (EC) No 178/2002 of the European Parliament and of the Council of 28 January 2002 states that food „*is any substance or product, whether processed, partially processed or unprocessed, intended to be, or reasonably expected to be ingested by humans*” [6].

The second half of the twentieth century and the beginning of the twenty-first century brought a new security threat to humanity. The world has faced a new challenge – terrorism [8]. The primary intention of terrorists is to intimidate the public and create feelings of terror and panic. One of the tools that terrorist organisations can use is food. For any country, the food sector and its production are important challenges for both the local and the global economy.

The development of terrorism is favoured by such factors as: globalisation, freedom of movement (of people and goods), lack of stability in many countries (both political and economic) e.g. Middle Eastern countries, religious conflicts [11].

Słowa kluczowe: terroryzm żywnościowy, bezpieczeństwo żywnościowe, przemysł spożywczy.

Celem artykułu jest omówienie zjawiska terroryzmu żywnościowego wraz ze wskazaniem czynników zagrożenia oraz określeniem potencjalnych skutków jego wystąpienia. Terroryzm żywnościowy to nowe zjawisko, które w XXI wieku stanowi wyzwanie dla przemysłu spożywczego. Polega na celowym skażeniu żywności przy wykorzystaniu substancji biologicznych, chemicznych i fizycznych. Na każdym etapie produkcji żywności może dojść do intencjonalnego skażenia żywności. Do zrealizowania celu przeprowadzono studium literaturowe, w oparciu o które stwierdzono, że zagrożenie terroryzmu żywnościowego jest zjawiskiem nowym w gospodarce, zaś metody wykorzystywane przez terrorystów oraz potencjalne skutki zagrożenia nie są do końca znane.

The above-mentioned factors result in food increasingly becoming an object of terrorism. Therefore, highly developed countries in recent decades have faced a new threat to food security – food terrorism.

Food terrorism can be defined as the deliberate contamination or pollution of food (or foodstuffs) using agents such as biological, chemical and radioactive [3].

Despite the events of 11 September 2001, not all people take into account the fact that they could be victims of an act of terrorism, including food terrorism. Food terrorism can occur at any stage of the food chain. Therefore, in May 2002, the World Health Organization (WHO) prepared a study called „*Terrorist Threats to Food. Guidance for Establishing and Strengthening Prevention and Response Systems*”. This document is intended to assist Member States in dealing with food terrorism attacks. It provides information and recommendations on how to prevent such attacks and how to respond when they occur [10].

The aim of the article is to discuss the phenomenon of food terrorism together with indicating the threat

factors and determining the potential consequences of its occurrence. Based on the main objective, the following specific objectives were defined to enable the realization of the research assumptions:

- to define the problem of food terrorism,
- to identify the threat factors identified by WHO,
- to define potential consequences of food terrorism.

DEFINITION OF THE PHENOMENON OF FOOD TERRORISM

With the progressive development of civilization in the world, new problems can be observed, which are challenging for modern leaders of states. One of such threats is terrorism, which negatively affects the security of states and the population [8]. Terrorism appeared in the 1960s and since then this phenomenon violates public order on a global scale and destroys the value of moral as well as legal norms [1].

Terrorism is of interest to many scholars and international organisations. In the literature, the term 'terrorism' is defined in many ways, so that there are around 100 different definitions. According to NATO (i.e. North Atlantic Treaty Organisation), terrorism is defined as „*the unlawful and threatening use of force or violence against individuals, and their property, to enslave or intimidate governments or societies in order to achieve political, religious or ideological aims*”. [2].

Following the events in the USA in 2001, international organisations and leaders of highly developed countries have turned their attention to the phenomenon of terrorism. Terrorists, in turn, are dynamically seeking new areas of human life that could become terrorist targets. Apart from political, military or religious goals, terrorists are increasingly interested in the food industry. If skilfully used, food can become a strong weapon [13].

Food terrorism is a phenomenon that can affect the entire food chain. In May 2002, WHO produced a document called „*Terrorist Threats to Food: Guidance for Establishing and Strengthening Prevention and Response Systems*”. In the document, WHO defines food terrorism as „*the act or threat of deliberate contamination of food for human consumption using chemical, biological or radiological agents, with the aim of causing harm or even death to civilians and/or disrupting social, economic and political stability*” [10].

Food terrorism can affect all areas of the food chain, which may include: agricultural production, plant and animal husbandry, feed production; transport and storage of raw material/feed; processing of raw material, production of products; storage and transport of products; distribution, retail and wholesale; catering services and home consumption of food [12]. In order to carry out a terrorist action, instead of food, terrorists may use raw material or animal feed for this purpose. There are two ways that terrorists use to realize a terrorist attack. The first is an attack by terrorists from outside, i.e. a production facility can be attacked using a computer network by terrorists. In the second case, the attack can take place inside the organisation, using employees. These are usually employees who declare dissatisfaction with their work or seasonal workers. The aim of such an attack is to cause damage to a particular establishment by contaminating food

by an employee [12]. Food terrorism is a threat, not only to the global economy, but also to all consumers. Therefore, everyone working in the food industry should be aware of the importance of food safety [13].

Making a literature study on the phenomenon of food terrorism, five characteristics were distinguished, which describe this issue. The description of the characteristics of food terrorism summarized in Table 1 indicates that it is a difficult phenomenon to identify. Therefore, the world should start reacting and implementing new systems of defence against food terrorism, so that every consumer can feel safe.

Table 1. Characteristics defining the phenomenon of food terrorism

Tabela 1. Cechy określające zjawisko terroryzmu żywnościowego

Characteristic of food terrorism	Description
lack of predictability of the social and scientific implications	This feature is considered by authors dealing with the phenomenon of food terrorism as one of the key ones. The lack of predictability is related to the possibility of an attack at any stage of the food chain. The difficulty in locating the threat and the lack of knowledge of the methods used by terrorists, as well as the lack of knowledge of the possible consequences, make both scientists and consumers fear food terrorism. Awareness that food may pose a threat causes concern, fear and panic among consumers.
the human factor	The phenomenon of food terrorism is caused by the human factor. It is the character, personality, aspirations, as well as the influence of others that can make a person capable of committing such an act.
wide range of terrorist activities	The scale of the phenomenon can reach any place on Earth, as food is consumed by everyone. Factors such as: freedom of movement of people and goods (including food) and the widely understood food chain mean that terrorists can easily attack anyone, anytime, anywhere. The scale of food terrorism can be described as very wide. The consequences will be borne by present and future generations because the substances used by terrorists affect the human body and the environment.
invisibility	The methods and substances used by terrorists are not yet fully known to current science, and are therefore difficult to detect quickly. Consequently, many consumers as well as food producers are not aware that food can be used for terrorist purposes.
equality	This feature of food terrorism shows that, regardless of factors such as age, education, gender, occupation or degree of affluence, one can become a victim of this phenomenon. Everyone needs food to satisfy the basic need, which is hunger. Therefore, everyone should realise that the phenomenon of food terrorism affects everyone.

Source: Own study based on [7, 12]

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7, 12]

FOOD TERRORISM RISK FACTORS IDENTIFIED BY WHO

The World Health Organization (WHO) in its document „*Terrorist Threats to Food. Guidance for Establishing and Strengthening Prevention and Response Systems*” indicates factors that may contribute to the occurrence of food terrorism and those that may serve to prevent this phenomenon [10]. Table 2 lists the threat factors as well as the prevention of food terrorism.

Table 2. WHO guidance on risk factors and prevention of food terrorism

Tabela 2. Wskazania WHO dotyczące czynników zagrożenia i zapobiegania zjawisku terroryzmu żywnościowego

Food terrorism risk factors	Forms that can minimise the risk of food terrorism
Raw materials and packaging	Risk awareness
Availability of the company	Corporate security
Production	Data security
Employees	Company procedures
Suppliers	
Hazardous substances on site	
Water	
Correspondence	
Distribution	

Source: Own study based on [10]

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [10]

The raw materials used to manufacture a product, as well as the packaging used to protect the finished product, can contribute to the risk of food terrorism. Lack of awareness of the risk of terrorism among employees and suppliers may result in inadvertent actions leading to contamination of raw materials or packaging. Contamination of raw materials and packaging most commonly occurs during transport to the enterprise or through improper storage of raw materials or packaging within the enterprise. Therefore, to minimise the risk of contaminated raw materials or damaged packaging in the plant, a systematic inspection of all raw materials and packaging delivered to the plant should be carried out [5]. It is important that at the time of delivery, a qualified employee checks the protection of raw materials and packaging, the labelling of delivered materials and the verification of potential damage to raw materials and packaging [4].

An important element of any plant is the production department. At the production stage, deliberate contamination of food may occur if specific safety measures are not met by the plant. The main risk factor in the production department is human beings who can intentionally or unknowingly contaminate the food produced [10].

One of the final factors that influence the food terrorism phenomenon is the distribution of products. Actions that can contribute to the risk of food terrorism in an establishment are:

- working with unqualified distributors who are unaware

that by improperly transporting raw materials or packaging, they may contribute to the increased threat of food terrorism,

- lack of supervision by an employee of the establishment over the documentation provided by distributors at the time of delivery [4, 5].

These actions can lead to an increased risk of food terrorism in a business. For this reason, plant management should also pay attention to product transportation, as terrorists can exploit this part of the food chain as well. It is important for plant management to work with distributors who have security measures for the products being transported and knowledge of distribution [4, 5, 10].

THE POTENTIAL IMPACT OF FOOD TERRORISM

Food terrorism is a phenomenon that affects the general public regardless of gender, age or skin colour. Therefore, every year the WHO records cases of illness and death in humans and/or animals due to a food attack. According to the US Center for Disease Control and Prevention (CDC), there are 76 million illnesses, 325,000 thousand hospitalizations and 5,000 thousand deaths annually in the United States due to contaminated food (WHO, 2008). Table 3 shows selected examples of food terrorism events and their consequences for society.

Table 3. Global food terrorism incidents

Tabela 3. Zdarzenia o charakterze terroryzmu żywnościowego na świecie

year	event	type of attack	happening
1991	Increased incidence of hepatitis A in Shanghai due to consumption of clams	Bioterrorism	Approximately 300 000 thousand people
2013	Poisoning of children in China due to consumption of yoghurt contaminated with rat poison and herbicides.	Food terrorism using a chemical agent	Nineteen children fell ill

Source: Own study based on [10, 12]

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [10, 12]

Deliberate terrorist attacks can have devastating consequences. When terrorists use dangerous and unknown biological, chemical and radiological agents, human and/or animal morbidity and mortality can increase [10].

Food terrorism can affect the global economy as well as the local economy of a country. The main goal of terrorists is to cause economic losses to a company or a country. As a result of the conducted attack on food, there is a decrease in the consumption of a given product, loss of consumer confidence in a given commercial network. Such factors result in loss of profit and even liquidation of a particular assortment or shop which entails costs [10]. Table 4 summarises food terrorism cases that have caused economic and business impacts in the country and/or globally.

Table 4. Food terrorism events with economic impact**Tabela 4. Wydarzenia związane z terroryzmem żywnościowym o skutkach ekonomicznych oraz gospodarczych**

year	event	type of attack	happening
1997	Infection in the USA caused by contamination of meat with <i>Escherichia coli</i> O157:H7	Bioterrorism	About 11 million kilograms of ground beef recalled from US market
2009	Food and wine contamination using faecal matter. The incidents occurred in Tesco shops in the UK.	Food terrorism using a chemical agent	Approximately £700,000,000 loss as a result of the liquidation of goods; Shop closures

Source: Own study based on [10, 12]

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [10, 12]

Another important consequence of food terrorism is the impact on health services. Terrorists may intend to obstruct or even paralyse the work of a particular hospital. To this end, terrorists use the food consumed by the population to make as many people as possible ill or to create an epidemic that can disrupt hospital operations. In many countries, the health service is insufficiently prepared to function in crisis situations. Even in highly developed countries, there is still no plan of action in the event of a food-related terrorist attack. This causes terrorists to use food to carry out attacks, creating panic and fear in society [10].

One of the most important goals that terrorists try to achieve is to create social and political instability. These phenomena interact with each other. When carrying out an attack, terrorists want to create fear and panic in society. In turn, fear and panic in society may cause a loss of trust in the government and the political system, which in turn leads to political instability. Economic problems, a fall in the incomes of various social groups, and a lack of trust in the government can only serve to deepen social and political instability. Therefore, terrorists use food that is widely available and necessary for the society. By contaminating or polluting food, terrorists can quickly create insecurity in society. In recent years, terrorists carried out an attack using the bacterium *Escherichia coli*, which contaminated vegetables sold in the European Union (EU). As a result of the incident, the EU has compensated farmers, totalling around €210 million. However, among consumers, as many as four thousand people became ill and about 50 people died [10, 12].

In summary, food terrorism can have effects at many levels. The project „*SecuFood - Security of European Food Supply Chain*” was concerned with analysing the phenomenon of food terrorism by collecting information from 1950 to 2008. The programme was implemented with funding from the European Commission in 2010 [12]. According to the data collected by the „*SecuFood*” project, food attacks have occurred at least 450 times in the last fifty years. The most frequent phenomenon of food terrorism occurred in North America (about 38% of all cases - Figure 1). As many as 152 food attacks have occurred in the United States. The study

shows that terrorists most often use chemical substances to contaminate food (about 335 attacks out of 450). In second place, a biological agent is used to contaminate food. Based on research conducted by the „*SecuFood*” project, 75% of all food terrorist attacks involved consumers, about 24% involved food sales, and 1% involved product packaging [9, 12].

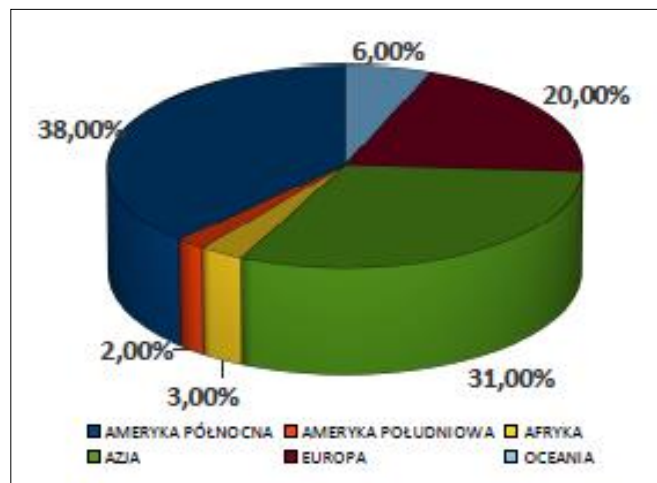


Fig. 1. Geographical distribution of incidence of food terrorism in the food chain, 1950–2008.

Rys. 1. Geograficzne rozmieszczenie występowania terroryzmu żywnościowego w łańcuchu żywnościowym w przedziale lat 1950–2008.

Source: Own study based on [9]

Źródło: Opracowanie na podstawie [9]

CONCLUSION

Based on the literature study on the issues related to the phenomenon of food terrorism, the following conclusions are drawn:

1. Food terrorism is a dangerous phenomenon because food, which is available to everyone, is used to carry out a terrorist attack.
2. The phenomenon of food terrorism is global and can affect any country in the world.
3. Food terrorism can have many unforeseen consequences that can negatively affect the functioning of an individual (consumer), a food-producing company and a national or global economy.
4. A key element in ensuring food safety is raising awareness among food producers of new threats in the food industry (e.g. food terrorism).

Food terrorism is an issue that is a new problem in the food industry and is not yet well defined and understood. The phenomenon of food terrorism has a decisive impact both on food consumers and on the economies of countries and the world economy, while the consequences of the occurrence of this phenomenon are unpredictable and affect many aspects of human life.

In conclusion, it can be said that the phenomenon of food terrorism is one of the most important threats of the modern world. The problem of food terrorism is an innovative and topical issue, which is why it is important to pay even more

attention to this phenomenon in order to make modern food producers and governments aware of the significance of the problem.

PODSUMOWANIE

W oparciu o studium literaturowe dotyczące zagadnień związanych z zjawiskiem terroryzmu żywnościowego sformułowano następujące wnioski:

1. Terroryzm żywnościowy jest niebezpiecznym zjawiskiem, gdyż w celu przeprowadzenia ataku terrorystycznego wykorzystuje się żywność, która jest dostępna dla wszystkich.
2. Zjawisko terroryzmu żywnościowego ma charakter globalny i może dotyczyć każdego państwa na świecie.
3. Terroryzm żywnościowy może powodować wiele nieprzewidywanych skutków, które mogą negatywnie wpłynąć na funkcjonowanie pojedynczej jednostki (konsumenta), przedsiębiorstwa produkującego żywność oraz gospodarki krajowej lub światowej.

4. Kluczowym elementem w zapewnianiu bezpieczeństwa żywności jest podnoszenie świadomości wśród jej producentów w zakresie nowych zagrożeń w przemyśle spożywczym (np. terroryzm żywnościowy).

Terroryzm żywnościowy to zagadnienie będące nowym problemem w przemyśle spożywczym, które nie zostało jeszcze dokładnie zdefiniowane i poznane. Zjawisko terroryzmu żywnościowego ma decydujący wpływ zarówno na konsumentów żywności jak i na gospodarkę krajów oraz gospodarkę światową, zaś skutki wystąpienia tego zjawiska są nieprzewidywalne i dotyczą wielu aspektów życia człowieka.

Podsumowując można stwierdzić, że zjawisko terroryzmu żywnościowego jest jednym z najważniejszych zagrożeń współczesnego świata. Problematyka terroryzmu żywnościowego jest nowatorskim oraz aktualnym zagadnieniem, dlatego ważne, aby temu zjawisku poświęcono jeszcze więcej uwagi, tak aby uświadomić współczesnych producentów żywności i rządy państw o istotności problemu.

REFERENCES

- [1] **BORKOWSKI R. 2003.** „Terrorism as social pathology, Terrorism and weapons of mass destruction. Diagnosis, views, conclusions”. *Zeszyty Naukowe AON* 1: (50).
- [2] **DWORZECKI D. 2011.** „Terrorism as a threat to the modern world”. *Zeszyt Naukowy Wyższa Szkoła Bezpieczeństwa Publicznego i Indywidualnego Apeiron* 5: 181–235.
- [3] **DZWOLAK W. 2009 A.** “Food terrorism – threat factors”. *Przemysł Spożywczy* 9: 41–45.
- [4] **DZWOLAK W. 2009 B.** “Food terrorism – WHO guidelines”. *Przemysł Spożywczy* 10: 51–54.
- [5] **DZWOLAK W. 2014.** „Introduction to food defense”. *Dairy Review* 11: 3–9.
- [6] **Regulation (EC) No 178/2002 of the European Parliament and of the Council of 28 January 2002** laying down the general principles and requirements of food law, establishing the European Food Safety Authority and laying down procedures in matters of food safety (Official Journal EC L 31 of 01.02.2002).
- [7] **Food Safety and Inspection Service 2008.** “Guide to Developing a food defense plan for warehouse and distribution centers”. USDA, FSIS, [<http://www.fsis.usda.gov>], [accessed 3/11/2016].
- [8] **ROŻEJ A. 2013.** „Terrorism as a challenge to contemporary security”. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach* 99: 293–306.
- [9] **SecuFood. 2010.** Security of Food Supply Chain, [<http://www.secufood.unicamus.it>], [accessed 15.08.2016].

REFERENCES

- [1] **BORKOWSKI R. 2003.** “Terrorism as social pathology, Terrorism and weapons of mass destruction. Diagnosis, views, conclusions”. *Zeszyty Naukowe AON* 1: (50).
- [2] **DWORZECKI D. 2011.** „Terrorism as a threat to the modern world”. *Zeszyt Naukowy Wyższa Szkoła Bezpieczeństwa Publicznego i Indywidualnego Apeiron* 5: 181–235.
- [3] **DZWOLAK W. 2009 A.** “Food terrorism – threat factors”. *Przemysł Spożywczy* 9: 41–45.
- [4] **DZWOLAK W. 2009 B.** “Food terrorism - WHO guidelines”. *Przemysł Spożywczy* 10: 51–54.
- [5] **DZWOLAK W. 2014.** “Introduction to food defense”. *Dairy Review* 11: 3-9.
- [6] **Regulation (EC) No 178/2002 of the European Parliament and of the Council of 28 January 2002** laying down the general principles and requirements of food law, establishing the European Food Safety Authority and laying down procedures in matters of food safety (Official Journal EC L 31 of 01.02.2002).
- [7] **Food Safety and Inspection Service 2008.** “Guide to Developing a food defense plan for warehouse and distribution centers”. USDA, FSIS, [<http://www.fsis.usda.gov>], [accessed 3/11/2016].
- [8] **ROZEJ A. 2013.** „Terrorism as a challenge to contemporary security”. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach* 99: 293–306.
- [9] **SecuFood. 2010.** Security of Food Supply Chain, [<http://www.secufood.unicamus.it>], [accessed 15.08.2016].

- [10] **WHO 2008.** „Terrorist Threats to Food. Guidance for Establishing and Strenthening Prevention and Response Systems”. World Health Organization, Department of Food Safety, Zoonoses and Foodborne Disease.
- [11] **WIŚNIEWSKA M. 2012.** „Food terrorism and the food defense shield”. *Food Industry* 7: 41–43.
- [12] **WIŚNIEWSKA M. 2016.** Systemowe zarządzanie obroną żywności i przed terroryzmem. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- [13] **WIZA P. L., N. SZALATY, D. JABKOWSKI 2019.** „Level of consumer awareness of food terrorism as an example of a contemporary threat to the agri-food industry”. *Journal of Tourism and Regional Development* 12: 115–127. DOI 10.22630/TIRR.2019.12.24

- [10] **WHO 2008.** „Terrorist Threats to Food. Guidance for Establishing and Strenthening Prevention and Response Systems”. World Health Organization, Department of Food Safety, Zoonoses and Foodborne Disease.
- [11] **WISNIEWSKA M. 2012.** „Food terrorism and the food defense shield”. *Food Industry* 7: 41–43.
- [12] **WISNIEWSKA M. 2016.** Systemowe zarządzanie obrona zywnosci i przed terroryzmem. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdanskiego, Gdansk.
- [13] **WIZA P. L., N. SZALATY, D. JABKOWSKI 2019.** “Level of consumer awareness of food terrorism as an example of a contemporary threat to the agri-food industry”. *Journal of Tourism and Regional Development* 12: 115-127. DOI 10.22630/TIRR.2019.12.24

Joanna FRĄCKIEWICZ, Ph.D, assistant professor
Department of Human Nutrition, Institute of Human Nutrition Sciences
Warsaw University of Life Sciences (SGGW-WULS), Poland
Katedra Żywienia Człowieka, Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Polska

THE NUTRITIONAL AND HEALTH VALUE OF COFFEE, TEA AND HERBAL INFUSIONS®

Wartość odżywcza i zdrowotna kawy, herbaty i naparów z ziół®

Key words: coffee, tea, herbal infusions, caffeine, polyphenols, health-promoting effect.

Coffee and tea are among the most consumed beverages in the world, including in Poland. Coffee, apart from caffeine, contains biologically active substances such as: polyphenols, minerals and vitamin PP. Tea, right after water, is the most-consumed drink in the world. **There are several dozen biologically active compounds in tea, including: polyphenols, organic acids, alkaloids as well as vitamins and minerals.** The changing preferences of consumers also result in the growing popularity of herbal infusions. Many compounds such as: flavonoids, organic acids, saponins, tannins, essential oils, vitamins and minerals are responsible for the bioactive properties of herbs. However, it should be remembered that these drinks may also contain oxalates and acrylamide in coffee, tannins in tea, and heavy metals and pesticide residues in herbal infusions.

INTRODUCTION

Coffee and tea are among the most frequently consumed beverages in the world, including in Poland. They are valued primarily for their unique taste and aromatic qualities. The characteristic aroma of coffee - considered one of the most recognizable scents in the world - is part of the morning ritual for many people. In addition to caffeine, coffee contains a number of biologically active substances, including polyphenols with antioxidant properties, minerals and vitamin PP [6]. However, it should be remembered that coffee also contains oxalates and acrylamide which are not indifferent to health [41]. Tea is - right after water - the most-consumed drink in the world. Its popularity is due to its unique taste and health-promoting properties. There are several dozen biologically active compounds in tea, including: polyphenols, organic acids, alkaloids as well as vitamins and minerals. Tea infusion also contains tannins and organic acids (malic, citric, oxalic,

Słowa kluczowe: kawa, herbata, napary z ziół, kofeina, polifenole, działanie prozdrowotne.

Kawa i herbata należą do najchętniej spożywanych napojów na świecie, w tym również w Polsce. Kawa oprócz kofeiny zawiera substancje biologicznie aktywne, takie jak: polifenole, składniki mineralne oraz witaminę PP. Herbata, zaraz po wodzie, jest najchętniej spożywanym napojem na świecie. **W herbacie występuje kilkadziesiąt związków biologicznie aktywnych, są to m.in.: polifenole, kwasy organiczne, alkaloidy oraz witaminy i składniki mineralne.** Zmieniające się preferencje konsumentów skutkują również wzrostem popularności naparów z ziół. Za właściwości bioaktywne ziół odpowiadają liczne związki takie jak: flawonoidy, kwasy organiczne, saponiny, garbniki, olejki eteryczne, witaminy i składniki mineralne. Należy jednak pamiętać, że w napojach tych mogą również występować nieobojętne dla zdrowia człowieka szczawiany i akryloamid w kawie, garbniki w herbacie oraz metale ciężkie i pozostałości pestycydów w naparach z ziół.

pyruvic, fumaric), which increase the dietary value of tea, but if consumed in excess, these ingredients may have an anti-nutritional effect [37]. Concern for health and the changing preferences of consumers also result in the growing popularity of herbal infusions. The growing interest of consumers in herbal products may be influenced by the ever-expanding range of herbal teas with health-promoting properties. Many compounds such as: flavonoids, organic acids, saponins, tannins, essential oils, vitamins and minerals are responsible for the bioactive properties of herbs. Herbal teas can be a source of heavy metals and pesticide residues. The content of undesirable substances depends on the composition of the soil, the quality of water and air in the place of cultivation, technological processes used in processing the raw material and the use of pesticides. However, it should be remembered that the impact of drinking coffee, tea and herbal infusions on human health depends on the amount consumed, caffeine metabolism rate and other individual characteristics [20, 26].

Therefore, the aim of this study was to analyze the articles in terms of the nutritional and health value of coffee, tea and herbal infusions.

CHARACTERISTICS AND NUTRITIONAL VALUE OF COFFEE

The name of the coffee probably comes from the Arabic word *kahwa*, which means „removing fatigue by force.” From a botanical point of view, the term „coffee” refers to the fruits and seeds of the plant of the genus *Coffea*, belonging to the Rubiaceae family [2]. The species of the greatest commercial and commodity importance include: *Coffea Arabica* (Arabica coffee) and *Coffea Canephora* (robusta coffee). Arabica, which accounts for over 60% of world production, has a mild flavor and almost twice as low caffeine content as robusta coffee. It also has much higher requirements for growing conditions, but also a higher content of valuable ingredients that shape its unique aroma. Robusta, on the other hand, is distinguished by a strong, distinct taste and greater resistance to disease [43].

Coffee contains over 1,000 biologically active substances. In addition to caffeine (1–2%), green coffee beans contain carbohydrates (59–61%), lipids (10–16%), proteins (10%), chlorogenic acids (7–10%), minerals (4%), aliphatic acids (2%), the alkaloid trigonelline (1%), and free amino acids (<1%). Roasted coffee beans have a slightly different composition: carbohydrates (38–42%), lipids (11–17%), proteins (8%), minerals (5%), chlorogenic acids (3–4%) and free amino acids. aliphatic (3%) and trigonelline (1%) [6]. Of the bioactive substances present in coffee, caffeine is probably the best known compound, but coffee is also rich in other substances that have various effects on the human body. These include chlorogenic and caffeic acid, lactones, diterpenes, vitamin B3, magnesium and potassium [27].

EFFECT OF DRINKING COFFEE ON HUMAN HEALTH

There is no clear answer in the literature as to whether coffee has beneficial effects on human health or whether it has harmful properties. Caffeine is the most consumed psychoactive substance in the world. Its content in one cup (150 ml) of coffee can vary from 30 mg to 175 mg. Most of the scientific publications from recent years indicate, however, that drinking coffee not only has no harmful effects on health, but also has beneficial effects for humans. The observed effect depends on the amount and type of coffee consumed, the appropriate drink preparation, frequency of consumption, individual sensitivity to caffeine, metabolic rate and other individual characteristics [3, 41].

The polyphenolic compounds contained in coffee (mainly chlorogenic, coffee and quinic acids) are characterized by a wide range of biological effects. They include: antitumor activity related to antioxidant activity, reduction of oxidative transformations of LDL cholesterol, which results in inhibition of the formation of atherosclerotic plaque, anti-inflammatory and antibacterial effects, delaying the degradation of vitamin C in the body, or the ability to bind heavy metals from food [43]. The antioxidants contained in coffee contribute to the reduction of oxidative stress and the level of inflammatory

markers, and also protect the integrity of DNA [4]. Therefore, it is assumed that coffee may play a role in the prevention of colon, liver and breast cancer [41].

Available literature data suggest that moderate caffeine consumption (400–600 mg / day) is not associated with an increased risk of developing cardiovascular diseases, arrhythmias, heart failure and hypertension in healthy coffee drinkers. On the other hand, moderate consumption of caffeine may show a protective effect, reducing the risk of cardiovascular diseases [40].

Epidemiological studies indicate that drinking coffee regularly can reduce the likelihood of obesity, especially among people who are genetically predisposed to obesity. Coffee drinking is associated with a lower Body Mass Index (BMI) and may reduce the genetic tendency to obesity [31]. It is believed that compounds contained in coffee also increase the feeling of fullness [4].

Drinking 3–4 cups of coffee a day has been shown to be associated with an approximately 25% reduction in the risk of developing type 2 diabetes, compared to people who do not consume coffee or drink less than 2 cups a day [35]. Possible mechanisms for this action include: thermogenic, antioxidant and anti-inflammatory effects, and effects on microbiome diversity. Caffeine and chlorogenic acid may also inhibit intestinal glucose absorption and reduce hepatic gluconeogenesis. The described beneficial metabolic effects may also be associated with the improvement of insulin secretion by the pancreas and peripheral insulin sensitivity, as well as modulation of the immune system cells [4].

Regular coffee drinking is also associated with a lower risk of neurodegenerative diseases, including Parkinson’s and Alzheimer’s disease, as well as multiple sclerosis, depression, and suicide [31]. Moderate coffee consumption has also been observed to increase blood flow and blood supply to the body, as well as the effect of narrowing of the arteries in the head, thus reducing the tendency to migraine pain [43].

Several epidemiological and prospective studies have shown that coffee consumption is inversely correlated with overall mortality, mortality from cardiovascular disease, and mortality associated with type 2 diabetes, and cancer incidence. Coffee consumption has also been observed to be strongly associated with a reduced risk of certain gastrointestinal diseases, including fatty liver and liver cancer, and improved asthma control [31].

However, too much one-time consumption of caffeine (over 750 mg / day) may cause visual disturbances, tinnitus, a strong feeling of thirst, problems with falling asleep and ventricular contractions [23]. Long-term, excessive consumption of caffeine can lead to addiction and cause arrhythmia, feelings of anxiety, insomnia, over-excitability, headaches and stomach problems. Caffeine may also have an adverse effect in people with mental illnesses, aggravating symptoms and making treatment difficult [43]. It was also found that high caffeine consumption (> 540 mg / day) during pregnancy may cause a number of negative effects, such as an increased risk of miscarriage, premature delivery, fetal growth disorders and low birth weight [1]. Some authors also speculate that caffeine may increase the excretion of calcium in the urine, which in turn contributes to a reduction in bone mineral density and

an increased risk of fractures. Oxalates, present in coffee infusions in significant amounts, can pose a threat to health. The precipitation of calcium oxalate in the tissues leads to the formation of kidney stones, and the binding of metals by oxalic acid may result in a deficiency of calcium, magnesium, iron and manganese. Coffee is also a source of acrylamide, which has been designated a “potentially carcinogenic compound in humans” by the IARC (International Agency for Research on Cancer) [41].

COFFEE CONSUMPTION IN POLAND

According to GUS data, the consumption of coffee per capita in Poland is at the level of 2.16 kg per year [17]. Consumers, when making decisions regarding the choice of coffee, pay attention primarily to the quality of the product, because they value the taste of the coffee drink the most. Important determinants when choosing a coffee are also: convenience, ease of use, price and brand, as well as the country of origin. For Poles, stimulating properties are also very important, which is why they are most likely to drink coffee in the morning and at work. In addition to the coffee quality aspects, nutritional awareness and knowledge as well as the perception of potential health benefits are starting to play a key role in consumers' purchasing decisions [22].

CHARACTERISTICS AND NUTRITIONAL VALUE OF TEA

Tea, due to its taste and health-promoting properties, is one of the most popular beverages in Poland and in the world. The infusion consumed without sugar and other additives has practically zero energy value, but it plays an important role in keeping the body hydrated. There are six basic varieties of tea: black, green, white, red, yellow and Oolong. Different types of teas differ in taste, aroma and properties, which results from different processing methods. Nevertheless, all varieties are produced from the same plant of the *Camellia* species, of the Theaceae family. Two botanical varieties are used for the production of tea – Chinese (*Camellia sinensis*) and Assam (*Camellia assamica*). They differ in the size of shrubs and leaves and the area where they grow wild. *Camellia sinensis* shrubs reach a height of 2.75 m, are resistant to adverse climatic conditions and can be used for up to 100 years. *Camellia assamica* can reach a height of up to 18 m, and its characteristic feature is the presence of numerous silvery hairs on the underside of large leaves. Assam tea has a more intense aroma, it is drier and more tart [11, 21, 34].

Tea contains numerous biologically active compounds that have a multidirectional effect and affect the characteristic taste, aroma and color of infusions. These include, among others: flavonoids, essential oils, purine alkaloids, amino acids, vitamins and minerals (including fluorine). Tea infusion also contains tannins and organic acids (malic, citric, oxalic, pyruvic, fumaric), which increase the dietary value of tea, but if consumed in excess, these ingredients may have an anti-nutritional effect [37]. Caffeine, which is called theine in tea, is milder than the caffeine in coffee. The numerous polyphenolic compounds contained in tea reduce the speed of caffeine absorption, thanks to which its stimulating effect appears later

and lasts longer. Polyphenols are the main component of tea, responsible for its health-promoting properties [34].

THE EFFECT OF TEA DRINKING ON HUMAN HEALTH

In recent years, there has been a growing interest in the beneficial effects of tea on human health. Studies show that drinking tea regularly can be a preventive factor against the development of cardiovascular, cancer and neurodegenerative diseases. The antioxidants present in tea are responsible for anti-inflammatory, antibacterial and anti-aging effects, and reduce the risk of obesity and type 2 diabetes. In most cases, tea consumption does not cause any side effects [10, 11, 21].

Due to the content of alkaloids, tea infusion can stimulate the nervous system, reducing the feeling of drowsiness and fatigue. With a sufficiently short brewing time, you can get a refreshing effect, as almost all theine content is transferred to the brew in the first 2–3 minutes of brewing. Extending the infusion time results in an increase in the content of polyphenolic compounds and tannins in the infusion, which bind theine, thanks to which the drink has a calming and soothing effect [7].

When assessing the impact of tea on cancer risk, the temperature of the infusions should be taken into account. Based on the available evidence, drinking very hot beverages ($> 65^{\circ}\text{C}$), including tea, is classified as “possibly carcinogenic to humans” – Group 2A in the IARC (International Agency for Research on Cancer) classification. Some studies have found an association between drinking hot tea and an increased risk of developing esophageal cancer [24]. Nevertheless, many compounds with potential anti-cancer activity have been identified in tea. Black tea polyphenols reduce the risk of cancer formation due to the ability to activate antioxidant and detoxifying enzymes and modulate xenobiotic metabolism enzymes, they also protect DNA against damage, inhibit angiogenesis and proliferation, and induce apoptosis of cancer cells.

Moreover, green tea polyphenols prevent tumor formation by inhibiting the expression of anti-apoptotic proteins, inducing the expression of pro-apoptotic proteins, activating caspases involved in the apoptotic process, inhibiting the uncontrolled proliferation of cancer cells, angiogenesis and metastasis formation [38]. Among the substances with a potential chemopreventive effect, catechins present in large amounts in green tea are of particular interest, of which epigallocatechin gallate (EGCG) has the strongest antioxidant potential. Catechins can reverse or delay the process of carcinogenesis in its initial stages. Studies in animal models have shown that EGCG may have a preventive effect on substances responsible for causing cancer of the esophagus, intestines, liver, lungs and skin. Green tea catechins are also assigned a role in blocking already existing cancer cells, especially cancers of the breast, skin and gastrointestinal tract (oral cavity, esophagus, pharynx, pancreas, stomach and colon) [9].

In recent years, there has been increasing interest in the effects of tea drinking on obesity prevention. Research shows that the polyphenols in black and green tea reduce appetite and lipid absorption, and inhibit the activity of pancreatic

enzymes, thereby reducing the absorption of nutrients in the intestine. It is presumed that these compounds also increase the excretion of lipids in the faeces, stimulate lipid metabolism in the liver, and promote thermogenesis and lipolysis. Thanks to the ability to inhibit the proliferation of pre-adipocytes and lipogenesis, they prevent the spread of adipose tissue. Moreover, caffeine contained in tea affects the activity of the central nervous system, increasing energy expenditure [15, 33, 38]. Thanks to these activities, regular drinking of tea can be a factor in preventing the development of obesity.

Compounds in tea such as catechins, theaflavins, polysaccharides and caffeine are thought to reduce the risk of developing type 2 diabetes by affecting glucose metabolism and insulin secretion. Epidemiological studies have shown that daily tea consumption correlates with a reduced incidence of type 2 diabetes. The anti-diabetic role of tea is associated with the alleviation of oxidative stress, inhibition of α -amylase and α -glucosidase activity, improvement of tissue sensitivity to insulin, prevention of hyperglycemia and strengthening of the body's immunity. The substances contained in tea may also help to alleviate hyperglycemic complications and reduce the damage to nerve cells caused by diabetes [14]. Studies in an animal model have shown that epigallocatechin gallate, present in e.g. in green tea, it reduces blood glucose, triglycerides and cholesterol levels [36]. Tea polyphenols are also believed to regenerate damaged pancreatic islets [38].

For years, tea has also been seen as a prophylactic agent against neurodegenerative diseases. Studies have shown that regular tea consumption has a positive effect on cognitive functions and is associated with a reduced risk of cognitive impairment in the elderly [25]. Polyphenolic compounds present in tea exhibit anti-inflammatory and antioxidant properties, modulate cell signaling pathways, and regulate the secretion of the stress hormone and catecholamines [13]. They have also been shown to reduce the levels of toxic β amyloid in the brain, preventing Alzheimer's disease, and exert neuroprotective effects against Parkinson's disease through anti-aggregation properties. In addition, caffeine contained in tea is thought to have a protective effect against Alzheimer's and Parkinson's diseases through its stimulating effect on the central nervous system [38].

Tea ingredients are also characterized by antibacterial and warming properties, thanks to which the tea infusion can alleviate the symptoms of food poisoning, diarrhea and other digestive disorders [11]. It has also been shown that the epigallocatechin gallate present in tea plays a role in the prevention of tooth decay [9].

TEA CONSUMPTION IN POLAND

According to data from the Central Statistical Office of Poland (GUS), annual tea consumption by one inhabitant of Poland, both in 2016 and 2017, amounted to 0.6 kg [17].

The tea market in Poland has changed significantly in recent years. This was due to the changing behavior and preferences of consumers, manifested, inter alia, in increased interest in green teas and the search for the highest quality products. Many shops specializing in selling a wide range of teas were established [21]. The most important factors influencing consumer shopping preferences are taste, aroma,

price and brand. In Poland, black teas are still the most popular, but green teas are bought more and more often due to their taste and reports of beneficial effects on health [8].

CHARACTERISTICS AND NUTRITIONAL VALUE OF HERBAL INFUSIONS

For years, the belief about the extraordinary health-promoting properties of herbal plants has been common. One of the ways to use them is to prepare infusions, which are defined as "water extracts from ground herbal raw materials". They are obtained from various parts of herbal plants (eg leaves, flowers, small seeds, herbs) by pouring boiling water over them and infusing under a cover for 10–15 minutes [19]. The Polish herbal industry includes over 200 species of plants, the most popular of which are: nettle, chamomile and St. John's wort. In Poland, lemon balm and mint teas have also been very popular for years, while the interest in white mulberry infusions and purge has recently increased [26].

The health-promoting properties of herbal infusions are the result of the presence of numerous bioactive substances in herbal plants. These include: flavonoids, anthocyanins, organic acids, tannins, essential oils, saponins, mucilages, vitamins and minerals. In each plant, these substances occur in a different composition and proportions, which depends primarily on the species and part of the plant, but also on the method of cultivation, harvesting and processing [19].

THE EFFECT OF DRINKING HERBAL INFUSIONS ON HUMAN HEALTH

Due to the valued aromatic values and a number of beneficial properties, plants with healing potential are widely used in human nutrition to improve both physical and mental health [12]. The health-promoting, antioxidant properties of herbal infusions are mainly due to polyphenolic compounds, including flavonoids, as well as carotenoids and vitamins C and E. Antioxidants, even in small amounts, neutralize free radicals and prevent or significantly delay the oxidation reactions of sensitive ingredients such as lipids. Moreover, antioxidant activity is associated with the reduction of DNA damage and protection against the harmful effects of UV radiation [12]. Flavonoids are attributed to a wide spectrum of pro-health properties, such as anti-inflammatory, antiatherogenic, antimicrobial, diuretic and antidepressant properties. Regular consumption of food that is a source of polyphenolic compounds, and thus also herbal infusions, reduces the risk of developing cardiovascular diseases and cancer [28]. The National Cancer Research Institute (NCRI) has researched over 30,000 plants with anti-cancer activity. Herbs may also be recommended in the treatment of diabetes-related disorders. It is believed that in nature there are about 1,200 herbal plants capable of modulating blood glucose levels. The substances contained in herbal infusions can effectively inhibit insulin resistance and oxidative stress, and prevent postprandial hyperglycemia [12].

One of the most widely used and versatile herbs is peppermint (*Mentha piperita* L.). Mint leaves are a source of many vitamins and minerals, as well as menthol, which determines the health-promoting effect. Mint has

traditionally been used to alleviate digestive problems. It has a stimulating effect on the secretory activity of the stomach and liver, increasing the production of gastric juice and bile. In addition, it improves digestion and intestinal peristalsis, and prevents flatulence. It is also credited with relieving migraine headaches. Mint infusion has warming, sedative, antispasmodic, anti-inflammatory, carminative, anti-ulcer and anesthetic properties, and also reduces blood pressure [18].

Recently, herbal teas from white mulberry leaves (*Morus alba* L.) have been very popular among consumers. White mulberry is a source of many biologically active compounds, including polyphenols, vitamin C, calcium, iron, zinc and magnesium. Already in antiquity, it was used to treat infections of the upper respiratory tract, eyes and parasitic diseases, and as a means of lowering cholesterol and blood glucose levels. Thanks to the content of numerous antioxidant substances, it neutralizes free radicals responsible for the aging of the body, the development of cardiovascular, neurodegenerative and cancer diseases. Studies have shown that compounds present in white mulberry, such as quercetin, anthocyanins and astragaloside, are cytotoxic to human leukemia cells. However, white mulberry gained the greatest recognition thanks to its proven effectiveness in supporting the treatment of type 2 diabetes. Due to the inhibition of enzymes responsible for the metabolism of complex sugars, the process of glucose absorption slows down and the risk of postprandial hyperglycemia is reduced. The antidiabetic compounds present in white mulberry, unlike their synthetic counterparts, do not cause side effects such as flatulence, diarrhea or somnolence in patients [16].

There are more and more types of Cistus teas on the market, which have become very popular recently. Due to the high content of flavonoids, catechins, rutin, gallic acid or diterpenes, *Cistus incanus* L. is characterized by a very high antioxidant activity and is a potential rich source of natural antioxidants. The pro-health properties of cleansing also include antibacterial, antifungal, antiviral and strengthening properties [29].

One of the most popular herbal teas is lemon balm (*Melissa officinalis* L.). Already in antiquity, lemon balm was used in the treatment of central nervous system diseases, mental disorders, cardiovascular and respiratory diseases, cancer, as well as a memory enhancing agent, facilitating falling asleep and acting as an antidepressant. Current pharmacological studies show that *M. officinalis* exhibits a wide spectrum of pro-health properties, including antioxidant, hypoglycemic, hypolipemic, anti-inflammatory, spasmolytic, antimicrobial, antitumor, antidepressant, anxiolytic and neuroprotective properties. Regular consumption of lemon balm infusion may be one of the strategies for preventing neurodegenerative diseases such as Alzheimer's disease, dementia, epilepsy, and stroke [39].

One of the most famous medicinal plants is the common chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). The positive effects of drinking chamomile teas include improving appetite and digestion, helping to eliminate gas, alleviating anxiety and colic, and above all, anti-inflammatory [5]. Research also shows anti-parasitic, anti-cancer and anti-aging properties. Chamomile is also characterized by anti-diabetic properties - it lowers blood glucose levels and reduces the intensity

of oxidative stress. Studies have shown that short-term consumption of chamomile tea had a beneficial effect on glycemic control in patients with type 2 diabetes [42].

However, the potential dangers of chemical contamination of herbs should not be underestimated. Herbal teas can be a source of heavy metals and pesticide residues. The content of undesirable substances depends on the composition of the soil, the quality of water and air in the place of cultivation, technological processes used in processing the raw material and the use of pesticides. Therefore, it seems justified to control the composition of herbal raw materials in terms of the content of impurities and to monitor the levels of heavy metals in order to obtain the desired quality of herbal teas and ensure safety for consumers [20, 26].

HERBAL TEA MARKET AND HERBAL PRODUCTION IN POLAND

The tea and tea market has been changing dynamically in recent years. New products are constantly appearing in the assortment of stores, including: one-component herbal teas, herbal mixtures and the so-called functional teas [30].

It is estimated that about 130 species of herbal plants are cultivated in Europe, especially in Mediterranean countries, but also in Western and Central Europe. The cultivation area in the European Union countries covers about 70 thousand ha, and the main producers include: Poland (about 14 thousand ha of crops), as well as Spain, France, Germany and Austria. The market of herbal products in Poland in 2007 was estimated at approximately EUR 250 million [32].

CONCLUSIONS

Coffee and tea are among the most consumed beverages in the world. They are valued primarily for their unique taste and aromatic qualities. Exposure to stress, increasing pace of life and exhausting work make people eagerly reach for various types of drinks containing caffeine, such as coffee and tea. Caffeine has a stimulating effect, reducing fatigue, improving concentration, work efficiency and general well-being. In addition to caffeine, coffee contains a number of biologically active substances – including antioxidant polyphenols, minerals and vitamin PP. There are several dozen biologically active compounds in tea, including: polyphenols, organic acids, alkaloids as well as vitamins and minerals. The bioactive properties of herbs are due to numerous compounds such as: flavonoids, organic acids, saponins, tannins, essential oils, vitamins and minerals. However, it should be remembered that the impact of drinking coffee, tea and herbal infusions on human health depends on the amount consumed, the rate of caffeine metabolism and other individual characteristics. The heavy metals present in some herbal teas or the oxalates and acrylamide in coffee can pose a health risk. Therefore, it seems reasonable to continue research on the importance of coffee, tea and herbal infusions in human diet and the frequency of consumption of these drinks.

PODSUMOWANIE

Kawa i herbata to najchętniej spożywane napoje na świecie. Cenione są przede wszystkim za niepowtarzalne walory smakowe i aromatyczne. Narażenie na stres, zwiększające się tempo życia i wyczerpująca praca powodują, że ludzie chętnie sięgają po różnego rodzaju napoje zawierające w swoim składzie kofeinę, takie właśnie jak kawa i herbata. Kofeina wykazuje działanie pobudzające, zmniejsza uczucie zmęczenia, poprawia koncentrację, efektywność pracy oraz ogólne samopoczucie. Oprócz kofeiny kawa zawiera substancje biologicznie aktywne – w tym polifenole o działaniu antyoksydacyjnym, składniki mineralne oraz witaminę PP. W herbacie występują związki biologicznie aktywne, m.in.: polifenole,

kwasy organiczne, alkaloidy oraz witaminy i składniki mineralne. Za właściwości bioaktywne ziół odpowiadają natomiast flawonoidy, kwasy organiczne, saponiny, garbniki, olejki eteryczne, witaminy i składniki mineralne. Wpływ picia kawy, herbaty i naparów z ziół na zdrowie człowieka jest uzależniony od spożywanego ilości, szybkości metabolizmu kofeiny w organizmie oraz innych cech osobniczych. Zagrożenie dla zdrowia mogą stwarzać metale ciężkie obecne w niektórych herbatkach ziołowych, czy też zawarte w kawie szczawiany i akrylamid. Zasadnym wydaje się dalsze prowadzenie badań nad wpływem picia kawy, herbaty i naparów z ziół na zdrowie człowieka w zależności od częstotliwości spożywania tych napojów.

REFERENCES

- [1] **BAKKER R., E.A. STEEGERS, A. OBRADOV, H. RAAT, A. HOFMAN, V.W. JADDOE. 2010.** "Maternal caffeine intake from coffee and tea, fetal growth, and the risks of adverse birth outcomes: the Generation R Study". *The American Journal of Clinical Nutrition* 91(6): 1691–1698.
- [2] **BARTKOWICZ J. 2015.** „Wybrane zachowania konsumentów na rynku kawy naturalnej”. *Handel Wewnętrzny* 2(355): 45–57.
- [3] **BAWA S., A. WEZGRAJ. 2015.** „Badanie spożycia kawy i herbaty oraz wykorzystania ich preparatów w aromaterapii i kosmetologii przez studentów”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna* 3: 236–241.
- [4] **CARLSTRÖM M., S.C. LARSSON. 2018.** "Coffee consumption and reduced risk of developing type 2 diabetes: a systematic review with meta-analysis". *Nutrition Reviews* 76(6): 395–417.
- [5] **CHAVES P.F.P., M. IACOMINI, L.M.C. CORDEIRO. 2019.** "Chemical characterization of fructooligosaccharides, inulin and structurally diverse polysaccharides from chamomile tea". *Carbohydrate Polymers* 214: 269–275.
- [6] **CIARAMELLI C., A. PALMIOLI, C. AIROLDI. 2019.** "Coffee variety, origin and extraction procedure: Implications for coffee beneficial effects on human health". *Italy Food Chemistry* 2019, 278: 47–55.
- [7] **CICHON Z., M. MIŚNIAKIEWICZ. 2005.** „Analiza jakości czarnych herbat liściastych”. *Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Krakowie* 678: 103–127.
- [8] **CZERNICKA M., G. ZAGUŁA, M. BAJCAR, B. SALETNIK, C. PUCHALSKI. 2017.** "Study of nutritional value of dried tea leaves and infusions of black, green and white teas from Chinese plantations". *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny* 68(3): 237–245.
- [9] **DONEJKO M., M. NICZYPORUK, E. GALICKA, A. PRZYLIPIAK. 2013.** „Właściwości antynowotworowe galusanu epigallokatechiny zawartego w zielonej herbacie”. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej* 67: 26–34.

REFERENCES

- [1] **BAKKER R., E.A. STEEGERS, A. OBRADOV, H. RAAT, A. HOFMAN, V.W. JADDOE. 2010.** "Maternal caffeine intake from coffee and tea, fetal growth, and the risks of adverse birth outcomes: the Generation R Study". *The American Journal of Clinical Nutrition* 91(6): 1691–1698.
- [2] **BARTKOWICZ J. 2015.** „Wybrane zachowania konsumentów na rynku kawy naturalnej”. *Handel Wewnętrzny* 2(355): 45–57.
- [3] **BAWA S., A. WEZGRAJ. 2015.** „Badanie spożycia kawy i herbaty oraz wykorzystania ich preparatów w aromaterapii i kosmetologii przez studentów”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna* 3: 236–241.
- [4] **CARLSTROM M., S.C. LARSSON. 2018.** "Coffee consumption and reduced risk of developing type 2 diabetes: a systematic review with meta-analysis". *Nutrition Reviews* 76(6): 395–417.
- [5] **CHAVES P.F.P., M. IACOMINI, L.M.C. CORDEIRO. 2019.** "Chemical characterization of fructooligosaccharides, inulin and structurally diverse polysaccharides from chamomile tea". *Carbohydrate Polymers* 214: 269–275.
- [6] **CIARAMELLI C., A. PALMIOLI, C. AIROLDI. 2019.** "Coffee variety, origin and extraction procedure: Implications for coffee beneficial effects on human health". *Italy Food Chemistry* 2019, 278: 47–55.
- [7] **CICHON Z., M. MISNIAKIEWICZ. 2005.** „Analiza jakości czarnych herbat liściastych”. *Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Krakowie* 678: 103–127.
- [8] **CZERNICKA M., G. ZAGUŁA, M. BAJCAR, B. SALETNIK, C. PUCHALSKI. 2017.** "Study of nutritional value of dried tea leaves and infusions of black, green and white teas from Chinese plantations". *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny* 68(3): 237–245.
- [9] **DONEJKO M., M. NICZYPORUK, E. GALICKA, A. PRZYLIPIAK. 2013.** „Właściwości antynowotworowe galusanu epigallokatechiny zawartego w zielonej herbacie”. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej* 67: 26–34.

- [10] **DRYWIEN M., J. PODKOWSKA, J. FRACKIEWICZ, M. GÓRNICKA. 2015.** "Consumption of black and green teas as a dietary source of polyphenols in Polish inhabitants of the Mazovian region". *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny* 66(1): 35–38.
- [11] **DYKIEL M., M. PISAREK, B. KROCHMAL-MARCZAK, M. GARGAŁA. 2015.** „Preferencje konsumenckie dotyczące spożycia herbaty wśród respondentów zamieszkających w Krośnie i okolicy”. [in:] *Trendy w żywieniu człowieka* 47–59, Karwowska M., Gustaw W. (eds.). Kraków: Wydawnictwo Naukowe PTTŻ.
- [12] **FARZANEH V., I.S. CARVALHO. 2015.** "A review of the health benefit potentials of herbal plant infusions and their mechanism of actions". *Industrial Crops and Products* 65: 247–258.
- [13] **FENG L., T.-P. NG, E.-H. KUA, T.-S. LEE, V.R. PREEDY. 2015.** "Tea and cognitive health: a focus on community-based studies". [in:] *Diet and Nutrition in Dementia and Cognitive Decline* 903–913, Martin C.R., Preedy V.R. (eds.). San Diego: Academic Press.
- [14] **FU Q.-Y., Q.-S. LI, X.-M. LIN, R.-Y. QIAO, R. YANG, X.-M. LI, Z.-B. DONG, L.-P. XIANG, X.-Q. ZHENG, J.-L. LU, C.-B. YUAN, J.-H. YE, Y.-R. LIAN. 2017.** "Antidiabetic effects of tea". *Molecules* 22(5): 849.
- [15] **GLISAN S.L., K.A. GROVE, N.H. YENNAWAR, J.D. LAMBERT. 2017.** "Inhibition of pancreatic lipase by black tea theaflavins: Comparative enzymology and in silico modeling studies". *Food Chemistry* 216: 296–300.
- [16] **GRZEŚKOWIAK J., M. ŁOCHYŃSKA. 2017.** „Związki biologicznie aktywne morwy białej (*Morus alba* L.) i ich działanie lecznicze”. *Postępy Fitoterapii* 18(1): 31–35.
- [17] **GUS. ROCZNIK STATYSTYCZNY RZECZYPOSPOLITEJ POLSKI. 2018.** Warszawa: Zakład Wydawnictw Statystycznych: 311.
- [18] **KALWA K., K. WILCZYŃSKI, K. OLESIŃSKA. 2017.** „Wpływ warunków przechowywania suszonej mięty pieprzowej (*Mentha piperita* L.) na antyoksydacyjne właściwości otrzymanych naparów oraz zawartość i skład olejku eterycznego”. *Acta Scientiarum Polonorum. Technica Agraria* 16(1-2): 13–22.
- [19] **KALWA K., J. WYROSTEK. 2018.** „Ocena zawartości związków biologicznie aktywnych oraz zawartość i skład olejku eterycznego w melisie lekarskiej (*Melissa officinalis* L.)”. *Postępy Nauki i Technologii Przemysłu Rolno-Spożywczego* 73: 54–65.
- [20] **KOZAK M., P. SOBCZAK, M. KRAJEWSKA, B. ŚLĄSKA-GRZYWNA, A. WÓJTOWICZ, W. ŻUKIEWICZ-SOBCZAK. 2017.** "Evaluation of health promoting properties and quality of herbal teas obtained from fine-grained fraction of herbs". *Journal of Central European Agriculture* 18(2): 388–403.
- [10] **DRYWIEN M., J. PODKOWSKA, J. FRACKIEWICZ, M. GÓRNICKA. 2015.** "Consumption of black and green teas as a dietary source of polyphenols in Polish inhabitants of the Mazovian region". *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny* 66(1): 35–38.
- [11] **DYKIEL M., M. PISAREK, B. KROCHMAL-MARCZAK, M. GARGAŁA. 2015.** „Preferencje konsumenckie dotyczące spożycia herbaty wśród respondentów zamieszkających w Krośnie i okolicy”. [in:] *Trendy w żywieniu człowieka* 47–59, Karwowska M., Gustaw W. (eds.). Kraków: Wydawnictwo Naukowe PTTŻ.
- [12] **FARZANEH V., I.S. CARVALHO. 2015.** "A review of the health benefit potentials of herbal plant infusions and their mechanism of actions". *Industrial Crops and Products* 65: 247–258.
- [13] **FENG L., T.-P. NG, E.-H. KUA, T.-S. LEE, V.R. PREEDY. 2015.** "Tea and cognitive health: a focus on community-based studies". [in:] *Diet and Nutrition in Dementia and Cognitive Decline* 903–913, Martin C.R., Preedy V.R. (eds.). San Diego: Academic Press.
- [14] **FU Q.-Y., Q.-S. LI, X.-M. LIN, R.-Y. QIAO, R. YANG, X.-M. LI, Z.-B. DONG, L.-P. XIANG, X.-Q. ZHENG, J.-L. LU, C.-B. YUAN, J.-H. YE, Y.-R. LIAN. 2017.** "Antidiabetic effects of tea". *Molecules* 22(5): 849.
- [15] **GLISAN S.L., K.A. GROVE, N.H. YENNAWAR, J.D. LAMBERT. 2017.** "Inhibition of pancreatic lipase by black tea theaflavins: Comparative enzymology and in silico modeling studies". *Food Chemistry* 216: 296–300.
- [16] **GRZEŚKOWIAK J., M. ŁOCHYŃSKA. 2017.** „Związki biologicznie aktywne morwy białej (*Morus alba* L.) i ich działanie lecznicze”. *Postępy Fitoterapii* 18(1): 31–35.
- [17] **GUS. ROCZNIK STATYSTYCZNY RZECZYPOSPOLITEJ POLSKI. 2018.** Warszawa: Zakład Wydawnictw Statystycznych: 311.
- [18] **KALWA K., K. WILCZYŃSKI, K. OLESIŃSKA. 2017.** „Wpływ warunków przechowywania suszonej mięty pieprzowej (*Mentha piperita* L.) na antyoksydacyjne właściwości otrzymanych naparów oraz zawartość i skład olejku eterycznego”. *Acta Scientiarum Polonorum. Technica Agraria* 16(1-2): 13–22.
- [19] **KALWA K., J. WYROSTEK. 2018.** „Ocena zawartości związków biologicznie aktywnych oraz zawartość i skład olejku eterycznego w melisie lekarskiej (*Melissa officinalis* L.)”. *Postępy Nauki i Technologii Przemysłu Rolno-Spożywczego* 73: 54–65.
- [20] **KOZAK M., P. SOBCZAK, M. KRAJEWSKA, B. ŚLĄSKA-GRZYWNA, A. WÓJTOWICZ, W. ŻUKIEWICZ-SOBCZAK. 2017.** "Evaluation of health promoting properties and quality of herbal teas obtained from fine-grained fraction of herbs". *Journal of Central European Agriculture* 18(2): 388–403.

- [21] KOZIROK W., M. SITKIEWICZ. 2015. „Postawy i zachowania konsumentów wobec herbat i herbatek”. *Handel Wewnętrzny* 2(355): 222–233.
- [22] KOZŁOWSKA P., D. GUZEK, D. GŁĄBSKA. 2018. „Preferencje młodych konsumentów wobec kaw dostępnych na polskim rynku”. *Handel Wewnętrzny* 1(372): 26–34.
- [23] KWIATKOWSKA K., A. WINIARSKA-MIECZAN, M. KWIECIEŃ, R. KLEBANIUK, R. KRUSIŃSKI, E. RUSINEK-PRYSTUPA, I. SEMBRATOWICZ, E. KAMIŃSKA, A. DANEK-MAJEWSKA, E. CHOLEWIŃSKA. 2017. „Analiza spożycia kawy wśród nauczycieli szkół podstawowych”. *Problemy Higieny i Epidemiologii* 98(3): 285–289.
- [24] LOOMIS D., K.Z. GUYTON, Y. GROSSE, B. LAUBY-SECRETAN, F. EL GHISSASSI, V. BOUVARD, L. BENBRAHIM-TALLAA, N. GUBA, H. MATTOCK, K. STRAIF. 2016. “Carcinogenicity of drinking coffee, mate, and very hot beverages – on behalf of the International Agency for Research on Cancer Monograph Working Group”. *The Lancet* 17 (7): 877–878.
- [25] MA Q.-P., C. HUANG, Q.-Y. CUI, D.-J. YANG, K. SUN, X. CHEN, X.-H. LI. 2016. “Meta-analysis of the association between tea intake and the risk of cognitive disorders”. *PLOS ONE* <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165861>.
- [26] MARKIEWICZ M. 2016. „Roślinne surowce lecznicze”. *Eliksir* 2 (4): 19–22.
- [27] MESSINA G., C. ZANNELLA, V. MONDA, A. DATO, D. LICCARDO, S. DE BLASIO, A. VALENZANO, F. MOSCATELLI, A. MESSINA, G. CIBELLI, M. MONDA. 2015. “The beneficial effects of coffee in human nutrition”. *Biology and Medicine* 7 (4), 1: e1-e6.
- [28] MIKOŁAJCZUK-SZCZYRBA A., I. MŁYNARCZYK, A. MISIEWICZ. 2016. „Naturalne źródła flawonoidów i ich wpływ na zdrowie człowieka”. *Przemysł Spożywczy* 5: 36–38.
- [29] NEWERLI-GUZ J., M. ERDMAN. 2015. „Ocena wybranych wyróżników jakościowych czystka (róży skalnej) *Cistus incanus* L”. *Problemy Higieny i Epidemiologii* 96 (3): 693–696.
- [30] NEWERLI-GUZ J. 2010. „Zachowania młodych konsumentów na rynku herbatek ziołowo-owocowych”. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego – Ekonomiczne Problemy Usług* 594 (54): 223–229.
- [31] O’KEEFE J.H., S.K. BHATTI, H.R. PATIL, J.J. DINICOLANTONIO, S.C. LUCAN, C.J. LAVIE. 2013. “Effects of habitual coffee consumption on cardiometabolic disease, cardiovascular health, and all-cause mortality”. *Journal of the American College of Cardiology* 62: 1043–1051.
- [21] KOZIROK W., M. SITKIEWICZ. 2015. „Postawy i zachowania konsumentów wobec herbat i herbatek”. *Handel Wewnętrzny* 2(355): 222–233.
- [22] KOZŁOWSKA P., D. GUZEK, D. GŁĄBSKA. 2018. „Preferencje młodych konsumentów wobec kaw dostępnych na polskim rynku”. *Handel Wewnętrzny* 1(372): 26–34.
- [23] KWIATKOWSKA K., A. WINIARSKA-MIECZAN, M. KWIECIEŃ, R. KLEBANIUK, R. KRUSIŃSKI, E. RUSINEK-PRYSTUPA, I. SEMBRATOWICZ, E. KAMIŃSKA, A. DANEK-MAJEWSKA, E. CHOLEWINSKA. 2017. „Analiza spożycia kawy wśród nauczycieli szkół podstawowych”. *Problemy Higieny i Epidemiologii* 98(3): 285–289.
- [24] LOOMIS D., K.Z. GUYTON, Y. GROSSE, B. LAUBY-SECRETAN, F. EL GHISSASSI, V. BOUVARD, L. BENBRAHIM-TALLAA, N. GUBA, H. MATTOCK, K. STRAIF. 2016. “Carcinogenicity of drinking coffee, mate, and very hot beverages – on behalf of the International Agency for Research on Cancer Monograph Working Group”. *The Lancet* 17 (7): 877–878.
- [25] MA Q.-P., C. HUANG, Q.-Y. CUI, D.-J. YANG, K. SUN, X. CHEN, X.-H. LI. 2016. “Meta-analysis of the association between tea intake and the risk of cognitive disorders”. *PLOS ONE* <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165861>.
- [26] MARKIEWICZ M. 2016. „Roslinne surowce lecznicze”. *Eliksir* 2 (4): 19–22.
- [27] MESSINA G., C. ZANNELLA, V. MONDA, A. DATO, D. LICCARDO, S. DE BLASIO, A. VALENZANO, F. MOSCATELLI, A. MESSINA, G. CIBELLI, M. MONDA. 2015. “The beneficial effects of coffee in human nutrition”. *Biology and Medicine* 7 (4), 1: e1-e6.
- [28] MIKOŁAJCZUK-SZCZYRBA A., I. MŁYNARCZYK, A. MISIEWICZ. 2016. „Naturalne źródła flawonoidów i ich wpływ na zdrowie człowieka”. *Przemysł Spożywczy* 5: 36–38.
- [29] NEWERLI-GUZ J., M. ERDMAN. 2015. „Ocena wybranych wyróżników jakościowych czystka (róży skalnej) *Cistus incanus* L”. *Problemy Higieny i Epidemiologii* 96 (3): 693–696.
- [30] NEWERLI-GUZ J. 2010. „Zachowania młodych konsumentów na rynku herbatek ziołowo-owocowych”. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego – Ekonomiczne Problemy Usług* 594 (54): 223–229.
- [31] O’KEEFE J.H., S.K. BHATTI, H.R. PATIL, J.J. DINICOLANTONIO, S.C. LUCAN, C.J. LAVIE. 2013. “Effects of habitual coffee consumption on cardiometabolic disease, cardiovascular health, and all-cause mortality”. *Journal of the American College of Cardiology* 62: 1043–1051.

- [32] **OLEWNICKI D., L. JABŁOŃSKA, P. ORLIŃSKI, L. GONTAR. 2015.** „Zmiany w krajowej produkcji zielarskiej i wybranych rodzajach przetwórstwa roślin zielarskich w kontekście globalnego wzrostu popytu na te produkty”. *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie – Problemy Rolnictwa Światowego* 15(1): 68–76.
- [33] **PAN H., Y. GAO, Y. TU. 2016.** “Mechanisms of Body Weight Reduction by Black Tea Polyphenols”. *Molecules* 21(12): 1659.
- [34] **PISZCZ P., I. MARCINIAK, B.K. GŁÓD. 2017.** „Właściwości antyoksydacyjne herbat”. *Camera Separatoria* 9(1): 36–45.
- [35] **REIS C.E.G., J.G. DÓREA, T.H.M. DA COSTA. 2018.** “Effects of coffee consumption on glucose metabolism: A systematic review of clinical trials”. *Journal of Traditional and Complementary Medicine* xxx 1–8.
- [36] **ROGHANI M., T. BALUCHNEJADMOJARAD. 2010.** “Hypoglycemic and hypolipidemic effect and antioxidant activity of chronic epigallocatechin-gallate in streptozotocin-diabetic rats”. *Pathophysiology* 17: 55–59.
- [37] **RUSINEK-PRYSTUPA E., W. SAMOLIŃSKA. 2013.** „Preferencje konsumenckie dotyczące spożycia herbaty i kawy wśród respondentów zamieszkałych w Lublinie i okolicach – doniesienie wstępne”. *Problemy Higieny i Epidemiologii* 94(3): 653–657.
- [38] **SANLIER N., B.B. GOKCEN, M. ALTUĞ. 2018.** “Tea consumption and disease correlations”. *Trends Food in Science & Technology* 78: 95–106.
- [39] **SHAKERI A., A. SAHEBKAR, B. JAVADI. 2016.** “Melissa officinalis L. – A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology”. *Journal of Ethnopharmacology* 188: 204–228.
- [40] **TURNBULL D., J.V. RODRICKS, G.F. MARIANO, F. CHOWDHURY. 2017.** “Caffeine and cardiovascular health”. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 89: 165–185.
- [41] **WIERZEJSKA R. 2015.** “Coffee consumption vs. cancer risk – a review scientific data”. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny* 66(4): 293–298.
- [42] **ZEMESTANI M., M. RAFRAF, M. ASGHARI-JAFARABADI. 2016.** “Chamomile tea improves glycemic indices and antioxidants status in patients with type 2 diabetes mellitus”. *Nutrition* 32: 66–72.
- [43] **ŻUKIEWICZ-SOBCZAK W., E. KRASOWSKA, P. SOBCZAK, A. HOROCH, A. WOJTYŁA, J. PIĄTEK. 2012.** „Wpływ spożycia kawy na organizm człowieka”. *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu* 18(1): 71–76.
- [32] **OLEWNICKI D., L. JABLONSKA, P. ORLINSKI, L. GONTAR. 2015.** „Zmiany w krajowej produkcji zielarskiej i wybranych rodzajach przetwórstwa roślin zielarskich w kontekście globalnego wzrostu popytu na te produkty”. *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie – Problemy Rolnictwa Światowego* 15(1): 68–76.
- [33] **PAN H., Y. GAO, Y. TU. 2016.** „Mechanisms of Body Weight Reduction by Black Tea Polyphenols”. *Molecules* 21(12): 1659.
- [34] **PISZCZ P., I. MARCINIAK, B.K. GŁÓD. 2017.** „Właściwości antyoksydacyjne herbat”. *Camera Separatoria* 9(1): 36–45.
- [35] **REIS C.E.G., J.G. DOREA, T.H.M. DA COSTA. 2018.** “Effects of coffee consumption on glucose metabolism: A systematic review of clinical trials”. *Journal of Traditional and Complementary Medicine* xxx 1–8.
- [36] **ROGHANI M., T. BALUCHNEJADMOJARAD. 2010.** “Hypoglycemic and hypolipidemic effect and antioxidant activity of chronic epigallocatechin-gallate in streptozotocin-diabetic rats”. *Pathophysiology* 17: 55–59.
- [37] **RUSINEK-PRYSTUPA E., W. SAMOLINSKA. 2013.** „Preferencje konsumenckie dotyczące spożycia herbaty i kawy wśród respondentów zamieszkałych w Lublinie i okolicach – doniesienie wstępne”. *Problemy Higieny i Epidemiologii* 94(3): 653–657.
- [38] **SANLIER N., B.B. GOKCEN, M. ALTUG. 2018.** “Tea consumption and disease correlations”. *Trends Food in Science & Technology* 78: 95–106.
- [39] **SHAKERI A., A. SAHEBKAR, B. JAVADI. 2016.** “Melissa officinalis L. – A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology”. *Journal of Ethnopharmacology* 188: 204–228.
- [40] **TURNBULL D., J.V. RODRICKS, G.F. MARIANO, F. CHOWDHURY. 2017.** “Caffeine and cardiovascular health”. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 89: 165–185.
- [41] **WIERZEJSKA R. 2015.** “Coffee consumption vs. cancer risk - a review scientific data”. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny* 66(4): 293–298.
- [42] **ZEMESTANI M., M. RAFRAF, M. ASGHARI-JAFARABADI. 2016.** “Chamomile tea improves glycemic indices and antioxidants status in patients with type 2 diabetes mellitus”. *Nutrition* 32: 66–72.
- [43] **ZUKIEWICZ-SOBCZAK W., E. KRASOWSKA, P. SOBCZAK, A. HOROCH, A. WOJTYŁA, J. PIĄTEK. 2012.** „Wpływ spożycia kawy na organizm człowieka”. *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu* 18(1): 71–76.

Szymon PREJSNAR¹

Dr inż. Małgorzata ORMIAN²

Dr hab. inż. Jadwiga TOPCZEWSKA

¹Student, University of Rzeszów, Poland

¹Logistics student in the Agricultural and Food Sector, University of Rzeszów, Poland

¹Student Logistyki w Sektorze Rolno-Spożywczym, Uniwersytet Rzeszowski, Polska

²Department of Animal Production and Poultry Products Evaluation, University of Rzeszów, Poland

²Zakład Produkcji Zwierzęcej i Oceny Produktów Drobiarskich, Uniwersytet Rzeszowski, Polska

THE INFLUENCE OF TRANSPORT ON THE QUALITY OF POULTRY MEAT[®]

Wpływ transportu na jakość mięsa drobiowego[®]

Key words: transport, stress, poultry meat, quality.

The paper presents the impact of ante-mortem turnover on poultry stress and the effects of transport stress on meat quality and safety. Animal transport is one of the most stressful phases of ante-mortem turnover, during which birds are exposed to a number of unfavourable stress factors. During transport, skin damage and bodily injuries occur, carcass quality deteriorates, leading to unfavourable quality changes in the meat (changes in pH, colour, defects in PSE and DFD meat, microbiological and sensory changes) and deaths of birds.

Słowa kluczowe: transport, stres, mięso drobiowe, jakość.

W artykule przedstawiono wpływ obrotu przedubojowego na stres u drobiu oraz skutki stresu transportowego na jakość i bezpieczeństwo mięsa. Transport zwierząt jest jedną z najbardziej stresujących faz obrotu przedubojowego, podczas którego ptaki narażone są na szereg niekorzystnych czynników stresowych. Podczas transportu dochodzi do uszkodzeń skóry i urazów ciała, pogorszenia jakości tuszek prowadzących do niekorzystnych zmian jakościowych mięsa (zmian pH, barwy, powstawania wad mięsa PSE i DFD, zmian mikrobiologicznych i sensorycznych) a także padnięć ptaków.

INTRODUCTION

The global production and consumption of poultry meat has increased sharply over the past few decades. It can be predicted that in the next decade the demand for poultry meat will grow [11]. The predominant amount of meat obtained from breeding birds is the meat of burrowing poultry (chickens – 86.2% and turkeys – 7.5%). About 2 million birds for slaughter are produced in Poland [20]. All poultry species employed in the main intensive production systems are transported at least twice during their lifetimes over distances that may range from a few kilometres to journeys with durations of many hours. Most journeys are by road e.g. from hatchery to production site or from farm to processing plant [11, 12]. During transport, slaughter birds are in completely new environmental conditions. The transport process is the most burdensome stage of the ante-mortem turnover for the bird's organism and an indispensable element of the logistic chain [7]. All the procedures and practices involved in transportation and the micro-environments prevailing in containers and vehicles may impose varying degrees of stress upon the birds [11, 13]. Loading at the farm and unloading at the slaughterhouse are the most stressful factors in transport. The result of the accumulation of such a large number of stressors in a short period of time is the increase in

mortality, weight loss and carcass damage, and deterioration of the quality of meat [21, 24] Welfare during transport may be improved by a more holistic consideration of the birds' physiology, rearing conditions, pre-transport handling and the prevailing conditions and stressors that may be imposed during the journey [4, 9, 11, 19].

INFLUENCE OF ANTE-MORTEM TURNOVER ON STRESS IN POULTRY

Transport stress is the result of stimuli of endogenous, physical, chemical, emotional and psychological origin [6]. During the ante-mortem turnover, the slaughter birds are affected by many unfavourable stimuli, including lack of water and food, noise, unfavourable living conditions leading to injuries and disturbances of the organism's homeostasis. Stress stimuli are so strong that they exceed the body's adaptive abilities [7]. Whilst genetic selection in broiler chickens has resulted in major improvements in growth rates and production efficiency these advances may also be associated with a reduced resistance to stress, altered heat exchange capacity and muscle and cardiovascular pathologies [11, 12].

The characteristic basic symptoms of the first stage of stress are nervous agitation, increased blood pressure, hyperglycaemia, temperature increase and leukopenia [6]. Stress stimuli are received in many areas of the brain, activating the hypothalamic-pituitary-adrenal axis and the sympathetic nervous system, which release a number of substances affecting the state of mobilization of the body in order to defend against the stressor. This results in a changed behaviour of birds, actuates a series of metabolic pathways in order to obtain energy, and stimulates the immune system [8]. As a result, there are changes in many physiological parameters, such as the heart rate, body temperature, and the concentration of hormone and energy substances [7]. Existing pathologies and injuries may further compound the situation.

Research indicates that inadequate transport conditions create short-term stress by increasing cortisol levels, which lower levels of prostaglandins, which protect the role of the intestinal mucosa. The consequence of this is the penetration of intestinal microbes into the blood and this into all tissues, posing a serious threat to safe food. Bird fatigue during transport also leads to energy shortages. After short-term transport, an increase in serum glucose is observed as a result of energy being obtained from glycogen stored in the liver. Over time, the bird's organism is not able to maintain a proper energy balance, leading to hypoglycaemia, stimulating glucagon secretion, which intensifies lipolysis, which results in an increase in the concentration of non-esterified fatty acids [1, 3, 7, 23].

Stimulation of hormonal mechanisms releases adrenaline, making the animal ready to fight or flee. There is also an increased metabolism, which leads to an increased energy demand, resulting in the breakdown of carbohydrates, proteins and fats. The first symptom is dehydration [2, 21]. Water losses in the body of birds after a few hours of transport can reach up to 5% of the body weight. A decrease in glycogen levels leads to an increase in the level of glycogen breakdown products in the muscles, including lactic acid, leading to vasodilation and blood circulation disorders. The result is that the meat does not bleed completely during slaughter and the pH level of the meat is lowered. According to Doktor [4], the physiological reaction of birds to high ambient temperature is an increase in rectal temperature, which indicates overheating of the body. Doktor and Połtowicz [5] observed a significant increase in rectal temperature of broiler chickens waiting to be slaughtered at an elevated temperature (35.6°C) compared to chickens kept under optimal thermal conditions (19.4°C) before slaughter.

Rapidly growing lines of birds may exhibit a reduced thermoregulatory capacity compared to their genetic predecessors and may thus be more susceptible to heat stress in transit and to consequent problems including muscle damage, acid-base disturbances and reduced meat quality [22]. Genetic selection for improved growth rate and feed conversion efficiency may be associated with altered mitochondrial function and changes in the production of reactive oxygen species. In this context acute heat stress has been demonstrated to increase superoxide free radical production in broiler chicken skeletal muscle [14]. This mechanism may be responsible for the transport stress and heat stress induced muscle damage and for the changes in muscle and meat quality observed in

birds. Also it may be suggested that muscle dysfunction may lead to problems of altered locomotor capability and therefore behavioural changes and reduced welfare [11, 15].

THE IMPACT OF THE EFFECTS OF TRANSPORT STRESS ON THE QUALITY AND SAFETY OF MEAT

The most important problems related to the quality of meat resulting from transport stress include PSE and DFD syndrome [10, 11].

Short-term sudden stress may accelerate post-mortem glycolysis, and this increase the rate of acidification of the meat, which contributes to the development of the PSE (*Pale Soft Exudative*) defect. The PSE defect is the result of an abnormal metabolism of the animal's body before slaughter and consists in the formation of a significant amount of lactic acid in the muscles, which results in a rapid drop in pH immediately after slaughter (<5.5). Then, the cell membrane breaks, through which water and muscle pigments leak. The watery PSE meat has a soft texture and a light colour. In addition, it is characterized by reduced water absorption, a moist cross-sectional area and a large leakage of water [9, 11]. The low wateriness of the meat limits its usefulness in processing, and the unnatural light colour and soft texture reduce its value as culinary meat [1, 17]. Modern hybrid chickens are more prone to heat stress and stress-induced myopathies. The occurrence of this defect is favoured by improper loading, type of transport, temperature fluctuations. It is estimated that the PSE defect affects from about 5 to 40% of meat in the poultry industry, leading to significant financial losses [10, 18].

The consequence of long-term pre-slaughter stress and depletion of glycogen stores during the animal's lifetime is insufficient acidification of the muscle tissue, which appears as a DFD defect (*Dark, Firm, Dry*) [10]. Glycolysis is then slow and may end at higher pH values – above 6.0. Higher pH results in light absorption and water binding capacity and results in a dark hard dry surface. In addition, DFD meat can facilitate the growth of bacterial microorganisms, thereby shortening the shelf life. The main causes of stress causing DFD defect are heat stress, temperature fluctuations, transport stress lasting many hours, long distance, improper ante-mortem procedures [9, 11]. The occurrence of meat defects in poultry is described in the literature at 5÷30% [24].

Carcasses of slaughter birds, in order to have full technological suitability, as well as to be able to be traded in or in the form of culinary elements, must be free from bruises and bloody bruising. However, changes of this nature are the most common effect of ante-mortem transport and affect a large number of transported birds. Transport distance and high ambient temperature [9] are decisive in the event of personal injury. The transport of birds contributes to injuries in the form of bruises of muscles and skin, as well as injuries in the form of fractures and dislocations of the limbs. Injuries of this nature most often occur during the loading and unloading of poultry [11]. Ecchymosis or haemorrhage occur in meat after capillary rupture, reduce the sensory quality of meat, its higher pH, and may constitute an ideal medium for the growth of bacteria in the meat and reduce its durability and

safety [24]. During transport, the birds are exposed to falls and blows, resulting in internal bruises. It is a sanitary obligation to remove bruises from meat as they shorten its shelf life [21].

The loss of body weight during the transport of chickens to the slaughterhouses has an impact on the efficiency and quality of the final product [4]. The increasing impact of heat stress on the bird's organism significantly increases the loss of body weight. Dadgar et al [3] observed higher weight losses of chickens kept before slaughter at an elevated temperature (29°C) compared to birds kept in optimal thermal conditions (18°C).

A consequence of transport stress in slaughter birds is the occurrence of the ADS (Acute Death syndrome), which mainly affects intensively fed and rapidly growing broiler chickens [11]. The cause of deaths during transport is also asphyxiation due to lack of oxygen. A bird mortality rate of 0.04 to 2% during transport is associated with enormous costs. Falls are twice as frequent in roosters than in hens, which is probably related to their greater body weight [15]. Mortality has long been a concern in relation to poultry transportation and continues to be an episodic issue in all countries where meat birds are produced. Oba et al [16] have described a highly significant relationship between mortality of broilers in transit (Dead on Arrivals) or in lairage and the maximum daily ambient temperature.

SUMMARY

One of the most stressful ante-mortem operations is the transport of birds to the slaughterhouse. During transport, animals are exposed to very high stress related to the change of environment and means of transport, as well as to thermal stress and fatigue. The result of the accumulation of a large number of stressors in a short period of time is the increase in bird mortality, loss of body weight and damage to carcasses and deterioration of meat quality (changes in the pH value of meat, colour parameters, reduction of technological, microbiological and sensory quality). The occurrence of quality defects of PSE meat is favoured by a short period of transport stress, while after long transports, DFD meats are more common.

PODSUMOWANIE

Jedną z najbardziej stresujących operacji przedubojowych jest transport ptaków do rzeźni. Podczas transportu zwierzęta są narażone na bardzo silny stres związany ze zmianą otoczenia i środkiem lokomocji, a także na stres termiczny i zmęczenie. Efektem nagromadzenia się w krótkim okresie czasu dużej liczby stresorów, jest nasilenie śmiertelności ptaków, straty masy ciała i uszkodzenia tuszek oraz pogorszenie jakości mięsa (zmiany wartości pH mięsa, parametrów barwy, obniżenie jakości technologicznej, mikrobiologicznej i sensorycznej). Powstawaniu wad jakościowych mięsa typu PSE sprzyja krótki okres stresu transportowego, natomiast po długotrwałych transportach częściej występuje mięso DFD.

REFERENCES

- [1] **BEAULAC K., T.G. CROWE, K. SCHWEAN-LARDNER. 2020.** "Simulated transport of well- and poor-feathered brown-strain end-of-cycle hens and the impact on stress physiology, behavior, and meat quality". *Poultry Science* 99(12): 6753–6763.
- [2] **BOUKHRIS H., C. DAMERGI, T. NAJAR, A. SAMET. 2017.** "Transport stress impact on postmortem metabolisms of turkey meat quality". *Journal of New Sciences* 37(5): 2049–2054.
- [3] **DADGAR S., E.S. LEE, T.L.V. LEER, N. BURLINGUETTE, H.L. CLASSEN, T.G. CROWE, P.J. SHAND. 2010.** "Effect of microclimate temperature during transportation of broiler chickens on quality of the pectoralis major muscle". *Poultry Science* 89(5): 1033–1041.
- [4] **DOKTOR J. 2012.** „Konsekwencje przedubojowego stresu cieplnego u kurcząt brojlerów”. *Wiadomości Zootechniczne* 4: 57–60.
- [5] **DOKTOR J., K. POLTOWICZ K. 2008.** "Effect of body weight and preslaughter heat stress on breast muscle quality in broiler chickens". *Proc. XX Int. Poultry Symp. PB WPSA, Bydgoszcz – Wenecja, 15–17.09.2008*, 28.
- [6] **FRINDT. A., A. ZOŃ, P. BIELAŃSKI. 2006.** „Stres jako forma zachowania się zwierzęcia”. *Wiadomości Zootechniczne* 1: 15–18.

REFERENCES

- [1] **BEAULAC K., T.G. CROWE, K. SCHWEAN-LARDNER. 2020.** "Simulated transport of well- and poor-feathered brown-strain end-of-cycle hens and the impact on stress physiology, behavior, and meat quality". *Poultry Science* 99(12): 6753–6763.
- [2] **BOUKHRIS H., C. DAMERGI, T. NAJAR, A. SAMET. 2017.** "Transport stress impact on postmortem metabolisms of turkey meat quality". *Journal of New Sciences* 37(5): 2049–2054.
- [3] **DADGAR S., E.S. LEE, T.L.V. LEER, N. BURLINGUETTE, H.L. CLASSEN, T.G. CROWE, P.J. SHAND. 2010.** "Effect of microclimate temperature during transportation of broiler chickens on quality of the pectoralis major muscle". *Poultry Science* 89(5): 1033–1041.
- [4] **DOKTOR J. 2012.** „Konsekwencje przedubojowego stresu cieplnego u kurcząt brojlerów”. *Wiadomości Zootechniczne* 4: 57–60.
- [5] **DOKTOR J., K. POLTOWICZ K. 2008.** "Effect of body weight and preslaughter heat stress on breast muscle quality in broiler chickens". *Proc. XX Int. Poultry Symp. PB WPSA, Bydgoszcz – Wenecja, 15–17.09.2008*, 28.
- [6] **FRINDT. A., A. ZON, P. BIELANSKI. 2006.** „Stres jako forma zachowania się zwierzęcia”. *Wiadomości Zootechniczne* 1: 15–18.

- [7] **JAROSIEWICZ K., M. SŁOWIŃSKI. 2011.** „Obrot przedubojowy przyczyną stresu u drobiu”. *Medycyna Weterynaryjna* 67(5): 309–312.
- [8] **KANNAN G., L. HEATH, C.J. WABECK, M.C.P.J. SOUZA, C. HOWE, A. MENCH. 1997.** “Effects of Crating and Transport on Stress and Meat Quality Characteristics in Broilers”. *Poultry Science* 76(3): 523–529.
- [9] **KOLACZ R., Z. DOBRZAŃSKI. 2019.** *Higiena i dobrostan zwierząt*. Wydawnictwo UP Wrocław.
- [10] **MAIORANO G. 2017.** „Wady mięsa i miopatie pojawiające się u kurcząt brojlerów; implikacje dla współczesnego przemysłu drobiarskiego”. *Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego* 13, 3: 43–51.
- [11] **MITCHELL M.A., P.J. KETTLEWELL. 2009.** “Welfare of poultry during transport – a review”. *Poultry Welfare Symposium Cervia, Italy 18–22.05 2009*: 89–100.
- [12] **MUJAHID A., Y. AKIBA, M. TOYOMIZU. 2007.** “Acute heat stress induces oxidative stress and decreases adaptation in young white leghorn cockerels by down-regulation of avian uncoupling protein content”. *Poultry Science* 86: 364–371.
- [13] **MUJAHID A., K. SATO, Y. AKIBA M. TOYOMIZU. 2006.** “Acute heat stress stimulates mitochondrial superoxide production in broiler skeletal muscle, possibly via down-regulation of uncoupling protein content”. *Poultry Science* 85: 1259–1265.
- [14] **MUJAHID A., Y. YOSHIKI, Y. AKIBA, M. TOYOMIZU. 2005.** „Superoxide radical production in chicken skeletal muscle induced by acute heat stress”. *Poultry Science* 84: 307–314.
- [15] **NIJDAM E., A.R.M. ZAILAN, J.H.H. VAN ECK, E. DECUYPERE, J.A. STEGEMEN. 2006.** “Pathological features in dead on arrival broilers with special reference to heart disorders”. *Poultry Science* 85(7): 1303–1308.
- [16] **OBA A., M. DE ALMEIDA, J.W. PINHEIRO, E.I. IDA, D.F. MARCHI, A. LOURENÇO, M. SOARES. 2009.** “The Effect of Management of Transport and Lairage Conditions on Broiler Chicken Breast Meat Quality and DOA (Death on Arrival)”. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 52: 205–211.
- [17] **ONDRASOVICOVA O., L. SABA, S. SMIRJAKOVA, M. VARGOVA, ONDRASOVIC ,M. MATTA, S. LAKTICOVA, K. WNUK. 2008.** “Effects of vehicle-road transport on blood profile in broiler chickens”. *Medycyna Weterynaryjna* 64: 292–293.
- [18] **OWENS C. M., C.Z. ALVARADO, A.R. SAMS. 2009.** “Research developments in pale, soft and exudative turkey meat in North America”. *Poultry Science* 88(7): 1513–1517.
- [19] **OWENS C.M., A.R. SAMS. 2000.** “The Influence of Transportation on Turkey Meat Quality”. *Poultry Science* 79(8): 1204–1207.
- [7] **JAROSIEWICZ K., M. SLOWINSKI. 2011.** „Obrot przedubojowy przyczyna stresu u drobiu”. *Medycyna Weterynaryjna* 67(5): 309–312.
- [8] **KANNAN G., L. HEATH, C.J. WABECK, M.C.P.J. SOUZA, C. HOWE, A. MENCH. 1997.** “Effects of Crating and Transport on Stress and Meat Quality Characteristics in Broilers”. *Poultry Science* 76(3): 523–529.
- [9] **KOLACZ R., Z. DOBRZANSKI. 2019.** *Higiena i dobrostan zwierząt*. Wydawnictwo UP Wrocław.
- [10] **MAIORANO G. 2017.** „Wady miesa i miopatie pojawiajace sie u kurczat brojlerow; implikacje dla wspolczesnego przemyslu drobiarskiego”. *Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego* 13, 3: 43–51.
- [11] **MITCHELL M.A., P.J. KETTLEWELL. 2009.** “Welfare of poultry during transport – a review”. *Poultry Welfare Symposium Cervia, Italy 18–22.05 2009*: 89–100.
- [12] **MUJAHID A., Y. AKIBA, M. TOYOMIZU. 2007.** “Acute heat stress induces oxidative stress and decreases adaptation in young white leghorn cockerels by down-regulation of avian uncoupling protein content”. *Poultry Science* 86: 364–371.
- [13] **MUJAHID A., K. SATO, Y. AKIBA M. TOYOMIZU. 2006.** “Acute heat stress stimulates mitochondrial superoxide production in broiler skeletal muscle, possibly via down-regulation of uncoupling protein content”. *Poultry Science* 85: 1259–1265.
- [14] **MUJAHID A., Y. YOSHIKI, Y. AKIBA, M. TOYOMIZU. 2005.** “Superoxide radical production in chicken skeletal muscle induced by acute heat stress”. *Poultry Science* 84: 307–314.
- [15] **NIJDAM E., A.R.M. ZAILAN, J.H.H. VAN ECK, E. DECUYPERE, J.A. STEGEMEN. 2006.** “Pathological features in dead on arrival broilers with special reference to heart disorders”. *Poultry Science* 85(7): 1303–1308.
- [16] **OBA A., M. DE ALMEIDA, J.W. PINHEIRO, E.I. IDA, D.F. MARCHI, A. LOURENCO, M. SOARES. 2009.** “The Effect of Management of Transport and Lairage Conditions on Broiler Chicken Breast Meat Quality and DOA (Death on Arrival)”. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 52: 205–211.
- [17] **ONDRASOVICOVA O., L. SABA, S. SMIRJAKOVA, M. VARGOVA, ONDRASOVIC ,M. MATTA, S. LAKTICOVA, K. WNUK. 2008.** “Effects of vehicle-road transport on blood profile in broiler chickens”. *Medycyna Weterynaryjna* 64: 292–293.
- [18] **OWENS C. M., C.Z. ALVARADO, A.R. SAMS. 2009.** “Research developments in pale, soft and exudative turkey meat in North America”. *Poultry Science* 88(7): 1513–1517.
- [19] **OWENS C.M., A.R. SAMS. 2000.** “The Influence of Transportation on Turkey Meat Quality”. *Poultry Science* 79(8): 1204–1207.

- [20] **RYNEK DROBIU. Stan i perspektywy. 2021.** Nr. 59. ISSN 2082-467X.
- [21] **SALEK P. 2020.** “The influence of genetic factors and pre-slaughter handling on the quality of poultry meat”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 1: 160–169.
- [22] **SANDERCOCK D.A., R.R. HUNTER, M.A. MMITCHELL, M.A.P.M. HOCKING. 2006.** “Thermoregulatory capacity and muscle membrane integrity are compromised in broilers compared with layers at the same age or body weight”. *British Poultry Science* 47: 322–329.
- [23] **SHAWKAT A., K. GEUN-HO, T.J. SEON. 2008.** “A Review: Influences of Pre-slaughter Stress on Poultry Meat Quality”. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 21, 6: 912–916.
- [24] **WÓJCIK A, J.F. POMIANOWSKI, J. SOWIŃSKA, T. MITUNIEWICZ, D. WITKOWSKA, L. CHORAŻY, J. PIOTROWSKA. 2011.** „Wpływ obrotu przedubojowego kurcząt brojlerów na jakość technologiczną mięsa”. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna* 50, 3: 85–86.

- [20] **RYNEK DROBIU. Stan i perspektywy. 2021.** Nr. 59. ISSN 2082-467X.
- [21] **SALEK P. 2020.** “The influence of genetic factors and pre-slaughter handling on the quality of poultry meat”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 1: 160–169.
- [22] **SANDERCOCK D.A., R.R. HUNTER, M.A. MMITCHELL, M.A.P.M. HOCKING. 2006.** “Thermoregulatory capacity and muscle membrane integrity are compromised in broilers compared with layers at the same age or body weight”. *British Poultry Science* 47: 322–329.
- [23] **SHAWKAT A., K. GEUN-HO, T.J. SEON. 2008.** “A Review: Influences of Pre-slaughter Stress on Poultry Meat Quality”. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 21, 6: 912–916.
- [24] **WOJCIK A, J.F. POMIANOWSKI, J. SOWIŃSKA, T. MITUNIEWICZ, D. WITKOWSKA, L. CHORAŻY, J. PIOTROWSKA. 2011.** „Wpływ obrotu przedubojowego kurcząt brojlerów na jakość technologiczną mięsa”. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna* 50, 3: 85–86.

Dr hab. Antoni PLUTA, prof. SGGW

Dr Monika GARBOWSKA

Dr hab. Lidia STASIAK-RÓŻAŃSKA

Dr hab. Anna BERTHOLD-PLUTA

Division of Milk Technology, Department of Food Technology and Assessment

Institute of Food Science

Warsaw University of Life Science, Poland

Zakład Technologii Mleka, Katedra Technologii i Oceny Żywności

Instytut Nauk o Żywności

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Polska

WYBRANE ASPEKTY WYSTĘPOWANIA ENTEROKOKÓW W SERACH TRADYCYJNYCH®

Selected aspects of enterococci presence in artisan cheeses®

Słowa kluczowe: *Enterococcus*, sery tradycyjne, patogenność, oporność na antybiotyki.

*Enterokoki są dobrze przystosowane do funkcjonowania w środowisku sera i wraz z innymi bakteriami mlekowymi stanowią grupę niestarterowych bakterii mlekowych. Ich aktywność proteolityczna i lipolityczna przyczynia się do rozwoju typowych właściwości sensorycznych serów. Dzięki wytwarzaniu bakteriocyn enterokoki wpływają na mikrobiotę sera, z jednej strony ograniczając ewentualny rozwój drobnoustrojów patogennych i powodujących psucie a z drugiej strony stymulują procesy autolityczne innych bakterii mlekowych. Dzięki tym cechom drobnoustroje te mają potencjał do stosowania jako kultury dodatkowe lub ochronne do serów. Niektóre gatunki *Enterococcus* wykazują cechy wirulencji i antybiotykoooporność i z tego powodu rodzaj ten nie posiada statusu QPS (qualified presumption of safety).*

Key words: *Enterococcus*, artisan cheeses, pathogenicity, antimicrobial resistance.

*Enterococci are well adapted to function in the cheese environment and, along with other lactic acid bacteria, constitute a group of non-starter lactic bacteria. Their proteolytic and lipolytic activity contributes to the development of typical sensory properties of cheeses. By producing bacteriocins, enterococci influence the cheese microbiota, on the one hand, limiting the possible development of pathogenic and spoilage microorganisms, and, on the other hand, stimulating the autolytic processes of other lactic bacteria. Due to these characteristics, enterococci have the potential to be used as adjunct or protective cultures for cheeses. Some *Enterococcus* species show virulence and antibiotic resistance and therefore the genus does not have qualified presumption of safety status (QPS).*

WPROWADZENIE

Rodzaj *Enterococcus* wyodrębniono dopiero w latach 80-tych XX w., jednak większość gatunków do niego przypisanych znanych było od dawna jako streptokoki lub enterokoki. Rodzaj *Enterococcus* należy do rodziny *Enterococcaceae*. Obejmuje bakterie Gram-dodatnie, katalazo- i oksydazoujemne, nieprzetrwalnikujące, względnie beztlenowe ziarniaki występujące zarówno w parach lub krótkich łańcuszkach jak i innych zgrupowaniach [55]. Obecnie, rodzaj *Enterococcus* obejmuje blisko 60 gatunków [11]. Bakterie te są izolowane z gleby [5], wody [33], powierzchni roślin [5, 37], pasz [40], żywności [25], przewodu pokarmowego człowieka i zwierząt oraz ich środowiska a także środowiska szpitalnego [20]. Tak duże zróżnicowanie środowisk występowania wynika ze zdolności wzrostu w szerokim zakresie temperatur (od 10 do 45°C), kwasowości czynnej (pH od 4 do 9,6) oraz tolerowania do 6,5% NaCl i 40% soli żółci [55].

Niniejszy przegląd piśmiennictwa ma na celu przedstawienie różnych aspektów związanych z występowaniem enterokoków w serach tradycyjnych, ich rolą, możliwościami aplikacyjnymi, ale i ewentualnymi zagrożeniami wynikającymi z ich obecności.

ŹRÓDŁA ENTEROKOKÓW W PRODUKTACH MLECZNYCH

Bakterie kwasu mlekowego, w tym enterokoki są stałą częścią mikroflory surowego mleka krowiego [47]. Liczebność ziarniaków i pałeczek mlekowych w mleku surowym osiąga zwykle poziom około 10⁴ jtk/ml, natomiast liczba bakterii z rodzaju *Enterococcus* sięga 10³ jtk/ml [47]. W produktach mlecznych enterokoki stwierdzane są w dużej liczbie, nawet 10⁸ jtk/g [23]. Uważa się, że dostają się do nich ze środowiska mleczarskiego, od zwierząt i ludzi [22, 23, 27]. Za ich główne źródło w mleku surowym uznaje się natomiast

powierzchnię urządzeń do doju. Pomimo ich związku z mikrobiotą jelitową ludzi i zwierząt mlecznych, zanieczyszczenie kałem nie odgrywa większej roli [22, 27].

Mleko surowe stanowi źródło enterokoków w produktach mlecznych, nawet jeśli stosuje się jego pasteryzację. Istnieją doniesienia o ciepłoporności enterokoków i przeżywaniu przez nie warunków pasteryzacji 72°C/15 sek., jednak ich oporność cieplna jest wysoce zmienna – zależna od gatunku, fazy wzrostu i wcześniejszej „historii termicznej” komórek, stąd mikroflora enterokoków w mleku pasteryzowanym różni się od tej w mleku surowym. W mleku surowym dominuje *Enterococcus durans* a w pasteryzowanym – *E. faecalis* [32]. Zdolność tworzenia biofilmów na różnych powierzchniach przez gatunki z tego rodzaju przyczynia się z kolei do zanieczyszczenia produktów mlecznych już po obróbce cieplnej [12, 23].

Z surowego mleka krów, kóz i owiec wyizolowano *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, *E. durans*, *E. hirae*, a także rzadziej - *E. saccharominimus* i *E. italicus*. Z mleka krowiego i owczego wyizolowano: *E. dispar*, *E. malodoratus*, *E. pseudoavium* i *E. gallinarum*. Tylko w mleku krowim stwierdzono: *E. casseliflavus*, *E. mundtii*, *E. aquamarinus*, *E. asini*, *E. saccharolyticus*, *E. sulfureus* i *E. raffinosus*, natomiast tylko w mleku owczym: *E. vikkensis* [26, 27, 32, 45, 51].

Kilka gatunków enterokoków izolowanych z mleka surowego wykazuje korzystne cechy, które mogą wpływać na właściwości sensoryczne produktów mlecznych, w tym wytwarzanie diacetylu, aktywność autolityczną, proteolityczną i lipolityczną, a także potencjał probiotyczny [3, 45].

ENTEROKOKI W SERACH RZEMIEŚLNICZYCH – POTENCJAŁ I ZNACZENIE TECHNOLOGICZNE

Enterokoki są częścią mikrobioty wielu tradycyjnych serów i w zależności od jego rodzaju i warunków produkcji, osiągają liczebność 10^5 – 10^7 jtk/g a nawet 10^8 jtk/g w serze dojrziałym [16, 35, 44]. W skrzepie serowym i na początku dojrzewania ich liczebność wynosi na ogół 10^4 – 10^6 jtk/g, choć może osiągnąć poziom nawet 10^7 jtk/g [8, 16]. W niektórych serach tradycyjnych, takich jak Comté, Feta, Manchego, Mozzarella, enterokoki są dominującą grupą drobnoustrojów [23]. Stwierdzono, że ich liczebność jest wyższa w serach świeżych niż dojrziałych, czyli liczba enterokoków ma tendencję do zmniejszania się pod koniec dojrzewania, zwłaszcza w serach o długim okresie dojrzewania, takich jak Kashkaval, czy Provolone [11].

Z serów tradycyjnych, rzemieślniczych wyizolowano 19 gatunków enterokoków - *E. faecalis*, *E. faecium*, *E. durans*, *E. avium*, *E. casseliflavus*, *E. devriesei*, *E. gallinarum*, *E. gilvus*, *E. hirae*, *E. italicus*, *E. lactis*, *E. malodoratus*, *E. mundtii*, *E. pallens*, *E. pseudoavium*, *E. ratti*, *E. saccharominimus*, *E. sulfureus* i *E. villorum*, ale najbardziej rozpowszechnionymi w serach tradycyjnych są trzy pierwsze z wymienionych gatunków [23].

Enterokoki zalicza się do grupy niestarterowych bakterii kwasu mlekowego (non-starter lactic acid bacteria, NSLAB) [9]. Ich udział w dojrzewaniu serów i rozwoju typowych cech sensorycznych wykazano w serach tradycyjnych z różnych krajów, przykładowo Comté, Feta, Fontina, Manchego,

Mozzarella, Domiati, czy Izmir Tulum [23, 39, 58]. Jednocześnie szczepy izolowane z serów wykazują zwykle słabe zdolności zakwaszania mleka [34], choć izolowane są także szczepy szybko ukwaszające mleko np. *E. faecalis*, które w czasie 6h w temperaturze 30°C obniżyły pH mleka do wartości 5,13 – 4,87 [49].

Rozkład kazeiny i dalsze związane z tym procesy odgrywają podstawową rolę nie tylko w kształtowaniu typowego smaku, zapachu i tekstury sera, ale także w powstawaniu bioaktywnych peptydów – związków o właściwościach prozdrowotnych [24]. Wśród szczepów *Enterococcus* spp. wyizolowanych z serów, szczepy kazeinolityczne stanowiły od 17 do 95% [52]. Enzymem hydrolizującym kazeinę ale także żelatynę, kolagen i hemoglobinę, jest żelatynaza [24]. Genem odpowiedzialnym za sekrecję tego enzymu u enterokoków jest gen *gelE*, który jednocześnie uznawany jest za jeden z czynników wirulencji tych drobnoustrojów. Największą aktywność proteolityczną wśród enterokoków stwierdzono u *E. faecalis* [34, 24].

U szczepów enterokoków wyizolowanych z serów tradycyjnych stwierdzono silną aktywność autolityczną [14]. Jest to bardzo korzystna cecha bakterii mlekowych stosowanych w serowarstwie, gdyż znaczna część enzymów np. peptydolitycznych zlokalizowana jest wewnątrz komórki [14]. Autoliza komórek enterokoków przyspiesza wówczas procesy peptydolizy, przyczynia się do powstawania ważnych związków smakowo-zapachowych i ich prekursorów (małych peptydów i wolnych aminokwasów) oraz ogranicza wadę goryczki poprzez hydrolizę bogatych w prolinę oligopeptydów uwalnianych podczas proteolizy kazeiny [29]. Aktywność aminopeptydazowa u enterokoków izolowanych z serów jest cechą szczepozależną [31, 39, 52].

Istotnymi przemianami zachodzącymi w czasie dojrzewania serów oprócz podstawowego w tym zakresie metabolizmu białek do prostszych związków azotowych, są przemiany lipidów. Hydroliza lipidów mleka do wolnych kwasów tłuszczowych i dalej do związków lotnych (ketony i tioestry) kształtuje cechy sensoryczne serów. W przemianach tych biorą udział enzymy lipazy i esterazy [24]. Ogólnie przyjmuje się, że LAB są słabo lipolityczne [24], jednak istnieją również doniesienia o silnej aktywności lipolitycznej szczepów enterokoków izolowanych z serów [13], co wskazuje, że jest to cecha zależna od gatunku i szczepu. Wśród LAB, enterokoki charakteryzują się wyższą aktywnością esterolityczną niż paciorkowce i pałeczki mlekowe [24].

Istotną ze względów technologicznych aktywnością enterokoków wpływającą zarówno na smak, jak i wygląd sera, jest metabolizm cytrynianów, prowadzący do uwalniania lotnych związków np. diacetylu, acetoiny i butanodiolu. Dodatkowo, CO₂ uwalniany w dużych ilościach podczas rozkładu cytrynianów bierze udział w tworzeniu oczek, typowych dla większości serów twardych i półtwardych. Metabolizm cytrynianów stwierdzono u niektórych szczepów *Enterococcus* wyizolowanych z serów [1, 39, 52].

Jedną z ciekawych cech niektórych szczepów enterokoków wyizolowanych z serów tradycyjnych, jest zdolność wytwarzania zewnątrzkomórkowych egzopolisacharydów (EPS) [36]. EPS ze względu na właściwości emulgujące, zagęszczające i zmniejszające synerżę mogą poprawiać właściwości reologiczne serów [6].

U wielu szczepów enterokoków wyizolowanych z serów stwierdzono zdolność wytwarzania bakteriocyn (enterocyn) o szerokim spektrum działania wobec Gram-dodatnich patogenów związanych z żywnością, w tym *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* oraz *Clostridium* [17, 23, 48]. Obecność takich szczepów w środowisku sera może wpływać na pozostałą mikroflorę podczas dojrzewania, sprzyjać procesom autolizy komórek starterowych i NSLAB [29, 41] oraz hamować drobnoustroje chorobotwórcze i niekorzystne dla jakości serów [2, 38, 49]. W kilku publikacjach opisano wykorzystanie tworzących bakteriocyny szczepów *E. durans*, *E. faecalis* i *E. faecium* jako kultur ochronnych do serów otrzymywanych w warunkach laboratoryjnych [2, 38, 49].

Niekorzystną cechą enterokoków, podobnie jak pozostałych bakterii kwasu mlekowego jest zdolność wytwarzania w matrycy sera amin biogennych takich jak histydy, tyraminy, 2-fenyletyloaminy, kadaweryny i putrescyny. Cechę tę opisano dla kilku gatunków enterokoków [4].

Podsumowując, ze względu na ograniczone zdolności zakwaszania, właściwości proteolityczne, aktywność lipolityczną, zwłaszcza esterolityczną, degradację aminokwasów, metabolizm cytrynianów, wytwarzanie EPS i bakteriocyn, enterokoki mogą służyć jako kultury dodatkowe lub kultury ochronne w serowarstwie.

CHOROBOTWÓRCZOŚĆ ENTEROKOKÓW

Enterokoki zalicza się do grupy patogenów oportunistycznych. U osób z obniżoną odpornością powodują one głównie infekcje dróg moczowych, ale także bakteriamię szpitalną oraz infekcje w obrębie jamy brzusznej, ran i tkanek, a także bardzo rzadko zapalenie opon mózgowych i infekcje dróg oddechowych. Infekcje u ludzi wywoływały: *E. avium*, *E. casseliflavus*, *E. durans*, *E. faecalis*, *E. faecium*, *E. gallinarum*, *E. hirae*, *E. malodoratus*, *E. mundtii*, *E. pseudoavium*, *E. raffinosus* i *E. solitarius*. Spośród nich najbardziej rozpowszechnione są *E. faecalis* i *E. faecium*, które stanowią około 75% izolatów klinicznych [28]. *E. faecium* wymieniany jest wśród patogenów ESKAPE (*Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter* spp.) – grupy zjadliwych, wielolekoopornych mikroorganizmów, które odpowiadają za większość zakażeń szpitalnych [10].

U enterokoków scharakteryzowano kilka czynników wirulencji, sklasyfikowanych w dwóch grupach: białka powierzchniowe związane z kolonizowaniem żywiciela (białka adhezyjne) oraz metabolity uszkodzające tkanki żywiciela. Większość znanych czynników wirulencji stwierdzono u szczepów *E. faecalis* i *E. faecium*. Pierwszym etapem procesu infekcji jest adhezja komórek patogenów do komórek gospodarza. W przypadku enterokoków, które jako komensale muszą mieć zdolność przylegania do nabłonka jelitowego nie można adhezji uważać za wyłączną cechę świadczącą o wirulencji. Wśród substancji promujących adhezję u enterokoków wymienić można: substancję agregującą (AS), białka wiążące kolagen (Ace u *E. faecalis* i ACm u *E. faecium*), adhezynę ściany komórkowej (Efa A) i enterokokowe białko powierzchniowe (Esp). Druga grupa czynników wirulencji

to toksyny uszkodzające tkanki żywiciela, do których zalicza się cytolizynę (Cyl), żelatynazę (gelE) i hialuronidazę (Hyl) [10]. Wśród izolatów enterokoków z serów, geny kodujące czynniki adhezji (np. *asa1/agg*, *esp* i *efaA*) były rozpowszechnione u *E. faecalis* [7, 18, 30, 56] i *E. faecium* [18, 42, 46, 53, 56]. U tych samych gatunków często stwierdzano również geny cytolizyny (*cylA*) i żelatynazy (*gelE*) [7, 18, 30, 39, 42, 46, 53].

Należy podkreślić, że nie zidentyfikowano żadnych infekcji enterokokowych, których nośnikiem byłaby żywność, w tym sery. Oznacza to, że enterokoki obecne w serach (nie tylko tradycyjnych) stanowią bardzo niskie ryzyko dla zdrowia publicznego. Mając jednak na uwadze, że u szczepów enterokoków wyizolowanych z serów stwierdzono obecność determinantów feromonów płciowych (*cpb*, *cob*, *ccf*) [18, 30, 37, 56], a geny kodujące czynniki wirulencji są często zlokalizowane na wyspach patogenności lub elementach ruchomych nie można odrzucić hipotezy, że sery mogą służyć jako nośnik przenoszenia genów wirulencji od enterokoków na bakterie bytujące w przewodzie pokarmowym konsumentów [10]. W nielicznych badaniach [18, 53] stwierdzono zmniejszenie pod koniec okresu dojrzewania serów tradycyjnych odsetka izolatów enterokoków, które zawierały wskaźniki wirulencji.

Ponieważ obecność czynników wirulencji u enterokoków jest zależna od szczepu, decyzja dotycząca ich bezpieczeństwa stosowania na poziomie rodzaju lub gatunku jest utrudniona. Komitet Naukowy Europejskiej Agencji Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) nie przyznał im kwalifikowanego domniemania bezpieczeństwa (QPS), a amerykańska Agencja ds. Żywności i Leków (FDA) nie przyznała statusu Generally Regarded as Safe (GRAS). Brak statusu QPS/GRAS znacznie utrudnia stosowanie enterokoków jako kultur w przemyśle mleczarskim, ale stanowi uzasadnienie dla badań nad cechami związanymi z bezpieczeństwem ich wykorzystania [50].

ANTYBIOTYKOOPORNOŚĆ ENTEROKOKÓW

Głównymi przyczynami większości infekcji szpitalnych są enterokoki, a wśród nich szczepy VRE (vancomycin resistance enterococci) i szczepy wielolekooporne [15]. Jednym z czynników wyjaśniających rozpowszechnienie enterokoków jako patogenów szpitalnych jest ich oporność na antybiotyki. Pierwsze doniesienia o szczepach VRE pojawiły się w latach 80. XX wieku. Po każdym nowym antybiotyku wprowadzonym później w celu zastąpienia wankomycyny jako terapii ostatniego kroku, pojawiały się doniesienia o szczepach opornych, co czyniło ten antybiotyk nieskutecznym do leczenia zakażeń enterokokowych [15].

Ewolucja enterokoków w kierunku nabywania znaczącej oporności na czynniki środowiskowe przystosowała te drobnoustroje do kolonizacji nowoczesnego środowiska szpitalnego i wywoływania infekcji u pacjentów z obniżoną odpornością. Zestaw cech genetycznych, w które wyposażone są enterokoki, umożliwia im wydajną kolonizację gospodarza i zdolność wymiany genów z innymi bakteriami, co sprzyja ich adaptacji do pozornie zabójczych warunków [21].

Oporność bakterii na antybiotyki jest klasyfikowana jako wrodzona lub nabyta – przy czym oporność wrodzona jest kodowana przez geny chromosomalne obecne u wszystkich

przedstawicieli gatunku. Oporność nabyta z kolei, kodowana jest albo przez geny znajdujące się na elementach ruchomych, jak plazmidy i transpozony, albo jest wynikiem mutacji. Najczęstszymi elementami związanymi z wymianą genetycznych uwarunkowań oporności na antybiotyki u enterokoków są transpozony (z rodziny Tn3, Tn917, Tn1546 i Tn916) oraz plazmidy reagujące na feromony (głównie u *E. faecalis*) i plazmidy o szerokim zakresie gospodarzy (typ Inc. 18), które mogą pośredniczyć w przekazywaniu informacji genetycznej między bakteriami np. w przenoszeniu determinant oporności na wankomycynę z enterokoków na *S. aureus* [43].

Horyzontalny transfer genów umożliwia bakteriom wymianę genów oporności na antybiotyki w bardziej wydajny czasowo sposób, poprzez promowanie współpracy całej społeczności bakteryjnej w kierunku rozwoju oporności wielolekowej [54]. Bakterie mogą uzyskiwać elementy ruchome poprzez koniugację lub transdukcję. Przypuszcza się, że mikrobiota jelitowa wzbogaca się w samoistnie lekooporne enterokoki, które w pewnych okolicznościach mogą służyć jako „dawcy” różnych plazmidów i transpozonów oporności na antybiotyki. Stwierdzono, że enterokoki rzeczywiście „udostępniają” różne determinanty genetyczne zarówno w warunkach *in vitro*, jak i *in vivo* – nie tylko w obrębie własnego rodzaju, ale także bakteriom, z którymi dzielą środowisko należącym do innych rodzajów, bakteriom mlekowym, gronkowcom, czy bifidobakteriom [57].

Bakterie z rodzaju *Enterococcus* są odporne na chloramfenikol, erytromycynę, tetracyklinę, fluorochinolony, glikopeptydy oraz klindamycynę, aminoglikozydy i β -laktamy [21]. Liczba dostępnych badań, w których dogłębnie przeanalizowano oporność na antybiotyki u enterokoków wyizolowanych z serów rzemieślniczych, jest niewielka [7, 19, 30, 34, 53].

PODSUMOWANIE

Enterokoki są ważną częścią mikroflory wielu gatunków serów tradycyjnych, a ich aktywność metaboliczna przyczynia się do wyjątkowych właściwości sensorycznych tych produktów. Posiadają o wiele słabsze właściwości zakwaszające niż inne bakterie mlekowe standardowo stosowane jako kultury podstawowe. Enterokoki dzięki właściwościom

proteolitycznym i lipolitycznym mogą służyć jako kultury dodatkowe wspomagające procesy dojrzewania serów. Nie ma doniesień o infekcjach enterokokowych związanych ze spożywaniem serów. Niemniej jednak u szczepów enterokoków izolowanych z serów stwierdzane były determinanty wirulencji. Największe obawy budzi obecność u enterokoków genów oporności na antybiotyki zlokalizowanych na ruchomych elementach genetycznych i jednocześnie występowanie szczepów wielolekoopornych. Badania z tego zakresu mogłyby pomóc w zapobieganiu rozprzestrzenianiu się antybiotykooporności, a także - udokumentować bezpieczeństwo stosowania szczepów wykorzystywanych ze względu na potencjał technologiczny. Szczepy enterokoków są częścią mikroflory serów tradycyjnych często o bardzo długiej historii bezpiecznego spożywania. Wprowadzenie do stosowania antybiotyków i odkryty potencjał lekooporności enterokoków nie pozwalają przy aktualnym stanie wiedzy zmienić postrzegania tej grupy drobnoustrojów w serach.

SUMMARY

Enterococci are an important part of the microflora of many traditional cheeses and their metabolic activity contributes to the unique sensory properties of these products. They have much weaker acidifying properties than other lactic acid bacteria commonly used as cultures. Enterococci, thanks to their proteolytic and lipolytic properties, can serve as adjunct cultures supporting the cheese ripening processes. There are no reports of cheese-related enterococcal infections. Nevertheless, virulence determinants have been found in enterococcal strains isolated from cheese. The greatest concern is the presence of antibiotic resistance genes located on mobile genetic elements in enterococci and the presence of multi-drug-resistant strains at the same time. Research in this field could help prevent the spread of antibiotic resistance, and also - document the safety of using strains used for their technological potential. Enterococcal strains are part of the microflora of artisanal cheeses, often with a very long history of safe consumption. The introduction to the use of antibiotics and the discovered drug resistance potential of enterococci do not allow, with the current state of knowledge, to change the perception of this group of microorganisms in cheeses.

REFERENCES

- [1] ABEIJÓN M.C., C.M.A.P. MEDINA FRANZ, M.J. VAN BELKUM, W.H. HOLZAPFEL, H. ABRIQUEL, A. GÁLVEZ. 2007. "Diversity of enterococcal bacteriocins and their grouping in a new classification scheme." *FEMS Microbiology Reviews* 31: 293–310.
- [2] ASPRI M., P.M. O'CONNOR, D. FIELD, P.D. COTTER, P. ROSS, C. HILL, P. PAPADEMÁS. 2017. "Application of bacteriocin-producing *Enterococcus faecium* isolated from donkey milk, in the bio-control of *Listeria monocytogenes* in fresh whey cheese." *International Dairy Journal* 73: 1–9.

REFERENCES

- [1] ABEIJON M.C., C.M.A.P. MEDINA FRANZ, M.J. VAN BELKUM, W.H. HOLZAPFEL, H. ABRIQUEL, A. GALVEZ. 2007. "Diversity of enterococcal bacteriocins and their grouping in a new classification scheme." *FEMS Microbiology Reviews* 31: 293–310.
- [2] ASPRI M., P.M. O'CONNOR, D. FIELD, P.D. COTTER, P. ROSS, C. HILL, P. PAPADEMÁS. 2017. "Application of bacteriocin-producing *Enterococcus faecium* isolated from donkey milk, in the bio-control of *Listeria monocytogenes* in fresh whey cheese." *International Dairy Journal* 73: 1–9.

- [3] **BANWO K., A. SANNI, H. TAN. 2012.** „Technological properties and probiotic potential of *Enterococcus faecium* strains isolated from cow milk.” *Journal of Applied Microbiology* 114: 229–241.
- [4] **BARBIERI F., C. MONTANARI, F. GARDINI, G. TABANELLI. 2019.** “Biogenic amine production by lactic acid bacteria: a review.” *Foods* 8: 17.
- [5] **BEN SAID L.B., N. KLIBI, R. DZIRI, F. BORGIO, A. BOUBADOUS, K. BEN SLAMA, C. TORRES. 2016.** “Prevalence, antimicrobial resistance and genetic lineages of *Enterococcus* spp. from vegetable food, soil and irrigation water in farm environments in Tunisia.” *Journal of the Science of Food and Agriculture* 96: 1627–1633.
- [6] **BERTHOLD-PLUTA A.M., A. PLUTA, M. GARBOWSKA, L. STASIAK-RÓŻAŃSKA. 2019.** “Exopolysaccharide-producing lactic acid bacteria - health-promoting properties and application in the dairy industry.” *Advancements of Microbiology - Postępy Mikrobiologii* 58(2): 191–204.
- [7] **CÂMARA S.P.A., A. DAPKEVICIUS, C.C.G. SILVA, F.X. MALCATA, M.L.N.E. DAPKEVICIUS. 2020.** “Artisanal Pico cheese as reservoir of *Enterococcus* species possessing virulence and antibiotic resistance properties: implications for food safety.” *Food Biotechnology* 34: 25–41.
- [8] **CASALTA E., J.M. SORBA, M. AIGLE, J.C. OGIER. 2009.** “Diversity and dynamics of the microbial community during the manufacture of Calenzana, an artisanal Corsican cheese.” *International Journal of Food Microbiology* 133: 243–251.
- [9] **CASEY M.G., J.P. HÄNI, J. GRUSKOVNJAK, W. SCHAEAREN, D. WECHSLER. 2006.** “Characterisation of the non-starter lactic acid bacteria (NSLAB) of Gruyère PDO cheese”. *Lait* 86: 407–414.
- [10] **CHAJĘCKA-WIERZCHOWSKA W., A. ZADERNOWSKA, L. LANIEWSKA-TROKENHEIM. 2017.** “Virulence factors of *Enterococcus* species presented in foods.” *LWT – Food Science and Technology* 75: 670–676.
- [11] **DAPKEVICIUS M.D.L.E., B. SGARDIOLI, S.P.A. CÂMARA, P. POETA, F.X. MALCATA. 2021.** “Current Trends of Enterococci in Dairy Products: A Comprehensive Review of Their Multiple Roles.” *Foods* 10: 821.
- [12] **DIDIENNE R., C. DEFARGUES, C. CALLON, T. MEYLHEUC, S. HULIN, M.C. MONTEL. 2012.** “Characteristics of microbial biofilm on wooden vats (‘gerles’) in PDO Salers cheese.” *International Journal Food Microbiology* 156: 91–101.
- [13] **DURLU-OZKAYA F., V. XANTHOPOULOUS, N. TUNAIL, E. LITOPOULOU-TZANETAKI. 2001.** “Technologically important properties of lactic acid bacteria isolates from Beyaz cheese made from raw ewes’ milk.” *Journal of Applied Microbiology* 91: 861–870.
- [3] **BANWO K., A. SANNI, H. TAN. 2012.** “Technological properties and probiotic potential of *Enterococcus faecium* strains isolated from cow milk.” *Journal of Applied Microbiology* 114: 229–241.
- [4] **BARBIERI F., C. MONTANARI, F. GARDINI, G. TABANELLI. 2019.** “Biogenic amine production by lactic acid bacteria: a review.” *Foods* 8: 17.
- [5] **BEN SAID L.B., N. KLIBI, R. DZIRI, F. BORGIO, A. BOUBADOUS, K. BEN SLAMA, C. TORRES. 2016.** “Prevalence, antimicrobial resistance and genetic lineages of *Enterococcus* spp. from vegetable food, soil and irrigation water in farm environments in Tunisia.” *Journal of the Science of Food and Agriculture* 96: 1627–1633.
- [6] **BERTHOLD-PLUTA A.M., A. PLUTA, M. GARBOWSKA, L. STASIAK-ROZANSKA. 2019.** “Exopolysaccharide-producing lactic acid bacteria - health-promoting properties and application in the dairy industry.” *Advancements of Microbiology - Postępy Mikrobiologii* 58(2): 191–204.
- [7] **CAMARA S.P.A., A. DAPKEVICIUS, C.C.G. SILVA, F.X. MALCATA, M.L.N.E. DAPKEVICIUS. 2020.** “Artisanal Pico cheese as reservoir of *Enterococcus* species possessing virulence and antibiotic resistance properties: implications for food safety.” *Food Biotechnology* 34: 25–41.
- [8] **CASALTA E., J.M. SORBA, M. AIGLE, J.C. OGIER. 2009.** “Diversity and dynamics of the microbial community during the manufacture of Calenzana, an artisanal Corsican cheese.” *International Journal of Food Microbiology* 133: 243–251.
- [9] **CASEY M.G., J.P. HANI, J. GRUSKOVNJAK, W. SCHAEAREN, D. WECHSLER. 2006.** “Characterisation of the non-starter lactic acid bacteria (NSLAB) of Gruyere PDO cheese.” *Lait* 86: 407–414.
- [10] **CHAJECKA-WIERZCHOWSKA W., A. ZADERNOWSKA, L. LANIEWSKA-TROKENHEIM. 2017.** “Virulence factors of *Enterococcus* species presented in foods.” *LWT - Food Science and Technology* 75: 670–676.
- [11] **DAPKEVICIUS M.D.L.E., B. SGARDIOLI, S.P.A. CAMARA, P. POETA, F.X. MALCATA. 2021.** “Current Trends of Enterococci in Dairy Products: A Comprehensive Review of Their Multiple Roles.” *Foods* 10: 821.
- [12] **DIDIENNE R., C. DEFARGUES, C. CALLON, T. MEYLHEUC, S. HULIN, M.C. MONTEL. 2012.** “Characteristics of microbial biofilm on wooden vats (‘gerles’) in PDO Salers cheese.” *International Journal Food Microbiology* 156: 91–101.
- [13] **DURLU-OZKAYA F., V. XANTHOPOULOUS, N. TUNAIL, E. LITOPOULOU-TZANETAKI. 2001.** “Technologically important properties of lactic acid bacteria isolates from Beyaz cheese made from raw ewes’ milk.” *Journal of Applied Microbiology* 91: 861–870.

- [14] **EL-DIN B.B., M. EL-SODA, N. EZZAT. 2002.** "Proteolytic, lipolytic and autolytic activities of enterococci strains isolated from Egyptian dairy products." *Lait* 82: 289–304.
- [15] **FIGLIORE E., D. VAN TYNE, M.S. GILMORE. 2019.** "Pathogenicity of Enterococci." *Microbiology Spectrum* 7(4), 10.1128/microbiolspec.GPP3-0053-2018. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.GPP3-0053-2018>.
- [16] **FRANZ C.M.A.P., M.E. STILES, K.H. SCHLEIFER, W.H. HOLZAPFEL. 2003.** "Enterococci in foods – a conundrum for food safety". *International Journal of Food Microbiology* 88: 105–122.
- [17] **FRANZ C.M.A.P., M.J. VAN BELKUM, W.H. HOLZAPFEL, H. ABRIOUEL, A. GÁLVEZ. 2007.** "Diversity of enterococcal bacteriocins and their grouping in a new classification scheme." *FEMS Microbiology Reviews* 31: 293–310.
- [18] **FUKA M.M., A.Z. MAKSIMOVIC, I. TANUWIDJAJA, N. HULAK, M. SCHLOTTER. 2017.** "Characterization of enterococcal community isolated from an artisan Istrian raw milk cheese: biotechnological and safety aspects." *Food Technology and Biotechnology* 55: 368–380.
- [19] **GAGLIO R., N. COUTO, C. MARQUES, M.F.S. LOPES, G. MOSCHETTI, C. POMBA, L. SETTANI 2016.** "Evaluation of antimicrobial resistance and virulence of enterococci from equipment surfaces, raw materials, and traditional cheeses." *International Journal of Food Microbiology* 236: 107–114.
- [20] **GAO W., B.P. HOWDEN, T.P. STINEAR. 2018.** "Evolution of virulence in *Enterococcus faecium*, a hospital-adapted opportunistic pathogen." *Current Opinion in Microbiology* 41: 76–82.
- [21] **GARCÍA-SOLACHE M., L.B. RICE. 2019.** "The *Enterococcus*: a Model of adaptability to its environment." *Clinical Microbiology Reviews* 30; 32(2):e00058-18.
- [22] **GELSOMINO R., M. VANCANNEYT, T.M. COGAN, S. CONDON, J. SWINGS. 2002.** "Source of enterococci in a farmhouse raw-milk cheese". *Applied Environmental Microbiology* 68: 3560-3565.
- [23] **GIRAFFA G. 2003.** "Enterococci from foods." *FEMS Microbiology Reviews* 26: 163–171.
- [24] **GRAHAM K., H. STACK, R. REA. 2020.** "Safety, beneficial and technological properties of enterococci for use in functional food applications – a review". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 60: 3836–3861.
- [25] **HANCHI H., W. MOTTAWEA, K. SEBEL, R. HAMMAMI. 2018.** "The genus *Enterococcus*: between probiotic potential and safety concerns – an update." *Frontiers Microbiology* 9: 1791.
- [14] **EL-DIN B.B., M. EL-SODA, N. EZZAT. 2002.** "Proteolytic, lipolytic and autolytic activities of enterococci strains isolated from Egyptian dairy products." *Lait* 82: 289–304.
- [15] **FIGLIORE E., D. VAN TYNE, M.S. GILMORE. 2019.** "Pathogenicity of Enterococci." *Microbiology Spectrum* 7(4), 10.1128/microbiolspec.GPP3-0053-2018. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.GPP3-0053-2018>.
- [16] **FRANZ C.M.A.P., M.E. STILES, K.H. SCHLEIFER, W.H. HOLZAPFEL. 2003.** "Enterococci in foods – a conundrum for food safety." *International Journal of Food Microbiology* 88: 105–122.
- [17] **FRANZ C.M.A.P., M.J. VAN BELKUM, W.H. HOLZAPFEL, H. ABRIOUEL, A. GALVEZ. 2007.** "Diversity of enterococcal bacteriocins and their grouping in a new classification scheme." *FEMS Microbiology Reviews* 31: 293–310.
- [18] **FUKA M.M., A.Z. MAKSIMOVIC, I. TANUWIDJAJA, N. HULAK, M. SCHLOTTER. 2017.** "Characterization of enterococcal community isolated from an artisan Istrian raw milk cheese: biotechnological and safety aspects." *Food Technology and Biotechnology* 55: 368–380.
- [19] **GAGLIO R., N. COUTO, C. MARQUES, M.F.S. LOPES, G. MOSCHETTI, C. POMBA, L. SETTANI 2016.** "Evaluation of antimicrobial resistance and virulence of enterococci from equipment surfaces, raw materials, and traditional cheeses." *International Journal of Food Microbiology* 236: 107–114.
- [20] **GAO W., B.P. HOWDEN, T.P. STINEAR. 2018.** "Evolution of virulence in *Enterococcus faecium*, a hospital-adapted opportunistic pathogen." *Current Opinion in Microbiology* 41: 76–82.
- [21] **GARCIA-SOLACHE M., L.B. RICE. 2019.** "The *Enterococcus*: a Model of adaptability to its environment." *Clinical Microbiology Reviews* 30; 32(2):e00058-18.
- [22] **GELSOMINO R., M. VANCANNEYT, T.M. COGAN, S. CONDON, J. SWINGS. 2002.** "Source of enterococci in a farmhouse raw-milk cheese." *Applied Environmental Microbiology* 68: 3560-3565.
- [23] **GIRAFFA G. 2003.** "Enterococci from foods." *FEMS Microbiology Reviews* 26: 163–171.
- [24] **GRAHAM K., H. STACK, R. REA. 2020.** "Safety, beneficial and technological properties of enterococci for use in functional food applications – a review." *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 60: 3836-3861.
- [25] **HANCHI H., W. MOTTAWEA, K. SEBEL, R. HAMMAMI. 2018.** "The genus *Enterococcus*: between probiotic potential and safety concerns – an update." *Frontiers Microbiology* 9: 1791.

- [26] **JIMÉNEZ E., V. LADERO, I. CHICO, A. MALDONADO-BARRAGÁN, M. LÓPEZ, V. MARTÍN, L. FERNÁNDEZ, M. FERNÁNDEZ, M.A. ÁLVAREZ, C. TORRES, J.M. RODRÍGUEZ. 2013.** "Antibiotic resistance, virulence determinants and production of biogenic amines among enterococci from ovine, feline, canine, porcine and human milk". *BMC Microbiology* 13: 288.
- [27] **KAKGLI D.M., M. VANCANNEYT, C. HILL, P. VANDAMME, T.M. COGAN. 2007.** "Enterococcus and *Lactobacillus* contamination of raw milk in a farm dairy environment." *International Journal of Food Microbiology* 114: 243–251.
- [28] **KAYSER F.H. 2003.** "Safety aspects of enterococci from the medical point of view." *International Journal of Food Microbiology* 88: 255–262.
- [29] **LORTAL S., M.P. CHAPOT-CHARTIER. 2005.** "Role, mechanisms and control of lactic acid bacteria lysis in cheese." *International Dairy Journal* 15: 857–871.
- [30] **MAJHENIC A.Č., I. ROGELJ, B. PERKO. 2005.** "Enterococi from Tolminc cheese: population structure, antibiotic susceptibility and incidence of virulence determinants." *International Journal of Food Microbiology* 102: 239–244.
- [31] **MALEK R., A. EL-ATTAR, M. MOHAMED, S. ANWAR, M. EL-SODA, C. BÉAL. 2012.** "Technological and safety properties display biodiversity among enterococci isolated from two Egyptian cheeses, "Ras" and "Domiat". " *International Journal of Food Microbiology* 153: 314–322.
- [32] **MCAULEY C.M., M.L. BRITZ, K.S. GOBIUS, H. CRAVEN. 2015.** "Prevalence, seasonality, and growth of enterococci in raw and pasteurized milk in Victoria, Australia." *Journal of Dairy Science* 98: 8348–8358.
- [33] **MOORE D.F., J.A. GUZMAN, C. MCGEE. 2008.** "Species distribution and antimicrobial resistance of enterococci isolated from surface and ocean water." *Journal of Applied Microbiology* 105: 1017–1025.
- [34] **MORANDI S., M. BRASCA, C. ANDRIGHETTO, A. LOMBARDI, R. LODI. 2006.** "Technological and molecular characterization of enterococci isolated from north-west Italian dairy products." *International Dairy Journal* 16: 867–875.
- [35] **MORANDI S., M. BRASCA, R. LODI. 2011.** "Technological, phenotypic and genotypic characterisation of wild lactic acid bacteria involved in the production of Bitto PDO Italian cheese." *Dairy Science Technology* 91: 341–359.
- [36] **MOZZI F., F. VANINGELGEM, E.M. HÉBERT, R. VAN DER MEULEN, M.R. FOULQUIÉ MORENO, G.F. VALDEZ, L. DE VUYST. 2006.** "Diversity of heteropolysaccharide-producing lactic acid bacterium strains and their biopolymers." *Applied Environmental Microbiology* 72: 4431–4435.
- [26] **JIMENEZ E., V. LADERO, I. CHICO, A. MALDONADO-BARRAGAN, M. LOPEZ, V. MARTIN, L. FERNANDEZ, M. FERNANDEZ, M.A. ALVAREZ, C. TORRES, J.M. RODRIGUEZ. 2013.** "Antibiotic resistance, virulence determinants and production of biogenic amines among enterococci from ovine, feline, canine, porcine and human milk." *BMC Microbiology* 13: 288.
- [27] **KAKGLI D.M., M. VANCANNEYT, C. HILL, P. VANDAMME, T.M. COGAN. 2007.** "Enterococcus and *Lactobacillus* contamination of raw milk in a farm dairy environment." *International Journal of Food Microbiology* 114: 243–251.
- [28] **KAYSER F.H. 2003.** "Safety aspects of enterococci from the medical point of view." *International Journal of Food Microbiology* 88: 255–262.
- [29] **LORTAL S., M.P. CHAPOT-CHARTIER. 2005.** "Role, mechanisms and control of lactic acid bacteria lysis in cheese." *International Dairy Journal* 15: 857–871.
- [30] **MAJHENIC A.C., I. ROGELJ, B. PERKO. 2005.** "Enterococi from Tolminc cheese: population structure, antibiotic susceptibility and incidence of virulence determinants." *International Journal of Food Microbiology* 102: 239–244.
- [31] **MALEK R., A. EL-ATTAR, M. MOHAMED, S. ANWAR, M. EL-SODA, C. BEAL. 2012.** "Technological and safety properties display biodiversity among enterococci isolated from two Egyptian cheeses, "Ras" and "Domiat". " *International Journal of Food Microbiology* 153: 314–322.
- [32] **MCAULEY C.M., M.L. BRITZ, K.S. GOBIUS, H. CRAVEN. 2015.** "Prevalence, seasonality, and growth of enterococci in raw and pasteurized milk in Victoria, Australia." *Journal of Dairy Science* 98: 8348–8358.
- [33] **MOORE D.F., J.A. GUZMAN, C. MCGEE. 2008.** "Species distribution and antimicrobial resistance of enterococci isolated from surface and ocean water." *Journal of Applied Microbiology* 105: 1017–1025.
- [34] **MORANDI S., M. BRASCA, C. ANDRIGHETTO, A. LOMBARDI, R. LODI. 2006.** "Technological and molecular characterization of enterococci isolated from north-west Italian dairy products." *International Dairy Journal* 16: 867–875.
- [35] **MORANDI S., M. BRASCA, R. LODI. 2011.** "Technological, phenotypic and genotypic characterisation of wild lactic acid bacteria involved in the production of Bitto PDO Italian cheese." *Dairy Science Technology* 91: 341–359.
- [36] **MOZZI F., F. VANINGELGEM, E.M. HEBERT, R. VAN DER MEULEN, M.R. FOULQUIE MORENO, G.F. VALDEZ, L. DE VUYST. 2006.** "Diversity of heteropolysaccharide-producing lactic acid bacterium strains and their biopolymers." *Applied Environmental Microbiology* 72: 4431–4435.

- [37] MÜLLER T., A. ULRICH, E.M. OTT, M. MÜLLER. 2001. "Identification of plant-associated enterococci." *Journal of Applied Microbiology* 91: 268–278.
- [38] MUÑOZ A., M. MAQUEDA, A. GÁLVEZ, M. MARTÍNEZ-BUENO, A. RODRÍGUEZ, E. VALDIVIA. 2004. "Biocontrol of psychrotrophic enterotoxigenic *Bacillus cereus* in a nonfat hard cheese by an enterococcal strain producing enterocin AS-48." *Journal of Food Protection* 67: 1517–1521.
- [39] NIETO-ARRIBAS P., S. SESEÑA, J.M. POVEDA, R. CHICÓN, L. CABEZAS, L. PALOP. 2011. "Enterococcus populations in artisanal Manchego cheese: biodiversity, technological and safety aspects." *Food Microbiology* 28: 891–899.
- [40] NOVAIS C., J. CAMPOS, A.R. FREITAS, M. BARROS, E. SILVEIRA, T.M. COQUE, P. ANTUNES, L. PEIXE. 2018. "Water supply and feed as sources of antimicrobial-resistant *Enterococcus* spp. in aquacultures of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), Portugal." *Science of the Total Environment* 625: 1102–1112.
- [41] OUMERA., P. GAYA, E. FERNÁNDEZ-GARCÍA, R. MARIACA, S. GARDE, M. MEDINA, M. NUÑEZ. 2001. "Proteolysis and formation of volatile compounds in cheese manufactured with a bacteriocin-producing adjunct culture." *Journal of Dairy Research* 68: 117–129.
- [42] ÖZKAN E.R., T. DEMIRCI, N. AKIN. 2021. "In vitro assessment of probiotic and virulence potential of *Enterococcus faecium* strains derived from artisanal goatskin casing Tulum cheeses produced in central Taurus Mountains of Turkey." *LWT – Food Science and Technology* 141: 110908.
- [43] PALMER K.L., V.N. KOS, M.S. GILMORE. 2010. "Horizontal gene transfer and the genomics of enterococcal antibiotic resistance." *Current Opinion in Microbiology* 13: 632–639.
- [44] PAPP A.E.C., E. KON DYLI, J. SAMELIS. 2019. "Microbiological and biochemical characteristics of Kashkaval cheese produced using pasteurized or raw milk." *International Dairy Journal* 89: 60–67.
- [45] PERIN L.M., R.O. MIRANDA, S.D. TODOROV, B.D.G. FRANCO, L.A. NERO. 2014. "Virulence, antibiotic resistance and biogenic amines of bacteriocinogenic lactococci and enterococci isolated from goat milk." *International Journal of Food Microbiology* 185: 121–126.
- [46] POPOVIĆ N., M. DINIĆ, M. TOLINAČKI, S. MIHALJOVIĆ, A. TERZIĆ-VIDOJEVIĆ, S. BOJIĆ, J. DJOKIĆ, N. GOLIĆ, K. VELJOVIĆ. 2018. "New insight into biofilm formation ability, the presence of virulence genes and probiotic potential of *Enterococcus* sp. dairy isolates." *Frontiers Microbiology* 30(9): 78.
- [47] QUIGLEY L., O. O'SULLIVAN, C. STANTON, T.P. BERESFORD, R.P. ROSS, G.F. FITZGERALD, P.D. COTTER. 2013. "The complex microbiota of raw milk." *FEMS Microbiology Reviews* 37: 664–698.
- [37] MULLER T., A. ULRICH, E.M. OTT, M. MULLER. 2001. "Identification of plant-associated enterococci." *Journal of Applied Microbiology* 91: 268–278.
- [38] MUNOZ A., M. MAQUEDA, A. GALVEZ, M. MARTINEZ-BUENO, A. RODRIGUEZ, E. VALDIVIA. 2004. "Biocontrol of psychrotrophic enterotoxigenic *Bacillus cereus* in a nonfat hard cheese by an enterococcal strain producing enterocin AS-48." *Journal of Food Protection* 67: 1517–1521.
- [39] NIETO-ARRIBAS P., S. SESENA, J.M. POVEDA, R. CHICON, L. CABEZAS, L. PALOP. 2011. "Enterococcus populations in artisanal Manchego cheese: biodiversity, technological and safety aspects." *Food Microbiology* 28: 891–899.
- [40] NOVAIS C., J. CAMPOS, A.R. FREITAS, M. BARROS, E. SILVEIRA, T.M. COQUE, P. ANTUNES, L. PEIXE. 2018. "Water supply and feed as sources of antimicrobial-resistant *Enterococcus* spp. in aquacultures of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), Portugal." *Science of the Total Environment* 625: 1102–1112.
- [41] OUMERA., P. GAYA, E. FERNANDEZ-GARCIA, R. MARIACA, S. GARDE, M. MEDINA, M. NUNEZ. 2001. "Proteolysis and formation of volatile compounds in cheese manufactured with a bacteriocin-producing adjunct culture." *Journal of Dairy Research* 68: 117–129.
- [42] OZKAN E.R., T. DEMIRCI, N. AKIN. 2021. "In vitro assessment of probiotic and virulence potential of *Enterococcus faecium* strains derived from artisanal goatskin casing Tulum cheeses produced in central Taurus Mountains of Turkey." *LWT - Food Science and Technology* 141: 110908.
- [43] PALMER K.L., V.N. KOS, M.S. GILMORE. 2010. "Horizontal gene transfer and the genomics of enterococcal antibiotic resistance." *Current Opinion in Microbiology* 13: 632–639.
- [44] PAPP A.E.C., E. KON DYLI, J. SAMELIS. 2019. "Microbiological and biochemical characteristics of Kashkaval cheese produced using pasteurized or raw milk." *International Dairy Journal* 89: 60–67.
- [45] PERIN L.M., R.O. MIRANDA, S.D. TODOROV, B.D.G. FRANCO, L.A. NERO. 2014. "Virulence, antibiotic resistance and biogenic amines of bacteriocinogenic lactococci and enterococci isolated from goat milk." *International Journal of Food Microbiology* 185: 121–126.
- [46] POPOVIC N., M. DINIC, M. TOLINACKI, S. MIHALJOVIC, A. TERZIC-VIDOJEVIC, S. BOJIC, J. DJOKIC, N. GOLIC, K. VELJOVIC. 2018. "New insight into biofilm formation ability, the presence of virulence genes and probiotic potential of *Enterococcus* sp. dairy isolates." *Frontiers Microbiology* 30(9): 78.
- [47] QUIGLEY L., O. O'SULLIVAN, C. STANTON, T.P. BERESFORD, R.P. ROSS, G.F. FITZGERALD, P.D. COTTER. 2013. "The complex microbiota of raw milk." *FEMS Microbiology Reviews* 37: 664–698.

- [48] RIBEIRO S.C., M.C. COELHO, S.D. TODOROV, B.D.G.M. FRANCO, M.L.E. DAPKEVICIUS, C.C.G. SILVA. 2014. "Technological properties of bacteriocin-producing lactic acid bacteria isolated from Pico cheese an artisanal cow's milk cheese." *Journal of Applied Microbiology* 116: 573–585.
- [49] RIBEIRO S.C., R.P. ROSS, C. STANTON, C.C.G. SILVA. 2017. "Characterization and application of antilisterial enterocins on model fresh cheese." *Journal of Food Protection* 80: 1303–1316.
- [50] RICCI A., A. ALLENDE, D. BOLTON, M. CHEMALY, R. DAVIES, R. GIRONES, L. HERMAN, K. KOUTSOUMANIS, R. LINDQVIST, B. NØRRUNG ET AL. 2017. "Scientific Opinion on the update of the list of QPS-recommended biological agents intentionally added to food or feed as notified to EFSA. Panel on Biological Hazards (BIOHAZ)." *EFSA Journal* 15: e04664.
- [51] RUIZ P., F. PÉREZ-MARTÍN, S. SESEÑA, M.L. PALOP. 2016. "Seasonal diversity and safety evaluation of enterococci population from goat milk in a farm." *Dairy Science and Technology* 96: 359–375.
- [52] SERIO A., C. CHAVES-LÓPEZ, A. PAPARELLA, G. SUZZI. 2010. "Evaluation of metabolic activities of enterococci isolated from Pecorino Abruzzese cheese." *International Dairy Journal* 20: 459–464.
- [53] SERIO A., A. PAPARELLA, C. CHAVES-LÓPEZ, A. CORSETTI, G. SUZZI. 2007. "Enterococcus populations in Pecorino Abruzzese cheese: biodiversity and safety aspects." *Journal of Food Protection* 70: 1561–1568.
- [54] SUN D., JEANNOT K., XIAO Y., KNAPP C.W. 2019. "Horizontal gene transfer mediated bacterial antibiotic resistance." *Frontiers Microbiology* 27: 933.
- [55] ŠVEC P., C.M.A.P. FRANZ. 2014. The genus *Enterococcus*. In *Lactic Acid Bacteria: Biodiversity and Taxonomy*; Holzapfel, W.H., Wood, B.J.B., Eds.; Wiley-Blackwell: Hoboken, NJ, USA: 171–213.
- [56] TEMPLER S.P., A. BAUMGARTNER. 2007. "Enterococci from Appenzeller and Schabziger raw milk cheese: antibiotic resistance, virulence factors, and persistence of particular strains in the products." *Journal of Food Protection* 70: 1450–1464.
- [57] WERNER G., T.M. COQUE, C.M. FRANZ, E. GROHMANN, K. HEGSTAD, L. JENSEN, W. VAN SCHAIK, K. WEAVER. 2013. "Antibiotic resistant enterococci – tales of a drug resistance gene trafficker." *International Journal of Medicine Microbiology* 303: 360–379.
- [58] YERLIKAYA O., N. AKBULUT. 2019. "Potential use of probiotic *Enterococcus faecium* and *Enterococcus durans* strains in Izmir Tulum cheese as adjunct culture." *Journal of Food Science and Technology* 56: 2175–2185.
- [48] RIBEIRO S.C., M.C. COELHO, S.D. TODOROV, B.D.G.M. FRANCO, M.L.E. DAPKEVICIUS, C.C.G. SILVA. 2014. "Technological properties of bacteriocin-producing lactic acid bacteria isolated from Pico cheese an artisanal cow's milk cheese." *Journal of Applied Microbiology* 116: 573–585.
- [49] RIBEIRO S.C., R.P. ROSS, C. STANTON, C.C.G. SILVA. 2017. "Characterization and application of antilisterial enterocins on model fresh cheese." *Journal of Food Protection* 80: 1303–1316.
- [50] RICCI A., A. ALLENDE, D. BOLTON, M. CHEMALY, R. DAVIES, R. GIRONES, L. HERMAN, K. KOUTSOUMANIS, R. LINDQVIST, B. NORRUNG ET AL. 2017. "Scientific Opinion on the update of the list of QPS-recommended biological agents intentionally added to food or feed as notified to EFSA. Panel on Biological Hazards (BIOHAZ)." *EFSA Journal* 15: e04664.
- [51] RUIZ P., F. PEREZ-MARTIN, S. SESENA, M.L. PALOP. 2016. "Seasonal diversity and safety evaluation of enterococci population from goat milk in a farm." *Dairy Science and Technology* 96: 359–375.
- [52] SERIO A., C. CHAVES-LOPEZ, A. PAPARELLA, G. SUZZI. 2010. "Evaluation of metabolic activities of enterococci isolated from Pecorino Abruzzese cheese." *International Dairy Journal* 20: 459–464.
- [53] SERIO A., A. PAPARELLA, C. CHAVES-LOPEZ, A. CORSETTI, G. SUZZI. 2007. "Enterococcus populations in Pecorino Abruzzese cheese: biodiversity and safety aspects." *Journal of Food Protection* 70: 1561–1568.
- [54] SUN D., JEANNOT K., XIAO Y., KNAPP C.W. 2019. "Horizontal gene transfer mediated bacterial antibiotic resistance." *Frontiers Microbiology* 27: 933.
- [55] SVEC P., C.M.A.P. FRANZ. 2014. The genus *Enterococcus*. In *Lactic Acid Bacteria: Biodiversity and Taxonomy*; Holzapfel, W.H., Wood, B.J.B., Eds.; Wiley-Blackwell: Hoboken, NJ, USA: 171–213.
- [56] TEMPLER S.P., A. BAUMGARTNER. 2007. "Enterococci from Appenzeller and Schabziger raw milk cheese: antibiotic resistance, virulence factors, and persistence of particular strains in the products." *Journal of Food Protection* 70: 1450–1464.
- [57] WERNER G., T.M. COQUE, C.M. FRANZ, E. GROHMANN, K. HEGSTAD, L. JENSEN, W. VAN SCHAIK, K. WEAVER. 2013. "Antibiotic resistant enterococci - tales of a drug resistance gene trafficker." *International Journal of Medicine Microbiology* 303: 360–379.
- [58] YERLIKAYA O., N. AKBULUT. 2019. "Potential use of probiotic *Enterococcus faecium* and *Enterococcus durans* strains in Izmir Tulum cheese as adjunct culture." *Journal of Food Science and Technology* 56: 2175–2185.

Msc Eng. Anna IGNACZAK¹

Msc Eng. Ewelina MASIARZ¹

PhD, DrSc. Hanna KOWALSKA¹, prof. of WULS

¹Department of Food Engineering and Process Management

Institute of Food Sciences, Warsaw University of Life Sciences – WULS, Warsaw, Poland

Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji

Instytut Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego – SGGW, Warszawa, Polska

NUTRITIONAL TRENDS AND METHODS OF PRODUCING FRUIT AND VEGETABLE HEALTH-PROMOTING SNACKS®

Trendy żywieniowe i metody wytwarzania owocowych i warzywnych przekąsek prozdrowotnych®

Key words: fruit and vegetable chips, production methods, drying.

Diet has a large impact on people's health and self-sense, which is why consumers more and more often pay attention to the quality of food and its pro-health benefits. It is especially important in striving to limit the development of many civilization diseases. The use of appropriate manufacturing techniques using pre-treatment and drying results in products of high quality and nutritional value. It also makes it possible to find new directions in food production that may include a „clean label” declaration. Apart from essential nutritional trends, the article presents selected treatments used in the technology of producing healthy snacks from dried fruit and vegetables.

Słowa kluczowe: chipsy owocowe i warzywne, metody wytwarzania, suszenie.

Dieta ma duży wpływ na zdrowie i samopoczucie ludzi, dlatego konsumenci coraz częściej zwracają uwagę na jakość spożywanej żywności i jej walory prozdrowotne. Szczególnie ważne jest to w dążeniu do ograniczenia rozwoju wielu chorób cywilizacyjnych. Zastosowanie odpowiednich technik wytwarzania z zastosowaniem zabiegów wstępnych i suszenia pozwala uzyskać produkty wysokiej jakości i wartości odżywczej. Stwarza to również możliwość znajdowania nowych kierunków w produkcji żywności. W artykule obok istotnych trendów żywieniowych przedstawiono wybrane zabiegi stosowane w technologii wytwarzania prozdrowotnych przekąsek z suszy owoców i warzyw.

INTRODUCTION

Fruits and vegetables and their products are a source of bio-components necessary for the proper functioning of the human body, and their increased consumption helps to prevent many civilization diseases [2, 16, 39, 55, 56, 66]. However various types of snacks, generally divided into salty and sweet, have become common and often eaten between meals. They are widely available, especially for busy consumers [25]. They allow you to temporarily satisfy the feeling of hunger or are the result of the need to snack between meals or even to replace them [5, 25, 36]. Dried snacks made from them constitute a concentrated content of many ingredients, especially dietary fiber, easily digestible sugars and bioelements, as well as compounds with antioxidant properties. Another important aspect is that they can be produced without the so-called „Artificial additives” which are considered undesirable.

Currently, consumers are more and more aware of the impact of consumed food on the functioning of the human body. Noteworthy is the growing demand for high-quality nutritional and [32, 36]. Such products largely retain the

properties of the raw materials and do not contain additional substances such as artificial colors, preservatives or flavors. Offering products with „clean label”, with functional bio-ingredients, as well as the use of sustainable production methods fueled sales in the snack market in 2021 [24]. The consumption of health-promoting snacks in Poland is much lower than in other European countries. However, forecasts indicate its rapid growth [7, 30]. In 2016, the value of the global market of the so-called „healthy” snacks stood at \$ 21.1 billion. Euromonitor reported that the market for this type of products will grow in the years 2020-2025, successively by approx. 5.8% annually, and in 2025 it will reach a value of USD 98 billion [8, 24].

For many years, there have been low-calorie products on the market, with a reduced salt, fat and simple carbohydrate content, as well as enriched with functional ingredients of a pro-health character [46]. Dried snacks (chips) from fruit and vegetables and their use, e.g. in properly composed multi-grain bars, perfectly match the current nutritional trends and the possibility of declaring a „clean label”.

The aim of the article is to review the available literature on current market trends and the technology of producing fruit and vegetable chips as health-promoting snacks.

CONSUMER BEHAVIOR AND NUTRITION RECOMMENDATIONS

Nowadays, consumers more and more often pay attention to the health quality and nutritional value of food, because improperly composed diet is the main cause of cancer, cardiovascular and digestive system diseases, including obesity and type 2 diabetes [21, 44]. In order to counteract this type of health problems, the National Health Program covering the years 2016–2020 was launched in Poland. The basic concept of this program focused on strategic goals, which included factors influencing health improvement, extension and quality of life [63].

It has been observed that consumers very frequently consume „snacks” between meals. They reach for it, not only when they feel hungry, but when they just want to „bite” something. Unfortunately, among the many on the market, there are high-calorie snacks with low nutritional value. Some consumers are willing to try to compensate for the „unhealthy” snack with physical activity, but often these are just unfulfilled ideas [3, 5], and the lack of physical activity exacerbates health problems. The World Health Organization [74] emphasized that excessive consumption of foods rich in saturated fatty acids, salt and simple carbohydrates, as well as low consumption of fruit and vegetables and whole grains are the main risk factors for the development of diet-related diseases. Fruits and vegetables and whole-grain products are two important food groups at the base of the Nutrition Pyramid, which clearly emphasizes their role in proper human nutrition. They are a valuable source of complex carbohydrates, dietary fiber and health-promoting ingredients, such as vitamins, antioxidants, as well as macro- and microelements [69]. Due to the fact that the formation of proper eating habits takes place even before adolescence, it is important to introduce proper nutritional practices from childhood [72].

The trend of being „fit” among consumers calls for a change in diet, which is one of the key factors responsible for human health, well-being and physical condition [72]. Therefore, apart from the sensory quality (taste, appearance, texture) and safety (microbiological quality, chemical composition), it is very important to produce products with high nutritional value and at the same time containing only natural ingredients. There are products that offer the consumer something „extra” compared to traditional products such as functional ingredients with higher levels of proven positive effects on the human body. Such products include protein bars for athletes or bars containing chia seeds (source unsaturated omega-3 fatty acids, dietary fiber, protein, minerals, antioxidants and polyphenols) or spirulina, which is a rich source of protein and B vitamins [28, 80]. In the case of fruit and vegetable chips, it is possible to enrich the plant raw material with a nutrient desirable component that is not present in the raw material, e.g. fructooligosaccharides or inulin, which, thanks to their functional properties, have a beneficial effect on the body, stimulating the proliferation of beneficial intestinal microflora [11, 45, 57].

The leading aspect in the development of nutritional science in the 21st century is the improvement of the quality of life, and thus the development of the science of functional food, which has a scientifically proven beneficial effect on the human body. This type of food, performing one or more functions in the human body, improves the health condition or reduces the risk of diseases [38, 47].

ADVANTAGES AND AVAILABILITY OF FRUIT AND VEGETABLE SNACKS

There is a wide variety of dried fruits and vegetables on the market today. However, only some of them are used to make fruit and vegetable chips. These include apples, pears, peaches, bananas, mangoes, kiwi, pineapples, strawberries, beetroots, broccoli, onions, potatoes, tomatoes, carrots, pumpkin and Jerusalem artichoke. Often, in order to improve the sensory characteristics of a product, producers add numerous natural spices and herbs, such as pepper, paprika, chili, cinnamon, and ginger [13, 20, 22]. Dried fruit and vegetables are used as a valuable addition to many products, e.g. food concentrates, soups, cereals, yoghurts and desserts. They can also be considered a valuable snack as they are increasingly appreciated by many consumers [51]. Forecasts indicate that the production of dried fruit and vegetables of different taste, shape and texture using different drying methods will expand the market of „healthy” snacks [8, 24]. The fruits and vegetables preserved through the drying process, obtained in the form of crunchy chips, are a healthy and fat-free snack. In addition, dried fruit and vegetable based crisps do not contain chemical preservatives or flavor enhancers. They are an high-fiber, gluten-free and often low-calorie snacks [33, 37].

PROPERTIES OF FRUIT AND VEGETABLE SNACKS

Fruits and vegetables are a source of ingredients important for the proper functioning of the human body. According to experts from the World Health Organization [75], the consumption of fruit and vegetables should be at least 400 g per day, excluding starchy tuberous vegetables. Fresh fruit and vegetables are a rich source of micro- and macronutrients (including phosphorus, calcium, iron), carbohydrates, vitamins, dietary fiber, flavonoid compounds and organic acids, and they are also characterized by a low concentration of lipids [21, 52, 71]. Many research studies show that increased consumption of fresh and processed fruit and vegetables has a prophylactic effect in the prevention of many diseases [2, 16, 55, 56, 66], including reducing the long-term risk of obesity [39].

As a result of drying, depending on the method used and other treatments, the content of ingredients may be reduced, but some ingredients become concentrated. So dried products may have an even better composition than the raw materials, and at the same time are much more convenient to use [79]. According to Morais et al. [47], dried food is a source of easily digestible nutrients (mainly carbohydrates) and bioactive compounds, including fiber, phenolic compounds, carotenoids, minerals and vitamins (E, niacin, folic acid, choline). Drying, especially of fruit, usually increases their calorific value, compared to fresh fruit. In the case of fresh plums, the caloric value was 49

kcal/100 g, and for dried plums 285 kcal/100 g [73]. Moreover, some producers of dried fruit sweeten them and, in order to limit changes related to the surface crystallization of sugar, use vegetable oils, increasing their calorific value to about 530 kcal/100 g [14]. Omolola et al. [53] showed that dried fruit and vegetables have a low (<55) or medium (56-69) glycemic index and are more caloric than raw materials, but emphasized that the benefits of consuming them as a source of bioactive ingredients may be greater than currently recognized, because they influence metabolic pathways and cellular responses associated with the etiology of many chronic diseases. Alasalvar and Shahidi [2] showed that people who regularly consumed large amounts of dried fruit, blueberries, citrus, and more had lower rates of cardiovascular disease, obesity, various types of cancer, type 2 diabetes, and other chronic diseases.

Regarding current trends in consuming the most natural food, some scientists have noticed greater benefits from using natural phytochemicals than from chemically produced ones. Moreover, the interactions of food components and the cell structure of plant materials are important. Nayak et al. [48] showed that mixtures of phytochemicals in foods have increased health benefits as a synergistic effect. Therefore, in the production of dried fruit and vegetables, the use of pre-treatment enrichment in juice concentrates is justified. In addition, it was found that the type of biocomponent and its interactions with the food matrix play an important role in the release of phytochemicals, influencing their bioavailability, thus the possibility of absorption from the intestine and penetration into the blood plasma, as well as other therapeutic and pharmacological activities (cardioprotective, antiviral, anti-inflammatory, anti-cancer) [29, 64, 68]. Synergistic antioxidant effect of dietary fiber in the presence of polyphenolic compounds is also known [68].

APPLICATION OF SELECTED TREATMENTS TO MAKE SNACKS FROM FRUIT AND VEGETABLES

The procedures used in the technology of producing snacks from fruit and vegetables are aimed at obtaining high-quality dried products with the highest possible content of native biocomponents, high sensory quality, as well as long shelf life and safe in terms of nutrition and health. They largely determine the final quality of the obtained product [49]. Depending on the method and process parameters used, dried fruit and vegetables show a reduced content of bioactive compounds, especially thermolabile compounds, such as vitamins and phenolic compounds. Pre-treatment prior to drying such as blanching [60], the application of edible coatings, osmotic dewatering/enrichment in juice concentrates [33, 34, 36].

Application of blanching in the production of healthy fruit and vegetable snacks

Blanching is a type of preliminary thermal treatment of fruit and vegetables in which the raw material is exposed to high temperatures in the range of 70-105°C for a short time (up to several minutes). The main purpose of this process is to inactivate tissue enzymes responsible for faster maturation of the processed raw material. In this way, changes in the

organoleptic characteristics, especially in color and texture, can be significantly limited. Moreover, the blanching process partially inactivates the microflora on the surface of the raw material and may lead to an increase in the nutritional value. The application of blanching to plant raw materials prior to drying allows to obtain dried products with more desirable textural characteristics. It has been shown that some unblanched dried fruit and vegetables are much harder than those after initial blanching [49]. The most common method is hot water blanching, which contributes to the loss of many valuable thermolabile ingredients, e.g. vitamins or flavor compounds, as a result of their washing out of the raw material. Therefore, it is much more advantageous to use steam blanching. Currently, newer technologies, such as microwave blanching or ohmic heating, are used more and more often. These methods allow the preservation of a significant amount of bioactive ingredients and the color of the raw material. They are also an example of technologies generating lower costs related to energy consumption [62, 77]. Very often, the blanching process used as a preliminary treatment before drying is also supported by non-thermal pre-treatment methods, such as ultrasound or pulsed electric field. Nowacka et al. [50] showed in their research that the use of ultra-sounds or a pulsed electric field in combination with blanching had a positive effect on the color and increased antioxidant activity of cranberries dried using the microwave-vacuum method.

The use of osmotic dehydration in the production of health-promoting fruit and vegetable snacks

Osmotic dehydration is a process very often used in food engineering, which allows modification of the chemical composition and sensory properties of food, depending on the desired characteristics of the product. During this process, a two-way mass exchange takes place. After the material is placed in the hypertonic osmotic solution, the water is removed from the interior of the material to be dewatered. On the other hand, in the opposite direction, an osmoactive substance can penetrate into the place of removed water [57, 66]. Osmotic dehydration is usually used to partially lower the water content in plant raw materials. This does not fully protect the product against unfavorable microbiological and biochemical changes, which in effect affect the short shelf life [10].

Osmotic dehydration in combination with drying is used to obtain food with medium water content (20-50%) and water activity (0.70-0.85), or low, where the humidity does not exceed 20%, and the water activity is below 0.70 [18, 58]. From the point of view of the final quality of the product, its sensory properties and calorific value, the selection of an osmotic solution becomes important. Various sugar solutions are used, eg sucrose, fructose, glucose, fruit and vegetable juice concentrates, natural and artificial honey and the possible addition of other substances, such as calcium or sodium chloride [31, 26]. It is recommended to use fruit and vegetable juice concentrates which contain only natural ingredients. Many fruits and vegetables are underrated or unpalatable when raw. Osmotic enrichment of raw materials with juices can increase the pro-health value of products, but also shape new sensory features. In this way, many different juices can

be used [33, 34, 35, 43], eg from aronia fruit, cranberry, elderberry, red beet. Another proposed solution limiting the unfavorable increase in the content of simple carbohydrates in the product is the initial protection of plant materials against the osmotic dehydration process, e.g. by using edible coatings or convective drying.

Osmotic dehydration prevents changes in color, smell and taste, which often take place during further technological processes, e.g. drying. By limiting the contact of the feed with air, osmotic dehydration also prevents enzymatic and non-enzymatic oxidation. Partial removal of water shortens the drying time and also the time of contact of the raw material with hot air. Therefore, many of the thermolabile components contained in the raw material can be preserved [78]. Despite its many advantages, osmotic dehydration also has disadvantages. This is a time consuming process and, in combination with blanching or vacuum drying, also expensive. The sugar layer covering the dewatered raw material, which occurs as a result of mass exchange, becomes troublesome and it is necessary to rinse it with water [78].

The topic of the possibility of using osmotic dehydration in the production of fruit and vegetable chips is widely discussed in the literature, because the universality of this process makes it subject to continuous improvement. Currently, promising solutions in the osmotic dehydration process, incl. fruit and vegetable chips are mainly juice concentrates or fruit and vegetable extracts, which, being a carrier of natural bioactive ingredients, enrich the product. Thanks to the use of these solutions, it is possible to obtain dried fruit with a high nutritional value, with a new, attractive taste and color [33]. The use of apple and beet juice concentrate, as well as their mixture for osmotic dehydration of apples, made it possible to obtain the same or even greater fruit dehydration effect as in the case of the commonly used sucrose solution. Apples pre-dehydrated in a mixture of apple and beet juice concentrates and then freeze-dried were characterized by an attractive color, regular shape and a homogeneous surface [34]. The research carried out by Czajkowska et al. [12] proved that the use of chokeberry juice concentrate for preliminary apple dehydration resulted in an almost 2.5-fold increase in the polyphenol content in the material to be drained, as well as obtaining an attractive color. An attempt was also made to use ethanol fruit extracts for initial osmotic dehydration of apple slices in the technology of producing dried chips using the osmotic-convection method. The research of Tarko et al. [70] showed that in the production of such chips, a 5-minute soaking in extracts of chokeberry fruit, Japanese quince, dogwood, small cranberry, hawthorn, Chinese schisandra and wolfberry increased the content of polyphenols and antioxidant activity obtained in this way. way it dries. The most useful extracts for enriching the apple chips were those of quince fruit, hea and hawthorn. However, despite the high antioxidant activity, the chips enriched with Chinese schisandra extract obtained a low sensory rating.

The use of edible coatings in the production of health-promoting fruit and vegetable snacks

Many studies show that an interesting alternative in the production of snacks from fruits and vegetables with increased nutritional value is the use of edible coatings before

the osmotic dehydration process [36]. This technology allows you to obtain the so-called high moisture „soft snacks” or low water „dry snacks” (about 20%). The technology of obtaining „soft snacks” is based on osmotic dehydration and surface drying of the raw material, while „dry snacks” after osmotic dehydration are dried for much longer [36, 40]. Attempts to use edible coatings in conjunction with osmotic dehydration were made in the case of various fruits and vegetables, incl. apples [15, 41], strawberries [17], mango [6], apricots [65], quince [1], pumpkin [61], carrots [42] or potatoes [59]. The use of the edible coating reduces the contact of oxygen with food, and thus the oxidation reactions of food ingredients. The application of an edible coating on the raw material before osmotic dehydration allows to reduce the loss of native components, including those of a health-promoting nature, and to maintain the physicochemical and sensory properties [33, 67]. The use of coatings also reduces the penetration of osmotic substances into the interior of the raw material to be dewatered, thus not limiting the removal of water from the material [41]. Additionally, the coatings increase the integrity of the product, its aesthetics, as well as mechanical strength during the processing, transport and storage process [56].

It is very important to select an appropriate coating and osmotic solution, including the use of fruit and vegetable juices enriching snacks with appropriate bio-components and process conditions that will determine its effectiveness, physical properties of the obtained dried products and their acceptance by consumers [36]. Requirements are made for edible coatings that can be used prior to osmotic dehydration. These are first of all: quick and uncomplicated possibility of applying the coating using simple techniques, adequate adhesion of the coating to the coated material, good water diffusivity, as well as resistance to contact with the aqueous environment during osmotic dehydration [36].

The use of drying in the production of health-promoting fruit and vegetable snacks

Drying fruit and vegetables is one of the oldest methods of food preservation. Lowering the humidity affects the protection of the product against the development of harmful microflora, slowing down the rate of biochemical reactions and physicochemical changes [19]. The quality of the dried product depends on properly selected drying methods and parameters, i.e. time, temperature, drying agent flow rate, raw material properties, e.g. composition, size and degree of fragmentation, structure [19, 76]. Irreversible changes often occur in dried fruits and vegetables, such as shrinkage, change in shape and dimensions, and even surface browning. Therefore, an important factor is the selection of the appropriate technique and drying parameters, depending on the type of raw material. Thanks to this, it is possible to shape the properties of the product to some extent in terms of quality requirements [27]. Due to the content of thermolabile substances, fruits and vegetables are very sensitive to heat treatment. Therefore, drying of these materials takes place at a temperature of 40-70°C from 4 hours (for vegetables, from which the water evaporates faster) to 24 hours for fruit [19].

Dried fruits and vegetables are commonly obtained using simple drying methods, ie drying using solar energy or air. However, these are time-consuming techniques, requiring

a large amount of energy and affecting undesirable changes in quality, e.g. discoloration. Currently, technologies have been developed that allow, first of all, to shorten the drying time, improve energy efficiency and improve the quality characteristics of the obtained dried fruit and vegetables [4].

The research carried out by Kowalska et al. [32] showed that freeze drying and microwave-vacuum drying combined with previous convection drying allow to obtain high quality of dried fruit and vegetables. Many studies show that freeze-drying is a drying technique that allows to obtain the most satisfactory dry quality. However, it is a long-term process, which is associated with high energy consumption, and thus the cost of production [32]. A more economical solution is to use hybrid drying, i.e. combining different drying techniques. By making several operations, it is possible to obtain dried products with properties similar to the that obtained by freeze-drying. Pre-treatment in osmotic solutions carrying biologically active compounds and innovative methods of drying allow to shorten the drying time, minimize possible disadvantages arising in traditional methods, and also make it possible to create food with the desired properties. The dried Japanese quince snacks obtained in this way received high marks in the opinion of consumers [33]. Nowicka et al. [51] subjected cherries to osmotic treatment with the use of several juice concentrates, incl. from blackcurrant fruit, apples, cherries, chokeberries, raspberries and quinces. The pretreated cherries were dried using a hybrid technique, i.e. a convection-microwave-vacuum technique. The use of „osmotic concentrates” allowed for a significant increase in the polyphenol content in dried cherries, respectively from 6.4% in the case of using cherry juice concentrate to 22.4% in the case of chokeberry juice concentrate. Kowalska et al. [35] attempted to obtain apple snacks with the use of hybrid drying, consisting in preliminary osmotic dehydration in sucrose and sucrose solution with the addition of chokeberry juice concentrate, convection drying, and then microwave-vacuum drying. This drying technique and the use of chokeberry juice concentrate as an addition to the osmoactive solution resulted in a significant increase in the content of such bio-compounds as polyphenols, vitamin C, as well as an increase in the antioxidant activity of the obtained dried products. Horuz et al. [23] showed that hybrid drying, i.e. microwave-convection drying of cherries, not only significantly reduces the drying time compared to convective drying, but also contributes to an increase in the content of bioactive ingredients in dried products, i.e. polyphenols and Vitamin C. Additionally, cherries dried in this way were characterized by greater antioxidant abilities and better reconstitution properties. The positive aspects of another hybrid drying technique, i.e. microwave-vacuum drying, were noticed when comparing this drying method with convection and micro-wave drying of tomatoes. The research showed that the microwave-vacuum drying was characterized by a higher content of lycopene and

antioxidant activity than the dried products obtained with the other two methods. Moreover, in the sensory evaluation, the microwave-vacuum dried tomatoes obtained the highest marks, despite the lighter color. Taking into account all three analyzed methods, the speed of microwave-vacuum drying was the highest, which allowed to reduce the costs of the process related to the amount of energy used [54].

In the drying of fruit and vegetables, research is also carried out on the possibility of using a combination of microwaves, infrared radiation, ultrasounds, radio frequency as drying methods with artificial intelligence techniques, such as: computer vision systems, sensor technology, artificial neural network as an element supporting the control of the drying process in order to obtain a product of the required quality [9].

CONCLUSIONS

New trends in the food market result from the growing awareness of consumers regarding the nutritional and health quality of food, which creates a need for food manufacturers to design a wider range of snack products, especially in the form of dried fruits and vegetables. The health-promoting benefits of such dried snacks encourages consumers to consume them. The challenge for producers of dried fruit and vegetables is to improve and development of new production techniques enabling the preservation of bioactive ingredients. Due to the emerging new manufacturing techniques and variability of raw materials, further research is needed to develop the technology of production of dried fruit and vegetable snacks. Snacks in the form of dried fruits and vegetables are an ideal alternative to snacks that are high in calories and low in nutritional value. Dried fruit and vegetable snacks should dominate both the domestic and global markets.

WNIOSKI

Nowe trendy na rynku żywności wynikają z rosnącej świadomości konsumentów odnośnie jakości żywieniowej i zdrowotnej żywności, co stawia przed jej producentami potrzebę projektowania szerszej gamy produktów przekąskowych, zwłaszcza w postaci suszonych owoców i warzyw. Prozdrowotność przekąsek w formie takich suszy zachęca konsumentów do ich spożywania. Wyzwaniem dla producentów suszonych owoców i warzyw jest doskonalenie i opracowywanie nowych technik ich wytwarzania umożliwiających zachowanie składników bioaktywnych. Ze względu na pojawiające się nowe techniki wytwarzania i zróżnicowanie surowcowe, potrzebne są kolejne badania w zakresie opracowania technologii produkcji suszonych przekąsek z owoców i warzyw. Przekąski w formie suszonych owoców i warzyw stanowią idealną alternatywę dla przekąsek wysokokalorycznych, a zarazem o niskiej wartości odżywczej. Przekąski z suszonych owoców i warzyw powinny dominować zarówno na rynku krajowym jak i światowym.

REFERENCES

- [1] **AKBARIAN M., B. GHANBARZADEH, M. SOWTI, J. DEGHANNYA. 2014.** “Effects of pectin-CMC-based coating and osmotic dehydration pretreatments on microstructure and texture of the hot-air dried quince slices”. *Journal of Food Processing and Preservation* 39: 260–269.
- [2] **ALASALVAR C., F. SHAHIDI. 2013.** “Composition, phytochemicals, and beneficial health effects of dried fruits: an overview”. Shahidi F. (Ed.) In: *Dried fruits: Phytochemicals and health effects*, John Wiley and Sons, Inc., Oxford, UK: 1-19.
- [3] **AMREIN M.A., U. SCHOLZ, J. INAUEN. 2021.** “Compensatory health beliefs and unhealthy snack consumption in daily life”. *Appetite* 157, 104996. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2020.104996>.
- [4] **ANDO Y., S. HAGIWARA, H. NABETANI, I. SOTOME, T. OKUNISHI, H. OKADOME, T. ORIKASA, A. TAGAWA. 2019.** “Effects of prefreezing on the drying characteristics, structural formation and mechanical properties of microwave-vacuum dried apple”. *Journal of Food Engineering* 244: 170–177.
- [5] **ANONIM. 2008.** „Przekąski – sposób na sukces”. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy* 1: 62.
- [6] **AZAM M., M.A. HAQ, A. HASNAIN. 2013.** “Osmotic dehydration of mango cubes: Effect of novel gluten-based coating”. *Drying Technology* 31(1): 120–127.
- [7] **BANAŚ J., K. PIŁOT, K. SURÓWKA, I. MACIEJASZEK, M. WITEK. 2018.** „Charakterystyka spektrofotometryczna wybranych produktów przekąskowych”. W: *Składniki bioaktywne surowców i produktów roślinnych* (red. J. Słupski, T. Tarko, I. Drożdż). Wydawnictwo Oddział Małopolski Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, Kraków: 299–306.
- [8] **CHEN J., C. VENKITASAMY, Q. SHEN, T. H. MCHUGH, R. ZHANG, Z. PAN. 2018.** “Development of healthy crispy carrot snacks using sequential infrared blanching and hot air drying method”. *LWT-Food Science and Technology* 97: 469–475.
- [9] **CHEN J., M. ZHANG, B. XU, J. SUN, A. S. MUJUMDAR. 2020.** “Artificial intelligence assisted technologies for controlling the drying of fruits and vegetables using physical fields: A review”. *Trends in Food Science and Technology* 105: 251–260.
- [10] **CHITRAKAR B., M. ZHANG, B. ADHIKARI. 2019.** “Dehydrated foods: Are they microbiologically safe?” *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 59(17): 2734–2745.
- [11] **CIURZYŃSKA A., H. KOWALSKA, K. CZAJKOWSKA, A. LENART. 2016.** “Osmotic dehydration in production of sustainable and healthy food”. *Trends in Food Science and Technology* 50: 186–192.

REFERENCES

- [1] **AKBARIAN M., B. GHANBARZADEH, M. SOWTI, J. DEGHANNYA. 2014.** “Effects of pectin-CMC-based coating and osmotic dehydration pretreatments on microstructure and texture of the hot-air dried quince slices”. *Journal of Food Processing and Preservation* 39: 260–269.
- [2] **ALASALVAR C., F. SHAHIDI. 2013.** “Composition, phytochemicals, and beneficial health effects of dried fruits: an overview”. Shahidi F. (Ed.) In: *Dried fruits: Phytochemicals and health effects*, John Wiley and Sons, Inc., Oxford, UK: 1–19.
- [3] **AMREIN M.A., U. SCHOLZ, J. INAUEN. 2021.** “Compensatory health beliefs and un-healthy snack consumption in daily life”. *Appetite* 157, 104996. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2020.104996>.
- [4] **ANDO Y., S. HAGIWARA, H. NABETANI, I. SOTOME, T. OKUNISHI, H. OKADO-ME, T. ORIKASA, A. TAGAWA. 2019.** “Effects of prefreezing on the drying characteristics, structural formation and mechanical properties of microwave-vacuum dried apple”. *Journal of Food Engineering* 244: 170–177.
- [5] **ANONIM. 2008.** „Przekąski – sposób na sukces”. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy* 1: 62.
- [6] **AZAM M., M.A. HAQ, A. HASNAIN. 2013.** “Osmotic dehydration of mango cubes: Effect of novel gluten-based coating”. *Drying Technology* 31(1): 120–127.
- [7] **BANAS J., K. PIŁOT, K. SUROWKA, I. MACIEJASZEK, M. WITEK. 2018.** „Charakterystyka spektrofotometryczna wybranych produktów przekąskowych”. W: *Składniki bioaktywne surowców i produktów roślinnych* (red. J. Słupski, T. Tarko, I. Drożdż). Wydawnictwo Oddział Małopolski Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, Krakow: 299–306.
- [8] **CHEN J., C. VENKITASAMY, Q. SHEN, T. H. MCHUGH, R. ZHANG, Z. PAN. 2018.** “Development of healthy crispy carrot snacks using sequential infrared blanching and hot air drying method”. *LWT-Food Science and Technology* 97: 469–475.
- [9] **CHEN J., M. ZHANG, B. XU, J. SUN, A. S. MUJUMDAR. 2020.** “Artificial intelligence assisted technologies for controlling the drying of fruits and vegetables using physical fields: A review”. *Trends in Food Science and Technology* 105: 251–260.
- [10] **CHITRAKAR B., M. ZHANG, B. ADHIKARI. 2019.** “Dehydrated foods: Are they microbiologically safe?” *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 59(17): 2734–2745.
- [11] **CIURZYŃSKA A., H. KOWALSKA, K. CZAJKOWSKA, A. LENART. 2016.** “Osmotic dehydration in production of sustainable and healthy food”. *Trends in Food Science and Technology* 50: 186–192.

- [12] CZAJKOWSKA K., H. KOWALSKA, J. CICHOWSKA, M. WOJNOWSKI. 2016. „Odwadnianie osmotyczne jabłek w koncentracji soku z aronii”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 2: 5–11.
- [13] DEREJEB.,S.ABERA.2020.“Effectofpretreatments and drying methods on the quality of dried mango (*Mangifera Indica L.*) slices”. *Cogent Food and Agriculture* 6: doi: 10.1080/23311932.2020.1747961.
- [14] ESTÉVEZ A.M., B. ESCOBAR, M. VASQUEZ, E. CASTILLO, E. ARAYA, I. ZACARIAS. 1995. “Cereal and nut bars, nutritional quality and storage stability”. *Plant Foods for Human Nutrition* 47(4): 309–317.
- [15] ETEMADIA., R. ALIZADEH, M. SIROUSAZAR. 2020. “The influence of natural basil seed gum coats on the kinetics of osmotic dehydration of apple rings”. *Food and Bioprocess Technology* 13: 1505–1515.
- [16] FORD E.S., A.H. MOKDAD. 2001. “Fruit and vegetable consumption and diabetes mellitus incidence among U.S. adults”. *Preventive Medicine* 32: 33–39. doi.org/10.1006/pmed.2000.0772.
- [17] GAMBOA-SANTOS J., L. A. CAMPANONE. 2019. “Application of osmotic dehydration and microwave drying to strawberries coated with edible films”. *Drying Technology* 37(8): 1002–1012.
- [18] GONZÁLEZ PÉREZ J. E., N. RAMIREZ-CORONA, A. LOPEZ-MALO. 2021. “Mass transfer during osmotic dehydration of fruits and vegetables: process factors and non-thermal methods”. *Food Engineering Reviews* 13: 344–374.
- [19] GRZEGORY P., D. PIOTROWSKI. 2013. „Suszenie surowców roślinnych wybranymi sposobami”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 1: 92–95.
- [20] GUINÉ R. P. F. 2018. “The drying of foods and its effect on the physical-chemical, sensorial and nutritional properties”. *International Journal of Food Engineering* 2(4), doi: 10.18178/ijfe.4.2.93-100.
- [21] GWÓŹDŹ E., P. GĘBCZYŃSKI. 2015. „Prozdrowotne właściwości owoców, warzyw i ich przetworów”. *Postępy Fitoterapii* 16(4): 268–271.
- [22] HALLMANN E. 2014. „Chipsy z jabłek”. *Hasło Ogrodnicze* 12: 45–46.
- [23] HORUZ E., H. BOZKURT, H. KARATAS, M. MASKAN. 2017. “Effects of hybrid (microwave-convectonal) and convectonal drying on drying kinetics, total phenolics, antioxidant capacity, vitamin C, color and rehydration capacity of sour cherries”. *Food Chemistry* 230: 295–305.
- [24] INTERNET 1. The State of the healthy snack market in 2021 <https://www.glanbianutritionals.com/en-mx/nutri-knowledge-center/insights/state-healthy-snack-market-2021>, © Glanbia plc 2021. Access: October 14, 2021.
- [12] CZAJKOWSKA K., H. KOWALSKA, J. CICHOWSKA, M. WOJNOWSKI. 2016. „Odwadnianie osmotyczne jabłek w koncentracji soku z aronii”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 2: 5–11.
- [13] DEREJEB.,S.ABERA.2020.“Effectofpretreatments and drying methods on the quality of dried mango (*Mangifera Indica L.*) slices”. *Cogent Food and Agriculture* 6: doi: 10.1080/23311932.2020.1747961.
- [14] ESTEVEZ A.M., B. ESCOBAR, M. VASQUEZ, E. CASTILLO, E. ARAYA, I. ZACARI-AS. 1995. “Cereal and nut bars, nutritional quality and storage stability”. *Plant Foods for Human Nutrition* 47(4): 309–317.
- [15] ETEMADIA., R. ALIZADEH, M. SIROUSAZAR. 2020. “The influence of natural basil seed gum coats on the kinetics of osmotic dehydration of apple rings”. *Food and Bioprocess Technology* 13: 1505–1515.
- [16] FORD E.S., A.H. MOKDAD. 2001. “Fruit and vegetable consumption and diabetes mellitus incidence among U.S. adults”. *Preventive Medicine* 32: 33-39. doi.org/10.1006/pmed.2000.0772.
- [17] GAMBOA-SANTOS J., L. A. CAMPANONE. 2019. “Application of osmotic dehydration and microwave drying to strawberries coated with edible films”. *Drying Technology* 37(8): 1002–1012.
- [18] GONZALEZ PEREZ J. E., N. RAMIREZ-CORONA, A. LOPEZ-MALO. 2021. “Mass transfer during osmotic dehydration of fruits and vegetables: process factors and non-thermal methods”. *Food Engineering Reviews* 13: 344–374.
- [19] GRZEGORY P., D. PIOTROWSKI. 2013. „Suszenie surowców roślinnych wybranymi sposobami”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 1: 92-95.
- [20] GUINE R. P. F. 2018. „The drying of foods and its effect on the physical-chemical, sensorial and nutritional properties”. *International Journal of Food Engineering* 2(4), doi: 10.18178/ijfe.4.2.93-100.
- [21] GWOZDZ E., P. GEB CZYNSKI. 2015. „Prozdrowotne właściwości owoców, warzyw i ich przetworów”. *Postępy Fitoterapii* 16(4): 268-271.
- [22] HALLMANN E. 2014. „Chipsy z jabłek”. *Hasło Ogrodnicze* 12: 45-46.
- [23] HORUZ E., H. BOZKURT, H. KARATAS, M. MASKAN. 2017. „Effects of hybrid (microwave-convectonal) and convectonal drying on drying kinetics, total phenolics, antioxidant capacity, vitamin C, color and rehydration capacity of sour cherries”. *Food Chemistry* 230: 295-305.
- [24] INTERNET 1. The State of the healthy snack market in 2021 <https://www.glanbianutritionals.com/en-mx/nutri-knowledge-center/insights/state-healthy-snack-market-2021>, (C) Glanbia plc 2021. Access: October 14, 2021.

- [25] **JANOWICZ M., H. KOWALSKA, A. LENART. 2012.** „Przyszłość przekąsek owocowych i warzywnych”. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny* 56(2): 9–11.
- [26] **JANOWICZ M., K. ŚREDZIŃSKA. 2009.** „Wybrane właściwości suszonych konwekcyjnie jabłek wstępnie odwadnianych osmotycznie w warunkach zmiennego ciśnienia”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 1(62): 86–98.
- [27] **KAMIŃSKA A., W. CIESIELCZYK. 2011.** „Kinetyka suszenia mikrofalowego wybranych warzyw i owoców”. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna* 1(50): 19–20.
- [28] **KOBUS-CISOWSKA J., D. KMIECIK, E. FLACZYK, A. JĘDRUSEK-GOLIŃSKA, K. SZMANDERA-BUSZKA, M. HEŚ. 2016.** „Ocena wpływu nasion chia na jakość sensoryczną batonów zbożowych”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna* 49(3): 526–530.
- [29] **KONOPACKA D. 2018.** „Wartości odżywcze i zdrowotne owoców i warzyw”. XXVIII Conference materials, MS Teams platform, 24–25.09.2018
- [30] **KOSEWSKI G., I. BOLESŁAWSKA, J. PRZYSŁAWSKI. 2015.** „Profil kwasów tłuszczowych w wybranych rodzajach przekąsek i produktów wygodnych”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna* 48(3): 388–393.
- [31] **KOWALSKA H., A. LENART. 2003.** „Znaczenie wymiany masy w tworzeniu żywności nowej generacji”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 2: 12–17.
- [32] **KOWALSKA H., A. LENART, A. MARZEC, J. KOWALSKA, A. CIURZYŃSKA, K. CZAJKOWSKA, M. HANKUS, M. WOJNOWSKI. 2017.** „Wykorzystanie zrównoważonych rozwiązań technologicznych w wytwarzaniu wysokiej jakości przekąsek wzbogacanych w białko”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 1: 5–14.
- [33] **KOWALSKA H., A. MARZEC, E. DOMIAN, E. MASIARZ, A. CIURZYŃSKA, S. GALUS, A. MALKIEWICZ, A. LENART, J. KOWALSKA. 2020a.** “Physical and sensory properties of Japanese Quince chips obtained by osmotic dehydration in fruit juice concentrates and hybrid drying”. *Molecules* 25(23): 1–20.
- [34] **KOWALSKA H., J. KOWALSKA, E. MASIARZ, S. MAZIARZ, I. POCHITSKAYA. 2020b.** “The use of apple and beetroot juices to osmotic dehydration of apples”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 1: 51–57.
- [35] **KOWALSKA J., A. MARZEC, E. DOMIAN, S. GALUS, A. CIURZYŃSKA, A. LENART, H. KOWALSKA. 2020c.** “The use of antioxidant potential of chokeberry juice in creating pro-healthy dried apples by hybrid (convection-microwave-vacuum) method”. *Molecules* 25: 1–15.
- [25] **JANOWICZ M., H. KOWALSKA, A. LENART. 2012.** „Przyszłość przekąsek owocowych i warzywnych”. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny* 56(2): 9–11.
- [26] **JANOWICZ M., K. ŚREDZIŃSKA. 2009.** „Wybrane właściwości suszonych konwekcyjnie jabłek wstępnie odwadnianych osmotycznie w warunkach zmiennego ciśnienia”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 1(62): 86–98.
- [27] **KAMIŃSKA A., W. CIESIELCZYK. 2011.** „Kinetyka suszenia mikrofalowego wybranych warzyw i owoców”. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna* 1(50): 19–20.
- [28] **KOBUS-CISOWSKA J., D. KMIECIK, E. FLACZYK, A. JĘDRUSEK-GOLIŃSKA, K. SZMANDERA-BUSZKA, M. HES. 2016.** „Ocena wpływu nasion chia na jakość sensoryczną batonów zbożowych”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna* 49(3): 526–530.
- [29] **KONOPACKA D. 2018.** „Wartości odżywcze i zdrowotne owoców i warzyw”. XXVIII Conference materials, MS Teams platform, 24–25.09.2018
- [30] **KOSEWSKI G., I. BOLESŁAWSKA, J. PRZYSŁAWSKI. 2015.** „Profil kwasów tłuszczowych w wybranych rodzajach przekąsek i produktów wygodnych”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna* 48(3): 388–393.
- [31] **KOWALSKA H., A. LENART. 2003.** „Znaczenie wymiany masy w tworzeniu żywności nowej generacji”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 2: 12–17.
- [32] **KOWALSKA H., A. LENART, A. MARZEC, J. KOWALSKA, A. CIURZYŃSKA, K. CZAJKOWSKA, M. HANKUS, M. WOJNOWSKI. 2017.** „Wykorzystanie zrównoważonych rozwiązań technologicznych w wytwarzaniu wysokiej jakości przekąsek wzbogacanych w białko”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 1: 5–14.
- [33] **KOWALSKA H., A. MARZEC, E. DOMIAN, E. MASIARZ, A. CIURZYŃSKA, S. GALUS, A. MALKIEWICZ, A. LENART, J. KOWALSKA. 2020a.** “Physical and sensory properties of Japanese Quince chips obtained by osmotic dehydration in fruit juice concentrates and hybrid drying”. *Molecules* 25(23): 1–20.
- [34] **KOWALSKA H., J. KOWALSKA, E. MASIARZ, S. MAZIARZ, I. POCHITSKAYA. 2020b.** “The use of apple and beetroot juices to osmotic dehydration of apples”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 1: 51–57.
- [35] **KOWALSKA J., A. MARZEC, E. DOMIAN, S. GALUS, A. CIURZYŃSKA, A. LENART, H. KOWALSKA. 2020c.** “The use of antioxidant potential of chokeberry juice in creating pro-healthy dried apples by hybrid (convection-microwave-vacuum) method”. *Molecules* 25: 1–15.

- [36] **KOWALSKA H., A. MARZEC, E. DOMIAN, J. KOWALSKA, A. CIURZYŃSKA, S. GALUS. 2021.** „Edible coatings as osmotic dehydration pre-treatment in nutrient-enhanced fruit or vegetable snacks development: A review”. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*: 1–34.
- [37] **KOZAK M. 2015.** „Ocena wybranych parametrów tekstury popularnych przekąsek owocowych i warzywnych”. *Inżynieria Przetwórstwa Spożywczego* 4: 17–20.
- [38] **KRYGIER K., A. FLOROWSKA. 2008.** „Żywność funkcjonalna obecnie i w przyszłości”. *Przemysł Spożywczy* 62(5): 2–5.
- [39] **LEE J., M.Y. KUBIK, J.A. FULKERSON. 2021.** “Fruit and vegetable snack consumption among children with a body mass index at or above the 75th percentile”. *Journal of Nutrition Education and Behavior* 53(7): 619-624. doi.org/10.1016/j.jneb.2021.02.001.
- [40] **LENART A., D. PIOTROWSKI. 2001.** “Drying characteristics of osmotically dehydrated fruits coated with semipermeable edible films”. *Drying Technology* 19(5): 849–877.
- [41] **LENART A., R. DĄBROWSKA. 1997.** “Kinetics of osmotic dehydration of apples with pectin coatings”. *Drying Technology* 17(7–8): 1359–1373.
- [42] **LEVIĆ L. B., G. B. KOPRIVICA, N. M. MIŠLJENović, B. V. FILIPČEV, O. D. ŠIMURINA. T. A. KULJANIN. 2008.** “Effect of starch as an edible coating material on the process of osmotic dehydration of carrot in saccharose solution and sugar beet molasses”. *Acta Periodica Technologica* 39: 29–36.
- [43] **LISZKA K., D. NAJGEBAUER-LEJKO, M. TABASZEWSKA. 2016.** “Elderberry fruits (*Sambucus nigra* L.) – characteristics and possible use in the food industry”. *Innowacyjne Rozwiązania w Technologii Żywności i Żywieniu Człowieka*: 100–111.
- [44] **MARKOWSKI J., W. PŁOCHARSKI, U. PYTASZ, K. RUTKOWSKI. 2012.** „Owoce, warzywa, soki – ich kaloryczność i wartość odżywcza na tle zapotrzebowania na energię i składniki odżywcze. Cz. I. Kaloryczność i mit o wpływie na otyłość”. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny* 9(54): 24–27.
- [45] **MCINERNEY J. K., C. A. SECCAFIEN, C. M. STEWART, A. R. BIRD. 2007.** “Effect of high pressure processing on antioxidant activity, and total carotenoid content and availability, in vegetables”. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 8: 543–548.
- [46] **MOCZKOWSKA M., A. PÓLTORAK, J. WYRWISZ. 2014.** „Wpływ trendów żywieniowych na projektowanie nadziewanych zbożowych produktów spożywczych”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 2: 136–142.
- [36] **KOWALSKA H., A. MARZEC, E. DOMIAN, J. KOWALSKA, A. CIURZYŃSKA, S. GALUS. 2021.** „Edible coatings as osmotic dehydration pre-treatment in nutrient-enhanced fruit or vegetable snacks development: A review”. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*: 1–34.
- [37] **KOZAK M. 2015.** „Ocena wybranych parametrów tekstury popularnych przekąsek owocowych i warzywnych”. *Inżynieria Przetwórstwa Spożywczego* 4: 17–20.
- [38] **KRYGIER K., A. FLOROWSKA. 2008.** „Żywność funkcjonalna obecnie i w przyszłości”. *Przemysł Spożywczy* 62(5): 2–5.
- [39] **LEE J., M.Y. KUBIK, J.A. FULKERSON. 2021.** “Fruit and vegetable snack consumption among children with a body mass index at or above the 75th percentile”. *Journal of Nutrition Education and Behavior* 53(7): 619-624. doi.org/10.1016/j.jneb.2021.02.001.
- [40] **LENART A., D. PIOTROWSKI. 2001.** “Drying characteristics of osmotically dehydrated fruits coated with semipermeable edible films”. *Drying Technology* 19(5): 849–877.
- [41] **LENART A., R. DĄBROWSKA. 1997.** “Kinetics of osmotic dehydration of apples with pectin coatings”. *Drying Technology* 17(7–8): 1359–1373.
- [42] **LEVIC L. B., G. B. KOPRIVICA, N. M. MISLJENOVIC, B. V. FILIPCEV, O. D. SIMURINA. T. A. KULJANIN. 2008.** “Effect of starch as an edible coating material on the process of osmotic dehydration of carrot in saccharose solution and sugar beet molasses”. *Acta Periodica Technologica* 39: 29–36.
- [43] **LISZKA K., D. NAJGEBAUER-LEJKO, M. TABASZEWSKA. 2016.** “Elderberry fruits (*Sambucus nigra* L.) – characteristics and possible use in the food industry”. *Innowacyjne Rozwiązania w Technologii Żywności i Żywieniu Człowieka*: 100–111.
- [44] **MARKOWSKI J., W. PŁOCHARSKI, U. PYTASZ, K. RUTKOWSKI. 2012.** „Owoce, warzywa, soki – ich kaloryczność i wartość odżywcza na tle zapotrzebowania na energię i składniki odżywcze. Cz. I. Kaloryczność i mit o wpływie na otyłość”. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny* 9(54): 24–27.
- [45] **MCINERNEY J. K., C. A. SECCAFIEN, C. M. STEWART, A. R. BIRD. 2007.** “Effect of high pressure processing on antioxidant activity, and total carotenoid content and availability, in vegetables”. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 8: 543–548.
- [46] **MOCZKOWSKA M., A. PÓLTORAK, J. WYRWISZ. 2014.** „Wpływ trendów żywieniowych na projektowanie nadziewanych zbożowych produktów spożywczych”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 2: 136–142.

- [47] **MORAIS R. M. S. C., A. M. MORAIS, I. DAMMAK, J. BONILLA, P. J. A. SOBRAL, J.C. LAGUERRE, M. J. AFONSO, E. C. D. RAMALHOSA. 2018.** "Functional dehydrated foods for health preservation". *Journal of Food Quality* 29, doi.org/10.1155/2018/1739636.
- [48] **NAYAK B., R. H. LIU, J.TANG. 2015.** "Effect of processing on phenolic antioxidants of fruits, vegetables, and grains - a review". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 55(7): 887–918.
- [49] **NOWACKA M., D. WITROWA-RAJCHERT. 2011.** „Procesy wstępne stosowane przed suszeniem owoców i warzyw”. *Przemysł Spożywczy* 6(65): 36–38.
- [50] **NOWACKA M., A. WIKTOR, A. ANUSZEWSKA, M. DADAN, K. RYBAK, D. WITROWA-RAJCHERT. 2019.** "The application of unconventional technologies as pulsed electric field, ultrasound and microwave-vacuum drying in the production of dried cranberry snacks". *Ultrasonics-Sonochemistry* 56: 1–13.
- [51] **NOWICKA P., A. WOJDYŁO, K. LECH, A. FIGIEL. 2015.** "Chemical composition antioxidant capacity and sensory quality of dried sour cherry fruits pre-dehydrated in fruit concentrates". *Food and Bioprocess Technology* 8(10): 2076–2095.
- [52] **OLAS B. 2017.** "The multifunctionality of berries toward blood platelets and the role of berry phenolics in cardiovascular disorders". *Platelets* 28(6): 540–549.
- [53] **OMOLOLA A. O., A. I. JIDEANI, P. F. KAPILA. 2017.** "Quality properties of fruits as affected by drying operation". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 57(1): 95–108.
- [54] **ORIKASA T., S. KOIDE, H. SUGAWARA, M. YOSHIDA, K. KATO, U. MATSUSHIMA, M. OKADA, T. WATANABE, Y. ANDO, T. SHIINA, A. TAGAWA. 2018.** "Applicability of vacuum-microwave drying for tomato fruit based on evaluation of energy cost, color, functional components and sensory qualities". *Journal of Food Processing and Preservation* 42(6): 1–12.
- [55] **ORREGO C. E., N. SALGADO, C. A. BOTERO. 2014.** "Developments and trends in fruit bar production and characterization". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 54(1): 84–97.
- [56] **PHISUT N. 2012.** "Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits". *International Food Research Journal* 19(1): 7–18.
- [57] **PIASECKA E., M. UCZCIWEK, R. KLEWICKI. 2009.** „Odwadnianie osmotyczne owoców w roztworach zawierających fruktooligosacharydy”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2(63): 138–153.
- [58] **QIU L., M. ZHANG, J. TANG, B. ADHIKARI, P. CAO. 2019.** "Innovative technologies for producing and preserving intermediate moisture foods: A review". *Food Research International* 116: 90–102.
- [47] **MORAIS R. M. S. C., A. M. MORAIS, I. DAMMAK, J. BONILLA, P. J. A. SOBRAL, J.C. LAGUERRE, M. J. AFONSO, E. C. D. RAMALHOSA. 2018.** "Functional dehydrated foods for health preservation". *Journal of Food Quality* 29, doi.org/10.1155/2018/1739636.
- [48] **NAYAK B., R. H. LIU, J.TANG. 2015.** "Effect of processing on phenolic antioxidants of fruits, vegetables, and grains – a review". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 55(7): 887–918.
- [49] **NOWACKA M., D. WITROWA-RAJCHERT. 2011.** „Procesy wstępne stosowane przed suszeniem owoców i warzyw”. *Przemysł Spożywczy* 6(65): 36–38.
- [50] **NOWACKA M., A. WIKTOR, A. ANUSZEWSKA, M. DADAN, K. RYBAK, D. WITROWA-RAJCHERT. 2019.** "The application of unconventional technologies as pulsed electric field, ultrasound and microwave-vacuum drying in the production of dried cranberry snacks". *Ultrasonics-Sonochemistry* 56: 1–13.
- [51] **NOWICKA P., A. WOJDYŁO, K. LECH, A. FIGIEL. 2015.** "Chemical composition antioxidant capacity and sensory quality of dried sour cherry fruits pre-dehydrated in fruit concentrates". *Food and Bioprocess Technology* 8(10): 2076–2095.
- [52] **OLAS B. 2017.** "The multifunctionality of berries toward blood platelets and the role of berry phenolics in cardiovascular disorders". *Platelets* 28(6): 540–549.
- [53] **OMOLOLA A. O., A. I. JIDEANI, P. F. KAPILA. 2017.** "Quality properties of fruits as affected by drying operation". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 57(1): 95–108.
- [54] **ORIKASA T., S. KOIDE, H. SUGAWARA, M. YOSHIDA, K. KATO, U. MATSUSHI-MA, M. OKADA, T. WATANABE, Y. ANDO, T. SHIINA, A. TAGAWA. 2018.** "Applicability of vacuum-microwave drying for tomato fruit based on evaluation of energy cost, color, functional components and sensory qualities". *Journal of Food Processing and Preservation* 42(6): 1–12.
- [55] **ORREGO C. E., N. SALGADO, C. A. BOTERO. 2014.** "Developments and trends in fruit bar production and characterization". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 54(1): 84–97.
- [56] **PHISUT N. 2012.** "Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits". *International Food Research Journal* 19(1): 7–18.
- [57] **PIASECKA E., M. UCZCIWEK, R. KLEWICKI. 2009.** „Odwadnianie osmotyczne owoców w roztworach zawierających fruktooligosacharydy”. *Zywnosc. Nauka. Technologia. Jakość* 2(63): 138–153.
- [58] **QIU L., M. ZHANG, J. TANG, B. ADHIKARI, P. CAO. 2019.** "Innovative technologies for producing and preserving intermediate moisture foods: A review". *Food Research International* 116: 90–102.

- [59] RAHMAN S. M., A. M. NASSEF, M. AL-DHAIFALLAH, M. A. ABDELKAREEM, H. REZK. 2020. "The effect of a new coating on the drying performance of fruit and vegetables products: experimental investigation and artificial neural network modeling". *Foods* 9(3): 308.
- [60] RAMESH M. N., W. WOLF, D. TEVINI, G. JUNG. 2001. "Influence of processing parameters on the drying of spice paprika". *Journal of Food Engineering*, 49(1): 63–72.
- [61] RODRIGUEZ A., M. A. GARCIA, L. A. CAMPANONE. 2016. "Experimental study of the application of edible coatings in pumpkin sticks submitted to osmotic dehydration". *Drying Technology* 34(6): 635–644.
- [62] ROY M. K., L. R. JUNEJA, S. ISOBE, T. TSUSHIDA. 2009. "Steam processed broccoli (Brassica oleracea) has higher antioxidant activity in chemical and cellular assay systems". *Food Chemistry* 1(114): 263–269.
- [63] ROZPORZĄDZENIE RADY MINISTRÓW z dnia 4 sierpnia 2016 r. w sprawie Narodowego Programu Zdrowia na lata 2016–2020. Dz.U. 2016 poz. 1492.
- [64] SAGAR N. A., S. PAREEK, S. SHARMA, E. M. YAHIA, M. G. LOBO. 2018. "Fruit and vegetable waste: bioactive compounds, their extraction, and possible utilization". *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 17(3): 512. doi.org/10.1111/1541-4337.12330.
- [65] SAKOOEI-VAYGHAN R., S. H. PEIGHAMBARDOUST, J. HESARI, D. PERESSINI. 2020. "Effects of osmotic dehydration (with and without sonication) and pectinbased coating pretreatments on functional properties and color of hot-air dried apricot cubes. *Food Chemistry* 311: 125978.
- [66] SIUCIŃSKA K., B. DYKI, A. MURGRABIA, P. M. PIECZYWEK, D. KONOPACKA. 2015. „Ocena zmian struktury suszonej tkanki wiśni poddanej wstępnie obróbce osmotycznej wspomaganą ultradźwiękami”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 3(100): 123–137.
- [67] SONG J., X. WANG, D. LI, C. LIU, Q. YANG, M. ZHANG. 2018. "Effect of starch osmo-coating on carotenoids, colour and microstructure of dehydrated pumpkin slices". *Journal of Food Science and Technology* 55(8): 3249–3256.
- [68] SUBIRIA-CUETO, R., A. J. CORIA-OLIVEROS, A. WALL-MEDRANO, J. RODRIGO-GARCÍA, G. A. GONZÁLEZ-AGUILAR, N. D. R. MARTINEZ-RUIZ, E. ALVAREZ-PARRILLA. 2021. "Antioxidant dietary fiber-based bakery products: a new alternative for using plant-by-products". *Food Science and Technology*: 1–16. doi.org/10.1590/fst.57520.
- [69] TALENS P., R. PÉREZ-MASÍA, M. J. FABRA, M. VARGAS, A. CHIRALT. 2012. "Application of edible coatings to partially dehydrated pineapple for use in fruit-cereal products". *Journal of Food Engineering* 112(1-2): 86–93.
- [59] RAHMAN S. M., A. M. NASSEF, M. AL-DHAIFALLAH, M. A. ABDELKAREEM, H. REZK. 2020. "The effect of a new coating on the drying performance of fruit and vegetables products: experimental investigation and artificial neural network modeling". *Foods* 9(3): 308.
- [60] RAMESH M. N., W. WOLF, D. TEVINI, G. JUNG. 2001. "Influence of processing parameters on the drying of spice paprika". *Journal of Food Engineering*, 49(1): 63–72.
- [61] RODRIGUEZ A., M. A. GARCIA, L. A. CAMPANONE. 2016. "Experimental study of the application of edible coatings in pumpkin sticks submitted to osmotic dehydration". *Drying Technology* 34(6): 635–644.
- [62] ROY M. K., L. R. JUNEJA, S. ISOBE, T. TSUSHIDA. 2009. "Steam processed broccoli (Brassica oleracea) has higher antioxidant activity in chemical and cellular assay systems". *Food Chemistry* 1(114): 263–269.
- [63] ROZPORZADZENIE RADY MINISTROW z dnia 4 sierpnia 2016 r. w sprawie Narodowego Programu Zdrowia na lata 2016-2020. Dz.U. 2016 poz. 1492.
- [64] SAGAR N. A., S. PAREEK, S. SHARMA, E. M. YAHIA, M. G. LOBO. 2018. "Fruit and vegetable waste: bioactive compounds, their extraction, and possible utilization". *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 17(3): 512. doi.org/10.1111/1541-4337.12330.
- [65] SAKOOEI-VAYGHAN R., S. H. PEIGHAMBARDOUST, J. HESARI, D. PERESSINI. 2020. "Effects of osmotic dehydration (with and without sonication) and pectinbased coating pretreatments on functional properties and color of hot-air dried apricot cubes. *Food Chemistry* 311: 125978.
- [66] SIUCINSKA K., B. DYKI, A. MURGRABIA, P. M. PIECZYWEK, D. KONOPACKA. 2015. „Ocena zmian struktury suszonej tkanki wiśni poddanej wstępnie obróbce osmotycznej wspomaganą ultradźwiękami”. *Zywnosc. Nauka. Technologia. Jakosc* 3(100): 123–137.
- [67] SONG J., X. WANG, D. LI, C. LIU, Q. YANG, M. ZHANG. 2018. "Effect of starch osmo-coating on carotenoids, colour and microstructure of dehydrated pumpkin slices". *Journal of Food Science and Technology* 55(8): 3249–3256.
- [68] SUBIRIA-CUETO, R., A. J. CORIA-OLIVEROS, A. WALL-MEDRANO, J. RODRIGO-GARCIA, G. A. GONZALEZ-AGUILAR, N. D. R. MARTINEZ-RUIZ, E. ALVAREZ-PARRILLA. 2021. "Antioxidant dietary fiberbased bakery products: a new alternative for using plant-by-products". *Food Science and Technology*: 1-16. doi.org/10.1590/fst.57520.
- [69] TALENS P., R. PEREZ-MASIA, M. J. FABRA, M. VARGAS, A. CHIRALT. 2012. "Ap-plication of edible coatings to partially dehydrated pineapple for use in fruit-cereal products". *Journal of Food Engineering* 112(1-2): 86–93.

- [70] **TARKO T., A. DUDA-CHODAK, D. SEMIK-SZCZURAK. 2017.** „The use of fruit extracts for production of apple chips with enhanced antioxidant activity”. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny* 68(2): 161–165.
- [71] **TYLINGO R. 2013.** „Budowa i podstawowy skład surowców i półproduktów żywnościowych”. W: *Chemia żywności. Tom 1* (red. Z. E. Sikorski, H. Staroszczyk), Warszawa: Wydawnictwo WNT.
- [72] **URBAŃSKA I., E. CZARNIECKA-SKUBINA. 2007.** „Częstotliwość spożycia przez młodzież produktów spożywczych oferowanych w sklepikach szkolnych”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 3(52): 193–204.
- [73] **WALKOWIAK-TOMCZAK, D. 2013.** “Qualitative changes in plums (*Prunus domestica* L.) during storage and drying and the evaluation of health-promoting properties of prunes”. *Scientific dissertations. Poznań University of Life Sciences*: 450.
- [74] **WHO 2003.** Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO Expert Consultation, Geneva, 28.01. – 01.02.2002. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42665>.
- [75] **WHO 2008.** European action plan for food and nutrition 2007–2012. WHO, Copenhagen.
- [76] **WICHROWSKA D., K. GOŚCINNA, T. KNAPOWSKI, W. KOZERA. 2016.** „Wpływ metod suszenia na barwę plasterów wybranych odmian jabłek”. W: *Rola procesów technologicznych w kształtowaniu jakości żywności* (red. A. Duda-Chodak, D. Najgebauer-Lejko, I. Drożdż, T. Tarko), Oddział Małopolski Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, Kraków.
- [77] **XIAO H. W., Z. PAN, L. Z. DENG, H. M. ELMASHAD, X. H. YANG, A. S. MUJUMDAR, Z. J. GAO, Q. ZHANG. 2017.** “Recent developments and trends in thermal blanching – A comprehensive review”. *Information Processing in Agriculture* 4: 101–127.
- [78] **YADAV A. K., S. V. SINGH. 2012.** “Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review”. *Journal of Food Science and Technology* 51(9): 1654–1673.
- [79] **VINSON J. A., L. ZUBIK, P. BOSE, N. SAMMAN, J. PROCH. 2005.** “Dried fruits: excellent in vitro and in vivo antioxidants”. *Journal of the American College of Nutrition* 24(1): 44–50.
- [80] **ZDROJEWICZ Z., A. IDZIOR, O. KOCJAN. 2015.** „Spirulina i błonnik witalny a leczenie otyłości”. *Medycyna Rodzinna* 1(18): 18–22.
- [70] **TARKO T., A. DUDA-CHODAK, D. SEMIK-SZCZURAK. 2017.** „The use of fruit extracts for production of apple chips with enhanced antioxidant activity”. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny* 68(2): 161–165.
- [71] **TYLINGO R. 2013.** „Budowa i podstawowy skład surowców i półproduktów żywnościowych”. W: *Chemia żywności. Tom 1* (red. Z. E. Sikorski, H. Staroszczyk), Warszawa: Wydawnictwo WNT.
- [72] **URBAŃSKA I., E. CZARNIECKA-SKUBINA. 2007.** „Częstotliwość spożycia przez młodzież produktów spożywczych oferowanych w sklepikach szkolnych”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 3(52): 193–204.
- [73] **WALKOWIAK-TOMCZAK, D. 2013.** “Qualitative changes in plums (*Prunus domestica* L.) during storage and drying and the evaluation of health-promoting properties of prunes”. *Scientific dissertations. Poznań University of Life Sciences*: 450.
- [74] **WHO 2003.** Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO Expert Consultation, Geneva, 28.01. – 01.02.2002. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42665>.
- [75] **WHO 2008.** European action plan for food and nutrition 2007–2012. WHO, Copenhagen.
- [76] **WICHROWSKA D., K. GOSCINNA, T. KNAPOWSKI, W. KOZERA. 2016.** „Wpływ metod suszenia na barwę plasterów wybranych odmian jabłek”. W: *Rola procesów technologicznych w kształtowaniu jakości żywności* (red. A. Duda-Chodak, D. Najgebauer-Lejko, I. Drożdż, T. Tarko), Oddział Małopolski Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, Kraków.
- [77] **XIAO H. W., Z. PAN, L. Z. DENG, H. M. ELMASHAD, X. H. YANG, A. S. MUJUMDAR, Z. J. GAO, Q. ZHANG. 2017.** “Recent developments and trends in thermal blanching – A comprehensive review”. *Information Processing in Agriculture* 4: 101–127.
- [78] **YADAV A. K., S. V. SINGH. 2012.** “Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review”. *Journal of Food Science and Technology* 51(9): 1654–1673.
- [79] **VINSON J. A., L. ZUBIK, P. BOSE, N. SAMMAN, J. PROCH. 2005.** “Dried fruits: excellent in vitro and in vivo antioxidants”. *Journal of the American College of Nutrition* 24(1): 44–50.
- [80] **ZDROJEWICZ Z., A. IDZIOR, O. KOCJAN. 2015.** „Spirulina i błonnik witalny a leczenie otyłości”. *Medycyna Rodzinna* 1(18): 18–22.

Prof. dr hab. inż. Bożena WASZKIEWICZ-ROBAK
Prof. Waclaw Dabrowski Institute of Agriculture and Food Biotechnology
– State Research Institute, Poland
Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego
im. prof. Waclawa Dąbrowskiego w Warszawie – Państwowy Instytut Badawczy, Polska

THE CONTENT OF POLYPHENOLIC COMPOUNDS IN RAW MATERIALS AND IN PROCESSED FOOD – A REVIEW®

Zawartość związków polifenolowych w surowcach i żywności przetworzonej – przegląd®

Key words: polyphenolic compounds, sources, fruits and vegetable, processed food, the intake of polyphenols.

The purpose of this paper is to compare the content of polyphenolic compounds in raw materials and in processed food and to compare the consumption of these compounds in different countries based on published literature data. Polyphenolic compounds are widespread in the plant world, but their content is very diverse and depends on many factors. The majority of polyphenolic compounds in the diet come from vegetables and fruits (over 50%), followed by bread, tea, wine, coffee and chocolate. The sources of polyphenolic compounds, apart fruits and vegetables, also include cereals (oats, wheat, rye, barley, buckwheat). Polyphenolic compounds can also be found in many food products processed to various degrees (cereal products, soy products, honey, jams, chocolate, coffee, tea, wine, juices), but their content varies and depends primarily on the processing applied and on the share of plant raw materials in the product.

Słowa kluczowe: związki polifenolowe, źródła, owoce i warzywa, żywność przetworzona, spożycie.

Celem artykułu jest porównanie zawartości związków polifenolowych w surowcach oraz żywności przetworzonej a także porównanie spożycia tych związków w różnych krajach w oparciu o opublikowane dane literaturowe. Związki polifenolowe są szeroko rozpowszechnione w świecie roślin, ale ich zawartość jest bardzo zróżnicowana i zależy od wielu czynników. Najwięcej tych związków w diecie pochodzi z warzyw i owoców (ponad 50%), a następnie z pieczywa, herbaty, wina, kawy oraz czekolady. Źródłem związków polifenolowych, poza owocami i warzywami są także zboża (owies, pszenica, żyto, jęczmień, gryka), a także wiele produktów spożywczych o różnym stopniu przetworzenia (produkty zbożowe, produkty sojowe, miody, dżemy, czekolada, kawa, herbata, wino, soki). Ich zawartość jest zróżnicowana i uzależniona przede wszystkim od zastosowanego procesu przetworzenia oraz udziału surowców roślinnych w produkcji.

INTRODUCTION

Polyphenolic compounds are defined as aromatic and multihydroxyl phenolic compounds that occur naturally in plants, accumulated in different morphological parts, e.g. in seeds, leaves, flowers, fruits, roots or bark [25]. They can occur in the form of high-molecular or low-molecular compounds. The majority of them can combine with sugars, esters or organic acids, and only some of them occur in the form of aglycones [13].

The largest group of polyphenolic compounds identified in plant raw materials are phenolic acids (almost 1/3 of all polyphenolic compounds), among them derivatives of benzoic and hydroxybenzoic acid (gallic, protocatech, p-hydroxybenzoic) and cinnamic acid derivatives (caffeic, ferulic, chlorogenic, coumarin) and flavonoids covering at least 7 different groups, including flavonols, flavanols, flavones, isoflavones, flavanones, anthocyanins and chalcones (tab. 1).

It is widely known that polyphenolic compounds supplied with the diet have a beneficial effect on human health. They protect the body against the harmful effects of oxidative stress, ultraviolet radiation, and the harmful effects of pathogenic microorganisms [9,10, 23, 26]. They also contribute to the reduction of the adverse effects of free radicals, which in turn will delay the aging process of the body and protect it from the development of cancer [1, 11, 12, 14, 23, 31, 33, 35, 38]. The health-promoting effects of polyphenols include: antiallergic [18, 26], antidiabetic [14, 32], anti-atherosclerotic [8, 18, 30] or anti-inflammatory [15, 26]. It is also indicated that some of them, e.g. phytoestrogens (mainly isoflavones) play a large role in the prevention of osteoporosis, prevent bone fractures and increase their density [14], as well as alleviate the symptoms of menopause [18]. However, the consumption of polyphenolic compounds in larger quantities is not totally safe, especially for people exposed to iron deficiency, e.g. pregnant women. They can reduce the absorption of iron by forming permanent and insoluble complexes with iron ions

Table 1. Division of polyphenolic compounds into groups [3,12,19, 40]

Tabela 1. Podział związków polifenolowych na grupy [3, 12, 19, 40]

Group of compounds / Grupa związków		Examples of compounds / Przykłady związków	
Phenolic acids / Kwasy fenolowe	Benzoic acid and hydroxybenzoic acid derivatives	Pochodne kwasu benzoowego i hydroksybenzoowego	Gallic and protocatechic acid Kwas galusowy i protokatechowy
	Cinnamic acid derivatives	Pochodne kwasu cynamonowego	P-hydroxybenzoic acid Kwas p-hydroksy-benzoowy
Flavonoids / Flawonoidy	Flavonols	Flawonole	Coffee, ferulic, chlorogenic, coumarin Kawowy, ferulowy, chlorogenowy, kumaryny
	Flavannols	Flawanole	Quercetin, myricetin, campherol, rutin Kwercetyna, myricetyna, kamferol, rutyna
	Flavones	Flawony	Epikatechina epigallokatechina epigallokatechino-3-galusan Epikatechina epigallokatechina epigallokatechino-3-galusan
	Isoflavones	Izoflawony	Apigenin, luteolin, diosmetine Apigenina, luteolina, diosmetryna
	Flavanones	Flawanony	Daidzein, genistein Daidzeina, genisteina
	Anthocyanins	Antocyjany	Narginin, naringenine, hespertine, hesperidin Narginina, naringenina, hespertyna, hesperydyna
	Chalkony	Chalkony	Delphinidine, cyanidin Delfinidyna, cyjanidyna
	Other flavonoids	Pozostałe flawonoidy	Pelargonidine, florin, floridzin, xanthohumol Pelargonidyna, florentyna, florydzyzna, ksantohumol
Xanthones	Ksantony	Biflavonoids, chalcones, prenyloflavonoids, flavonoligns, flavonoid glycosidoesters Biflawonoidy, chalkony, prenyloflawonoidy, flawonolignany, glikozydoestry flawonoidowe	
Anthraquinones, stilbenes	Antrachinony, stilbeny	Garcinon, gartanin mangiferin Garcinon, gartanina mangiferyna	
Naphthoquinones	Naftochinony	Resveratrol Resweratrol	
Tannin	Taniny	Juglon, droseron Juglon, droseron	
Nitrogenous compounds	Związki azotowe	Proanthocyanidins Proantocyjanidyny	
Terpenoids	Terpenoidy	Glucosinolates, alkaloids, amines, glycosides Glukozynolany, alkaloidy, aminy, glikozydy	
		Terpenes, saponins Terpeny, saponiny	

and thus reduce the absorption of iron in the body, which can lead to anemia [20, 29].

Technologically speaking, polyphenolic compounds are substances that prevent the oxidation of fat, which leads to the formation of substances harmful to health [27]. They stabilize fats and slow down their oxidative deterioration. For this purpose, they are added in the form of extracts to mayonnaise, butter, margarines, fish and meat products. Taking into account the nutritional, health and technological importance that is attributed to these compounds and the growing consumers' interest in a healthy lifestyle and manufacturers introducing new food products with extended shelf life and innovative composition to the market, this paper aims to compare the content of different polyphenolic compounds in plant raw materials and processed foods. These data can be useful for balancing the diet in terms of the content of various polyphenolic compounds.

CONSUMPTION OF POLYPHENOLIC COMPOUNDS

Polyphenolic compounds are widespread in the plant world, but their content is very diverse and depends on many factors. The majority of polyphenolic compounds in the diet come from vegetables and fruits (over 50%), followed by bread, tea, wine, coffee and chocolate [17]. In order to achieve health-promoting nutritional effects, it is recommended to consume polyphenolic compounds in a minimum total amount of 250 to 500 mg per day [37].

In 2009, the daily Polish ration provided approx. 440 mg of total polyphenolic compounds. For comparison, the average daily amount of polyphenolic compounds in the diet of Finland is approx. 200 mg (the result of consuming a large amount of blueberries), in Japan up to 68.2 mg.

This intake varies greatly from country to country and is often given into different groups of polyphenolic compounds. It is estimated that the intake of phenolic acids is significantly

Table 2. Types of polyphenol compounds in fruits and vegetables [1, 5, 9, 22]

Tabela 2. Rodzaje związków polifenolowych w owocach i warzywach [1, 5, 9, 22]

Polyphenolic compounds / Związki polifenolowe		Name of the compound this polyphenols / Nazwa związków polifenolowych	Fruits / Owoce	Vegetables / Warzywa
Phenolic acids / Kwasy fenolowe	Hydroxy-benzene / Hydroksy- benzenowe	protocaticacid-restocking, p-hydroxy-benzoic acid / kwas protokatechowy, p-hydroksy-benzoesowy	black currants, raspberries, strawberries, blackberries / czarne porzeczki, maliny, truskawki, jeżyny	red onion, radish / czerwona cebula, rzodkiewka
		gallic acid / kwas galusowy		(-)
	Hydroxy- cinnamon / Hydroksy- cynamonowe	caffeic acid, p-coumar, Chlorogenic / kwas kawowy, p-kumarowy, chlorogenowy	plums, apples, pears, black currant, strawberries, cherries, peaches / śliwki, jabłka, gruszki, czarna porzeczka, truskawki, czereśnie, brzoskwinie	lettuce, cabbage, spinach, potatoes, squash, alfalfa, spinach, tomatoes, squash, potatoes, turnips, carrots, tomatoes, spinach, squash / sałata, kapusta, szpinak, ziemniaki, kabaczek, lucerna, szpinak, pomidory, kabaczek, ziemniaki, rzepa, marchew, pomidory, szpinak, kabaczek, lucerna
		ferulic ferulowy	(-)	
Flavonoids / Flawonoidy	Flavonols / Flawonole	quercetin, kempferol / kwercetyna, kempferol	cranberries, berries, dark grapes, wild rose, apples, elderberry żurawina, owoce jagodowe, ciemne winogrona, dzika róża, jabłka, czarny bez	cabbage, kale, broccoli, peppers, chives kapusta włoska, jarmuż, brokuły, papryka, szczypiorek
	Flavannols / Flawanole	catechin, epicatechin, epigallocatechin / katechina, epikatechina, epigalokatechina	red grapes, apples, peaches, apricots, quince fruits / czerwone winogrona, jabłka, brzoskwinie, morele, owoce pigwowca	beets, broccoli, asparagus, garlic, peppers / buraki, brokuły, szparagi, czosnek, papryka
	Flavanones / Flawanony	hesperidin, hesperetine, naringin, naringin / hesperydyna, hespertyna, naringenina, naringina	oranges, grapefruits / pomarańcze, grejpfruty	Tomatoes / Pomidory
	Flavones / Flawony	apigenin luteolin / apigenina luteolina	wild rose, elderberry, apples, lemons, cherries, grapes / dzika róża, owoce bzu, jabłka, cytryny, wiśnie, winogrona	parsley, celery red pepper, spinach / pietruska, seler czerwona papryka, szpinak
		losmetine / diosmetyna	(-)	
	Anthocyanins / Antocyjany	cyanidin, pelargonidin, peonidine, delphinidine / cyjanidyna, pelargonidyna, peonidyna, delfinidyna	strawberries, chokeberry, grapes, raspberries, blackberries, blueberries, elderberry, cherries, cranberries, black currants, / truskawki, aronia, winogrona, maliny, jeżyny, borówka, bez czarny, wiśnie, żurawina, czarne porzeczki,	beets, red onions, red cabbage, radish, red lettuce / buraki, czerwona cebula, czerwona kapusta, rzodkiewka, czerwone sałaty
Stilben / Stilben	resveratrol / resweratrol	grapes, mulberry fruits, red currant / winogrona, owoce morwy, czerwona porzeczka		
Tannin / Taniny	Proanthocyanidins / proantocyjanidyny	grapes, chokeberry fruits, sloe fruits / winogrona, owoce aronii, owoce tarniny	legumes, peanuts / warzywa strączkowe, orzechy ziemne	
Lignans Lignany	pyrorenizole, laricyrenizol enterodiol / pirorenizol, laricyrenizol enterodiol		flax seeds, legumes, garlic, onions, fennel, carrots, asparagus / nasiona lnu, rośliny strączkowe, czosnek, cebula, koper włoski, marchew, szparagi	

higher than the intake of flavonols, flavones, isoflavones and other flavonoids combined together [30]. A lot of data concerns the consumption of flavonoids. The average daily intake of flavonoids on a global scale is approx. 1 g/person (including approx. 170 mg flavones and flavanones). In Western countries, it is estimated that flavonoids are consumed in the amount of 50 – 800 mg / day / person, while in Eastern countries this intake may be up to 2 g. In Mediterranean countries, the intake of flavonoids equals approx. 100 – 1000 mg per day, and in Scandinavian countries less than 50 mg / day.

THE CONTENT OF POLYPHENOLIC COMPOUNDS IN RAW MATERIALS AND IN PROCESSED FOOD

The types of polyphenolic compounds contained in various fruits and vegetables are compiled in a tab. 2.

A rich source of flavonoids are green, yellow and red vegetables (m.in lettuce, squash, onion, broccoli, legume seeds, tomatoes, peppers), fruits (grapefruits, oranges, apples, chokeberry), green tea, cocoa and red wine. The source of flavones is considered to be parsley and thyme, flavonols – onions, cabbage, broccoli, apples, cherries, blueberries, tea and red wine. Flavans in significant quantities are found in citrus, catechins in tea, cocoa, apples, apricots and cherries. Sources of isoflavones are legume seeds and soy products [2].

Table 3 presents the average content of different polyphenolic compounds in fruits and vegetables. This content is quite diverse, as it depends on many factors. The most important of these are agrotechnical and climatic conditions as well as genetic and varietal factors [6]. Vegetables usually contain fewer polyphenolic compounds than fruits. Cherries, lilac, rosehips and apples are characterized by a relatively high content of flavanols, which account for 19 – 30% of the total polyphenol content [5, 34].

Table 3. The content of polyphenolic compounds in selected fruits [5]

Tabela 3. Zawartość związków polifenolowych w wybranych owocach [5]

Fruit Owoc	Polyphenolic compounds / Związki polifenolowe		Content / Zawartość mg/100g
	Group / Grupa	Rodzaj / Kind	
Aronia / Aronia	Flavonols, Anthocyanins / Kwasy fenolowe, Antocyjany	Hydroksycyna-monowe Cyjanidyna	422 79 1041
Cranberry / Żurawina	Flavonols / Flawonole	Kwercetyna Epikatechina	14,02 4,2
Red grapes / Winogrona czerwone	Flavonols / Flawonole	Kwercetyna Katechina Epikatechina	2,54 8,94 8,64
Strawberries / Truskawki	Flavonols / Flawonole	Katechina Kemferol Kwercetyna	4,47 0,79 0,65
Blackberries / Jeżyny	Flavonols / Flawanole	Kwercetyna Katechina, epikatechina	1,03 18,74
Black blueberry / Czarna borówka	Anthocyanins / Flavonols / Flavanoles Antocyjany / Flawonole / Flawanole	Cyjanidyna, Malwidyna Kwercetyna Epikatechina	64,23 3,11 1,11
Elderberry / Czarny bez	Flavonols / Anthocyanins Flawonole / Antocyjany	Kwercetyna Cyjanidyna	42 749,24
Black currants / Porzeczki czarne	Avonols / Flawonole	Myricetyna Kwercetyna	7,81 5,69
Apple / Jabłko	Flavonols / Flavans Flawonole / Flawanole	Kwercetyna Katechina Epikatechina	4,42 0,95 8,14
Grapefruit / Grejpfrut	Flavanones / Flavonols Flawanony / Flawonole	Hesperydyna, Naringenina Kempferol Kwercetyna	1,50 53,0 0,40 0,50
Orange / Pomarańcza	Flavanones Flawanony	Hesperydyna Naringenina	32,73 11,15
Cherries / Wiśnie	Anthocyanins / Flavonols / Flavanoles Antocyjany / Flawonole / Flawanole	Cyjanidyna Kwercetyna Katechina Epikatechina	111,43 1,25 2,17 9,53

Table 4. Total content of polyphenolic compounds in selected vegetables in terms of (+)-catechin and gallic acid [6]
Tabela 4. Całkowita zawartość związków polifenolowych w wybranych warzywach w przeliczeniu na (+)-katechinę i kwas galusowy [6]

Vegetables / Warzywa		Polyphenol content in mg/100 g of product / Zawartość polifenoli w przeliczeniu na mg/100 g produktu,	
		gallic acid / kwas galusowy	(+)-catechin / (+)-katechinę
Papryka	Papsee	59,4 – 424	30,1
Brokuły	Broccoli	80,8 – 337	61,1
Kalafior	Cauliflower	274	29,7
Pomidor	Tomato	274	17,5
Kapusta czerwona	Red cabbage	254	–
Burak ćwikłowy	Beetroot	244	182,8
Szpinak	Spinach	79,6 – 217	22,4
Kapusta biała	White cabbage	36,7 – 203	20,6
Ziemniaki	Potatoes	23,3 – 163	14,7
Szparagi	Asparagus	141	54,1
Salata	Lettuce	22,6 – 131	12,3
Cebula czerwona	Red onion	126	24
Marchew	Carrot	35,2 – 125	18,6
Seler	Celery	15 – 56	16,2
Ogórki	Cucumbers	14,4 – 27	2,9
Cebula żółta	Yellow onion	68,9 – 92	14
Czosnek	Garlic	–	54

Table 4 shows the total content of polyphenolic compounds in selected vegetables (expressed as (+)-catechin and gallic acid) [6].

The biggest quantity of polyphenols among cruciferous vegetables can be found in broccoli and red cabbage, solanaceous vegetables – red pepper, root vegetables – beets, and onion – red onions and garlic. A good source of polyphenolic compounds is parsley (13600 mg / 100 g) and its root (310 mg / 100 g) and capers [5, 6].

Table 5 presents the content of flavonoids: flavones and flavonols in selected vegetables. Flavonol glycosides such as quercetin 4'-glucoside and quercetin 3,4'-diglucoside (they account for 83-93% of the polyphenol content) have been found in onions. The quercetin content of red onions is approx. 117.4 – 1917 mg/kg, and in shallots 53.4 – 1187 mg/kg. Quercetin derivatives in the form of 3-glucuronide and 3-glucoside were also found in lett. In broccoli, the dominant flavonols are kempherol 3-sophoroside and 3-sophoroside-quercetin. Based on studies conducted on tomatoes, it was found that almost all flavonols are located in the skin of these vegetables and therefore it is more beneficial to eat tomatoes with peel. In white cabbage and peppers, higher amounts of kempherol and quercetin compounds were detected compared to other vegetables [6].

In vegetables, in addition to flavonols and flavones, there may also be other flavonoids, but in very small quantities and these are, for example, naringenin in tomatoes, or anthocyanins in red vegetables (cabbage, onions, lettuce). Cyanidin is an

anthocyanin present mainly in onions, red cabbage and radish, pelargonidine in the largest quantities is found in potatoes and radish, while delphinidin in eggplant.

Vegetables are a rich source of phenolic acids, because in the total content of polyphenolic compounds, the share of flavonoids is smaller than the share of phenolic acids. It has been proven that the dominant flavonols in vegetables are derivatives of catemerol, myrrecetin and quercetin, and flavones – luteolin and apigenin. In unprocessed vegetables, flavonoids are quite rarely found in the form of aglycones. An example would be tomatoes, where free quercetin and kempherol levels have been determined [6].

The content of anthocyanin dyes in red cabbage is the highest and amounts to approx. 25 – 495 mg/100 g of product. Less of these compounds contain radish (4.7 – 38.8 mg / 100 g) and onion (25 mg / 100 g). The largest amounts of anthocyanins are found in the skin of vegetables, e.g. potatoes have 175 – 500 mg / 100 g, and eggplant 750 mg / 100 g. So far, 34 anthocyanins have been found in radish, 23 in red cabbage, 10 in red onions, and about 5 dyes have been identified in potatoes and eggplant [6, 35].

Among phenolic acids, hydroxycinnamic acids are the most widespread (tab. 6). Chlorogenic acids dominate primarily in potatoes and account for 90% of the total polyphenol content. In carrots, the content of these acids is highest in dark-colored vegetables. In addition to potatoes and carrots, chlorogenic acids are also found in turnips, tomatoes and eggplant. The characteristic thing about broccoli is a very

Table 5. The content of flavonoids in selected vegetables [6]

Tabela 5. Zawartość flawonoidów w wybranych warzywach [6]

Product (vegetable) / Produkt (warzywo)		Flavonoids (content in mg/100 g of product) / Flawonoidy (zawartość w mg/100 g produktu)				
		Flavones / Flawony		Flavonols / Flawonole		
		apigenin apigenina	luteolin luteolina	quercetin kwercetyna	myricetin mirycetyna	kempferol kemferol
Kapusta biała	White cabbage	0,09–0,8	0,02	5,1	0	0
Kapusta czerwona	Red cabbage	0,01–0,11	0,2–0,4	0,02–0,46	1,1–1,3	< 0,01
Kapusta włoska	Italian cabbage	0	0	11–12	0	21,1–47,0
Brukselka	Brussels sprouts	0	0	0–0,6	0	0,74–0,9
Kalafior	Cauliflower	0,2	0	3,9	0	1,2
Brokuły	Broccoli	< 0,01	< 0,03	0,1–13,7	< 0,04	0,3–7,2
Burak ćwikłowy	Beetroot	–	–	–	–	–
Marchew	Carrot	0	0,8	1,5	0,4	0,6
Seler	Celery	1,6–6,1	0,5–2,0	0	0	0
Ziemniaki	Potatoes	0,02	0	< 0,01	< 0,01	0,05
Szparagi	Asparagus	–	–	–	–	–
Ogórki	Cucumbers	< 0,01	0,01	< 0,01	0	0
Salata	Lettuce	< 0,01–2,3	< 0,03	0,04–7,9	0,02–0,9	0,1–0,6
Szpinak	Spinach	< 0,01	< 0,03	<0,02–1,96	0,04	0,06–9
Cebula czerwona	Red onion	< 0,01	< 0,03	7,7–19,5	1,8–5,9	0,3–0,6
Cebula żółta	Yellow onion	2,1	0,02–1,1	2,6–34,7	0,02–3,2	0,06–4,5
Czosnek	Garlic	–	–	–	–	–
Papryka	Paprika	0	0,5–1,1	0	0	0
Pomidor	Tomato	< 0,01	< 0,03	0,2–3,8	< 0,04	< 0,01–0,7

Table 6. The content of phenolic acids in selected vegetables [1]

Tabela 6. Zawartość kwasów fenolowych w wybranych warzywach [1]

Product (vegetable) / Produkt (warzywo)		Phenolic acids / Kwasy fenolowe		Content in mg/kg of product / Zawartość w mg/kg produktu
Brokuły	Marrow	Sinapinowy	Sinapin	100
Kabaczek	Lucerne	Ferulowy p-kumarowy kawowy	Ferulic p-coumar coffee	220 200 80
Lucerna	Carrot	Ferulowy p-kumarowy kawowy	Ferulic p-coumar coffee	2100 1000 500
Marchew	Tomatoes	Chlorogenowy	Chlorogenic	80
Pomidory	Lettuce	Ferulowy sinapinowy p-kumarowy	Ferulic sinapin p-coumar	700 130 70
Salata	Spinach	Cykoriowy kawoilojałkowy	Chicory Cavoyl	100 30
Szpinak	Turnip	p-kumarowy ferulowy	p-coumar ferulic	350 110
Rzepa	Potatoes	chlorogenowy	Chlorogenic	60
Ziemniaki	Marrow	chlorogenowy	Chlorogenic	1400

high content of neochlorogenic acid. Carrots, in addition to chlorogenic acid, have been proven to contain dicavoylquinic and p-kumaroylquinic acids as well while broccoli – were proven to contain synapinic acid. Significant amounts of ferulic acid have been found in alfalfa and tomatoes [1, 6].

The sources of polyphenolic compounds, apart fruits and vegetables, also include cereals (oats, wheat, rye, barley, buckwheat). These cereals contain polyphenolic compounds such as e.g. phenolic acids, flavonoids and lignans. Phenolic acids can mostly be found in the outer layers of the grain and are the most important group of antioxidants of cereals. The total content of phenolic acids in cereals can reach up to 500 mg/kg [34].

The dominant phenolic acids in wheat are ferulic, vanillic, p-coumaric and syringic acids, while in barley – p-coumaric and ferulic acids. In buckwheat, phenolic acids are usually present in the form of glycosides and esters of p-hydroxybenzoic, p-coumaric, vanillin and syringic acids and in the form of aglycones of hydroxycinnamic acids. In rye grains, ferulic, caffeic, synapine, p-coumaric and vanillin acids have been identified, and they exist primarily in the form of glycosides and esters. Of all cereals, the richest source of phenolic acids are rye and oats. In oats, apart from caffeic and ferulic acids, there are other acids usually occurring in the form of esters combined with long-chain dialcohols, glycerol and ω -hydroxy acids [6, 34].

Other polyphenols that occur in cereal grains are flavonoids. These compounds occur in small amounts in aleuron cells, fruit and seed cover and scales. An exception here is barley, which contains more flavonoids than in other cereals and these are mainly catechins, proanthocyanidins and flavonols constituting 58 – 68% of the total content of polyphenols. In buckwheat there are 6 flavonoids: quercetin, rutin, vixin, isowiteksin, orientin and isoorientin (in the amount of approx. 93 mg/100 g). The content of the above compounds varies depending on the type. In cereal grains, apart from phenolic acids and flavonoids, there are also the following phytoestrogens: lignans and isoflavones (genistein, daidzein). The lignan content is approx. 2 – 7 mg / kg and the largest amounts of lingans are to be found in rye [34].

Phenolic compounds occurring in legumes are phenolic acids, isoflavones, anthocyanins, tannins and flavonols (glycosidicempferol, quercetin and myricetin) and flavanols (catechin). It has been shown that the said compounds are located mainly in the seed covers of plants. Of all legumes, soy is the one that contains most isoflavones (37,300 – 140,300 μ /100 g) and daidzein and genistein [11, 34].

Apart from the above plants, polyphenolic compounds can also be found in oilseeds (lignans: sekoizolaricirezinol and matairezol in flax and sunflower seeds, sesamine in sesamus, caffeic, ferulic, coumar and sinapa acids in rape seeds), nuts, herbs and coffee and tea. The content of polyphenols in tea can

Table 7. Total polyphenolic compounds content in selected food products [5, 37]

Tabela 7. Zawartość związków polifenolowych ogółem w wybranych produktach spożywczych [5, 37]

Produkt spożywczy / Food product		Content of polyphenolic compounds / Zawartość związków polifenolowych [mg/100 g products / produktu]
Ryż	Rice	20
Pieczywo	Bread	40
Makaron	Pasta	30
Tofu	Tofu	28
Miso	Miso	43
Mąka sojowa	Soy flour	199
Prażone ziarno soi	Roasted soybeans	128
Mąka pszenna	Wheat flour	5
Kasze i płatki zbożowe	Groats and cereals	23
Oleje i tłuszcze jadalne	Edible oils and fats	2
Czekolada mleczna	Milk chocolate	303,8 – 809,52
Czekolada biała	White chocolate	209,21
Czekolada deserowa	Dessert chocolate	2080,11
Czekolada gorzka	Dark chocolate	2163,9 – 3128
Herbata	Tea	500
Kawa naturalna prażona	Roasted natural coffee	700
Soki owocowe	Juices	6
Wino czerwone	Red wine	140
Miód	Honey	0,1 – 40
Dżemy	Jams	27 – 320

reach up to 35 % of leaf dry mass. The phenolic compounds present in tea include catechins, thearubigins and theaflavins. Green tea contains predominantly catechins (epigallocatechin gallate, epicatechin gallate, epigallocatechin) while black tea and oolong – thearubigins and theaflavins. Herbs and spices also contain many phenolic compounds and these involve phenolic soxanes, flavonoids and phenolic diterpenes. Herbs such as horsetail, tricolor violet, chamomile or nettle owe their dioxidizing properties to flavones [9, 34].

THE INFLUENCE OF FRUIT AND VEGETABLE PROCESSING ON THE CONTENT OF POLYPHENOLIC COMPOUNDS

Polyphenolic compounds can also be found in many food products processed to various degrees (cereal products, soy products, honey, jams, chocolate, coffee, tea, wine, juices), but their content varies and depends primarily on the processing applied and on the share of plant raw materials in the product.

The technological processes used in food processing may contribute to an increase (by thickening the ingredients, e.g. due to water loss) or to the lowering (as a result of transformations occurring in plants during their processing) of the amount of polyphenolic compounds found in the raw material [21]. Table 7 shows the polyphenol content of selected foods.

An important factor here is heat treatment (pasteurization, baking, roasting). The processing of cereals can have a favourable or adverse effect on the content of polyphenolic compounds found in them. It has been proven that heat treatment applied during the production of pasta leads to the destruction of certain polyphenols, as these are thermolabile compounds that decompose at high temperature. Therefore, pasta contains the smallest amounts of said compounds. The highest content of polyphenols was found in bran and groats. It was discovered that the drying resulting from the roasting process of buckwheat granuloiacs, causes an increase in the content of rutin in them [4, 39].

The type of chocolate definitely differentiates them in terms of the content of polyphenolic compounds. This is because of the amount of cocoa pulp included in chocolate, but a higher percentage does not always result in a higher content of polyphenolic compounds [7].

The polyphenol content in tea depends mainly on the growing area, as well as on the method of leaf treatment (red, green, black tea), and the method and time of tea brewing [24].

Polyphenolic compounds occurring in soy products (soy flour, soy milk, miso, tofu) are primarily isoflavones: daidzein and genistein. The largest amounts of isoflavones among soy products are found in soy flour and roasted soybeans. Smaller amounts occur in soy products, e.g. in miso or tofu [5].

A rich source of polyphenolic compounds are honeys and jams. The content of polyphenols in honey ranges from 0.01 to several dozen mg / 100 g of the product and depends on the following factors: botanical origin, environmental conditions and the process of obtaining honey. No less than 32 flavonoids and large amounts of phenolic acids (p-hydroxybenzoic, ferulic, p-coumaric, sirin) have been detected in honeys. The highest content of polyphenolic compounds occurs in dark honeys: buckwheat, heather and honeydew [36, 37].

Jams contain more polyphenols than honey and their content ranges from 27 mg (low-sweetened peach jam) to 320 mg / 100 g of a complete product (low-sweetened berry jam). Jams made from dark fruits have been proven to contain more anthocyanins (e.g. blueberry jam, blackcurrant). In addition, jams were found to contain fewer polyphenols compared to fresh fruit [21]. The content of polyphenolic compounds in fruit juices and wines is presented in tab. 8 below.

Particularly rich in phenolic compounds is grape juice, containing as much as 1700 mg of these compounds in 1 litre of juice, including approx. 1100 flavonoids. The total content of polyphenols in orange juice (370 – 7100 mg / l) is higher

Table 8. Polyphenol content in fruit juices and wines [5]

Tabela 8. Zawartość polifenoli w sokach owocowych i winach [5]

Type of juice / wine Rodzaj soku / wina		Content of polyphenolic compounds* / [mg/l] Zawartość związków polifenolowych* / [mg/l]								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Jabłkowy	Apple	6–52	8							
Pomarańczowy	Orange			215–685	15–20		98			
Cytrynowy	Lemon			50–300						
Grejpfrutowy	Grapefruit			100–650	15–24					
Porzeczkowy	Currant					130–400				
Wiśniowy	Cherry				124					
Z czerwonych winogron	From red grapes							79		
Z białych winogron	From white grapes							110		
Wino czerwone	Red wine	98					281		375	3
Wino białe	White wine						7,1		210	0,3

*/ 1 – Flavonols; 2 – Flavanols; 3 – Flavanones; 4 – Cinnamic acid derivatives; 5 – Anthocyanins; 6 – Anthocyanidins / proanthocyanidins; 7 – Benzoic acid derivatives; 8 – Phenolic acids; 9 – Resveratrol

*/ 1 – Flawonole; 2 – Flawanole; 3 – Flawanony; 4 – Pochodne kwasu cynamonowego; 5 – Antocjany; 6 – Antocyjanidyny / proantocyjanidyny; 7 – Pochodne kwasu benzoowego; 8 – Kwasy fenolowe; 9 – Resweratrol

than in apple juice (23 – 250 mg / l). Chokeberry drinks have been proven to be more rich in phenolic compounds than apple drinks [5].

During the production of concentrated juices, significant amounts of good antioxidants are removed as a result of the clarifying process, which is why fresh juices contain higher amounts of polyphenols than concentrated ones. Apart from the processing, the reduction of the content of polyphenolic compounds in juices also takes place as the result of long storage.

The most important wine polyphenols are flavonoids (catechin, myricetin, quercetin, kempherol), tannins and resveratrol. The highest content of polyphenolic compounds is found in red wine, which contains a range of 493.5 – 1155.9 mg/dm³. Rosé wine contains much less of these compounds (162.0 – 258.6 mg/dm³), and in white wine the content of polyphenols is as much as ten times lower than in red wines (92.4 – 168.9 mg / dm³). The polyphenolic content of wines is significantly influenced by their country of origin, which is due to the quality of the vegetable raw material [16, 28].

SUMMARY

The largest group of polyphenolic compounds identified in plant raw materials are phenolic acids (almost 1/3 of all polyphenolic compounds), among them derivatives of benzoic and hydroxybenzoic acid and cinnamic acid derivatives and flavonoids covering at least 7 different groups, including flavonols, flavanols, flavones, isoflavones, flavanones, anthocyanins and chalcones. Polyphenolic compounds are widespread in the plant world, but their content is very diverse and depends on many factors. The majority of polyphenolic compounds in the diet come from vegetables and fruits (over 50%), followed by bread, tea, wine, coffee and chocolate. This intake varies greatly from country to country and is often given into different groups of polyphenolic compounds. It is estimated that the intake of phenolic acids is significantly higher than the intake of flavonols, flavones, isoflavones and other flavonoids combined together. Vegetables are a rich source of phenolic acids, because in the total content of polyphenolic compounds, the share of flavonoids is smaller than the share of phenolic acids. The sources of polyphenolic compounds, apart fruits and vegetables, also include cereals (oats, wheat, rye, barley, buckwheat). Polyphenolic compounds can also be found in many food products processed to various degrees (cereal products, soy products, honey, jams, chocolate, coffee, tea, wine, juices), but their content varies and depends primarily on

the processing applied and on the share of plant raw materials in the product. The processing of cereals can have a favourable or adverse effect on the content of polyphenolic compounds found in them. During the production of concentrated juices, significant amounts of good antioxidants are removed as a result of the clarifying process, which is why fresh juices contain higher amounts of polyphenols than concentrated ones. Apart from the processing, the reduction of the content of polyphenolic compounds in juices also takes place as the result of long storage.

PODSUMOWANIE

Największą grupę związków polifenolowych zidentyfikowanych w surowcach roślinnych stanowią kwasy fenolowe (prawie 1/3 wszystkich związków polifenolowych), a wśród nich pochodne kwasu benzoowego, hydroksybenzoowego i pochodne kwasu cynamonowego oraz flawonoidy obejmujące co najmniej 7 różnych grup, w tym flawonole, flawanole, flawony, izoflawony, flawanony, antocyjany i chalkony. Związki polifenolowe są szeroko rozpowszechnione w świecie roślin, ale ich zawartość jest bardzo zróżnicowana i zależy od wielu czynników. Najwięcej związków polifenolowych w diecie pochodzi z warzyw i owoców (ponad 50%), a następnie z pieczywa, herbaty, wina, kawy oraz czekolady. Spożycie ich jest bardzo zróżnicowane w poszczególnych krajach i często podawane jest w przeliczeniu na różne grupy związków polifenolowych. Szacuje się, że spożycie kwasów fenolowych jest znacząco wyższe niż spożycie flawonoli, flawonów, izoflawonów i innych flawonoidów łącznie. Warzywa są bogatym źródłem kwasów fenolowych, gdyż w całkowitej zawartości związków polifenolowych, udział flawonoidów jest mniejszy niż udział fenolokwasów. Źródłem związków polifenolowych, poza owocami i warzywami są także zboża (owies, pszenica, żyto, jęczmień, gryka). Związki polifenolowe zawarte są także w wielu produktach spożywczych o różnym stopniu przetworzenia (produkty zbożowe, produkty sojowe, miody, dżemy, czekolada, kawa, herbata, wino, soki), ale ich zawartość jest zróżnicowana i uzależniona przede wszystkim od zastosowanego procesu przetworzenia oraz udziału surowców roślinnych w produkcie. Przetwarzanie zbóż może korzystnie lub niekorzystnie wpływać na zawartość w nich związków polifenolowych. Podczas produkcji soków zagęszczonych, w wyniku procesu klarowania, zostają usunięte znaczne ilości cennych antyoksydantów, dlatego też świeże soki zawierają większe ilości polifenoli niż zagęszczone. Oprócz procesów przetwarzania na obniżenie zawartości związków polifenolowych w sokach, wpływa także ich długie przechowywanie.

REFERENCES

- [1] **BUDRYN G., E. NEBESNY 2006.** „Fenolokwasy – ich właściwości, występowanie w surowcach roślinnych, wchłanianie i przemiany metaboliczne”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna* 39(2): 103–109.
- [2] **CIEŚLIK E., A. GRĘDA, W. ADAMUS. 2006.** „Contents of polyphenols in fruit and vegetables”. *Food Chemistry* 94: 135–142.

REFERENCES

- [1] **BUDRYN G., E. NEBESNY 2006.** „Fenolokwasy – ich właściwości, występowanie w surowcach roślinnych, wchłanianie i przemiany metaboliczne”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna* 39(2): 103–109.
- [2] **CIEŚLIK E., A. GRĘDA, W. ADAMUS. 2006.** „Contents of polyphenols in fruit and vegetables”. *Food Chemistry* 94: 135–142.

- [3] **CROZIERA., I.B. JAGANATH, M.N. CLIFFORD. 2009.** „Dietary phenolics: chemistry, bioavailability and effects on health”. *Natural Products Reports* 26(8): 1001–1043.
- [4] **DZIEDZIC K., A. DOROŹDŹYŃSKA, D. GÓRECKA. 2009.** „Zawartość wybranych związków przeciwutleniających w gryce i produktach powstałych podczas ich przerobu”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 6(67): 81–90.
- [5] **GHERIBI E. 2011.** „Związki polifenolowe w owocach i warzywach”. *Medycyna Rodzinna* 4(60): 111–115.
- [6] **GRAJEK W. 2007.** *Przeciwutleniacze w żywności: aspekty zdrowotne, technologiczne, molekularne i analityczne.* Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne: 141–157, 187–193, 201–215.
- [7] **JABŁOŃSKA-RYŚ E. 2012.** „Zawartość polifenoli w czekoladach”. *Nauka Przyroda Technologie* 6(2): 5–9.
- [8] **JANECZKO Z. 2004.** „Polifenole roślinne w terapii schorzeń układu krążenia”. *Panacea* 3(8): 22–26.
- [9] **JESZKA M., E. FLACZYK. 2010.** „Związki fenolowe – charakterystyka i znaczenie w technologii żywności”. *Nauka Przyroda Technologie* 4(2): 1–9.
- [10] **JESZKA M., J. KOBUS-CISOWSKA, E. FLACZYK. 2009.** „Liście morwy jako źródło naturalnych substancji biologicznie aktywnych”. *Postępy Fitoterapii* 3: 175–179.
- [11] **KAŁĘDKIEWICZ E., E. LANGE. 2013.** „Znaczenie wybranych związków pochodzenia roślinnego w diecie zapobiegającej chorobom nowotworowym”. *Postępy Fitoterapii* 1: 42–47.
- [12] **KLEPACKA A. 2013.** „Przeciwglukacyjne właściwości ekstraktów bogatych w polifenole”. *Postępy Fitoterapii* 2: 127–131.
- [13] **KOSIOREK A., J. OSZMIŃSKI, J. GOLAŃSKI. 2013.** „Podstawy do zastosowania polifenoli roślinnych jako nutraceutyków o właściwościach przeciwpłytkowych”. *Postępy Fitoterapii* 2: 108–117.
- [14] **KOSZOWSKA A., A. DITTFELD, A. PUZON-BONCZYK. 2013.** „Polifenole w profilaktyce chorób cywilizacyjnych”. *Postępy Fitoterapii* 4: 263–266.
- [15] **KOWALSKA K., A. OLEJNIK. 2010.** „Rozmaryn – roślina zielarska o potencjale terapeutycznym”. *Postępy Fitoterapii* 2: 114–122.
- [16] **KRÓLD., M. GREGORCZYK, A. SZYMAŃSKA. 2013.** „Substancje antyoksydacyjne w czerwonym winie”. *Postępy Fitoterapii* 4: 260–262.
- [17] **KWIATKOWSKA E., S. BAWA. 2007.** „Znaczenie substancji uznanych za antyodżywcze w profilaktyce chorób cywilizacyjnych”. *Medycyna Rodzinna* 2: 36–40.
- [18] **MAJEWSKA M., H. CZECZOT. 2009.** „Flawonoidy w profilaktyce i terapii”. *Terapia i Leki* 65(5): 369–377.
- [3] **CROZIERA., I.B. JAGANATH, M.N. CLIFFORD. 2009.** „Dietary phenolics: chemistry, bioavailability and effects on health”. *Natural Products Reports* 26(8): 1001–1043.
- [4] **DZIEDZIC K., A. DOROZDZYNSKA, D. GORECKA. 2009.** „Zawartosc wybranych zwiatkow przeciwutleniających w gryce i produktach powstałych podczas ich przerobu”. *Zywnosc. Nauka. Technologia. Jakosc* 6(67): 81–90.
- [5] **GHERIBI E. 2011.** „Związki polifenolowe w owocach i warzywach”. *Medycyna Rodzinna* 4(60): 111–115.
- [6] **GRAJEK W. 2007.** *Przeciwutleniacze w zywnosci: aspekty zdrowotne, technologiczne, molekularne i analityczne.* Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne: 141–157, 187–193, 201–215.
- [7] **JABLONSKA-RYS E. 2012.** „Zawartosc polifenoli w czekoladach”. *Nauka Przyroda Technologie* 6(2): 5–9.
- [8] **JANECZKO Z. 2004.** „Polifenole roslinne w terapii schorzen układu krazenia”. *Panacea* 3(8): 22–26.
- [9] **JESZKA M., E. FLACZYK. 2010.** „Związki fenolowe - charakterystyka i znaczenie w technologii zywnosci”. *Nauka Przyroda Technologie* 4(2): 1–9.
- [10] **JESZKA M., J. KOBUS-CISOWSKA, E. FLACZYK. 2009.** „Liscie morwy jako zrodlo naturalnych substancji biologicznie aktywnych”. *Postepy Fitoterapii* 3: 175–179.
- [11] **KALEDKIEWICZ E., E. LANGE. 2013.** „Znaczenie wybranych zwiatkow pochodzenia roslinnego w diecie zapobiegającej chorobom nowotworowym”. *Postepy Fitoterapii* 1: 42–47.
- [12] **KLEPACKA A. 2013.** „Przeciwglukacyjne wlasciwosci ekstraktow bogatych w polifenole”. *Postepy Fitoterapii* 2: 127–131.
- [13] **KOSIOREK A., J. OSZMIANSKI, J. GOLANSKI. 2013.** „Podstawy do zastosowania polifenoli roslinnych jako nutraceutykw o wlasciwosciach przeciwpłytkowych”. *Postepy Fitoterapii* 2: 108–117.
- [14] **KOSZOWSKA A., A. DITTFELD, A. PUZON-BONCZYK. 2013.** „Polifenole w profilaktyce chorob cywilizacyjnych”. *Postepy Fitoterapii* 4: 263–266.
- [15] **KOWALSKA K., A. OLEJNIK. 2010.** „Rozmaryn – roslina zielarska o potencjale terapeutycznym”. *Postepy Fitoterapii* 2: 114–122.
- [16] **KROLD., M. GREGORCZYK, A. SZYMANSKA. 2013.** „Substancje antyoksydacyjne w czerwonym winie”. *Postepy Fitoterapii* 4: 260–262.
- [17] **KWIATKOWSKA E., S. BAWA. 2007.** „Znaczenie substancji uznanych za antyodzywcze w profilaktyce chorob cywilizacyjnych”. *Medycyna Rodzinna* 2: 036–40.
- [18] **MAJEWSKA M., H. CZECZOT. 2009.** „Flawonoidy w profilaktyce i terapii”. *Terapia i Leki* 65(5): 369–377.

- [19] **MAKOWSKA-WĄS J., Z. JANECZKO. 2004.** „Biodostępność polifenoli roślinnych”. *Postępy Fitoterapii* 3: 126–137.
- [20] **MENNEN L.I, R. WALKER, C. BENNETAU-PELISERRO. 2005.** “Risks and safety of polyphenol consumption”. *Journal of Clinical Nutrition* 81(1): 3265–3295.
- [21] **MIRONCZUK-CHODAKOWSKA I., A. WITKOWSKA, E.M. ZUJKO. 2011.** „Zawartość polifenoli oraz aktywność antyoksydacyjna przetworów owocowych o znacznym stopniu przetworzenia”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna XLV(3)*: 905–910.
- [22] **MITEK M., A. GASIK. 2007.** „Polifenole w żywności. Właściwości przeciwutleniające”. *Przemysł Spożywczy* 61(9): 36–39.
- [23] **NOWAK A., A. KLIMOWICZ. 2013.** „Zdrowotne oddziaływanie polifenoli zielonej herbaty”. *Kosmos* 62(1): 81–93.
- [24] **OSTROWSKA J. 2008.** „Herbaty – naturalne źródło antyoksydantów”. *Gazeta Farmaceutyczna* 1: 46–49.
- [25] **OSZMIĄŃSKI J. 1995.** „Polifenole jako naturalne przeciwutleniacze w żywności”. *Przemysł Spożywczy* 46(3): 94–96.
- [26] **PASZKIEWICZ M., A. BUDZYŃSKA, B. RÓŻALSKA. 2012.** „Immunomodulacyjna rola polifenoli roślinnych”. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej* 66: 637–646.
- [27] **PIĄTKOWSKA E., A. KOPEĆ, T. LESZCZYŃSKA. 2011.** „Antocyjany – charakterystyka, występowanie i oddziaływanie na organizm człowieka”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 4(77): 24–35.
- [28] **PIESZKOC., E. OGRODOWCZYK. 2010.** „Zawartość garbników i polifenoli w winach”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna XLIII(4)*: 512.
- [29] **ROSICKA-KACZMAREK J. 2004.** „Polifenole jako antyoksydanty w żywności”. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy* 52(6): 12–16.
- [30] **SADOWSKA A., F. ŚWIDERSKI. 2011.** „Polifenole: źródło naturalnych przeciwutleniaczy”. *Postępy Techniki i Przetwórstwa Spożywczego* 21(1): 108–111.
- [31] **SCALBERT A., T.I. JOHNSON, M. SALTMAERSCH. 2005.** “Polyphenols antioxidant and beyond”. *Journal of Clinical Nutrition* 81(1): 2155–2175.
- [32] **SIEWIERA K., M. ŻABIENIEC-WATAŁA. 2013.** „Rola polifenoli roślinnych w łagodzeniu niekorzystnego wpływu cukrzycy na homeostazę funkcjonowania mitochondriów”. *Postępy Fitoterapii* 1: 36–41.
- [33] **SIKORA J., M. MARKOWICZ, E. MIKCIUK-OLASIK. 2009.** „Rola i właściwości aronii czerwono owocowej w profilaktyce chorób cywilizacyjnych”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna XLV(1)*: 10–17.
- [19] **MAKOWSKA-WAS J., Z. JANECZKO. 2004.** „Biodostępność polifenoli roślinnych”. *Postępy Fitoterapii* 3: 126–137.
- [20] **MENNEN L.I, R. WALKER, C. BENNETAU-PELISERRO. 2005.** “Risks and safety of polyphenol consumption”. *Journal of Clinical Nutrition* 81(1): 3265–3295.
- [21] **MIRONCZUK-CHODAKOWSKA I., A. WITKOWSKA, E.M. ZUJKO. 2011.** „Zawartość polifenoli oraz aktywność antyoksydacyjna przetworów owocowych o znacznym stopniu przetworzenia”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna XLV(3)*: 905–910.
- [22] **MITEK M., A. GASIK. 2007.** „Polifenole w żywności. Właściwości przeciwutleniające”. *Przemysł Spożywczy* 61(9): 36–39.
- [23] **NOWAK A., A. KLIMOWICZ. 2013.** „Zdrowotne oddziaływanie polifenoli zielonej herbaty”. *Kosmos* 62(1): 81–93.
- [24] **OSTROWSKA J. 2008.** „Herbaty – naturalne źródło antyoksydantów”. *Gazeta Farmaceutyczna* 1: 46–49.
- [25] **OSZMIANSKI J. 1995.** „Polifenole jako naturalne przeciwutleniacze w żywności”. *Przemysł Spożywczy* 46(3): 94–96.
- [26] **PASZKIEWICZ M., A. BUDZYŃSKA, B. ROZALSKA. 2012.** „Immunomodulacyjna rola polifenoli roślinnych”. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej* 66: 637–646.
- [27] **PIATKOWSKA E., A. KOPEC, T. LESZCZYŃSKA. 2011.** „Antocyjany – charakterystyka, występowanie i oddziaływanie na organizm człowieka”. *Zywnosc. Nauka. Technologia. Jakosc* 4(77): 24–35.
- [28] **PIESZKOC., E. OGRODOWCZYK. 2010.** „Zawartość garbników i polifenoli w winach”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna XLIII(4)*: 512.
- [29] **ROSICKA-KACZMAREK J. 2004.** „Polifenole jako antyoksydanty w żywności”. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy* 52(6): 12–16.
- [30] **SADOWSKA A., F. SWIDERSKI. 2011.** „Polifenole: źródło naturalnych przeciwutleniaczy”. *Postępy Techniki i Przetwórstwa Spożywczego* 21(1): 108–111.
- [31] **SCALBERT A., T.I. JOHNSON, M. SALTMAERSCH. 2005.** “Polyphenols antioxidant and beyond”. *Journal of Clinical Nutrition* 81(1): 2155–2175.
- [32] **SIEWIERA K., M. ZABIENIEC-WATAŁA. 2013.** „Rola polifenoli roślinnych w łagodzeniu niekorzystnego wpływu cukrzycy na homeostazę funkcjonowania mitochondriów”. *Postępy Fitoterapii* 1: 36–41.
- [33] **SIKORA J., M. MARKOWICZ, E. MIKCIUK-OLASIK. 2009.** „Rola i właściwości aronii czerwono owocowej w profilaktyce chorób cywilizacyjnych”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna XLV(1)*: 10–17.

- [34] **SZAJDEKA., J. BOROWSKA. 2004.** „Właściwości przeciutleniające żywności pochodzenia roślinnego”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 4(41): 8–19.
- [35] **WAWRZYŃIAK A., M. KRÓTKI, B. STOLARCZYK. 2011.** „Właściwości antyoksydacyjne owoców i warzyw”. *Medycyna Rodzinna* 57(1): 19–23.
- [36] **WILCZYŃSKA A. 2012.** „Oznaczanie zawartości flawonoidów i fenolokwasów w odmianowych miodach pszczelich”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna XLV(3)*: 892–896.
- [37] **WILCZYŃSKA A., M. RETEL. 2011.** „Oszacowanie pobrania związków fenolowych z dietą z uwzględnieniem udziału miódów pszczelich”. *Problemy Higieny Epidemiologicznej* 92(4): 709–712.
- [38] **WOLSKIT., O. KALISZ, M. GERKOWICZ. 2007.** „Rola i znaczenie antyoksydantów w medycynie ze szczególnym uwzględnieniem chorób oczu”. *Postępy Fitoterapii*: 2: 82–90.
- [39] **WOROBIEJ E., M. WOCIAŁ, M. PIECYK. 2009.** „Porównanie zawartości i aktywności wybranych związków przeciwutleniających w produktach z orkiszu”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna XLII(3)*: 890–894.
- [40] **ZALEGA J., D. SZOSTAK-WĘGIEREK. 2013.** „Żywnie w profilaktyce nowotworów. Część I. Polifenole roślinne, karotenoidy, błonnik pokarmowy”. *Problemy Higieny Epidemiologicznej* 94(1): 41–49.

- [34] **SZAJDEKA., J. BOROWSKA. 2004.** „Właściwości przeciutleniające żywności pochodzenia roślinnego”. *Zywnosc. Nauka. Technologia. Jakosc* 4(41): 8–19.
- [35] **WAWRZYŃIAK A., M. KROTKI, B. STOLARCZYK. 2011.** „Właściwości antyoksydacyjne owoców i warzyw”. *Medycyna Rodzinna* 57(1): 19–23.
- [36] **WILCZYŃSKA A. 2012.** „Oznaczanie zawartości flawonoidów i fenolokwasów w odmianowych miodach pszczelich”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna XLV(3)*: 892–896.
- [37] **WILCZYŃSKA A., M. RETEL. 2011.** „Oszacowanie pobrania związków fenolowych z dietą z uwzględnieniem udziału miódów pszczelich”. *Problemy Higieny Epidemiologicznej* 92(4): 709–712.
- [38] **WOLSKIT., O. KALISZ, M. GERKOWICZ. 2007.** „Rola i znaczenie antyoksydantów w medycynie ze szczególnym uwzględnieniem chorób oczu”. *Postępy Fitoterapii*: 2:82–90.
- [39] **WOROBIEJ E., M. WOCIAŁ, M. PIECYK. 2009.** „Porównanie zawartości i aktywności wybranych związków przeciwutleniających w produktach z orkiszu”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna XLII(3)*: 890–894.
- [40] **ZALEGA J., D. SZOSTAK-WĘGIEREK. 2013.** „Żywnie w profilaktyce nowotworów. Część I. Polifenole roślinne, karotenoidy, błonnik pokarmowy”. *Problemy Higieny Epidemiologicznej* 94(1): 41–49.

Dr inż. Piotr SAŁEK
Prof. dr hab. Ewa CZARNIECKA-SKUBINA
Zakład Technologii Gastronomicznej i Chemii Żywności
Katedra Technologii Gastronomicznej i Higieny Żywności
Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie – SGGW, Polska
Chair of Food Gastronomy and Food Chemistry
Department of Food Gastronomy and Food Hygiene
Institute of Human Nutrition Sciences
Warsaw University of Life Sciences – WULS, Poland

WPŁYW ZASTOSOWANYCH SUROWCÓW I TECHNOLOGII PRODUKCJI NA JAKOŚĆ KREMÓW CUKIERNICZYCH®

The impact of the ingredients and production technology on the quality of confectionery creams®

Słowa kluczowe: kremy cukiernicze, surowce, jakość mikrobiologiczna.

Kremy cukiernicze stanowią istotny składnik ciast, tortów oraz deserów. W zależności od technologii produkcji wyróżniamy kremy grzane, zaparzone, gotowane i sporządzane na zimno. Najbardziej popularne kremy wykorzystywane w cukiernictwie to krem cukierniczy (crème pâtissière), krem maślany Russel, krem „chantilly” oraz ganache. Do przygotowania kremów cukierniczych stosowane są różne surowce i substancje dodatkowe. Wśród podstawowych surowców, które stanowią bazę do ich produkcji wyróżniamy: tłuszcze, jaja oraz śmietankę. Podczas przygotowywania kremów cukierniczych z wykorzystaniem jaj należy bezwzględnie przestrzegać krytycznych temperatur. Nieprzestrzeganie dokładnie sprecyzowanych parametrów technologicznych może prowadzić do wystąpienia zatrucia pokarmowych.

Key words: confectionery creams, ingredients, microbiological quality.

Confectionery creams are widely used in confectionery. They are an important ingredient of cakes and desserts. Depending on the production technology, we distinguish between heated, scalded, cooked, and cold-made creams. The most popular creams used in confectionery are basic cream (crème pâtissière), Russel butter cream, Chantilly cream and ganache. A various ingredients and additives are used to prepare confectionery creams. Among the basic ingredients that are the basis for the production of creams, we can distinguish: fats, eggs, and cream. When preparing confectionery creams using eggs, it is absolutely necessary to adhere to critical temperatures during the production process. Failure to follow precisely specified technological parameters may lead to food poisoning.

WPROWADZENIE

Wyroby cukiernicze, w tym kremy, cieszą się dużym uznaniem konsumentów od XIX wieku, gdy nastąpił znaczny rozwój produkcji cukierniczej, związany z wytwarzaniem cukru z buraków [24]. Z punktu widzenia żywieniowego produkty cukiernicze nie mają szczególnych walorów odżywczych, natomiast cechuje je zwykle wysoka wartość energetyczna. Spożywane są ze względu na walory sensoryczne i z tego powodu stanowią ważną pozycję w żywieniu Polaków, co się nie zmienia, mimo przesunięcia konsumpcji wielu produktów w kierunku bardziej prozdrowotnym.

Polacy lubią słodczyce, 91% konsumentów (n=1000) kupuje je, preferując jednak produkty wytwarzane z zastosowaniem naturalnych składników (77%). Słodczyce są dla

Polaków stałym elementem diety. Znaczny odsetek konsumentów spożywa je kilka razy w tygodniu, a żadne ważne uroczystości nie mogą się bez nich odbyć. Do ograniczenia spożycia słodczych przyczyniają się jedynie przeciwwskazania zdrowotne (celiakia, cukrzyca, alergie) lub chęć przestrzegania zasad zdrowej diety. Należy podkreślić, że rosnąca świadomość Polaków i wzrost świadomości żywieniowej, a także moda na zdrowe odżywianie powodują rosnące, chociaż powolne, ograniczanie spożycia wysokoenergetycznych słodkości. W przypadku wyrobów cukierniczych, Polacy są raczej tradycjonalistami, a prestiż cukierników jest nadal w Polsce wysoki [30].

Celem artykułu jest przedstawienie wpływu zastosowanych surowców i technologii produkcji na jakość kremów cukierniczych.

RODZAJE KREMÓW CUKIERNICZYCH

Kremy cukiernicze to grupa półproduktów, których głównymi składnikami, w zależności od rodzaju są: cukier, jaja, tłuszcz, mleko, śmietanka oraz substancje smakowo-zapachowe [11].

Kremy otrzymywane są poprzez napowietrzanie, podgrzewanie lub gotowanie. Poszczególne rodzaje kremów różnią się między sobą smakiem, wyglądem, konsystencją oraz technologią otrzymywania [4]. W zależności od przebiegu procesu technologicznego rozróżnia się kremy grzane, zaparzane, gotowane, produkowane na zimno [11]. Do kremów grzanych zaliczamy: kremy typu Russel, krem bawarski, sos angielski, krem Lemon curd oraz ganache. Przedstawicielami kremów zaparzanych są: krem Russel bezowy, krem bezowy oraz krem bezowo-owocowy. Kremy gotowane to: krem śmietankowy, krem półtłusty oraz krem owocowy. Do kremów sporządzanych na zimno zaliczamy: krem Chantilly oraz krem szwedzki [4].

WPŁYW STOSOWANYCH SUROWCÓW NA JAKOŚĆ KREMÓW CUKIERNICZYCH

Podstawą wszystkich rodzajów kremów cukierniczych są surowce tłuszczowe (głównie masło i margaryny) oraz mleko i przetwory mleczne (śmietanka i serek Mascarpone). Oprócz surowca tłuszczowego jednym z głównych składników jest cukier. Kremy cukiernicze mogą składać się także z dodatków uszlachetniających, takich jak jaja i dodatki teksturotwórcze oraz smakowo-zapachowe. Wysoka jakość zastosowanych półproduktów gwarantuje wysoką jakość produktu gotowego, w tym przypadku kremu cukierniczego.

Surowce tłuszczowe

W produkcji kremów cukierniczych stosowane jest masło, margaryny i różne tłuszcze cukiernicze. Tłuszcze cukiernicze są otrzymywane z olejów utwardzonych i ciekłych oraz niekiedy z tłuszczów zwierzęcych i emulgatora [12]. Nadają one odpowiednią teksturę kremom, zapewniają odpowiednią jakość sensoryczną (kremistość i smakowitość). Ponadto, pod względem technologicznym dodatek tłuszczu do kremu zwiększa jego smarowność, natomiast pod względem wartości odżywczej oczywiście zwiększa jego kaloryczność [27].

Najlepszym i zarazem najdroższym, pod względem ekonomicznym, surowcem do produkcji kremów jest masło [21].

Masło

Masło to produkt wysokotłuszczowy, otrzymywany wyłącznie z mleka krowiego w wyniku zmaśniania odpowiednio przygotowanej śmietanki. Termin „masło” jest zarezerwowany dla wyrobów mleczarskich typu emulsja W/O (woda w oleju), otrzymanych metodą fizyczną, której składniki są pochodzenia mlecznego [18]. Stanowi ono jeden z podstawowych tradycyjnych tłuszczów w cukiernictwie. W porównaniu z innymi tłuszczami zwierzęcymi masło zawiera stosunkowo mało cholesterolu [3]. Ze względu na dużą zawartość tłuszczu zaliczane jest do tłuszczów spożywczych bardzo

cenionych ze względu na walory organoleptyczne, właściwości kulinarne, przyswajalność i strawność. Charakteryzuje się ono wysoką wartością energetyczną. Tłuszcz mleczny jest źródłem sprzężonych dienów kwasu linolowego (CLA). Wykazują one działanie przeciwnowotworowe, przeciwmiażdżycowe i przeciwzapalne. Krowi tłuszcz mleczny jest również źródłem kwasów nasyconych krótko- i średniołańcuchowych KT (SCSFA), które są niezbędne dla prawidłowego funkcjonowania nabłonka jelita grubego i mogą wywierać terapeutyczny wpływ na niektóre jego schorzenia [31].

Wykorzystanie masła w cukiernictwie i ciastkarstwie ma swoją przyczynę w jego pożądanym cechach sensorycznych [5]. Masło odznacza się pożądaną jakością sensoryczną (wysoką smakowitością). Ta i inne wcześniej wymienione cechy masła nie występują w przypadku żadnych innych tłuszczów, dlatego przy ich produkcji wykorzystuje się dodatki upodabniające je do masła (np. substancje zapachowe) [13]. Podstawowym związkiem tworzącym maślan/śmietankowy zapach masła jest diacetyl. W naturalnych warunkach powstaje on w wyniku aktywności bakterii fermentacji mlekowej. W procesie o charakterze heterofermentacyjnym, typowym dla bakterii używanych w produkcji masła ze śmietany, diacetyl jest przede wszystkim produktem przemian laktozy i kwasu cytrynowego. Przy braku kontroli procesu fermentacji diacetyl może być nieodwracalnie zredukowany do acetoiny, co wpływa na niepożądane zmiany zapachowe masła spowodowane tym, że acetoina jest związkiem bezwonny [23]. Zastosowanie masła zapewnia utworzenie odpowiedniej struktury produktu oraz oczekiwanego maślanego smaku i zapachu. Często, w produktach, które nie zawierają dodatku masła, diacetyl uzupełnia się dodając esencję o zapachu maślanym lub śmietankowym. Największe ilości masła wykorzystywane są w produkcji ciasta francuskiego, półfrancuskiego, kruche go, półkruche go i krucho-drożdżowego. W tych produktach masło jest nie tylko czynnikiem aromato- i smakotwórczym, ale także jednym z podstawowych czynników strukturotwórczych [34]. Masło oraz bezwodny tłuszcz mleczny (AMF z ang. anhydrous milk fat) znajdują zastosowanie także w produkcji lodów i różnego rodzaju kremów, deserów oraz wyrobów cukierniczych, np. kuwertur i czekolady [42].

Margaryna

Margaryna według obowiązujących przepisów to produkt w formie stałej, miękkiej emulsji typu W/O (woda w oleju) otrzymywana z płynnych lub stałych tłuszczów roślinnych (ewentualnie zwierzęcych) nadających się do spożycia przez człowieka [26, 29]. Oleje stosowane do wyrobu margaryn są ciekłe, ze względu na obecność nienasyconych kwasów tłuszczowych. Margaryna uzyskuje konsystencję tłuszczu stałego lub tzw. plastycznego w wyniku procesu utwardzenia (uwodornienia) [22]. Margaryny piekarskie i cukiernicze otrzymywane metodą uwodorniania olejów wykazują obecność szkodliwych dla zdrowia, sztucznych izomerów trans kwasów tłuszczowych. Uwodornienie pozwala zamienić ciekłe oleje roślinne w stałą margarynę, a im bardziej uwodorniony jest tłuszcz, tym wyższa temperatura jego obróbki cieplnej [15]. Najnowsze technologie produkcji margaryn wykorzystują zamiast uwodornienia proces przeestryfikowania, pozwalający uniknąć powstawania sztucznych izomerów trans kwasów tłuszczowych lub bardzo ograniczyć ich ilość [43]. Technologia ta stosowana jest jednak w produkcji margaryn

miękkich – do smarowania pieczywa. Produkcja margaryn cukierniczych, piekarskich i smaźalniczych wciąż oparta jest na uwodornieniu, a izomery trans w tych tłuszczach występują w znacznej ilości [1]. Pomimo, iż pod względem zdrowotnym jest to bardzo niekorzystna cecha to jednak w technologii są one wysoko cenione ze względu na możliwość obróbki w wysokich temperaturach i zapewnienie pożądanych cech organoleptycznych otrzymywanych produktów [35]. W tabeli 1 przedstawiono zawartość kwasów tłuszczowych trans w wybranych tłuszczach, w tym w maśle, które zawiera od 4 do 6 mg/100 g kwasów tłuszczowych o konfiguracji trans. Najwięcej kwasów tłuszczowych trans zawierają natomiast niektóre margaryny twarde [6]. Z badań Paszczyk i Łuczyńskiej [28] wynika, że wśród popularnych marek margaryn twardych znajdują się takie, które zawierają aż 26,6% kwasów tłuszczowych o konfiguracji trans (w stosunku do zawartości kwasów tłuszczowych ogółem). Wśród margaryn miękkich najwyższy udział kwasów tłuszczowych trans wynosił 15,5%.

Tabela 1. Zawartość kwasów tłuszczowych trans w wybranych tłuszczach

Table 1. The content of trans fatty acids in selected fats

Produkt	Zawartość kwasów tłuszczowych o konfiguracji trans w g/100 g kwasów tłuszczowych
margaryna miękka	0,12–16,51
margaryna twarda	0,25–50,20
masło	4,04–6,15
tłuszcz smaźalniczy	0,51–50,19
tłuszcz piekarski	0,55–24,27

Źródło: Na podstawie [6]

Source: On the base [6]

Ze względów sensorycznych i zdrowotnych najbardziej wartościowe i polecane jest stosowanie masła niż margaryny, szczególnie w tych przypadkach, gdzie nie ma potrzeby stosowania bardzo wysokich temperatur obróbki cieplnej [19].

Firmy produkujące margaryny próbują łączyć smak i zapach masła z parametrami technologicznymi margaryn i opracowują cukiernicze miksy masła i margaryny [42].

Śmietanka

Śmietanką nazywamy tłuszcz zbierający się na powierzchni mleka. Na większą skalę śmietankę otrzymuje się poprzez odwirowanie mleka. Z 10 l mleka można uzyskać około 1 kg śmietanki. Istnieją różne rodzaje śmietanki [7]:

- śmietanka surowa – jest to śmietanka, która nie przeszła stabilizującej obróbki termicznej (pasteryzacji lub sterylizacji). Może ona ulec spontanicznej fermentacji mlekowej, co spowoduje zwiększenie jej kwasowości oraz zmianę konsystencji (na bardziej gęstą). Czas przechowywania – 7 dni, w temperaturze +4 °C;
- śmietanka pasteryzowana – to śmietanka surowa, która została poddana obróbce cieplnej w 88 °C przez od 15 do 20 sekund lub w temperaturze 96 °C w czasie od 1 do 2 sekund;

- śmietanka sterylizowana lub sterylizowana UHT o różnej zawartości tłuszczu – to śmietanka po obróbce termicznej, sterylizacji, która niszczy populację mikroflory patogennej.

Obróbka może odbywać się:

- w temperaturze 115°C przez 15–20 minut przy konwencjonalnej sterylizacji śmietanki (sposób stosowany we Francji);
- w temperaturze 135°C przez 2 sekundy przy sterylizacji śmietanki UHT;
- śmietanka pod ciśnieniem – jest to śmietanka pasteryzowana lub sterylizowana zapakowana pod ciśnieniem. Pasteryzowaną przechowuje się przez 5 dni w temperaturze +2°C, sterylizowaną – przez wiele miesięcy w temperaturze +2°C, a zamrożoną, słodzoną, z dodatkiem wanilii – wiele miesięcy w temperaturze -18°C [12].

Na rynku jest obecnie wiele wegańskich zamienników śmietanki. Do tej grupy należą również gotowe kremy roślinne. Są to produkty analogiczne do śmietanki. Te wysoko przetworzone produkty są zbliżone do śmietanki pod względem sensorycznym, jak i pod względem tekstury. Są to nowoczesne produkty, wyprodukowane w technologii UHT, bez konserwantów, mogące ewentualnie zastępować tradycyjną śmietankę. Taki produkt jest słodki, o konsystencji zbliżonej do bardzo tłustego mleka. Produkt tłuszczowy tego typu po wcześniejszym ubiciu (napowietrzeniu) nadaje się do użycia w temperaturze pokojowej. Niestety, ze względu na swoje negatywne walory sensoryczne (mdły, mydlany smak) może być stosowany jako ostateczność. Poza negatywnymi cechami sensorycznymi produkty tego typu zawierają ponadto dużo nasyconych kwasów tłuszczowych oraz tłuszcz palmowy [39].

Jaja

Główne części składowe jaja to: żółtko, białko, błony jajowe i skorupa. Żółtko stanowi przeciętnie 30%, białko 55–60%, skorupa z błonami 9–12%. U kur linii wysokonieśnych udział żółtka jest nieco mniejszy (25–29%), a białka nieco większy (57–63%). Bardzo ważną cechą jakościową jest świeżość jaj [2]. Jaja kurze są wykorzystywane w cukiernictwie jako substancja wiążąca, zagęszczająca, spulchniająca i emulgująca. Białka zawarte w surowych jajach dodawane do mąki lub masy, pęczniej w wodzie, a po wpływie podwyższonej temperatury (ogrzewania) koagulują, wiążąc składniki masy i zagęszczając potrawy. Jako czynnik zagęszczający można stosować całe jaja (np. w przypadku mleczek) lub same żółtka (np. w przypadku sosów). Piana z białek jest substancją spulchniającą potrawy [8]. Ponad połowę białka jaja stanowi owoalbumina o dużej zdolności pienienia, z tego powodu białko jest doskonałym surowcem do otrzymywania piany. Ulega ono częściowej denaturacji w wytworzonym układzie (pianie) pod wpływem oddziaływania mechanicznego oraz powietrza. Białka jaja cechują się niskim napięciem powierzchniowym, tworzeniem elastycznych i wytrzymałych uporządkowanych struktur o zwiększonej wytrzymałości mechanicznej, małą utratą zawartej wody, możliwością utrwalania cukrem, cukrem pudrem lub wrzącym syropem cukrowym [10].

SKŁAD I TECHNOLOGIA PRODUKCJI WYBRANYCH KREMÓW CUKIERNICZYCH

Kremy grzane Russel (zwane również kremami pasteryzowanymi) otrzymuje się z jaj, cukru, masła lub margaryny i substancji smakowo-zapachowych. Kremy należące do tej grupy sporządza się z ogrzanej masy jajowo-cukrowej (do około 83°C), którą następnie ubija się i łączy z tabletowanym¹ tłuszczem. Alternatywnie można ubijać masę cukrową „na parze” lub stosując cukierniczą ubijaczkę planetarną z termostatowaną dzieżą. W końcowej fazie ubijania dodaje się substancje smakowo-zapachowe [11]. Krem Russel można produkować także przy użyciu samych białek zamiast całych jaj. Składnikami smakowymi może być wanilia, kakao, kawa (w postaci naparu np. espresso lub mielona), mielone orzechy włoskie lub laskowe, migdały, skórka i sok z cytryny [4]. Krem ten jest jednym z najpopularniejszych kremów używanych w produkcji cukierniczej, szczególnie przy produkcji tortów (wykończenie, obłożenie tortu pod masę cukrową, tzw. „tynkowanie”) [41].

Krem bawarski jest kremem otrzymywanym z żółtek jaj, cukru, mleka i dodatków smakowo-zapachowych (np. wanilii). Produkcja kremu rozpoczyna się od połączenia żółtek jaj, cukru, mleka i dodatku i/lub dodatków smakowo-zapachowych. Następnie całość podgrzewa się „na parze” w celu zagęszczenia kremu. Zagęszcza się do tzw. „próby róży”². Na koniec gotowy krem należy precedzić i ostudzić [33]. Krem ten, (jako produkt) dzięki swojej delikatnej konsystencji świetnie nadaje się np. do napełniania babeczek z ciasta kruchego. Ponadto krem bawarski może być półproduktem w procesie produkcji delikatnych kremów z dodatkiem tableowanego masła lub ubitej śmietanki kremowej.

Sos angielski jest kremem, ale z racji swojej konsystencji jest umownie zaliczany do sosów. Produkuje się go podobnie jak krem bawarski, lecz w produkcji sosu angielskiego używa się mniejszą ilość żółtek jaj, przez co ma delikatniejszą konsystencję (jest bardziej płynny) [33].

Krem Lemon curd składa się z jaj, cukru, masła i dodatku cytryny (sok i skórka otarta z owocu). Technologia produkcji jest następująca. Jaja z cukrem ubija się „na parze”. Po rozpuszczeniu się cukru dodaje się sok z cytryny. Całość ubija się aż zgęstnieje i nabierze puszystości. Na końcu dodaje się skórkę otartą z cytryny i miękkie masło. Miesza się do całkowitego rozpuszczenia się masła. Gotowy krem studzi się, a następnie chłodzi. Ten delikatny krem cytrynowy jest doskonały np. do nadziewania tart i tartaletek z ciasta kruchego lub półkruchego [25].

Ganache to krem powstały poprzez rozpuszczenie czekolady, najczęściej deserowej (około 53% miazgi kakaowej) w śmietance kremowej 30-36%. Może być on stosowany jako

nadzienienie do pralin, tart, bądź do obłożenia tortów. Bardzo dobrze sprawdza się jako podkład pod masę cukrową dzięki dużej zawartości tłuszczu. Po uprzednim dokładnym schłodzeniu i napowietrzeniu doskonale nadaje się jako baza musów czekoladowych [17].

Kremy zaparzone produkuje się z ubitych białek zaparzonych wrzącym syropem cukrowym o temperaturze 120°C. Powstały w ten sposób krem bezowy po uprzednim dodatku substancji smakowo-zapachowych (np. kwasu cytrynowego) można stosować np. do napełniania ptysiów. Można także połączyć gotowy krem bezowy z tabletowanym tłuszczem. Powstanie wtedy krem Russel bezowy [33, 41]. Wersja owocowa kremu bezowego powstaje poprzez zaparzenie ubitych białek wrzącym syropem cukrowo-owocowym. Przy produkcji tego kremu konieczny staje się dodatek środka żelującego (agaru) ze względu na obecność przecieru owocowego, który powoduje spadek lepkości syropu [4].

Kremy „na zimno” sporządza się przez mieszanie i napowietrzanie określonych surowców, bez stosowania obróbki cieplnej [12]. Krem „chantilly” otrzymuje się ze śmietanki, cukru kryształu (względnie cukru pudru) i wanilii (nasiona owocu wanilii, ekstrakt alkoholowy, ewentualnie syntetyczna wanilina). Jego sporządzenie polega na ubiciu dojrzałej i schłodzonej śmietanki kremowej o zawartości tłuszczu co najmniej 30 % z cukrem i wanilią [4]. Tak ubitą śmietankę bardzo często stabilizuje się żelatyną, bądź tzw. fondem (stabilizatorem smakowym), rzadziej agarą [41].

Krem ten jest jednym z najmniej trwałych kremów cukierniczych, gdyż śmietanka psuje się szybko i łatwo kwaśnieje [12]. Pomimo tych wad jest coraz częściej stosowany przez cukierników, ponieważ odbiorcy gotowych produktów cenią sobie jego smak, teksturę oraz stosunkowo mniejszą kaloryczność w stosunku do tradycyjnego kremu typu Russel [41].

Krem szwedzki otrzymuje się przez tabletowanie mieszaniny złożonej z tłuszczu, cukru pudru i substancji smakowo-zapachowych. Jako tłuszcz może być stosowane masło, margaryna lub tłuszcz cukierniczy. Smak i zapach uzyskuje się przez dodanie substancji smakowo-zapachowych, np. w postaci esencji kwasu cytrynowego. Jako surowce dodatkowe można stosować przetwory owocowe, kakao, kawę naturalną i orzechy. Krem ten jest często stosowany przy dekoracji babeczek, muffinów, cupcake’ów, a także jako warstwa podkładowa pod lukier plastyczny w produkcji tortów [11].

Kremy gotowane produkowane są z mieszaniny jaj, cukru, mąki, mleka oraz substancji smakowo-zapachowych. Po połączeniu składników w odpowiedni sposób kremy tego typu poddawane są obróbce cieplnej poprzez gotowanie [41]. Do kremów gotowanych zaliczamy: krem śmietankowy (z franc. crème pâtissière), krem półtłusty i krem owocowy [12].

Krem śmietankowy – proces technologiczny składa się z następujących etapów [4]:

1. Tabletowanie – (w cukiernictwie) polega na wtłoczeniu do tłuszczu (o stałej konsystencji) dużej ilości powietrza, w wyniku czego tłuszcz zwiększa objętość oraz osiąga odpowiednią konsystencję i plastyczność do dalszej obróbki [oprac. własne].
2. Próba róży – trik cukierniczy, stosowany w celu sprawdzenia stopnia zgęstnienia kremów grzanych. Polega na zanurzeniu łyżki w kremie, a następnie dmuchaniu w środek spodniej części. Kiedy krem jest gotowy na powierzchni łyżki będą rozchodzić się kręgi w kształcie płatków róży [oprac. własne].

- zagotowanie mleka z dodatkiem 50 % ilości cukru przewidzianej w recepturze;
- połączenie pozostałej ilości cukru z jajami i mąką;
- wyrobienie składników do uzyskania jednolitej masy;
- wlanie wrzącego mleka cienkim strumieniem do otrzymanej masy jajeczno-mącznej;

- dokładne wymieszanie masy z mlekiem;
- ogrzewanie powstałej mieszaniny do momentu zagotowania;
- chłodzenie do temp. około 70°C;
- dodanie substancji smakowo-zapachowych;
- dokładne wymieszanie powstałego kremu.

Krem ten dzięki swojej aksamitnej, budyniowej konsystencji i delikatnym (najczęściej waniliowym) smaku jest chętnie stosowany w produkcji cukierniczej. Wykorzystywany jest do przekładania ciastek np. napoleonek, kremówek i różnego rodzaju babeczek. Bardzo często stanowi jeden z głównych składników nadzienia tart owocowych przygotowywanych na spodach z ciasta kruchego lub półkruchego. Można wykorzystać go także do wypełniania ptysiów (produkcja profiterolek).

Krem półtłusty produkuje się z jaj, cukru, mąki, mleka, substancji smakowo-zapachowych oraz masła [41]. Jego technologia produkcji opiera się na trzech zasadniczych etapach [12]:

- ugotowanie kremu śmietankowego (z franc. crème pâtissière);
- tablerowanie tłuszczu;
- połączenie przygotowanego kremu z tablerowanym tłuszczem.

Krem półtłusty może być stosowany do przekładania np. tortów. Jest też tradycyjnym składnikiem słynnego ciasta „Karpatka”.

Krem owocowy jest bardzo podobny do kremu śmietankowego (z franc. crème pâtissière). Składniki i proces technologiczny są bardzo zbliżone. Różnica polega na zastąpieniu mleka wytrawnym winem gronowym. Do masy, w skład której wchodzi jaja, cukier i mąka, dodaje się wino, całość ogrzewa się do zagotowania, a po ochłodzeniu dodaje się skórkę pomarańczową oraz substancje smakowo-zapachowe. W celu otrzymania kremu o delikatniejszej strukturze należy użyć więcej jaj lub żółtek [11].

ZAGROŻENIA MIKROBIOLOGICZNE W PRODUKCJI KREMÓW CUKIERNICZYCH

Najtrudniejszym problemem w produkcji ciastkarskiej jest przygotowywanie kremów z udziałem jaj (kremy grzane oraz zaparzone). Obecnie, praktycznie wyeliminowano z produkcji kremy, które zawierają surowe jaja (bez stosowania obróbki cieplnej). Przygotowanie kremów cukierniczych z udziałem jaj wymaga niezwyklej staranności i przestrzegania odpowiednich warunków obróbki termicznej (70°C). Dopiero osiągnięcie temperatury krytycznej (70°C) spowoduje zniszczenie pałeczek z rodzaju *Salmonella*, którymi mogły być zakażone jaja użyte w produkcji [40]. Z tego powodu w cukiernictwie stosowane są również różnego rodzaju pasteryzowane masy jajowe [16].

Przeprowadzono szereg badań dotyczących świadomości konsumentów oraz przestrzegania zasad higieny podczas przyrządzania potraw zawierających jaja. Wyniki wybranych

badan sugerują, że niestety tylko 20% respondentów myje, dezynfekuje lub wyparza skorupki jaj. Najbardziej niepokojący jest fakt, że 15% respondentów nie poddaje jaj nawet myciu, jeżeli skorupka jest wizualnie czysta. Warto podkreślić, że na prawidłowość postępowania z jajami w warunkach domowych wpływał wiek i wykształcenie respondentów. Istotnie częściej prawidłową obróbkę wstępną jaj przeprowadzały osoby wykształcone, w wieku 40–60 lat. W nieprawidłowy sposób postępowały częściej osoby w wieku 25–40 lat, o wykształceniu zawodowym [9].

W badaniach Szczepańskiej i wsp. [38] wykazano brak występowania pałeczek z rodzaju *Salmonella* na powierzchni skorup i treści jaj kurzych znajdujących się w sprzedaży na bazarach i w sklepach oraz pochodzących z punktów skupu i produkcji fermowej. Stwierdzono natomiast obecność bakterii *Salmonella* w 0,16-1,90% ciastek z kremem i potwierdzono, że to właśnie jaja były ich nośnikiem.

Zakażenie żywności pałeczkami *Salmonella* jest szczególnie niebezpieczne ze względu na fakt, że produkty żywnościowe nawet w znacznym stopniu zanieczyszczone tymi bakteriami nie wykazują zmian w wyglądzie, smaku czy zapachu, co budziłoby podejrzenie konsumenta co do jakości wyrobu [14]. Do produktów średnio bezpiecznych wśród wyrobów cukierniczych można zaliczyć: pączki, kruche ciastka, herbatniki i drożdżówki. Znacznie większe zagrożenie stanowią natomiast ciastka z kremem, śmietanką, zwłaszcza w porze letniej. W przypadku śmietanki, która nadal jest wykorzystywana w branży cukierniczej do produkcji tortów, ciastek ze śmietanką, szarlotki z dodatkiem śmietanki, czy wreszcie lodów z dodatkiem bitej śmietanki oraz innych produktów, które nie podlegają dalszej obróbce cieplnej, należy zachować szczególne zasady higieny [20].

Wyniki pracy Sharifzadeh i wsp. [32] wykazały, że stopień zanieczyszczenia mikrobiologicznego i jakość chemiczna wypieków z kremem produkowanych w cukierniach w prowincji Chaharmahal Va Bakhtiari (południowo-zachodni Iran) nie mieściły się w dopuszczalnym zakresie. Problemy te były związane z zanieczyszczeniem kałem próbek kremu, jak również brakiem przestrzegania zasad higieny przez osoby zajmujące się produkcją wyrobów ciastkarskich.

W raportach Państwowej Inspekcji Sanitarnej [36] odsetek wyrobów cukierniczych i ciastkarskich, pobranych do oceny i zdyskwalifikowanych, nie jest wysoki i wynosił w 2020 roku – 1,18%, na nieco niższym poziomie niż w latach 2018–2019.

Podstawowa działalność przemysłu spożywczego wiąże się ze spełnieniem wszystkich wymagań higienicznych, sanitarnych, bezpieczeństwa personelu oraz utrzymania czystych i sprawnych maszyn i urządzeń. Wymaga to dokładnego zapoznania się ze specyfiką danego zakładu, charakterem jego produkcji i opracowaniem odpowiednich procedur zapewniających jednocześnie ciągłość produkcji i otrzymanie bezpiecznego produktu [37].

PODSUMOWANIE

Na jakość kremów cukierniczych składają się dwa podstawowe elementy: jakość surowców oraz technologia produkcji. Jakość surowców determinuje w największym stopniu jakość produktu finalnego. Należy jednak podkreślić, że

prawidłowo przeprowadzony proces produkcji również istotnie wpływa na jakość produktu gotowego, zapewniając otrzymanie produktu bezpiecznego dla konsumenta.

Stosując odpowiednio dobrany i przyrządzony krem cukierniczy można kształtować smak wyrobów cukierniczych, takich jak: ciasta, torty, czy różnego rodzaju desery. Należy pamiętać, że każdy krem cukierniczy musi być zawsze wykonany z należytą starannością, z najwyższej jakości składników oraz z zachowaniem pełnego reżimu sanitarnego.

SUMMARY

The quality of confectionery creams consists of two basic elements: the quality of ingredients and the production technology. The quality of raw materials determines to the greatest extent the quality of the final product. It should be emphasized, however, that a properly conducted production process also significantly affects the quality of the finished product, ensuring that a consumer-safe product is obtained.

To sum up, using a properly selected and prepared confectionery cream, you can shape the taste of confectionery products, such as cakes, pies or various types of desserts. It should be remembered that each confectionery cream must always be made with due diligence, with the highest quality ingredients, and in compliance with the full sanitary rules.

REFERENCES

- [1] ARELLANO M., I.T. NORTON, P. SMITH. 2015. "Specialty oils and fats in margarines and low-fat spreads". In: Talbot G. Specialty Oils and Fats in Food and Nutrition: Properties, Processing and Applications. Woodhead Publishing, Cambridge: 241–270.
- [2] BIEDERMANN R., U. BURKHARDT, S.D. GREGORIO, H. HARDEMEIER, P. MALLY, K. SEILER, A. THALMANN, P. WÄSPL. 2005. "Jahresbericht 2004, Amt für Lebensmittelkontrolle und Umweltschutz der Kantone Appenzell Auser-rhoden, Appenzell Inner-rhoden, Glarus Und Schaff-hausen". [dostęp z dnia 04.11.2021 r.], Dostępny w: www.lebensmittelkontrolle.ch.
- [3] BONCZAR G., K. CHRZANOWSKA, K. MACIEJOWSKI, M. WALCZYCKA. 2011. „Zawartość cholesterolu i jego pochodnych w mleku i produktach mleczarskich – uwarunkowania surowcowe i technologiczne”. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 1 (74): 15–27.
- [4] BOROWY T., M. KUBIAK. 2012a. „Kremy do tortów”. Cukiernictwo 4: 56–58.
- [5] BOROWY T., M. KUBIAK. 2012b. „Masło – jadalny tłuszcz mleka”. Cukiernictwo 3: 46–47.
- [6] BUDRYN G. 2013. „Kwasy tłuszczowe trans w produktach piekarskich”. Piekarstwo 1: 38–39.
- [7] CALVO M.V., M. JUÁREZ, J. FONTECHA. 2021. „Cream Products. Encyclopedia of Dairy Sciences”. (Third edition): 405–410.
- [8] CZARNIECKA-SKUBINA E. 2016. Technologia Gastronomiczna. Warszawa: Wyd. SGGW.
- [9] CZARNIECKA-SKUBINA E., R. KORZENIOWSKA-GINTER. 2013. „Ostatni etap łańcucha żywnościowego – przygotowanie żywności przez konsumentów w warunkach domowych.” Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 572: 3–12.
- [10] CZERWIŃSKA D. 2013a. „Surowce i dodatki stosowane w cukiernictwie – cz. II. Surowce i dodatki zwierzęce”. Cukiernictwo 5: 25–27.

REFERENCES

- [1] ARELLANO M., I.T. NORTON, P. SMITH. 2015. "Specialty oils and fats in margarines and low-fat spreads". In: Talbot G. Specialty Oils and Fats in Food and Nutrition: Properties, Processing and Applications. Woodhead Publishing, Cambridge: 241–270.
- [2] BIEDERMANN R., U. BURKHARDT, S.D. GREGORIO, H. HARDEMEIER, P. MALLY, K. SEILER, A. THALMANN, P. WASPL. 2005. "Jahresbericht 2004, Amt für Lebensmittelkontrolle und Umweltschutz der Kantone Appenzell Auser-rhoden, Appenzell Inner-rhoden, Glarus Und Schaff-hausen". [dostęp z dnia 04.11.2021 r.], Dostępny w: www.lebensmittelkontrolle.ch.
- [3] BONCZAR G., K. CHRZANOWSKA, K. MACIEJOWSKI, M. WALCZYCKA. 2011. „Zawartość cholesterolu i jego pochodnych w mleku i produktach mleczarskich – uwarunkowania surowcowe i technologiczne”. Żywnosc. Nauka. Technologia. Jakosc 1 (74): 15–27.
- [4] BOROWY T., M. KUBIAK. 2012a. „Kremy do tortów”. Cukiernictwo 4: 56–58.
- [5] BOROWY T., M. KUBIAK. 2012b. „Masło – jadalny tłuszcz mleka”. Cukiernictwo 3: 46–47.
- [6] BUDRYN G. 2013. „Kwasy tłuszczowe trans w produktach piekarskich”. Piekarstwo 1: 38–39.
- [7] CALVO M.V., M. JUAREZ, J. FONTECHA. 2021. „Cream Products. Encyclopedia of Dairy Sciences”. (Third edition): 405–410.
- [8] CZARNIECKA-SKUBINA E. 2016. Technologia Gastronomiczna. Warszawa: Wyd. SGGW.
- [9] CZARNIECKA-SKUBINA E., R. KORZENIOWSKA-GINTER. 2013. „Ostatni etap lancucha zywnosciowego – przygotowanie zywnosci przez konsumentow w warunkach domowych.” Zeszyty Problemowe Postepow Nauk Rolniczych 572: 3–12.
- [10] CZERWINSKA D. 2013a. „Surowce i dodatki stosowane w cukiernictwie – cz. II. Surowce i dodatki zwierzece”. Cukiernictwo 5: 25–27.

- [11] **CZERWIŃSKA D. 2013b.** „Wisienka na torcie”. *Przeгляд Gastronomiczny* 1–2: 10–12.
- [12] **DESCHAMPS B., J–C DESCHAMPTRE. 2009.** *Ciastkarstwo. Podręcznik do nauki zawodu cukiernik.* Warszawa: Wyd. REA s.j.
- [13] **HEŚ M. 2013.** „Tłuszcze stosowane w produkcji piekarsko-ciastkarskiej”. *Piekarstwo* 1: 42–44.
- [14] **JANIK M., E. STASZEWSKA. 2000.** „Jak wygrać z salmonellą w produkcji ciastkarskiej (cz. I). Poznajemy salmonellę i jej źródła pochodzenia”. *Przeгляд Piekarski i Cukierniczy* 5: 2–6.
- [15] **KARBOWSKA J., Z. KOCHAN. 2011.** „Trans kwasy tłuszczowe a ryzyko choroby wieńcowej”. *Pol. Merk. Lek.* 31 (181): 56–59.
- [16] **KEERTHIRATHNE T.P., K. ROSS, H. FALLOW-FIELD, H. WHILEY. 2017.** “Reducing Risk of Salmonellosis through Egg Decontamination Processes”. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 14: 335.
- [17] **KIM Y.J., S. KANG, Y.J. KIM, W.R. KIM, Y.M. KIM, S. PARK. 2017.** „Calorie reduction of chocolate ganache through substitution of whipped cream”. *Journal of Ethnic Foods* 4 (1): 51–57.
- [18] **KOCZON P. 2005.** „Masło w pigułce”. *Przemysł Spożywczy* 8: 52–53.
- [19] **KOLANOWSKI W. 2006.** „Masło, czy margaryna?”. *Przeгляд Piekarski i Cukierniczy* 8: 12–14.
- [20] **KOŁOŻYN-KRAJEWSKA D., M. TWORKO. 2006.** „Bezpieczeństwo od kuchni”. *Bezpieczeństwo i Higiena Żywności* 6: 28–30.
- [21] **KOT M. 2005.** „Tłuszcze”. *Cukiernictwo i Piekarstwo* 10: 52–53.
- [22] **KRYGIER K. 2010.** „Współczesna margaryna – aspekty technologiczne i żywieniowe”. Warszawa: WNT.
- [23] **LIU J.-M., L. CHEN, R. DORAU, S.K. LILL-EVANG, P.R. JENSEN, C. SOLEM. 2020.** „From Waste to Taste-Efficient Production of the Butter Aroma Compound Acetoin from Low-Value Dairy Side Streams Using a Natural (Nonengineered) *Lactococcus lactis* Dairy Isolate”. *J. Agric. Food Chem.* 68 (21): 5891–5899.
- [24] **ŁOZIŃSKA M., ŁOZIŃSKI J. 1994.** „Wokół stołu i kuchni”. Warszawa: Wyd. TENTEN.
- [25] **MALECKI P.** Krem cytrynowy typu lemon curd. [dostęp z dnia 08.11.2021 r.], Dostępny w: <http://kuchnialidla.pl/product/tartaletki-owocowe-z-kremem-cytrynowym>
- [26] **MC CLEMENTS D.J. 2016.** „Food Emulsions: Principles, Practices, and Techniques”. 3rd ed. CRC Press, Boca Raton.
- [27] **MISKANDAR M.S., Y.B. CHE MAN, M.S.A. YUSOFF, R.A. RAHMAN. 2005.** „Quality of margarine: Fats selection and processing parameters”. *Asia Pac. J. Clin. Nutr.* 14 (4): 387–395.
- [11] **CZERWINSKA D. 2013b.** „Wisienka na torcie”. *Przeгляд Gastronomiczny* 1–2: 10–12.
- [12] **DESCHAMPS B., J-C DESCHAMPTRE. 2009.** *Ciastkarstwo. Podrecznik do nauki zawodu cukiernik.* Warszawa: Wyd. REA s.j.
- [13] **HES M. 2013.** „Tłuszcze stosowane w produkcji piekarsko-ciastkarskiej”. *Piekarstwo* 1: 42–44.
- [14] **JANIK M., E. STASZEWSKA. 2000.** „Jak wygrać z salmonella w produkcji ciastkarskiej (cz. I). Poznajemy salmonelle i jej zrodla pochodzenia”. *Przeгляд Piekarski i Cukierniczy* 5: 2–6.
- [15] **KARBOWSKA J., Z. KOCHAN. 2011.** „Trans kwasy tłuszczowe a ryzyko choroby wiencowej”. *Pol. Merk. Lek.* 31 (181): 56–59.
- [16] **KEERTHIRATHNE T.P., K. ROSS, H. FALLOW-FIELD, H. WHILEY. 2017.** „Reducing Risk of Salmonellosis through Egg Decontamination Processes”. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 14: 335.
- [17] **KIM Y.J., S. KANG, Y.J. KIM, W.R. KIM, Y.M. KIM, S. PARK. 2017.** „Calorie reduction of chocolate ganache through substitution of whipped cream”. *Journal of Ethnic Foods* 4 (1): 51–57.
- [18] **KOCZON P. 2005.** „Masło w pigulce”. *Przemysł Spożywczy* 8: 52–53.
- [19] **KOLANOWSKI W. 2006.** „Masło, czy margaryna?”. *Przeгляд Piekarski i Cukierniczy* 8: 12–14.
- [20] **KOŁOŻYN-KRAJEWSKA D., M. TWORKO. 2006.** „Bezpieczeństwo od kuchni”. *Bezpieczeństwo i Higiena Zywnosci* 6: 28–30.
- [21] **KOT M. 2005.** „Tłuszcze”. *Cukiernictwo i Piekarstwo* 10: 52–53.
- [22] **KRYGIER K. 2010.** „Wspolczesna margaryna – aspekty technologiczne i zywieniowe”. Warszawa: WNT.
- [23] **LIU J.-M., L. CHEN, R. DORAU, S.K. LILL-EVANG, P.R. JENSEN, C. SOLEM. 2020.** „From Waste to Taste—Efficient Production of the Butter Aroma Compound Acetoin from Low-Value Dairy Side Streams Using a Natural (Nonengineered) *Lactococcus lactis* Dairy Isolate”. *J. Agric. Food Chem.* 68 (21): 5891–5899.
- [24] **ŁOZINSKA M., ŁOZINSKI J. 1994.** „Wokol stołu i kuchni”. Warszawa: Wyd. TENTEN.
- [25] **MALECKI P.** Krem cytrynowy typu lemon curd. [dostęp z dnia 08.11.2021 r.], Dostępny w: <http://kuchnialidla.pl/product/tartaletki-owocowe-z-kremem-cytrynowym>
- [26] **MC CLEMENTS D.J. 2016.** „Food Emulsions: Principles, Practices, and Techniques”. 3rd ed. CRC Press, Boca Raton.
- [27] **MISKANDAR M.S., Y.B. CHE MAN, M.S.A. YUSOFF, R.A. RAHMAN. 2005.** „Quality of margarine: Fats selection and processing parameters”. *Asia Pac. J. Clin. Nutr.* 14 (4): 387–395.

- [28] PASZCZYK B., J. ŁUCZYŃSKA. 2013. „Skład kwasów tłuszczowych i izomerów *trans* w margarynach twardych i miękkich”. *Bromat. Chem. Toksykol.* XLVI (2): 234–240.
- [29] ROZPORZĄDZENIE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (UE) NR 1308/2013 Z DNIA 17 GRUDNIA 2013 r. ustanawiające wspólną organizację rynków produktów rolnych oraz uchylające rozporządzenia Rady (EWG) nr 922/72, (EWG) nr 234/79, (WE) nr 1037/2001 i (WE) nr 1234/2007. *Dz. U. L 347*, ss. 671–854, z 20.12.2013.
- [30] RYNEK SŁODYCZY W POLSCE. KPMG w Polsce. Edycja 2014. [dostęp z dnia 08.11.2021 r.], Dostępny w: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/pl/pdf/2016/12/pl-Rynek-slodyczy-w-Polsce-2014-online-secured.pdf>
- [31] RUTKOWSKA E., K. TAMBOR, J. RUTKOWSKA, A. STOLYHWO. 2015. „Charakterystyka prozdrowotnych kwasów tłuszczowych tłuszczu mlecznego”. *Probl Hig Epidemiol* 96 (2): 377–386.
- [32] SHARIFZADEH, A., M. HAJSHARIFI-SHAHREZA, P. GHASEMI-DEHKORDI. 2016. “Evaluation of microbial contamination and chemical qualities of cream-filled pastries in confectioneries of Chaharmahal Va Bakhtiari Province (Southwestern Iran)”. *Osong public health and research perspectives* 7 (6): 346–350.
- [33] SIKOŃ B. *Receptury podstawowe*. [dostęp z dnia 05.11.2021 r.], Dostępny w: <http://www.kuchniaplus.pl/>
- [34] SILVA C.C.G., S.P.M. SILVA, J.A.M. PRATES, R.J.B. BESSA, H.J.D. ROSA, O.A. REGO. 2019. “Physicochemical traits and sensory quality of commercial butter produced in the Azores”. *International Dairy Journal* 88: 10–17.
- [35] SLAGER H., G. TALBOT. 2013. „Wzloty i upadki tłuszczów *trans*”. *Cukiernictwo* 3: 40–43.
- [36] STAN SANITARNY KRAJU W 2020 ROKU, 2021. GIS, Warszawa.
- [37] STRASZAK D. 2005. „Wszystko bezpieczne”. *Cukiernictwo i Piekarstwo* 12: 70–72.
- [38] SZCZEPAŃSKA B., K. PAPPELBAUM, M. SZADY-GRAD, M. ANDRZEJEWSKA, D. ŚPICA, J. KLAWE, J. KASPRZAK 2011. „Jakość mikrobiologiczna wybranych produktów spożywczych w województwie kujawsko-pomorskim”. *Problemy Higieny i Epidemiologii* 92 (4): 939–943.
- [39] TALBOT G. 2015. “Specialty Oils and Fats in Food and Nutrition Properties, Processing and Applications”. *Woodhead Publishing Series in Food Science Technology and Nutrition*: 221–239.
- [40] TURLEJSKA H., U. PELZNER, E. KONECKA-MATYJEK, K. WIŚNIEWSKA. 2003. „Przewodnik do wdrażania zasad GMP/GHP i systemu HACCP w zakładach żywienia zbiorowego”. Warszawa: Fundacja Programów Pomocy dla Rolnictwa (FAPA).
- [28] PASZCZYK B., J. LUCZYŃSKA. 2013. „Skład kwasów tłuszczowych i izomerów *trans* w margarynach twardych i miękkich”. *Bromat. Chem. Toksykol.* XLVI (2): 234–240.
- [29] ROZPORZĄDZENIE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (UE) NR 1308/2013 Z DNIA 17 GRUDNIA 2013 r. ustanawiające wspólna organizację rynków produktów rolnych oraz uchylające rozporządzenia Rady (EWG) nr 922/72, (EWG) nr 234/79, (WE) nr 1037/2001 i (WE) nr 1234/2007. *Dz. U. L 347*, ss. 671–854, z 20.12.2013.
- [30] RYNEK SŁODYCZY W POLSCE. KPMG w Polsce. Edycja 2014. [dostęp z dnia 08.11.2021 r.], Dostępny w: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/pl/pdf/2016/12/pl-Rynek-slodyczy-w-Polsce-2014-online-secured.pdf>
- [31] RUTKOWSKA E., K. TAMBOR, J. RUTKOWSKA, A. STOLYHWO. 2015. „Charakterystyka prozdrowotnych kwasów tłuszczowych tłuszczu mlecznego”. *Probl Hig Epidemiol* 96 (2): 377–386.
- [32] SHARIFZADEH, A., M. HAJSHARIFI-SHAHREZA, P. GHASEMI-DEHKORDI. 2016. “Evaluation of microbial contamination and chemical qualities of cream-filled pastries in confectioneries of Chaharmahal Va Bakhtiari Province (Southwestern Iran)”. *Osong public health and research perspectives* 7 (6): 346–350.
- [33] SIKON B. *Receptury podstawowe*. [dostęp z dnia 05.11.2021 r.], Dostępny w: <http://www.kuchniaplus.pl/>
- [34] SILVA C.C.G., S.P.M. SILVA, J.A.M. PRATES, R.J.B. BESSA, H.J.D. ROSA, O.A. REGO. 2019. “Physicochemical traits and sensory quality of commercial butter produced in the Azores”. *International Dairy Journal* 88: 10–17.
- [35] SLAGER H., G. TALBOT. 2013. „Wzloty i upadki tłuszczów *trans*”. *Cukiernictwo* 3: 40–43.
- [36] STAN SANITARNY KRAJU W 2020 ROKU, 2021. GIS, Warszawa.
- [37] STRASZAK D. 2005. „Wszystko bezpieczne”. *Cukiernictwo i Piekarstwo* 12: 70–72.
- [38] SZCZEPAŃSKA B., K. PAPPELBAUM, M. SZADY-GRAD, M. ANDRZEJEWSKA, D. SPICA, J. KLAWE, J. KASPRZAK 2011. „Jakość mikrobiologiczna wybranych produktów spożywczych w województwie kujawsko-pomorskim”. *Problemy Higieny i Epidemiologii* 92 (4): 939–943.
- [39] TALBOT G. 2015. “Specialty Oils and Fats in Food and Nutrition Properties, Processing and Applications”. *Woodhead Publishing Series in Food Science Technology and Nutrition*: 221–239.
- [40] TURLEJSKA H., U. PELZNER, E. KONECKA-MATYJEK, K. WISNIEWSKA. 2003. „Przewodnik do wdrażania zasad GMP/GHP i systemu HACCP w zakładach żywienia zbiorowego”. Warszawa: Fundacja Programów Pomocy dla Rolnictwa (FAPA).

- [41] **WAWRZYNIAK B. 2009.** „Fantazje kremowe”. Cukiernictwo i Piekarstwo 7–8: 38–39.
- [42] **ZIARNO M., D. ZARĘBA. 2008.** „Masło i jego wykorzystanie w branży ciastkarsko-cukierniczej”. Przegląd Piekarski i Cukierniczy 5: 72–79.
- [43] **ŻEGARSKA Z., Z. BOREJSZO, B. PASZCZYK. 2000.** „Unsaturated trans fatty acids in some domestic margarines”. Natur. Sci. 7: 233–241.

- [41] **WAWRZYNIAK B. 2009.** „Fantazje kremowe”. Cukiernictwo i Piekarstwo 7–8: 38–39.
- [42] **ZIARNO M., D. ZAREBA. 2008.** „Masło i jego wykorzystanie w branży ciastkarsko-cukierniczej”. Przegląd Piekarski i Cukierniczy 5: 72–79.
- [43] **ZEGARSKA Z., Z. BOREJSZO, B. PASZCZYK. 2000.** „Unsaturated trans fatty acids in some domestic margarines”. Natur. Sci. 7: 233–241.

Dr inż. Krzysztof MIASTKOWSKI
Dr hab. inż. Sławomir OBIDZIŃSKI, prof PB
Department of Agri-Food Engineering and Environmental Management
Faculty of Civil Engineering and Environmental Sciences
Białystok University of Technology, Poland

OVERVIEW OF THE CONSTRUCTION DEVICES FOR HONEY DEHYDRATION®

Przegląd konstrukcji urządzeń przeznaczonych do odwadniania miodu®

The material was developed as a result of the team work No. WZ / WB-IIŚ / 3/2020

Key words: honey, dehydration, compaction devices.

The aim of the work presented in the article was to review the design solutions of devices used for honey dehydration. The conducted analysis included literature reports from patent databases, solutions described in scientific publications as well as commercial solutions. The final conclusion of the considerations points out that the topic of honey dewatering is a current problem, the solution of which has been worked on since the 1970s, and which solutions are nowadays refined, modified and implemented for industrial production.

Słowa kluczowe: miód, odwadnianie, urządzenia do zagęszczania.

Celem pracy zaprezentowanej w artykule był przegląd rozwiązań konstrukcyjnych urządzeń stosowanych do zagęszczania (odwadniania) miodu. Przeprowadzona analiza obejmowała zarówno doniesienia literaturowe z baz patentowych, rozwiązania opisane w publikacjach naukowych jak i rozwiązania komercyjne. Wniosek końcowy rozważań zwraca uwagę, iż temat odwadniania miodu jest aktualnym problemem, nad rozwiązaniem którego pracowano już od lat 70 XX wieku, a które to rozwiązania w dzisiejszych czasach są dopracowywane, modyfikowane i wdrażane do produkcji przemysłowej.

ADMISSION

Honey, as a natural product obtained by beekeepers in various climatic and nutrient conditions, is often characterized by a significant variability in its properties, especially in terms of water content. Often, in Polish climatic conditions, honey is obtained with a water content exceeding the required level of 20%. This problem occurs especially when obtaining honey during intensive fertility (rape, raspberry, acacia, buckwheat). Literature data indicate a large range in water content depending on the type of honey and the conditions of its acquisition. Studies by Piekut and Borawska [6] and Popek [7] carried out in 2001-2003 show that the average water content ranges from 15.5% for nectar and honeydew honeys to even 18.6% for linden honey and 19.6% for buckwheat. Studies of varietal honeys obtained from the Warmia and Mazury region, carried out on 584 samples, showed that in as many as 353 cases (60.5%) they do not meet the quality standards in terms of water content in honey [8]. In addition to the problem of too high water content in relation to the norms, it should also be noted that honeys with an increased water content are quickly fermented under the influence of osmophilic fungi of the genus *Saccharomyces* and *Zygosaccharomyces*, including *Torula*, *Torulopsis*, *Hansenula* and *Pichia* [1, 14]. Problems related to obtaining honey with too high water content and the fact that consumers seek varietal honeys that meet the

standards and are of high quality, make such honey producers subject their products to thickening processes. Information on this subject appears in literature reports both in Europe, North America and Asia. At present, the simpler way of dehydrating the honey is to leave the combs in the stream of heated air [9]. However, this process is ineffective, therefore, new methods and constructions of devices for honey dewatering are sought, allowing on the one hand to obtain a product that meets quality standards, and on the other, so effective that they do not significantly increase production costs. Information on patented structures can be found in the literature since the 1970s [10, 11, 12, 13]. Already then, this problem was noticed and the designers were looking for appropriate constructions for honey thickening devices. The following part of the article presents a literature analysis of design solutions for honey thickening / dewatering devices.

ANALYSIS OF THE STRUCTURE OF DEVICES FOR HONEY DEHYDRATION

Design solutions of honey concentrating devices are in most cases based on the design solutions of devices for thickening products with high sugar concentration, such as molasses and sugar syrups, which have been widely used for years [10, 11]. In devices of this type, however, an obstacle

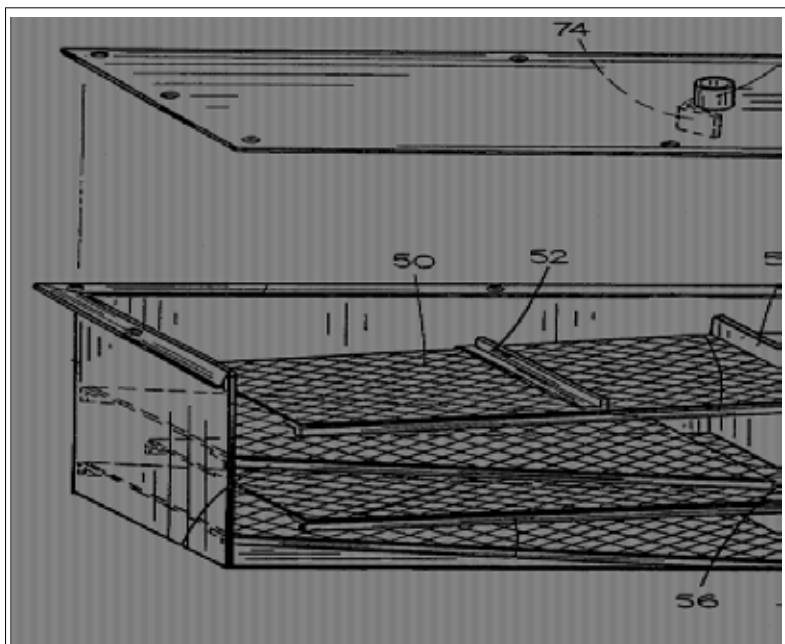


Fig. 1. Apparatus for drying honey [13].

Rys. 1. Aparat do odwadniania miodu [13].

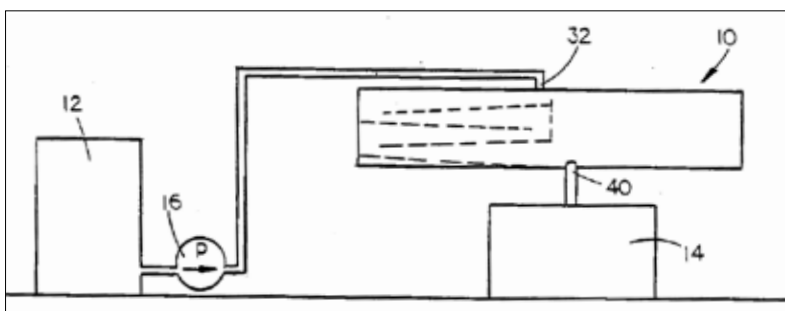


Fig. 2. Block diagram of the honey thickening device according to US patent 4763572 [13].

Rys. 2. Schemat blokowy urządzenia do zagęszczania miodu wg patentu USA 4763572 [13].



Fig. 3. Honey concentrator operating at French Bee Farm [16].

Rys. 3. Urządzenie do zagęszczania miodu pracujące w firmie French Bee Farm [16].

is the thermolability of honey, which limits the possibility of using high temperatures, close to the boiling point of water. Therefore, the constructions of honey concentrating devices are based mainly on solutions that use the flow of heated air over a thin layer of honey. An example of such a solution is the construction of the device according to US patent No. 4763572 [13]. The device is shown in Fig. 1. This device consists of a compacting chamber 18, inside which there is a set of shelves 50 arranged at an angle allowing the gravitational flow of honey with a layer of appropriate thickness. The honey is delivered by the pump to the upper part of the chamber through the connector 32 (Fig. 1). The bar 52 determines the thickness of the flowing honey layer. The strip 54 prevents the honey from overflowing into the air drying system 64.

The principle of operation of this device is based on the flow of honey in a thin layer over the shelves 50 countercurrently to the heated air supplied by the fan 62. The air circulates through the device in a closed circuit. After contact with the honey, it is directed to the condenser 60, where, at a reduced temperature, water condenses therefrom, which is then removed from the device through a pipe 66. The dried air is heated with a heater 58 and directed back to the drying chamber. The dehydrated honey flows out of the device 40. In the above solution, the honey is taken from the storage tank 12 (Fig. 2) by means of a pump 16 and goes through the stub pipe 32 to the compacting device 10. After compacting, it is transported through a pipe 40 to the tank 14.

The solution described in USP 4763572 was implemented in the French Bee Farm honey packaging company (Fig. 3) [16].

In the case of the above implementation, the dehydration device cooperates with a honey tank with a capacity of 2000 liters, in which there is a heating system that maintains a constant temperature of honey at 32 ° C (Fig. 3). The air in the dewatering zone (in contact with the honey) has a temperature of about 45 ° C. This system works in a closed circuit, which allows multiple honey flow to the drying device until the appropriate water content in the honey is obtained.

Similar to the solution presented above was presented in US Patent No. 4472450 [12]. In this case, the device has an increased mass exchange surface through a special construction of the compaction chamber, which enables the process to be carried out in a continuous or cyclical manner. This device is made in the form of a cylindrical chamber 24 with an axially placed shaft 27 on which are mounted parallel circular metal plates 29 separated by sleeves 57 (Fig. 4, Fig. 5). The sleeve 57 makes it possible to adjust the distance between the plates and hence the number of plates, which constitute the water mass exchange surface

between the honey supplied to the device via the line 21 and the air heated by air flowing through the chamber between the connectors AI and AO. The honey fills from 5% to 45% of the volume of the drainage chamber 24, while the device is in operation, the shaft with the plates rotates, thanks to which the honey is intensively mixed and, due to its viscosity, the honey is distributed in an even, thin layer on the plates. A drying air stream flows between the plates, which is fed by the fan through the AI connector and has a temperature from 45 °C to even 75 °C. After flowing through the drainage chamber, the air is directed outside the device through the AO connector.

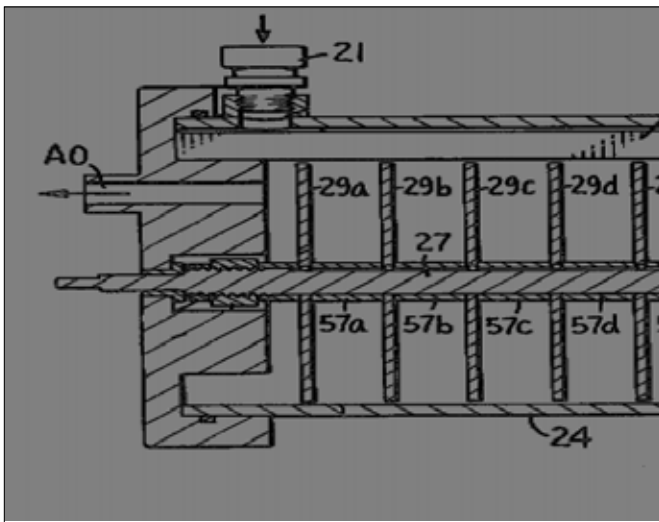


Fig. 4. Device for the concentration of honey [12].
Rys. 4. Urządzenie do zagęszczania miodu [12].

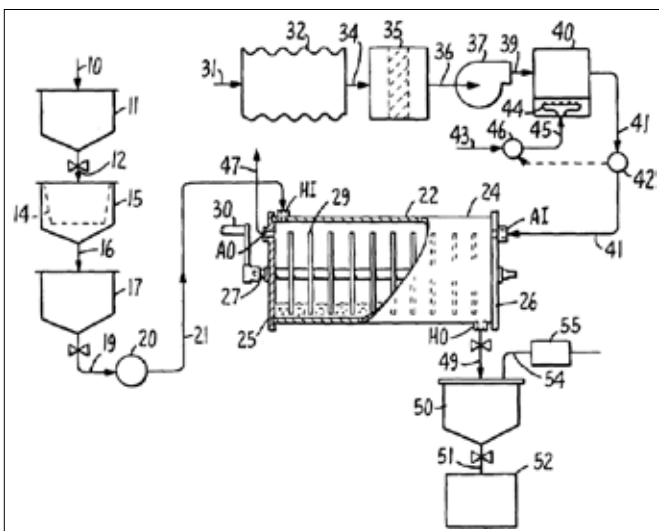


Fig. 5. Block diagram of the honey thickening device according to US Patent No. 4472450 [12].
Rys. 5. Schemat blokowy urządzenia do zagęszczania miodu według patentu USA nr 4472450 [12].

The drying air flows through the system in an open circuit (Fig. 5). It is sucked in by the fan 37, then it flows through the solar preheater 32, filter 35 and directed to the heater, where it reaches a temperature of 40 to 75° C, from where it is then forced into the drying chamber of the dryer through the connection AI. After flowing through the working chamber 24, the air escapes through the pipe 47 to the atmosphere.

Honey to be concentrated is supplied to the tank 11, then it flows through the filter 14 in the tank 15 and goes to the buffer tank 17 from where it is pumped by the pump 20 to the drainage chamber 22 via the connection HI. After compacting in the chamber 22 with the H0 spout and goes to the buffer tank 50, from where it can be directed directly to the packaging 45-55 or to the storage tank 52. The above-described patent solution has different designs of the drainage chamber (Fig. 6, Fig. 7) The drainage chamber 24 can be additionally equipped with vertical partitions 71 (Fig. 6) ensuring longer stay of honey in the drainage zone. The working element of the chamber may also be a horizontal screw 72 transporting the honey from the inlet port HI to the outlet port HO (Fig. 7).

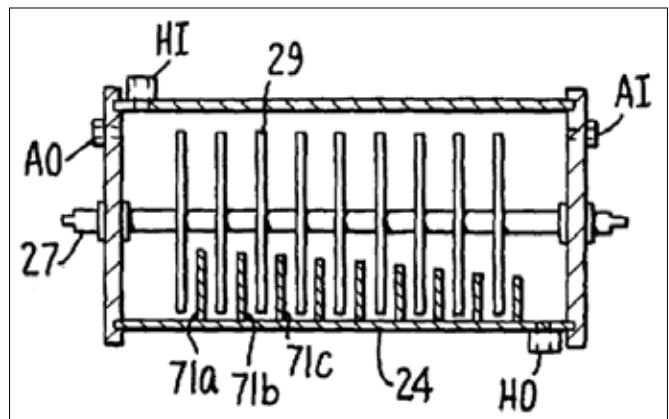


Fig. 6. Construction of the drying chamber according to US patent No. 4472450 with additional baffles [12].
Rys. 6. Konstrukcja komory odwadniania wg patentu USA nr 4472450 z dodatkowymi przegrodami [12].

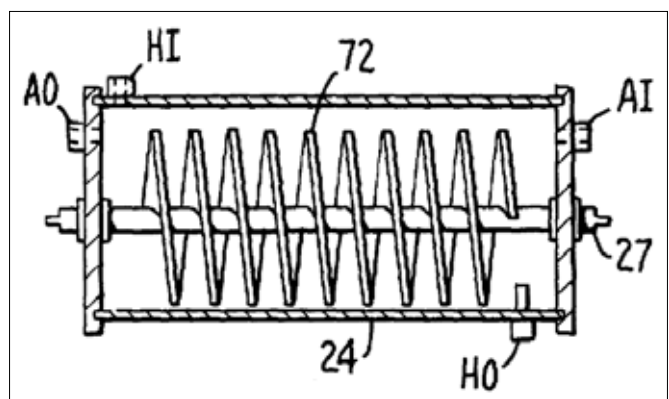


Fig. 7. Construction of the drying chamber according to US patent No. 4472450 with a working element in the form of a horizontal screw [12].
Rys. 7. Konstrukcja komory odwadniania wg patentu USA nr 4472450 z elementem roboczym w postaci ślimaka poziomego [12].

The design solution constituting the essence of the USP 4472450 patent was used in the design solution of the device offered by the Polish company Łysoń [15]. The principle of operation of this device is analogous to that described in the above patent, but the device operates cyclically (Fig. 8).



Fig. 8. Lysoń honey dehydrating device [15].
Rys. 8. Urządzenie do odwadniania miodu firmy Lysoń [15].



Fig. 9. Construction of the TurboHive-A device by Honema [17].
Rys. 9. Konstrukcja urządzenia TurboHive-A firmy Honema [17].

Solutions from US Patent 4472450 were also implemented by the beekeeping equipment manufacturer Honema under the trade name HONEMA TurboHive-A (Fig. 9). In this solution, the method of supplying air to the drainage chamber was

modified. In the structure shown in Fig. 8, the heated working air is directed directly to the surface of individual discs with a thin layer of honey using a horizontal pipe with appropriate incisions. This solution allows to optimize the air stream distribution inside the drainage chamber and to eliminate the risk of the formation of dead zones reducing the intensity of drainage [17].

Honema also offers a similar to the above-described device called HONEMA TurboHive-V (Fig. 10), operating under reduced pressure. The use of reduced pressure in the working chamber allows the intensification of the process of water mass exchange between the heated working air and the honey. In this device, as in the TurboHive-A device, air with low relative humidity flowing through the working chamber receives excess water from the honey, and the process is carried out at reduced pressure in the working chamber [17].



Fig. 10. Design of the TurboHive-V by Honema [17].
Rys. 10. Konstrukcja urządzenia TurboHive-V firmy Honema [17].



Fig. 11. Construction of the Honema HDM device [17].
Rys. 11. Konstrukcja urządzenia HDM firmy Honema [17].

In another solution offered by Honema, the mass exchange surface is designed as a horizontal spiral agitator (Fig. 11). The use of such a construction of the agitator allowed to reduce the dimensions of the device while maintaining a large working surface of the agitator compared to the model TurboHive-A. This device works similarly to the TurboHive-A at atmospheric pressure and the drying air heated by an electric heater flows in an open circuit, removing excess water from the honey [17].

Another design solution of the honey concentrator is described in the French patent FR2645042 [4]. The described structure (Fig. 12) consists of 3 parallel shafts 5 with vertically placed round steel plates 6. The plates 6 play the role of agitators and the honey flow surface and mass exchange during drying. Honey is delivered through the connector 3 and received through the connector 2. The dewatering process is carried out cyclically with the drying air closed circuit. The working air is heated and dehumidified from the excess moisture with the flow forced by the compressor system, where first, at a reduced temperature, water is condensed from the air on the evaporator 10, and then the air is heated by the heater 11.

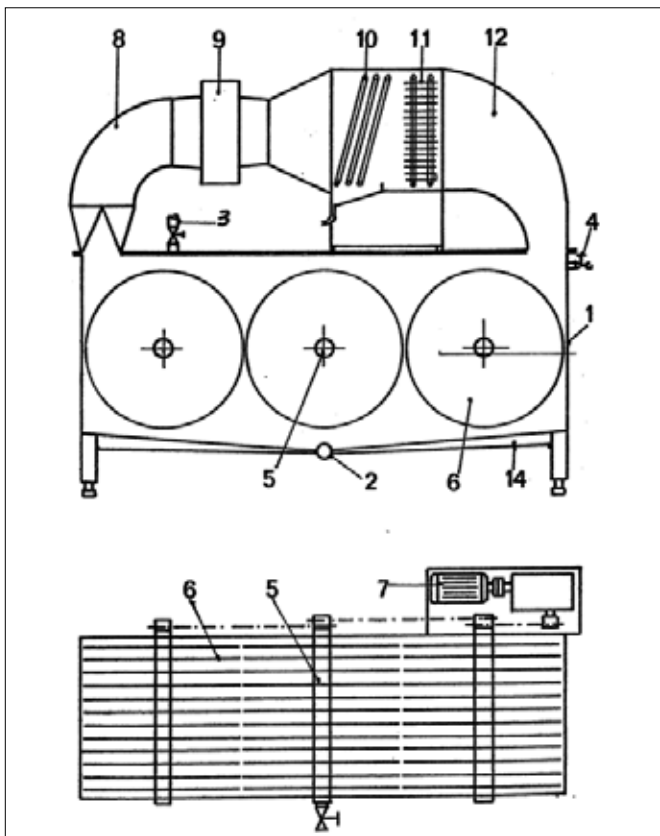


Fig. 12. Diagram of the device according to the patent FR2645042 [4].

Rys. 12. Schemat urządzenia według patentu FR2645042 [4].

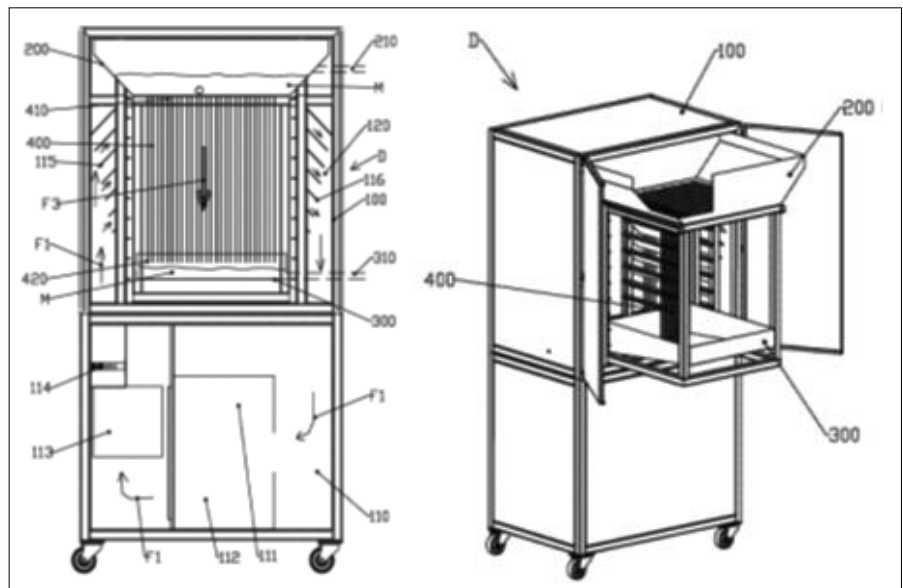


Fig. 13. Diagram of the device structure according to the patent FR No. 051499 [5].

Rys. 13. Schemat konstrukcji urządzenia wg patentu FR nr 051499 [5].

Patent FR No. 051499 [5] describes a device using a different design of the drainage chamber 100 in the form of a large number of vertical bars 400 on which honey flows through a thin layer by gravity during the drainage process (Fig. 13). The working chamber 100 is placed between the two upper tanks with the honey for drainage 200 and the lower 300, into which the dried honey flows. There are holes of adjustable size in the bottom of the upper tank 200, from each opening a steel rod 400 is lowered vertically downwards, over which honey flows in a thin layer. The stream of heated air with low relative humidity flows crosswise into the honey, evenly distributed over the entire height of the drainage chamber 100 by means of a fan system 115. The working air dewatering system in the above patent solution is analogous to the structure from the FR Patent 2645042. Moist air at the outlet 116 from the drainage chamber is directed to the condenser 111 of the compressor device and then the heater 113 and again goes to the drainage chamber 100.

Testing of an analogous device based on the solution described in FR Patent No. 051499 was carried out by Gill et al. [2]. This device was additionally equipped with a lower tank placed in a thermostatic water jacket, and the system operated in a closed circuit for the flow of honey in a cyclical manner (Fig. 14).

Liquid honey was transported to the upper tank by a circulating pump. The honey was dried with the use of heated atmospheric air in an open circuit. The air is forced into the dehydration chamber by a blower through the mesh, which breaks the main stream into parallel air streams, evenly distributed in the de-watering chamber.

All the structures presented above are stationary solutions for dehydration of honey in liquid form and for cooperation with external honey tanks. A mobile solution intended for installation on standard honey barrels is presented in Polish patent no. PL 218759 fig. 15 [3]. It consists of three main elements of the drainage chamber 2, the screw conveyor 4 with the drive 5 and the working air drying system. The device uses

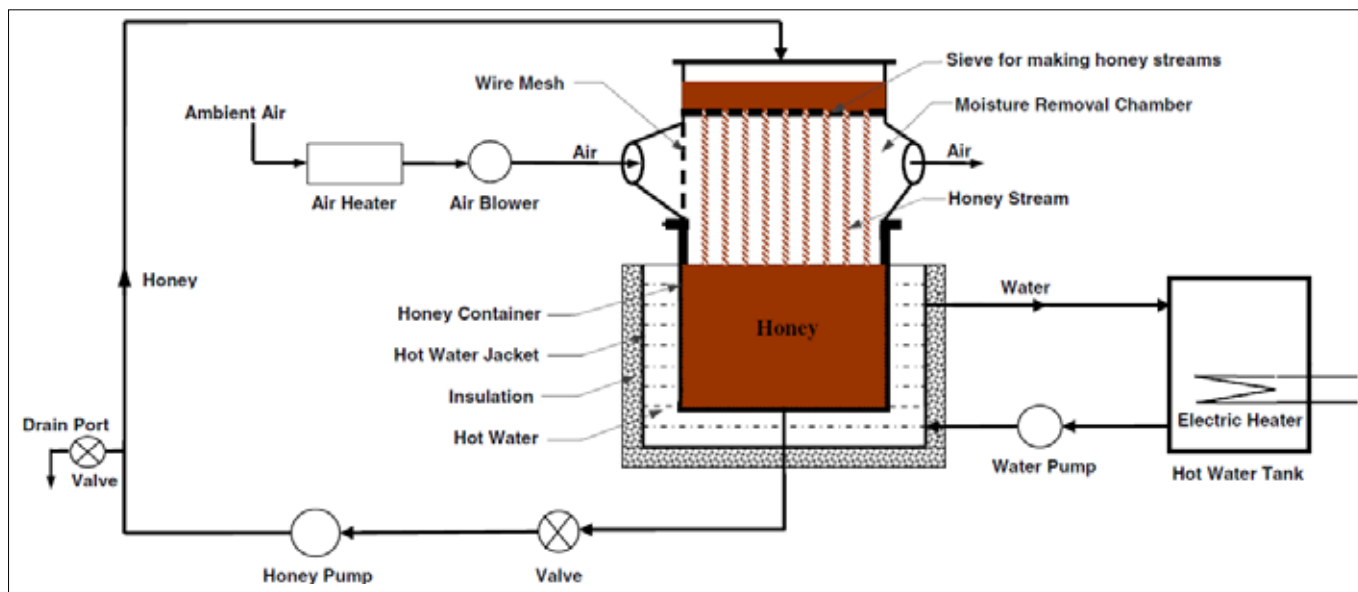


Fig. 14. Diagram of the structure of the honey concentrator [2].

Rys. 14. Schemat konstrukcji urządzenia do zagęszczania miodu [2].

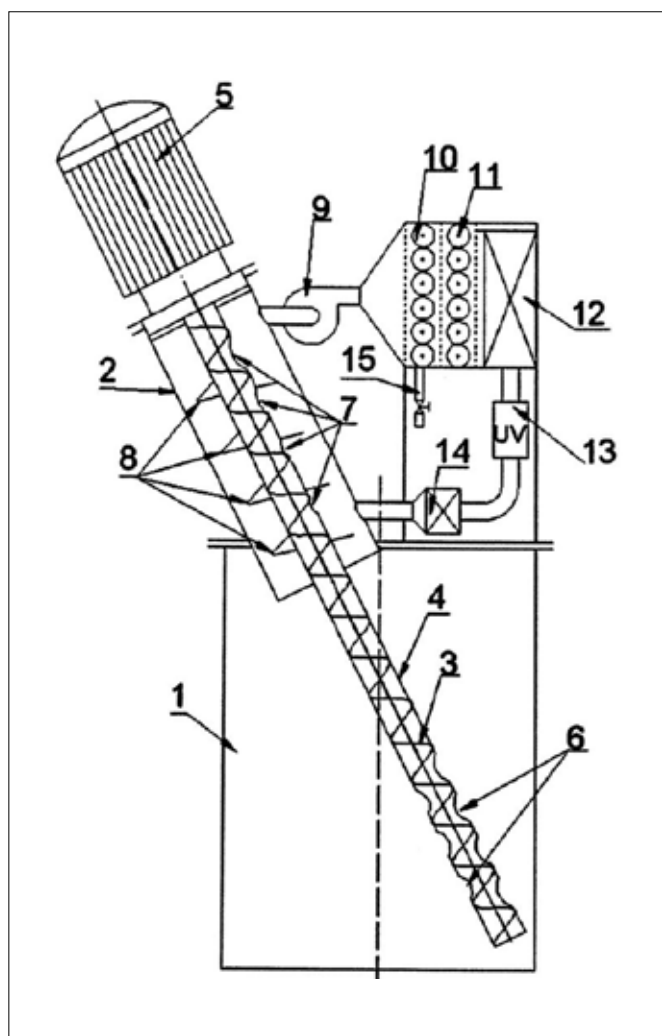


Fig. 15. Device for dehydration of honey in a liquid and semi-liquid state acc. To patent PL 218759 [3].

Rys. 15. Urządzenie do dehydratacji miodu w stanie płynnym i półpłynnym wg. patentu PL 218759 [3].

a screw system transporting honey from the barrel 1 to the drainage chamber 2 to enable the dewatering of honey both in liquid and semi-liquid form. The honey is taken through the holes 6 in the conveyor tube 4 and lifted with the screw 3 up to the drying chamber 2. In the drainage chamber 2 it flows out through the holes 7 and flows by gravity down the spiral plates 8 down the chamber. The heated operating air flows in a closed circuit against the flowing honey. The air circulation is forced by a fan 9. After flowing through the dehydrating chamber, the working air is directed to the evaporator 10 of the compressor device. The excess moisture in the air condenses at the dew point. The air is then preheated on the condenser 11 of the compressor device and finally reheated to the required process temperature on the heater 12. After sterilization with UV lamps, it again goes to the drainage chamber.

SUMMARY

The design solutions of honey thickening devices presented in the above analysis focus on dewatering honey in liquid form using heated air with a reduced water content as a drying agent. They are mostly stationary devices equipped with chambers into which honey should be pumped. These devices usually operate in a cyclic system, after each cycle the processed raw material should be drained and the device refilled.

The presented analysis shows that the topic of honey dewatering is a current problem, the solution of which has been worked on since the 1970s, and which solutions are nowadays refined, modified and implemented for industrial production. Along with the growing expectations of honey recipients, new methods and constructions of devices for honey dewatering are constantly searched for, allowing on the one hand to obtain a product that meets quality standards, and on the other, so effective that they do not significantly increase production costs.

PODSUMOWANIE

Zaprezentowane w powyższej analizie rozwiązania konstrukcyjne urządzeń do zagęszczania miodu skupiają się na odwadnianiu miodu w postaci płynnej przy wykorzystaniu podgrzanego powietrza o obniżonej zawartości wody, jako czynnika osuszającego. Są to w większości urządzenia stacjonarne wyposażone w komory do których miód należy przetłoczyć. Urządzenia te zwykle pracują w układzie cyklicznym, po każdym cyklu obrabiany surowiec powinien być spuszczone a urządzenie ponownie napełnione.

Przedstawiona analiza pokazuje, iż temat odwadniania miodu jest aktualnym problemem nad rozwiązaniem którego pracowano już od lat 70 XX wieku, a które to rozwiązania w dzisiejszych czasach są dopracowywane, modyfikowane i wdrażane do produkcji przemysłowej. Wraz z rosnącymi oczekiwaniami odbiorców miodu poszukuje się ciągle nowych metod i konstrukcji urządzeń do odwadniania miodu pozwalających z jednej strony na uzyskanie produktu spełniającego normy jakościowe a z drugiej na tyle efektywnych, że nie podrażają w sposób znaczący kosztów produkcji.

REFERENCES

- [1] **FRAZIER W. C., D. C. WESTHDORFF. 1978.** Food microbiology. Mc Graw-Hil Book Comp., New York: 185–193.
- [2] **GILL R. S., V. S. HANS, S. SINGH, P.P. SINGH, S.S. DHALI WAL. 2015.** „A small scale honey dehydrator”. J Food Sci Technol 52(10): 6695–6702.
- [3] **MIASTKOWSKI K., S. BAKIER. Patent PL 218759. 2015.** Urządzenie do zagęszczania miodu w stanie płynnym i półpłynnym.
- [4] **Patent FR2645042. 1989:** Concentrateur en couches minces dans gaz neurte ur air deshydratate pour produits visqueux et sensible.
- [5] **Patent PCT/FR2010/051499. 2010:** Device for dehumidifying food products such as honey.
- [6] **PIEKUT J., M. H. BORAWSKA 2007.** „Ocena miodów laboratoryjna i przez konsumentów”. Pszczelarstwo nr 1: 7–8.
- [7] **POPEK S. 2003.** „Identyfication of honey types”. Nahrung/Food 47: 39–40.
- [8] **SIUDA M., J. WILDE M. KOMOROWSKA-CHMIELEWSKA. 2003.** Jakość miodów oferowanych przez pszczelarzy województwa warmińsko-mazurskiego. Materiały z XL Naukowej Konferencji Pszczelarskiej. Puławy: 120–121.
- [9] **STANFORD M. T. 2011.** Moisture in honey. Dokument elektroniczny ENY 130 <http://edis.ifas.ufl.edu>.
- [10] **United States Patent 3483032. 1969.** Method of drying sugar-containing materials.
- [11] **United States Patent 3718484. 1970.** Solidified product from high fructose corn syrup and process for the preparation thereof.
- [12] **United States Patent 4472450. 1984.** Removing water from honey at ambient pressure.
- [13] **United States Patent 4763572. 1988.** Apparatus for removing moisture from honey.
- [14] **WOJTACKI M. 1989.** „Fermentacja miodu”. Pszczelnictwo nr 4: 17–18;
- [15] **www 1: <https://lyson.com.pl/miod-i-jego-obrobka/2598-urządzenie-do-kremowania-i-osuszania-miodu-150kg-ok-110l-2059766047970.html>**

REFERENCES

- [1] **FRAZIER W. C., D. C. WESTHDORFF. 1978.** Food microbiology. Mc Graw-Hil Book Comp., New York: 185–193.
- [2] **GILL R. S., V. S. HANS, S. SINGH, P.P. SINGH, S.S. DHALI WAL. 2015.** “A small scale honey dehydrator”. J Food Sci Technol 52(10): 6695–6702.
- [3] **MIASTKOWSKI K., S. BAKIER. Patent PL 218759. 2015.** Urządzenie do zagęszczania miodu w stanie płynnym i polpłynnym.
- [4] **Patent FR2645042. 1989:** Concentrateur en couches minces dans gaz neurte ur air deshydratate pour produits visqueux et sensible.
- [5] **Patent PCT/FR2010/051499. 2010:** Device for dehumidifying food products such as honey.
- [6] **PIEKUT J., M. H. BORAWSKA 2007.** „Ocena miodów laboratoryjna i przez konsumentów”. Pszczelarstwo nr 1: 7–8.
- [7] **POPEK S. 2003.** “Identyfication of honey types”. Nahrung/Food 47: 39–40.
- [8] **SIUDA M., J. WILDE M. KOMOROWSKA-CHMIELEWSKA. 2003.** Jakosc miodow oferowanych przez pszczelarzy województwa warmińsko-mazurskiego. Materiały z XL Naukowej Konferencji Pszczelarskiej. Puławy: 120–121.
- [9] **STANFORD M. T. 2011.** Moisture in honey. Dokument elektroniczny ENY 130 <http://edis.ifas.ufl.edu>.
- [10] **United States Patent 3483032. 1969.** Method of drying sugar-containing materials.
- [11] **United States Patent 3718484. 1970.** Solidified product from high fructose corn syrup and process for the preparation thereof.
- [12] **United States Patent 4472450. 1984.** Removing water from honey at ambient pressure.
- [13] **United States Patent 4763572. 1988.** Apparatus for removing moisture from honey.
- [14] **WOJTACKI M. 1989.** „Fermentacja miodu”. Pszczelnictwo nr 4: 17–18;
- [15] **www 1: <https://lyson.com.pl/miod-i-jego-obrobka/2598-urządzenie-do-kremowania-i-osuszania-miodu-150kg-ok-110l-2059766047970.html>**

[16] www 2: www.frenchbeefarm.com/drying_down_honey.html

[17] www 3: www.honeyequipment.com/honey-drying-equipment/atmospheric-condensate-honey-dryer.html

[16] www 2: www.frenchbeefarm.com/drying_down_honey.html

[17] www 3: www.honeyequipment.com/honey-drying-equipment/atmospheric-condensate-honey-dryer.html

Dr n. wet. inż. Magdalena POLAK-ŚLIWIŃSKA
Chair of Commodity Science and Food Analysis, Department of Food Science
University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland
Katedra Towaroznawstwa i Badań Żywności, Wydział Nauki o Żywności
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Polska

THE ROLE OF GLYPHOSATE AND ITS EFFECTS ON HUMAN HEALTH AND LIFE®

Rola glifosatu i jego wpływ na zdrowie oraz życie człowieka®

Key words: glyphosate, toxicity, public health, food safety.

*It is estimated that agricultural losses due to competition of crops mainly for water and nutrients with weeds can be as high as 50%. For this reason, herbicides are commonly used to control weeds. One of these, considered to be the most widely used, is Roundup, whose main active ingredient is glyphosate. Glyphosate is a systemic, wide-spectrum herbicide. The use of glyphosate has increased and is now the most widely used herbicide in the world. The increased use of glyphosate has also led to increased concerns about its possible toxicity and human health consequences. However, there is currently no consensus among the scientific community and the safety and health consequences of glyphosate are controversial. As glyphosate is mainly used in fields and can persist in the soil for several months, concerns have been raised about the impact that its presence in food may cause in humans. **This work, aims to review the use, toxicity and occurrence and methods of detection of glyphosate in various food matrices, which in some cases is present in amounts exceeding acceptable standards.***

Słowa kluczowe: glifosat, toksyczność, zdrowie publiczne, bezpieczeństwo żywności.

*Oszacowuje się, że straty rolnicze wynikające ze współzawodnictwa roślin uprawnych głównie o wodę i składniki pokarmowe z chwastami mogą stanowić aż 50%. Z tego względu powszechnie do ograniczania zachwaszczenia wykorzystuje się herbicydy. Jednym z nich, uznawany za najczęściej stosowany jest Roundup, którego główną substancją czynną jest glifosat. Glifosat jest herbicydem systemicznym, o szerokim spektrum działania. Stosowanie glifosatu wzrosło i obecnie jest on najczęściej stosowanym herbicydem na świecie. Wzrost zużycia glifosatu spowodował również wzrost obaw o jego możliwą toksyczność i konsekwencje dla zdrowia ludzi. W chwili obecnej nie ma konsensusu wśród społeczności naukowej, a bezpieczeństwo i konsekwencje zdrowotne glifosatu są kontrowersyjne. Ponieważ glifosat jest stosowany głównie na polach i może utrzymywać się w glebie przez kilka miesięcy, pojawiły się obawy o wpływ, jaki jego obecność w żywności może wywołać u ludzi. **Niniejszy artykuł ma na celu dokonanie przeglądu stosowania, toksyczności i występowania oraz metod wykrywania glifosatu w różnych matrycach żywnościowych, który w niektórych przypadkach występuje w ilościach przekraczających dopuszczalne normy.***

INTRODUCTION

Glyphosate is an organophosphate herbicide [11]. The herbicidal nature of glyphosate was discovered in 1970 by John Franz, a chemist at Monsanto® company (USA), who produced the first glyphosate-based herbicide (GBH), Roundup®, a few years later [14]. Today, there are hundreds of GBHs commercialised worldwide under various brand names in more than 100 countries [42, 53]. Currently, glyphosate is the most widely used herbicide in the world [2]. This herbicidal substance belongs to the group of glycine-derived compounds (aminophosphonates). From a chemical point of view, it blocks the proper functioning of the plant enzyme (EPSP) in the shikimic acid pathway and the biosynthesis of amino acids (phenylalanine, tryptophan and tyrosine), which are essential for protein building. It exhibits hydrophilic properties (easily

soluble in water) [4, 26, 33, 52]. Glyphosate-based herbicides penetrate through the leaves and other above-ground parts of plants. The time at which symptoms are visible on plants after application is variable and depends mainly on the species to be controlled, the development stage, the dose applied and the weather conditions [4]. The presence of glyphosate on plants reveals stunted growth and chlorosis starting from their youngest parts. The whole plant generally dies 2–3 weeks after application of the chemical. Currently, over 80 herbicides containing glyphosate have been registered in Poland, and new ones are still being registered [4]. One of the examples worth mentioning is Halvetic, a new herbicide offered by CIECH Sarzyna [4]. According to the manufacturer's assurance, the patented formula ensures high effectiveness of weed control at a reduced dose of glyphosate, which fits in well with European

environmental protection initiatives [4, 26, 33, 52]. The Bayer concern, which took over Monsanto a few years ago, has also announced research aimed at indicating the safest way of using glyphosate and probably subsequent herbicides based on this substance [4, 26, 33, 52]. The rapid increase in the use of glyphosate over the years has also raised concerns about its possible toxicity and possible consequences for human health [9]. Consequently, concerns about the potential impact of this herbicide and its metabolites on the environment and humans have increased in the scientific community. Therefore, the distribution of glyphosate formulations is strictly regulated and there are maximum residue limits (MRLs) for glyphosate in food [42]. The aim of this review is to assess the sources and occurrence of glyphosate in different food matrices and its effects on the environment and human health.

CHEMICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF GLYPHOSATE

Glyphosate (M_w 169.1 g/mol) in terms of chemical structure is a zwitterion [13] with phosphonate, carboxylate and amine functions (Figure 1). The zwitterionic structure of glyphosate gives the ability to chelate trivalent and tetravalent metals [34, 51, 55]. The covalent bond between carbon and phosphorus atoms, which is characteristic of these organophosphorus compounds, gives glyphosate a number of specific chemical and physical properties, such as high solubility in water, compatibility with other chemicals and high adsorption [51]. Glyphosate is a highly polar molecule, which contributes to its high solubility in water and insolubility in organic solvents [53]. The particular chemical and physical properties of glyphosate, such as low volatility and high hydrophilicity, lack of chromophore or fluorine group, lack of absorption in the ultraviolet region, low ionization [40], require the use of complex analytical methodologies for the detection and quantification of this herbicide to achieve the required sensitivity and accuracy [9, 16, 25, 48, 54]. Glyphosate is a widely-used foliage-applied herbicide. Glyphosate forms the aminomethylphosphonic acid (AMPA) when metabolized in soil or water [25, 48].

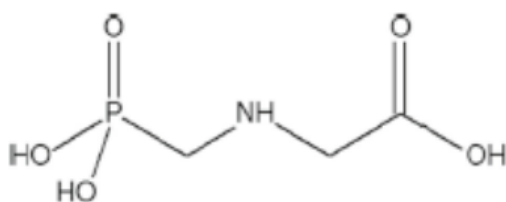


Fig 1. Glyphosate chemical structure.

Rys. 1. Chemiczna struktura glifosatu.

Source: Own elaboration based on source Soares et al. [42]

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Soares i in. [42]

Glyphosate in salt form is more soluble than in acid form, hence GBHs consist of glyphosate in its salt form (isopropylamine, ammonium, sodium, potassium and trimethylsulfone). Of all these glyphosate salts, isopropylamine is the most commonly used in agriculture [51]. Components of GBH (besides glyphosate) are polar surfactants such as polyoxyethyleneamide (POEA), sulphuric

acid and phosphoric acid [1, 49]. They enhance the herbicidal effect of glyphosate by increasing its water solubility and also promote its penetration and absorption in the plant [14, 55].

THE USE OF GLYPHOSATE

Herbicides containing glyphosate are classified as total herbicides, destroying mono- and dicotyledonous plants with some exceptions such as field horsetail [4]. They have a systemic effect, which means that the active substances, after penetrating plant tissues, move within them and also reach non-sprayed parts, including underground organs, which are also destroyed. They are used in the destruction of all kinds of unwanted vegetation in agricultural fields and other areas not used for agricultural purposes. Used responsibly, in accordance with the label, it allows farmers to obtain higher yields by minimising weed infestation [4, 26, 33, 52]. This, in turn, can also contribute to reducing the expenses incurred in protecting plants from diseases and pests, which are often spread to crops from weeds. In addition, it has a desiccating effect on plants, which is why it is also used for pre-harvest desiccation of rape and cereals in order to make them mature faster [4, 26, 33, 52]. The versatility of glyphosate has meant that its popularity has steadily increased since it was synthesised and patented by the US agrobiotechnology company Monsanto Company in the 1970s. This fact was exacerbated by the fact that this corporation also patented agricultural plant varieties resistant to Roundup, the so-called Roundup Ready® varieties. As reported by Soares et al. [42] with regard to glyphosate consumption in the EU, there is limited information available. Europe Direct (EDCC) and the European Statistical Office (EUROSTAT) were requested electronically for data on glyphosate consumption in the EU, but were informed that they did not have this data. The last available data from the EU, which dates back to 2003 [32]. It appears that in that year glyphosate was the most widely used herbicide in the EU. However, the amount used was reported as confidential.

TOXICOKINETICS AND EFFECTS ON HUMAN HEALTH

In both plants and animals, glyphosate is poorly metabolised [57]. It is excreted mostly unchanged and only less than 1% is metabolised, by hydrolysis to form glyphosate's main metabolite, aminomethylphosphonic acid (AMPA) [8, 19]. The main route of elimination of glyphosate in rats is faeces; approximately 60-70% of the administered dose is eliminated by this route [53]. The remaining 20 to 30% is rapidly eliminated via the urinary route [19, 50]. Excretion via the bile and lungs is residual [19]. The half-life of glyphosate is estimated to be between 6 and 12 h. The vast majority of glyphosate and its metabolites are excreted after 48 h, and virtually all are eliminated from the body after 7 days [16, 19].

As reported in the literature, glyphosate, as the main, most popular active substance of currently used herbicides, is not inert for animal organisms and humans. The consumption of its residues in food has been shown to correlate with the occurrence of, among others, hypertension, stroke, kidney failure, Alzheimer's disease, diabetes and cancer (mainly

non-Hodgkin's lymphoma and breast cancer) [4]. It affects the reproductive capacity of organisms. Hormonal balance is also disturbed and the risk of foetal damage and birth defects increases. In this context, it is worth quoting the information on the use by women of intimate hygiene products made from cotton, in the cultivation of which glyphosate-based herbicides are used [4, 22]. Several studies have also shown that glyphosate and GBHs can cause oxidative stress and damage certain organs, particularly the liver, due to increased oxygen free radicals [22, 31, 42]. Assessment of the cytotoxicity of glyphosate and GBHs was made through a recent study on human cells. A study using human erythrocytes showed that GBHs caused morphological changes in these cells [28]. A meta-analysis published in 2019 showed an increased risk of non-Hodgkin lymphoma (NHL) in individuals heavily exposed to GBHs [56], while a review of epidemiological studies published in 2020 reveals an absence of association between glyphosate exposure and the occurrence of NHL [15]. Although several entities do not consider glyphosate to be toxic, several studies have nevertheless reported the effects of its toxicity, so until this issue is clarified, the precautionary principle is recommended [42]. The risk is compounded by information on the harmful effects of substances associated with glyphosate, such as surfactants (substances which facilitate penetration of the active substance into plant tissue) in herbicides and genetically modified varieties (GMOs). It is therefore important to remember that it is the herbicide itself which is far more toxic than the active substance – glyphosate – contained in it [4, 26, 33, 36, 52].

Due to increased concerns about glyphosate's toxicity, the European Food Safety Authority (EFSA) carried out in 2015 a review on the risk associated with the use of glyphosate, and the following toxicological endpoints were defined or reviewed based on laboratory studies in rabbits:

- Acceptable Daily Intake (ADI) of 0.5 mg/kg of body weight per day.
- Acute Reference Dose (ARfD) of 0.5 mg/kg of body weight per day.
- Acceptable Operator Exposure Level (AOEL) of 0.1 mg/kg body weight per day
- No Observable Adverse Effect Level (NOAEL) of 100 mg/kg body weight per day [16, 42].

LEGISLATION IN FOOD

Concerns about the possible toxicity of glyphosate and glyphosate-based formulations in recent decades have brought an increase in GBHs consumption [4, 26, 33, 52]. In 2016, the renewal of the marketing authorisation for GBHs was debated by the European Parliament (EP) and the resolution was rejected [47]. In 2017, the European Commission (EC) overturned the decision made earlier by the EP and decided to renew the approval for the sale of glyphosate in the European Union (EU) for a period of 5 years, until December 2022. However, due to growing concerns about the safety of POEA, a surfactant present in several GBHs, the EC banned the commercialisation of GBHs containing this ingredient in all its Member States [46]. The MRL corresponds to the maximum legal residue amount of a contaminant in food for human consumption. In the EU, the EC is responsible for

setting MRLs acceptable in foodstuffs, which range from 0.1 µg/L in water to 20 000 µg/kg in oat cereals [45]. In 2019, at the request of the EC, a review of glyphosate MRLs was conducted by EFSA, the highest food safety authority at European level [17]. However, although EFSA has already published this review, to date the MRLs for glyphosate have not been updated by the EC [44].

ANALYTICAL METHODOLOGIES

Due to the fact that pesticides are a large variety of substances, with many residues belonging to different classes, their analysis is a difficult task. It may require liquid chromatography or SFC tandem mass spectrometry (LCMS/MS or SFC-MS/MS) or gas chromatography tandem mass spectrometry (GC-MS/MS) [35]. These triple quadrupole mass spectrometers are most commonly used in pesticide testing due to their high acquisition speed in selected reaction monitoring (SRM), which allows simultaneous testing of hundreds of pesticides in a single run with high sensitivity, selectivity and wide linear range [35]. The physicochemical properties of glyphosate, namely low molecular weight, high polarity, high solubility in water, low ionisation, low volatility and lack of ultraviolet absorption, make it a compound difficult to detect by conventional analytical methods [13, 29, 40, 54]. On the other hand, the absence of a chromophore group in the structure of glyphosate makes its direct detection by photometer coupled chromatography difficult and derivatisation is necessary to increase the sensitivity of the method [51]. Therefore, many alternative analytical methods have been developed for the detection and quantification of glyphosate in food [5, 6, 7, 8, 9, 10, 23, 24, 30, 38, 39, 42, 48, 54]. The method recommended so far by the European Union Reference Laboratory for Pesticide Residues is the HPLC-MS/MS method, which has the highest sensitivity and selectivity for assessing glyphosate in food [10, 25]. However, there are other methodologies with good sensitivity, namely UHPLC-MS/MS or FASI-MEKS with LOQ values, which are about 30 and 100 times lower than the specified MRLs (Maximum Residue Levels), respectively [42]. Because of the risks, MRLs have been set in the European Community for any food or feed where pesticides are used correctly, in accordance with the principles of GAP (Good Agricultural Practice), in order to ensure the lowest possible consumer exposure. Commission Regulation (EC) No 396/2005 lists 320 specific commodities for which more than 152,000 MRLs have been established [36]. Maximum residue levels for pesticides are published by the EU Commission and regularly updated, such as Regulation (EU) 2019/90 of 18 January 2019 [12].

OCCURRENCE IN FOOD

Studies have been conducted in several countries to assess human exposure to glyphosate through the analysis of different food categories (Table 1).

Studies in Canada [48] detected the presence of glyphosate in almost all honey samples. A multinational study conducted by EFSA revealed that in 186 honey samples, 24 contained glyphosate, 8 of which were higher than legally permitted [17]. Baby food has also been analyzed in several studies (Table 1). Studies in Switzerland [57] and France [27] did

Table 1. Occurrence of glyphosate in different kind of food
Tabela 1. Występowanie glifosatu w różnych rodzajach żywności

Country/Product	Number of Samples	Detection Frequency (%)	Reference
Honey			
Canada	200	98.5	[48]
USA	85	28.2	[3]
Several European Countries	186	12.9	[18]
Baby food			
Switzerland	11	0	[57]
Italy	15	13.3	[39]
France	71	0	[27]
Animal products			
Switzerland -Milk	3	0	[57]
Switzerland -Egg	1	0	[57]
Switzerland -Meat and fish	13	23,1	[57]
Water			
Switzerland -Surface water	151	0	[20]
Switzerland -Groundwater	29	89.7	[37]
Several European Countries -Surface water	50 805	28.9	[21]
Several European Countries - Groundwater	36 298	1.3	[21]
Fruit and vegetables			
China - Vegetables	35	0	[7]
France - Vegetables	14	0	[27]
Italy - Vegetables	83	18.1	[39]
Switzerland - Fruit juice	11	100	[57]
France - Fruit	6	0	[27]
Portugal - Orange	11	0	[41]
Cereal and cereal products			
Several European Countries – Wheat	676	9.0	[18]
Several European Countries – Rye	534	3.4	[18]
Switzerland – Breakfast Cereals	10	80	[57]
Switzerland – Wheat	18	88.9	[57]

Source: [42]

Źródło: [42]

not detect the presence of glyphosate, while an Italian study detected the presence of glyphosate in 2 samples, but none had levels above the MRL of 10 µg/kg defined [17]. A study in Switzerland did not detect the presence of glyphosate in the surface water samples analyzed [20]. In a European study, thousands of surface water and groundwater samples from several countries were analyzed. Glyphosate residues were detected in about 30% of surface water samples. In 80% of these samples, the values were much higher than the MRL, including a sample that was 500 times higher than allowed. Only 1% of the groundwater samples contained glyphosate, of which more than half had values that exceeded the MRL [21].

Due to the use of glyphosate in agricultural fields, several studies have determined levels of glyphosate in various cereals as well as in cereal-based foods (Table 1). Several samples of major cereals grown in Europe were analysed in a multinational study conducted by EFSA in 2017. The results revealed that glyphosate residues were present in a small percentage of samples [18]. In a study conducted in Switzerland, the presence of glyphosate residues was detected in several samples, with approximately 90% of wheat samples and 80% of breakfast cereal samples containing glyphosate residues [43, 57]. In recent years, studies evaluating glyphosate levels in vegetables and fruits have been conducted in several

countries (Table 1). Studies from France [27] and China [7] did not detect the presence of glyphosate in several vegetables, while in Italy it was identified in 18.1% of samples.

In France, six samples were analyzed and no glyphosate residues were detected in any of the samples [27]. Another study, conducted in Switzerland, detected the presence of glyphosate in fruit samples [57]. In Portugal, in all the products of vegetable origin tested, no glyphosate residues were detected and the glyphosate MRL was not exceeded [41].

RISKS

Farmers cultivating genetically modified crops (with a gene that makes them resistant to Roundup or that breaks down glyphosate), especially in the form of large-scale maize and soya crops, are spraying this herbicide also during the growing season, leading to the creation of fields exclusively with arable crops [4]. It has emerged that, as a result of the continuous use of glyphosate over many years, weeds have also developed a tolerance to this substance over time. Their current forms have become more troublesome and more difficult to control with chemical means. Thus, weed control with herbicides in arable crops, including Roundup Ready® varieties, became even more difficult initially in the fields of US farmers. The abandonment of indigenous varieties and cultivation technology in favour of Roundup Ready® varieties and herbicides has contributed to the dependence of farmers on the corporation as a result of having to purchase seed and Roundup every year [4]. As a result, monoculture (continuous cultivation of the same varieties on the same site using glyphosate) leads to the depletion of plant and animal biodiversity, including soil microorganisms. Varieties that are well adapted to local conditions are being forgotten. Unfortunately, an attempt to return to traditional cultivation is associated with many difficulties resulting from, inter alia, rapid takeover of agricultural land not protected by herbicides by weeds which are difficult to control, including invasive ones [4].

CONCLUSION

It is observed that there has been an increase in the use of glyphosate in recent decades. At European level, there are only data on herbicide consumption in the EU and no information on the consumption of glyphosate itself. There is currently no scientific consensus on the toxicity of glyphosate and further

independent research is needed to assess the toxicity of glyphosate as an active substance. The European Commission is responsible for setting the MRLs allowed in food in Europe, and these limits are reviewed periodically. EFSA reviewed the MRLs for glyphosate in 2019 at the request of the EC, but they are not sufficiently respected [42]. If the EC does not accept EFSA's findings, the national control reports on pesticide residues from each Member State will not adequately identify samples that may pose a risk to public health. In addition, studies conducted to assess human exposure to glyphosate through food in several countries have indicated glyphosate residues in a large number of samples, sometimes at values above the legal limits, which may pose a risk to vulnerable populations such as children and the elderly. It is necessary to increase the number of studies as well as the number of samples analysed in each study to get an accurate picture of glyphosate residues in food.

PODSUMOWANIE

Obserwuje się, że w ostatnich dziesięcioleciach nastąpił wzrost stosowania glifosatu. Na poziomie europejskim istnieją jedynie dane dotyczące zużycia herbicydów w UE i nie ma informacji na temat zużycia samego glifosatu. Obecnie w środowisku naukowym nie ma jednomyślnego stanowiska, co do toksyczności glifosatu, dlatego potrzebne są dalsze niezależne badania w celu oceny toksyczności glifosatu jako substancji czynnej. Komisja Europejska jest odpowiedzialna za ustalanie NDP dozwolonych w żywności w Europie, a limity te są okresowo poddawane przeglądowi. EFSA przeprowadziła przegląd NDP dla glifosatu w 2019 r. na wniosek KE, które wydają się nie być jednak wystarczająco respektowane [42]. Jeśli KE nie przyjmie ustaleń EFSA, krajowe sprawozdania kontrolne dotyczące pozostałości pestycydów z każdego państwa członkowskiego nie będą odpowiednio identyfikować próbek, które mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia publicznego. Ponadto przeprowadzone badania w celu oceny narażenia ludzi na glifosat poprzez żywność w kilku krajach wskazały na pozostałości glifosatu w dużej liczbie próbek, czasami w wartościach przekraczających prawnie dozwolone limity, co może stanowić zagrożenie dla najbardziej narażonych populacji, takich jak dzieci i osoby starsze. Konieczne jest zwiększenie liczby badań, jak również liczby próbek analizowanych w każdym badaniu, aby uzyskać dokładny obraz pozostałości glifosatu w żywności.

REFERENCES

- [1] AGOSTINI L.P., R.S. DETTOGNI, R.S. DOS REIS, E. STUR, E.V.W. DOS SANTOS, D.P. VENTORIM, F.M. GARCIA, R.C. CARDOSO, J.B. GRACELI, I.D. LOURO. 2020. „Effects of glyphosate exposure on human health: Insights from epidemiological and in vitro studies”. *Sci. Total Environ.* 705: 135808.
- [2] BENBROOK C.M. 2016. „Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally”. *Environ. Sci. Eur.* 28: 1–15.

REFERENCES

- [1] AGOSTINI L.P., R.S. DETTOGNI, R.S. DOS REIS, E. STUR, E.V.W. DOS SANTOS, D.P. VENTORIM, F.M. GARCIA, R.C. CARDOSO, J.B. GRACELI, I.D. LOURO. 2020. „Effects of glyphosate exposure on human health: Insights from epidemiological and in vitro studies”. *Sci. Total Environ.* 705: 135808.
- [2] BENBROOK C.M. 2016. „Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally”. *Environ. Sci. Eur.* 28: 1–15.

- [3] **BERG C.J., H. PETER KING, G. DELENSTARR, R. KUMAR, F. RUBIO, T. GLAZE. 2018.** „Glyphosate residue concentrations in honey attributed through geospatial analysis to proximity of large-scale agriculture and transfer off-site by bees”. *PLoS ONE* 13: e0198876.
- [4] **BUCKI P. 2021.** „Rola glifosatu w nowoczesnej gospodarce rolnej i jego wpływ na środowisko oraz zdrowie i życie człowieka”. Available online: <https://modr.pl/integrowana-produkcja-roslin/strona/rola-glifosatu-w-nowoczesnej-gospodarce-rolnej-i-jego-wplyw-na> (accessed on 7 December 2021).
- [5] **CHAMKASEM N. 2017.** „Determination of Glyphosate, Maleic Hydrazide, Fosetyl Aluminum, and Ethephon in Grapes by Liquid Chromatography/Tandem Mass Spectrometry”. *J. Agric. Food Chem.* 65: 7535–7541.
- [6] **CHAMKASEM N., T. HARMON. 2016.** „Direct determination of glyphosate, glufosinate, and AMPA in soybean and corn by liquid chromatography/tandem mass spectrometry”. *Anal. Bioanal. Chem.* 408: 4995–5004.
- [7] **CHEN M.-X., Z.-Y. CAO, Y. JIANG, Z.-W. ZHU. 2013.** „Direct determination of glyphosate and its major metabolite, aminomethylphosphonic acid, in fruits and vegetables by mixed-mode hydrophilic interaction/weak anion-exchange liquid chromatography coupled with electrospray tandem mass spectrometry”. *J. Chromatogr. A* 1272: 90–99.
- [8] **CHIARELLO M., M.L. JIMÉNEZ-MEDINA, J. MARÍN SAÉZ, S. MOURA, A. GARRIDO FRENICH, R. ROMERO-GONZÁLEZ. 2019.** „Fast analysis of glufosinate, glyphosate and its main metabolite, aminomethylphosphonic acid, in edible oils, by liquid chromatography coupled with electrospray tandem mass spectrometry”. *Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess.* 36: 1376–1384.
- [9] **CHIESA L.M., M. NOBILE, S. PANSERI, F. ARIOLI. 2019.** „Detection of glyphosate and its metabolites in food of animal origin based on ion-chromatography-high resolution mass spectrometry (IC-HRMS)”. *Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess.* 36: 592–600.
- [10] **CIASCA B., I. PECORELLI, L. LEPORE, A. PAOLONI, L. CATUCCI, M. PASCALE, V.M.T. LATTANZIO. 2020.** „Rapid and reliable detection of glyphosate in pome fruits, berries, pulses and cereals by flow injection–Mass spectrometry”. *Food Chem.* 310: 125813.
- [11] **COMMISSION REGULATION (EU) 2017/269 OF 16 FEBRUARY 2017.** Official Journal of the European Union: Brussels, Belgium, L. 40/4.
- [12] **COMMISSION REGULATION (EU) 2019/89.** Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0090&from=EN> (accessed on 7 December 2021).
- [3] **BERG C.J., H. PETER KING, G. DELENSTARR, R. KUMAR, F. RUBIO, T. GLAZE. 2018.** „Glyphosate residue concentrations in honey attributed through geospatial analysis to proximity of large-scale agriculture and transfer off-site by bees”. *PLoS ONE* 13: e0198876.
- [4] **BUCKI P. 2021.** „Rola glifosatu w nowoczesnej gospodarce rolnej i jego wpływ na środowisko oraz zdrowie i życie człowieka”. Available online: <https://modr.pl/integrowana-produkcja-roslin/strona/rola-glifosatu-w-nowoczesnej-gospodarce-rolnej-i-jego-wplyw-na> (accessed on 7 December 2021).
- [5] **CHAMKASEM N. 2017.** „Determination of Glyphosate, Maleic Hydrazide, Fosetyl Aluminum, and Ethephon in Grapes by Liquid Chromatography/Tandem Mass Spectrometry”. *J. Agric. Food Chem.* 65: 7535–7541.
- [6] **CHAMKASEM N., T. HARMON. 2016.** „Direct determination of glyphosate, glufosinate, and AMPA in soybean and corn by liquid chromatography/tandem mass spectrometry”. *Anal. Bioanal. Chem.* 408: 4995–5004.
- [7] **CHEN M.-X., Z.-Y. CAO, Y. JIANG, Z.-W. ZHU. 2013.** „Direct determination of glyphosate and its major metabolite, aminomethylphosphonic acid, in fruits and vegetables by mixed-mode hydrophilic interaction/weak anion-exchange liquid chromatography coupled with electrospray tandem mass spectrometry”. *J. Chromatogr. A* 1272: 90–99.
- [8] **CHIARELLO M., M.L. JIMENEZ-MEDINA, J. MARIN SAEZ, S. MOURA, A. GARRIDO FRENICH, R. ROMERO-GONZALEZ. 2019.** „Fast analysis of glufosinate, glyphosate and its main metabolite, aminomethylphosphonic acid, in edible oils, by liquid chromatography coupled with electrospray tandem mass spectrometry”. *Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess.* 36: 1376–1384.
- [9] **CHIESA L.M., M. NOBILE, S. PANSERI, F. ARIOLI. 2019.** „Detection of glyphosate and its metabolites in food of animal origin based on ion-chromatography-high resolution mass spectrometry (IC-HRMS)”. *Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess.* 36: 592–600.
- [10] **CIASCA B., I. PECORELLI, L. LEPORE, A. PAOLONI, L. CATUCCI, M. PASCALE, V.M.T. LATTANZIO. 2020.** „Rapid and reliable detection of glyphosate in pome fruits, berries, pulses and cereals by flow injection–Mass spectrometry”. *Food Chem.* 310: 125813.
- [11] **COMMISSION REGULATION (EU) 2017/269 OF 16 FEBRUARY 2017.** Official Journal of the European Union: Brussels, Belgium, L. 40/4.
- [12] **COMMISSION REGULATION (EU) 2019/89.** Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0090&from=EN> (accessed on 7 December 2021).

- [13] **COMPOUND SUMMARY-GLYPHOSATE.** Available online: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Glyphosate> (accessed on 9 December 2021).
- [14] **DAVOREN M.J., R.H. SCHIESTL. 2018.** „Glyphosate-based herbicides and cancer risk: Apost-IARC decision review of potential mechanisms, policy and avenues of research”. *Carcinogenesis* 39: 1207–1215.
- [15] **DRAGANI T. 2020.** „Difficulties in establishing a causal link between chemical exposures and cancer cannot be overcome by court assessments”. *Hum. Exp. Toxicol.* 39: 1095–1107.
- [16] **EFSA. 2016.** Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance glyphosate. *EFSA J.* 13.
- [17] **EFSA. 2019.** Review of the Existing Maximum Residue Levels for Glyphosate According to Article 12 of Regulation (EC) No 396/2005 – Revised Version to Take into Account Omitted Data. *EFSA J.* 17: 5862.
- [18] **EFSA. 2019.** The 2017 European Union report on pesticide residues in food. *EFSA J.* 17: e05743.
- [19] **FAO/WHO. 2016.** „Pesticide Residues in Food 2016”; FAO/WHO: Rome, Italy.
- [20] **GAUCH R., U. LEUENBERGER, U. MÜLLER. 1989.** „Bestimmung des Herbicides Glyphosat und dessen Hauptmetabolit Aminomethylphosphonsäure (AMPA) in Trinkwasser mit Hilfe der HPLC”. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 188: 36–38.
- [21] **HORTH H., K. BLACKMORE.** Survey of Glyphosate and AMPA in Groundwaters and Surface Waters in Europe. Available online: <http://www.egeis.org/cd-info/WRC-report-UC8073-02-December-2009-Glyphosate-monitoring-in-water.pdf> (accessed on 7 December 2021).
- [22] **IARC GLYPHOSATE. 2015.** IARC Volume 112: „Some organophosphate insecticides and herbicides: tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon and glyphosate”. IARC Working Group. Lyon.
- [23] **JANSONS M., I. PUGAJEVA, V. BARTKEVIČS. 2018.** „Occurrence of glyphosate in beer from the Latvian market”. *Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess.* 35: 1767–1775.
- [24] **KARISE R., R. RAIMETS, V. BARTKEVICS, I. PUGAJEVA, P. PIHLIK, I. KERES, I.H. WILLIAMS, H. VIINALASS, M. MÄND. 2017.** „Are pesticide residues in honey related to oilseed rape treatments?” *Chemosphere* 188: 389–396.
- [25] **KAWAKAMI K. 2021.** „Analysis of Glufosinate, Glyphosate, and AMPA in Tap Water Using Triple Quadrupole LC/MS/MS”. Available online: https://www.shimadzu.com/an/sites/shimadzu.com.an/files/pim/pim_document_file/applications/application_note/14126/an_01-00106-en.pdf (accessed on 7 December 2021).
- [13] **COMPOUND SUMMARY-GLYPHOSATE.** Available online: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Glyphosate> (accessed on 9 December 2021).
- [14] **DAVOREN M.J., R.H. SCHIESTL. 2018.** „Glyphosate-based herbicides and cancer risk: Apost-IARC decision review of potential mechanisms, policy and avenues of research”. *Carcinogenesis* 39: 1207–1215.
- [15] **DRAGANI T. 2020.** „Difficulties in establishing a causal link between chemical exposures and cancer cannot be overcome by court assessments”. *Hum. Exp. Toxicol.* 39: 1095–1107.
- [16] **EFSA. 2016.** Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance glyphosate. *EFSA J.* 13.
- [17] **EFSA. 2019.** Review of the Existing Maximum Residue Levels for Glyphosate According to Article 12 of Regulation (EC) No 396/2005 – Revised Version to Take into Account Omitted Data. *EFSA J.* 17: 5862.
- [18] **EFSA. 2019.** The 2017 European Union report on pesticide residues in food. *EFSA J.* 17: e05743.
- [19] **FAO/WHO. 2016.** „Pesticide Residues in Food 2016”; FAO/WHO: Rome, Italy.
- [20] **GAUCH R., U. LEUENBERGER, U. MULLER. 1989.** „Bestimmung des Herbicides Glyphosat und dessen Hauptmetabolit Aminomethylphosphonsäure (AMPA) in Trinkwasser mit Hilfe der HPLC”. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 188: 36–38.
- [21] **HORTH H., K. BLACKMORE.** Survey of Glyphosate and AMPA in Groundwaters and Surface Waters in Europe. Available online: <http://www.egeis.org/cd-info/WRC-report-UC8073-02-December-2009-Glyphosate-monitoring-in-water.pdf> (accessed on 7 December 2021).
- [22] **IARC GLYPHOSATE. 2015.** IARC Volume 112: „Some organophosphate insecticides and herbicides: tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon and glyphosate”. IARC Working Group. Lyon.
- [23] **JANSONS M., I. PUGAJEVA, V. BARTKEVICS. 2018.** „Occurrence of glyphosate in beer from the Latvian market”. *Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess.* 35: 1767–1775.
- [24] **KARISE R., R. RAIMETS, V. BARTKEVICS, I. PUGAJEVA, P. PIHLIK, I. KERES, I.H. WILLIAMS, H. VIINALASS, M. MAND. 2017.** „Are pesticide residues in honey related to oilseed rape treatments?” *Chemosphere* 188: 389–396.
- [25] **KAWAKAMI K. 2021.** „Analysis of Glufosinate, Glyphosate, and AMPA in Tap Water Using Triple Quadrupole LC/MS/MS”. Available online: https://www.shimadzu.com/an/sites/shimadzu.com.an/files/pim/pim_document_file/applications/application_note/14126/an_01-00106-en.pdf (accessed on 7 December 2021).

- [26] **KWIATKOWSKA M., P. JAROSIEWICZ, B. BUKOWSKA. 2013.** „Glifosat i jego preparaty – toksyczność, narażenie zawodowe i środowiskowe”. *Medycyna Pracy*. 64(5): 717–729; doi: [10.13075/mp.5893.2013.0059](https://doi.org/10.13075/mp.5893.2013.0059)
- [27] **LIAO Y., J.M. BERTHION, I. COLET, M. MERLO, A. NOUGADÈRE, R. HU. 2018.** „Validation and application of analytical method for glyphosate and glufosinate in foods by liquid chromatography-tandem mass spectrometry”. *J. Chromatogr. A* 1549: 31–38.
- [28] **MEFTAUL I.M., K. VENKATESWARLU, R. DHARMARAJAN, P. ANNAMALAI, M. ASADUZZAMAN, A. PARVEN, M. MEGHARAJ. 2020.** „Controversies over human health and ecological impacts of glyphosate: Is it to be banned in modern agriculture?” *Environ. Pollut.* 263: 114372.
- [29] **MELO K.G., D.G. NUCCI, A.Z. TRAPE. 2018.** Brief review analytical methods for the determination of glyphosate. *MOJ Toxicol.* 4: 86–89. doi: [10.15406/mojt.2018.04.00088](https://doi.org/10.15406/mojt.2018.04.00088)
- [30] **MELTON L.M., M.J. TAYLOR, E.E. FLYNN. 2019.** „The utilisation of ion chromatography and tandem mass spectrometry (IC-MS/MS) for the multi-residue simultaneous determination of highly polar anionic pesticides in fruit and vegetables”. *Food Chem.* 298: 125028.
- [31] **MESNAGE R., N. DEFARGE, J. SPIROUX DE VENDÔMOIS, G.E. SÉRALINI. 2015.** „Potential toxic effects of glyphosate and its commercial formulations below regulatory limits”. *Food Chem. Toxicol.* 84: 133–153.
- [32] **MUTHMAN R. 2007.** „The Use of Plant Protection Products in the European Union Data 1992–2003”; Nadin, P., Ed.; Eurostat Statistical Books: Luxembourg, ISBN 9279038907.
- [33] **NOWAK J.J. 2016.** „Zagrożenia ze strony glifosatu i Roundupu, najszerzej używanych w uprawach GMO – raport.” Międzynarodowa Koalicja dla Ochrony Polskiej Wsi (ICPPC). Warszawa.
- [34] **OLIVEIRA P.C., E.M. MAXIMIANO, P.A. OLIVEIRA, J.S. CAMARGO, A.R. FIORUCCI, G.J. ARRUDA. 2018.** „Direct electrochemical detection of glyphosate at carbon paste electrode and its determination in samples of milk, orange juice, and agricultural formulation”. *J. Environ. Sci. Health Part B Pestic. Food Contam. Agric. Wastes* 53: 817–823.
- [35] **OPPERMAN U., S. MOREAU, D. TOINON.** Quantification of Glyphosate, Glufosinate, and AMPA in Food via in-vial Addition of Pairing Agent. Available online: <https://www.ssi.shimadzu.com/sites/ssi.shimadzu.com/files/Products/literature/lcms/2020-AOAC-Poster-Glyphosate-Glufosinate-AMPA-LCMS.pdf> (accessed on 7 December 2021).
- [36] **REGULATION (EC) NO 882/2004 OF THE EU PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL** of 29 April 2004 on official controls performed to ensure the verification of compliance with feed and food law,
- [26] **KWIATKOWSKA M., P. JAROSIEWICZ, B. BUKOWSKA. 2013.** „Glifosat i jego preparaty - toksyczność, narażenie zawodowe i środowiskowe”. *Medycyna Pracy*. 64(5): 717–729; doi: [10.13075/mp.5893.2013.0059](https://doi.org/10.13075/mp.5893.2013.0059)
- [27] **LIAO Y., J.M. BERTHION, I. COLET, M. MERLO, A. NOUGADÈRE, R. HU. 2018.** „Validation and application of analytical method for glyphosate and glufosinate in foods by liquid chromatography-tandem mass spectrometry”. *J. Chromatogr. A* 1549: 31–38.
- [28] **MEFTAUL I.M., K. VENKATESWARLU, R. DHARMARAJAN, P. ANNAMALAI, M. ASADUZZAMAN, A. PARVEN, M. MEGHARAJ. 2020.** „Controversies over human health and ecological impacts of glyphosate: Is it to be banned in modern agriculture?” *Environ. Pollut.* 263: 114372.
- [29] **MELO K.G., D.G. NUCCI, A.Z. TRAPE. 2018.** Brief review analytical methods for the determination of glyphosate. *MOJ Toxicol.* 4: 86-89. doi: [10.15406/mojt.2018.04.00088](https://doi.org/10.15406/mojt.2018.04.00088)
- [30] **MELTON L.M., M.J. TAYLOR, E.E. FLYNN. 2019.** „The utilisation of ion chromatography and tandem mass spectrometry (IC-MS/MS) for the multi-residue simultaneous determination of highly polar anionic pesticides in fruit and vegetables”. *Food Chem.* 298: 125028.
- [31] **MESNAGE R., N. DEFARGE, J. SPIROUX DE VENDÔMOIS, G.E. SERALINI. 2015.** „Potential toxic effects of glyphosate and its commercial formulations below regulatory limits”. *Food Chem. Toxicol.* 84: 133–153.
- [32] **MUTHMAN R. 2007.** „The Use of Plant Protection Products in the European Union Data 1992–2003”; Nadin, P., Ed.; Eurostat Statistical Books: Luxembourg, ISBN 9279038907.
- [33] **NOWAK J.J. 2016.** „Zagrożenia ze strony glifosatu i Roundupu, najszerzej używanych w uprawach GMO – raport.” Międzynarodowa Koalicja dla Ochrony Polskiej Wsi (ICPPC). Warszawa.
- [34] **OLIVEIRA P.C., E.M. MAXIMIANO, P.A. OLIVEIRA, J.S. CAMARGO, A.R. FIORUCCI, G.J. ARRUDA. 2018.** „Direct electrochemical detection of glyphosate at carbon paste electrode and its determination in samples of milk, orange juice, and agricultural formulation”. *J. Environ. Sci. Health Part B Pestic. Food Contam. Agric. Wastes* 53: 817–823.
- [35] **OPPERMAN U., S. MOREAU, D. TOINON.** Quantification of Glyphosate, Glufosinate, and AMPA in Food via in-vial Addition of Pairing Agent. Available online: <https://www.ssi.shimadzu.com/sites/ssi.shimadzu.com/files/Products/literature/lcms/2020-AOAC-Poster-Glyphosate-Glufosinate-AMPA-LCMS.pdf> (accessed on 7 December 2021).
- [36] **REGULATION (EC) NO 882/2004 OF THE EU PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL** of 29 April 2004 on official controls performed to ensure the verification of compliance with feed and food law,

- animal health and animal welfare rules. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0882&from=EN> (accessed on 7 December 2021).
- [37] **RENDÓN-VON OSTEN J., R. DZUL-CAAMAL. 2017.** „Glyphosate residues in groundwater, drinking water and urine of subsistence farmers from intensive agriculture localities: A survey in Hopelchén, Campeche, Mexico”. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 14: 595.
- [38] **SANTILIO A., C. POMPILI, A. GIAMBENEDETTI. 2019.** „Determination of glyphosate residue in maize and rice using a fast and easy method involving liquid chromatography–mass spectrometry (LC/MS/MS)”. *J. Environ. Sci. Health Part B Pestic. Food Contam. Agric. Wastes* 54: 205–210.
- [39] **SAVINI S., M. BANDINI, A. SANNINO. 2019.** „An Improved, Rapid, and Sensitive Ultra-High-Performance Liquid Chromatography-High Resolution Orbitrap Mass Spectrometry Analysis for the Determination of Highly Polar Pesticides and Contaminants in Processed Fruits and Vegetables”. *J. Agric. Food Chem.* 67: 2716–2722.
- [40] **SIMONETTI E., G. CARTAUD, R.M. QUINN, I. MAROTTI, G. DINELLI. 2015.** „An interlaboratory comparative study on the quantitative determination of glyphosate at low levels in wheat flour”. *J. AOAC Int.* 98: 1760–1768.
- [41] **SKARK C., N. ZULLEI-SEIBERT, U. SCHÖTTLER, C. SCHLETT. 1998.** „The occurrence of glyphosate in surface water”. *Int. J. Environ. Anal. Chem.* 70: 93–104.
- [42] **SOARES D., L. SILVA, S. DUARTE, A. PENA, A. PEREIRA. 2021.** „Glyphosate Use, Toxicity and Occurrence in Food”. *Foods* 10: 2785. doi: 10.3390/foods10112785
- [43] **THE EUROPEAN COMMISSION.** „Pesticides Database-Pesticides Residues and Maximum Residue Levels”. Available online: <https://eurlex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32013R0293> (accessed on 25 October 2021).
- [44] **THE EUROPEAN COMMISSION.** Pesticides Database-Pesticides Residues and Maximum Residue Levels. Available online: <https://eurlex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32013R0293> (accessed on 25 October 2021).
- [45] **THE EUROPEAN COMMISSION. 2013.** Commission Regulation (EU) No 293/2013 of 20 March 2013 Amending Annexes II and III to Regulation (EC) No 396/2005 of the European Parliament and of the Council as Regards Maximum Residue Levels for Emamectin Benzoate, Etofenprox, Etoxazole, Flutriafof, g; Official Journal of the European Union: Brussels, Belgium.
- [46] **THE EUROPEAN COMMISSION. 2017.** Commission Implementing Regulation (EU) 2017/2324 of 12 December 2017 Renewing the Approval of the Active Substance Glyphosate in animal health and animal welfare rules. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0882&from=EN> (accessed on 7 December 2021).
- [37] **RENDON-VON OSTEN J., R. DZUL-CAAMAL. 2017.** „Glyphosate residues in groundwater, drinking water and urine of subsistence farmers from intensive agriculture localities: A survey in Hopelchen, Campeche, Mexico”. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 14: 595.
- [38] **SANTILIO A., C. POMPILI, A. GIAMBENEDETTI. 2019.** „Determination of glyphosate residue in maize and rice using a fast and easy method involving liquid chromatography–mass spectrometry (LC/MS/MS)”. *J. Environ. Sci. Health Part B Pestic. Food Contam. Agric. Wastes* 54: 205–210.
- [39] **SAVINI S., M. BANDINI, A. SANNINO. 2019.** „An Improved, Rapid, and Sensitive Ultra-High-Performance Liquid Chromatography-High Resolution Orbitrap Mass Spectrometry Analysis for the Determination of Highly Polar Pesticides and Contaminants in Processed Fruits and Vegetables”. *J. Agric. Food Chem.* 67: 2716–2722.
- [40] **SIMONETTI E., G. CARTAUD, R.M. QUINN, I. MAROTTI, G. DINELLI. 2015.** „An interlaboratory comparative study on the quantitative determination of glyphosate at low levels in wheat flour”. *J. AOAC Int.* 98: 1760–1768.
- [41] **SKARK C., N. ZULLEI-SEIBERT, U. SCHÖTTLER, C. SCHLETT. 1998.** „The occurrence of glyphosate in surface water”. *Int. J. Environ. Anal. Chem.* 70: 93–104.
- [42] **SOARES D., L. SILVA, S. DUARTE, A. PENA, A. PEREIRA. 2021.** „Glyphosate Use, Toxicity and Occurrence in Food”. *Foods* 10: 2785. doi: 10.3390/foods10112785
- [43] **THE EUROPEAN COMMISSION.** „Pesticides Database-Pesticides Residues and Maximum Residue Levels”. Available online: <https://eurlex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32013R0293> (accessed on 25 October 2021).
- [44] **THE EUROPEAN COMMISSION.** Pesticides Database-Pesticides Residues and Maximum Residue Levels. Available online: <https://eurlex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32013R0293> (accessed on 25 October 2021).
- [45] **THE EUROPEAN COMMISSION. 2013.** Commission Regulation (EU) No 293/2013 of 20 March 2013 Amending Annexes II and III to Regulation (EC) No 396/2005 of the European Parliament and of the Council as Regards Maximum Residue Levels for Emamectin Benzoate, Etofenprox, Etoxazole, Flutriafof, g; Official Journal of the European Union: Brussels, Belgium.
- [46] **THE EUROPEAN COMMISSION. 2017.** Commission Implementing Regulation (EU) 2017/2324 of 12 December 2017 Renewing the Approval of the Active Substance Glyphosate in

Accordance with Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council Concerning the Placing of Plant Pr; Official Journal of the European Union: Brussels, Belgium.

- [47] **THE EUROPEAN PARLIAMENT. 2016.** Renewal of the Approval of the Active Substance Glyphosate; Official Journal of the European Union: Brussels, Belgium.
- [48] **THOMPSON T.S., J.P. VAN DEN HEEVER, R.E. LIMANOWKA. 2019.** „Determination of glyphosate, AMPA, and glufosinate in honey by online solid-phase extraction-liquid chromatography-tandem mass spectrometry”. *Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess.* 36: 434–446.
- [49] **VAN BRUGGEN A.H.C., M.M. HE, K. SHIN, V. MAI, K.C. JEONG, M.R. FINCKH, J.G. MORRIS. 2018.** „Environmental and health effects of the herbicide glyphosate”. *Sci. Total Environ.* 255–268; 616–617.
- [50] **VAN EENENNAAM A.L., A.E. YOUNG. 2017.** „Detection of dietary DNA, protein, and glyphosate in meat, milk, and eggs”. *J. Anim. Sci.* 95: 3247–3269.
- [51] **VILLARREAL-CHIU J.F., A.G. ACOSTA-CORTÉS, S. KUMAR, G. KAUSHIK, R. SINGH. 2017.** „Green Technologies and Environmental Sustainability”. Singh R., S. Kumar, Eds.: Springer International Publishing: Cham, Switzerland, ISBN 978-3-319-50653-1.
- [52] **WEBER R., W. KITA, W. PUSZ. 2016.** „Wpływ herbicydów zawierających glifosat na odporność i odżywianie roślin”. *Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. CXVIII, 620: 83–92.*
- [53] **WILLIAMS G.M., R. KROES, I.C. MUNRO. 2000.** „Safety Evaluation and Risk Assessment of the Herbicide Roundup and Its Active Ingredient, Glyphosate, for Humans”. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 31: 117–165.
- [54] **WUMBEI A., L. GOETEYN, E. LOPEZ, M. HOUBRAKEN, P. SPANOGHE. 2019.** „Glyphosate in yam from Ghana”. *Food Addit. Contam. Part B Surveill.* 12: 231–235.
- [55] **ZHAN H., Y. FENG, X. FAN, S. CHEN. 2018.** „Recent advances in glyphosate biodegradation”. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 102: 5033–5043.
- [56] **ZHANG L. I. RANA, R.M. SHAFFER, E. TAIOLI, L. SHEPPARD. 2019.** „Exposure to glyphosate-based herbicides and risk for non-Hodgkin lymphoma: A meta-analysis and supporting evidence”. *Mutat. Res. Rev. Mutat. Res.* 781: 186–206.
- [57] **ZOLLER O., P. RHYN, H. RUPP, J.A. ZARN, C. GEISER. 2018.** „Glyphosate residues in Swiss market foods: Monitoring and risk evaluation”. *Food Addit. Contam. Part B Surveill.* 11: 83–91.

Accordance with Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council Concerning the Placing of Plant Pr; Official Journal of the European Union: Brussels, Belgium.

- [47] **THE EUROPEAN PARLIAMENT. 2016.** Renewal of the Approval of the Active Substance Glyphosate; Official Journal of the European Union: Brussels, Belgium.
- [48] **THOMPSON T.S., J.P. VAN DEN HEEVER, R.E. LIMANOWKA. 2019.** „Determination of glyphosate, AMPA, and glufosinate in honey by online solid-phase extraction-liquid chromatography-tandem mass spectrometry”. *Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess.* 36: 434–446.
- [49] **VAN BRUGGEN A.H.C., M.M. HE, K. SHIN, V. MAI, K.C. JEONG, M.R. FINCKH, J.G. MORRIS. 2018.** „Environmental and health effects of the herbicide glyphosate”. *Sci. Total Environ.* 255–268; 616–617.
- [50] **VAN EENENNAAM A.L., A.E. YOUNG. 2017.** „Detection of dietary DNA, protein, and glyphosate in meat, milk, and eggs”. *J. Anim. Sci.* 95: 3247–3269.
- [51] **VILLARREAL-CHIU J.F., A.G. ACOSTA-CORTES, S. KUMAR, G. KAUSHIK, R. SINGH. 2017.** „Green Technologies and Environmental Sustainability”. Singh R., S. Kumar, Eds.: Springer International Publishing: Cham, Switzerland, ISBN 978-3-319-50653-1.
- [52] **WEBER R., W. KITA, W. PUSZ. 2016.** „Wpływ herbicydów zawierających glifosat na odporność i odżywianie roślin”. *Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. CXVIII, 620: 83–92.*
- [53] **WILLIAMS G.M., R. KROES, I.C. MUNRO. 2000.** „Safety Evaluation and Risk Assessment of the Herbicide Roundup and Its Active Ingredient, Glyphosate, for Humans”. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 31: 117–165.
- [54] **WUMBEI A., L. GOETEYN, E. LOPEZ, M. HOUBRAKEN, P. SPANOGHE. 2019.** „Glyphosate in yam from Ghana”. *Food Addit. Contam. Part B Surveill.* 12: 231–235.
- [55] **ZHAN H., Y. FENG, X. FAN, S. CHEN. 2018.** „Recent advances in glyphosate biodegradation”. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 102: 5033–5043.
- [56] **ZHANG L. I. RANA, R.M. SHAFFER, E. TAIOLI, L. SHEPPARD. 2019.** „Exposure to glyphosate-based herbicides and risk for non-Hodgkin lymphoma: A meta-analysis and supporting evidence”. *Mutat. Res. Rev. Mutat. Res.* 781: 186–206.
- [57] **ZOLLER O., P. RHYN, H. RUPP, J.A. ZARN, C. GEISER. 2018.** „Glyphosate residues in Swiss market foods: Monitoring and risk evaluation”. *Food Addit. Contam. Part B Surveill.* 11: 83–91.

Elżbieta WIERZBICKA, Ph.D

Department of Human Nutrition, Institute of Human Nutrition Sciences
Warsaw University of Life Sciences (SGGW-WULS), Poland
Katedra Żywienia Człowieka, Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Polska

OCCURRENCE OF ARSENIC IN FOOD AS A CURRENT HEALTH CONCERN®

Występowanie arsenu w żywności jako aktualny problem zdrowotny®

Key words: arsenic, inorganic arsenic, dietary exposure, risk assessment, rice, rice based products.

The health-related food quality is determined by, among others, the content of undesirable elements such as arsenic (As). It is a widespread environmental pollutant, naturally occurring in the earth's crust and as a result of anthropogenic human activities. As is a metalloid that occurs as inorganic (iAs) and organic arsenic species. The inorganic forms of As are more toxic as compared to the organic arsenic. Most As compounds are water soluble, therefore there is also a high possibility of arsenic penetrating from rocks and soil into the hydrosphere, which to some extent also causes its inclusion in the food chain. Contaminated groundwater used for irrigation of crops, in particular rice, is a major source of exposure to iAs. This is especially important for consumers for whom rice is a staple food in their diet. In contrast, fish and other seafood contain the most of less toxic organic arsenic. Diet is the major route of As exposure, and rice and rice-based products are food groups with relatively high iAs levels.

Dietary iAs exposure may have long-term effects on health. It is of particular importance to apply the requirements of EU legislation on maximum levels of iAs in rice and rice-based products, as well as to define these requirements in products for infants and young children. Inorganic arsenic contamination levels in food have decreased significantly in European countries over the past years. Current European exposures according to the EFSA Opinion of 2021 show no or little the margin of exposure (MoE) in relation to the lower confidence limit of the benchmark dose (BMDL). Based on this data, the potential health risk by iAs for certain infants and toddlers by the consumption of rice and rice-based products cannot be excluded. Therefore, it is necessary to control iAs levels in certain products, especially in infants and children, and individuals with celiac disease and/or gluten intolerance. As a result, this article presents potential health risks of exposure to arsenic as well as the occurrence and consumption of arsenic in rice and rice-based products, fish, fish products and seafood. Dietary exposure to iAs in light of the scientific opinion of EFSA and regulatory policies concerning As in food is also covered. Additionally, the effect of technological treatment on the reduction of iAs levels in rice is also presented.

Słowa kluczowe: arsen, arsen nieorganiczny, pobranie z diety, ocena ryzyka, ryż, produkty na bazie ryżu.

O jakości zdrowotnej żywności decyduje między innymi zawartość pierwiastków niepożądanych, takich jak arsen (As). Jest on szeroko rozpowszechnionym zanieczyszczeniem środowiskowym obecnym naturalnie w skorupie ziemskiej oraz na skutek antropogenicznej działalności człowieka. Arsen jest metaloidem występującym zarówno w formie nieorganicznych (iAs), jak i organicznych związków, przy czym formy iAs są bardziej toksyczne dla organizmu niż związki organiczne. Większość związków arsenu jest łatwo rozpuszczalna w wodzie, dlatego też istnieje duża możliwość przenikania arsenu ze skał i gleby do hydrosfery, co w pewnym stopniu powoduje również jego włączenie w łańcuch żywnościowy. Zanieczyszczone wody gruntowe wykorzystywane do nawadniania upraw, w szczególności ryżu, są głównych źródłem narażenia na iAs. Szczególnie ważne jest to w przypadku konsumentów, u których ryż w diecie jest podstawnym produktem. Ryby i inne owoce morza zawierają najwięcej mniej toksycznej formy arsenu. Dieta jest główną drogą narażenia na As, a ryż i produkty ryżowe stanowią grupę żywności o stosunkowo wysokim poziomie iAs.

Pobranie z diety iAs może mieć wpływ na zdrowie w dłuższej perspektywie. Szczególne znaczenie ma objęcie wymaganiami w ustawodawstwie UE w zakresie najwyższych dopuszczalnych poziomów iAs w ryżu i produktach na bazie ryżu, jak również określenie tych wymagań w produktach dla niemowląt i małych dzieci. Poziomy zanieczyszczenia iAs w żywności znacznie się zmniejszyły w krajach europejskich. Obecne narażenia w Europie według Opinii EFSA z 2021 roku wykazują brak lub niewielkie marginesy w stosunku do dolnej granicy ufności dawki referencyjnej (BMDL). Odnosząc się do tych danych margines narażenia (MoE) jest niewielki lub żaden, w związku z tym nie można wykluczyć możliwości wystąpienia ryzyka zdrowotnego spowodowanego przez iA w przypadku niektórych małych dzieci w wyniku spożycia produktów na bazie ryżu. Dlatego konieczne jest kontrolowanie poziomów iAs w żywności, szczególnie dla niemowląt i małych dzieci oraz osób z celiakią i/lub nietolerancją glutenu.

W związku powyższym w niniejszym artykule przedstawiono potencjalne zagrożenia zdrowotne związane z narażeniem organizmu na As, jak również omówiono zawartość i pobranie As głównie z ryżem i produktami na bazie ryżu, rybami, przetworami rybnymi i owocami morza. Przedstawiono również wyniki oszacowania pobrania iAs z żywnością w świetle opinii naukowej EFSA oraz regulacje prawne w zakresie maksymalnych dopuszczalnych limitów. Ponadto omówiono wpływ obróbki technologicznej na obniżenie w ryżu poziomu iAs.

INTRODUCTION

Food safety, in particular its inextricable link with human health, is a high priority issue for global sustainable development. In recent decades, heavy metal pollution has spread around the world, disrupting the environment and posing a serious risk to human health. One of such pollutants widespread in the environment is arsenic (As) [7, 8, 12, 14–16, 51, 52]. In nature, arsenic is found in the earth's crust and is a component of various minerals. It is part of rocks, from where it penetrates into unconfined groundwater. However, human activity causes its increased emission, and therefore anthropogenic factors largely contribute to the increase in the concentration of As in nature, which to some extent also causes its inclusion in the food chain [6, 9, 21, 38, 46, 50, 52].

For humans, the main source of As is food, which is sometimes contaminated as a result of environmental pollution (soil, water) with arsenic compounds. Arsenic occurs in both organic and inorganic forms (iAs). Organic forms have relatively low toxicity, while inorganic forms pose a greater risk and may cause cancer [3, 5, 8, 12, 24, 38, 46, 50, 51].

The highest concentrations of arsenic are found in rice and rice-based products (inorganic As) compared to other products of plant origin, and in fish and seafood (organic As). Due to environmental pollution, apart from essential nutrients, the aforementioned products can also be a source of harmful substances. Therefore, it is imperative to control arsenic levels in foods to protect human health [5, 13, 14–17, 19, 20, 26, 39, 44, 52].

The European Food Safety Authority's (EFSA) Expert Panel on Contaminants, recommended limiting exposure to inorganic arsenic. As a result, EU legal regulations have been established and introduced for maximum allowable levels of iAs in rice and rice-based products, including products for infants and young children. Furthermore, EFSA recommends that various foods are subject to monitoring to assess dietary exposure to inorganic arsenic [14, 15].

The latest Scientific Report conducted by EFSA from 2021 on the assessment of the complete diet has shown that the average exposure to inorganic arsenic is below the reference range set by EFSA. Regarding the consumption of products considered to be the main source of iAs, in particular on specific populations (e.g. infants and toddlers, individuals with coeliac disease and/or gluten intolerance) that might have a higher consumption of rice and/or rice-based products and, therefore, higher dietary exposure to iAs [16].

The aim of the review is to characterize the occurrence and causes of arsenic in foodstuffs, as well as to present the toxicity and health effects associated with the exposure to arsenic, and its recognized public health problems.

GENERAL CHARACTERISTICS AND ROUTES OF ARSENIC EXPOSURE

Arsenic (As) is a metalloid that occurs naturally in varying concentrations in various compounds in many parts of the earth's crust, depending on geological conditions. In the environment, it occurs in inorganic compounds as As (III) (arsenic trichloride, arsenic oxide, arsenite sodium, etc.) and As (V) (arsenic pentoxide, arsenic acid and arsenate, e.g. lead

arsenate and calcium arsenate, etc.), and in organic compounds (arsanilic acid, methylarsonic acid, dimethylarsinic acid, arsenobetaine) [12, 14, 23, 24, 49].

Human exposure to As occurs mainly via three main routes, including inhalation, oral ingestion and dermal exposure. Oral ingestion is the major route of exposure to arsenic due to its water solubility. According to WHO [51, 52], water and food contaminated with arsenic are considered the main source of exposure. The estimated daily intake is between 20 and 300 µg/day depending on the type of food, cultivation method and conditions, and food processing [24]. Inhalation is an important route for inorganic arsenic, causing nausea and skin irritation. The risk of lung cancer is also increased due to exposure to inorganic arsenic [8, 14, 23, 24, 38, 51].

ARSENIC METABOLISM, TOXICITY AND HEALTH HAZARD

Arsenic metabolism is complex, and its metabolites depend on the type of arsenic compounds taken, the route of administration, and the mechanisms used to eliminate arsenic. Inorganic As (iAs) is methylated in the liver, to form monomethyl (Monomethylarsonic acid) and dimethyl (Dimethylarsinic acid) arsenical species, which facilitate the elimination of As from urine. However, it is known that some metabolites are more likely to be toxic. Higher concentrations of monomethylarsonic acid in the urine are associated with the risk of many adverse effects on health [12, 14, 23, 24].

The degree to which arsenic is hazardous to health depends on the compound and the level of oxidation. Among the two chemical forms of arsenic (organic and inorganic), inorganic arsenic is highly acutely toxic. Long-term exposure to iAs may lead to chronic arsenic poisoning. Effects which may develop depending on the level of exposure include skin lesions, peripheral neuropathy, developmental toxicity, as well as diabetes, cardiovascular diseases, and cancer of the skin and internal organs. The most toxic iAs compounds are found in the trivalent oxidation state [12, 14, 23, 38, 49, 51].

Human exposure to iAs can also occur through the consumption of groundwater that contains naturally high levels of iAs, including foods prepared with iAs, and rice irrigated with arsenic-rich water [6, 14, 38, 46, 50, 51, 52].

Among the various forms of As, i-AsIII (arsenite) is the main form found in rice and also the most toxic to humans. In contrast, organic arsenic compounds, which are present in greater amounts in fish and seafood, are less harmful to health and are quickly excreted from the body. Organic As is considered toxic only after metabolic conversion to the trivalent form of As [5, 12, 17, 19–21, 26, 39, 44, 54].

EFSA's Scientific Panel on Chemical Pollutants (CONTAM) has adopted a scientific opinion on the risks to human health related to the presence of arsenic in food. In place of the dose of tolerated weekly intake of arsenic, the range of the lowest dose of iAs determining the harmful effect (Benchmark Dose Lower Confidence Limit) of BMDL₀₁ was established in the range of 0.3–8.0 µg/kg bw/day [14].

A similar approach was used in 2010 by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), which – instead of the PTWI value for inorganic arsenic – proposed

the lowest determining dose (BMDL_{0.5}) causing a 0.5% increase in lung cancer incidence, determined on the basis of epidemiological studies at the level of 3.0 µg/kg bw/day [51].

The International Agency for Research on Cancer (IARC) has established the causal role of oral iAs exposure in skin, lung and bladder cancer and demonstrated evidence of kidney cancer, liver cancer, and prostate cancer. Arsenic and inorganic arsenic compounds are carcinogenic to humans (Group 1) [24].

Table 1 adverse effects based on which tolerable intake levels of iAs are determined [14, 15, 51]. In addition to adverse effects an association was also found between exposure to As, and for example, infertility, other harmful consequences for the reproductive system. In addition, the studies analysed in the EFSA reports also show that iAs is genotoxic. The mechanism of genotoxicity due to oxidative stress, however, is that it can be expected that there is a threshold, and therefore inorganic arsenic is considered potentially carcinogenic through dietary exposure [14, 15].

Table 1. Adverse effects and reference value of iAs

Tabela 1. Działalnie niepożądane oraz wartości referencyjne dla iAs

Reference value / BMDL*	Health effect	Reference
BMDL ₀₁ 0.30 – 8.0 µg/kg bw per day	Cancer risk, especially lung cancer	[14]
BMDL _{0.5} 3.0 µg/kg bw per day	Cancer risk (lung cancer)	[51]

*BMDL is the Benchmark Dose Lower confidence limit and its subscript shows the percent change from baseline level.

Source: [14, 51]

Źródło: [14, 51]

Most of the data on arsenic exposure relates to an increased risk of lung, skin and bladder cancer, and these links are mainly found in studies that assessed the effects of contaminated drinking water [14, 23, 24].

Children are particularly susceptible to exposure to As, and exposure early in life may induce long-term metabolic changes and possibly, through increased insulin resistance, increase the risk of diabetes in adulthood. The nutritional status of the mother also influences the metabolic effects associated with arsenic. Exposure to As is associated with an increased risk of diabetes, atherosclerosis, and cardiovascular diseases [4, 6, 14, 23, 24, 35, 49, 52]. It should also be emphasized that the metabolites of arsenic, formed during its biotransformation, may also cross the placental barrier, exposing the foetus to this carcinogen at a level similar to that in the mother. The concentration of As found in the placenta correlates with both maternal and infant levels and with household drinking water levels. Gestational exposure to arsenic is also associated with health effects occurring in the pre- and perinatal stages, including childhood, and an increased risk of developing certain diseases in adulthood [12, 14, 24, 28, 32, 52, 53].

In recent years, research to assess the potential impact of levels of arsenic exposure on the risk of breast cancer, which is the most commonly diagnosed cancer in women, with an increasing number of new cases each year, is also interesting.

However, to date, the relationship between arsenic exposure and breast cancer risk remains unclear, and the results do not give a definite answer [37]. In the evaluation carried out in a cohort of 1,703 Polish women, in contrast to other studies, a highly significant, 13-fold higher risk of breast cancer in women with the highest quartile of arsenic concentration in the blood compared to the reference group (Hazard ratio quartile 4 vs. quartile 1 = 13.2; 95% CI: 4.02–43.0 p-trend <0.0001) was observed. Moreover, the results were similar for arsenic levels and all cancer cases [31].

OCCURRENCE AND CAUSE OF AS IN FOODSTUFFS, AND SOURCES OF EXPOSURE TO ARSENIC

Arsenic (As) is an environmental pollutant, which is commonly found in the earth's crust and is a component of many minerals. It can come from natural sources, e.g. from rocks, volcanic eruptions, forest fires, as well as from anthropogenic sources such as mining, metallurgy (including copper), coal and fossil fuel combustion and inappropriate waste management. It is a metalloid with a very high accumulation factor in the natural environment, therefore its persistence in the environment is very long. Identification of soil pollutants, their sources and groundwater is essential due to their close relationship with human health [6, 8, 12, 14, 23, 24, 49].

Arsenic in rice and rice-based food products

The concentration of iAs in rice is high and can reach 85–90% of the total As content. The concentration varies according to the soil and type of rice. The high concentration of As in rice compared to other grains reflects the anaerobic growing conditions of irrigated rice fields and the specific physiology of the plant, which allows arsenic to be absorbed from the environment, accumulating it to a greater extent in rice grains than in soil. Since iAs tends to accumulate especially in the outer layers of the rice grain, the concentration in the finished product also depends on how the rice is processed [13, 15, 16, 19, 21, 26, 36, 39].

The content of arsenic in rice varies depending on rice variety, where it is grown and how it is processed. Brown rice has a higher concentration than white rice. Most of iAs in rice is stored in the outer layer - bran, which contains 10 to 20 times higher concentrations than the whole grain [14]. In addition, the risk associated with the consumption of products such as rice drinks are much higher than with raw but polished white rice. The EFSA report found that rice and rice-based products contained high average levels of total arsenic, ranging from 0.14 to 0.17 mg/kg [14].

Several studies have been carried out in different countries and it has been found that rice contains significant levels of iAs [5, 13, 14–16, 19–21, 26–28, 54]. Studies involving the assessment of the occurrence of (As) in infant food showed that 75% of the samples were contaminated with inorganic arsenic above the EU maximum levels for infants and children (0.1 mg/kg), and the average total iAs was almost 85%. The highest concentrations of As were recorded in whole grain rice, rice pasta and crackers [14–15, 20, 39].

The contamination with As was also shown in other studies of rice-based products, with the exception of ready-to-eat rice, all others exceeded the EU recommended value for young children. Estimated consumption of As was within the range of the $BMDL_{01}$ value indicated by EFSA [15–16], which means that the risk to young children and adults cannot be avoided considering arsenic levels in rice-based products [26].

Another study also assessed the consumption of rice and rice-based products as a group of products with relatively high As levels. It was found, as in other studies, that brown rice varieties showed higher As levels than white rice [5, 13, 19, 20, 26, 27, 54]. The highest total arsenic intake was recorded in the group of infants and children, but unlike the rest of the population groups, it was mainly organic arsenic. In product evaluation, rice is the main factor of exposure to inorganic As in the adult population, while rice flakes and breakfast cereals are the most important factors of exposure in the case of infants. However, none of the studied population groups exceeded the lower limit of BMDL established by EFSA [15–16]. To reduce arsenic exposure, the authors of these studies recommend consuming white rice varieties or pre-cooked rice, as well as washing rice before cooking [2, 9, 19, 27, 51, 52].

Arsenic in fish and seaweed and other foods

Arsenic found in fish is the less harmful organic form of arsenic, on the contrary, iAs is present in very low concentrations. As found in fish is the less harmful organic form of As, although, there are some exceptions in the case of blue mussels [47], and some types of seaweed [25] that contain higher concentrations of iAs.

Certain seafood and seaweed products (e.g. Hijiki) can contain high levels of inorganic arsenic. The dietary exposure levels of pregnant women and children were studied in a group of Japanese consumers, where the intake of Hijiki seaweed is relatively high compared to European countries. Intakes of total and inorganic arsenic have been shown to be higher among frequent consumers of Hijiki, both in pregnant women and children. Although rice and rice-based products, which constitute staple food, are considered the main sources of exposure to inorganic arsenic in Japan, research results indicate that the consumption of Hijiki seaweed increases the levels of inorganic arsenic consumption in Japanese children and pregnant women [33].

While there are measures to protect people from high levels of arsenic, for people who regularly consume large amounts of Hijiki seaweed, along with other foods that may contain arsenic, this may result in higher arsenic intake and therefore greater potential health risk than in the general population [14, 15, 21, 51, 52].

REGULATORY POLICIES CONCERNING ARSENIC IN FOOD

In order to protect human health, the content of pollutants with documented toxic effect in food is limited.

On an international scale, issues associated with health-related food quality are dealt with by the Codex Alimentarius Commission (established by FAO/WHO members), which tries to establish the acceptable limits of contamination, being of particular importance for the import and export of food [9].

The issues related to the supervision of food quality are based on the legal regulations in force in the EU [10, 11]. Due to the potential exposure of certain population groups, maximum levels of iAs have been set in some food products. Rice and rice-based products belong to the group of food products accumulating large amounts of As and they are also highly consumed. As a result, maximum permissible levels of inorganic arsenic [10] have been set for this group of products pursuant to Commission Regulation (EU) 2015/1006 of June 25, 2015 [Commission Regulation (EU), 2015]. So far, the limitation and maximum permissible levels of this element in food include only rice and rice-based products (0.20–0.30 mg/kg) and a much lower maximum level (0.10 mg/kg) for rice intended for the production of food for infants and young children. It should be emphasized that the requirements for this type of food are much more restrictive; the permissible limits are almost three times lower compared to food intended for general consumption (Table 2). Maximum levels are one of the many risk management strategies we use to keep arsenic exposure at a safe level.

Table 2. The maximum permissible levels of iAs in food as sum of As(III) and As(V)

Tabela 2. Maksymalny dopuszczalny poziom iAs w żywności jako suma As(III) and As(V)

Food	Maximum levels (mg/kg)
Non-parboiled milled rice (polished or white rice)	0.20
Parboiled rice and husked rice	0.25
Rice waffles, rice wafers, rice crackers and rice cakes	0.30
Rice destined for the production of food for infants and young children	0.10

Source: Commission Regulation (EU) 2015/1006 [11]

Źródło: Rozporządzenie Komisji Europejskiej (UE) 2015/1006 [11]

An important source of As may be water intended for human consumption, when water with an As concentration significantly above 10 $\mu\text{g/L}$ is used for drinking and cooking. The limit value for drinking water is <10 $\mu\text{g/L}$ [51, 52].

According to the regulation of the Minister of Health, the total concentration of As should not exceed 0.010 mg/litre [40, 41]. The maximum permissible level of As for natural mineral, table and spring waters is also similar [40]. In the light of the latest data of the State Sanitary Inspection, which supervises the quality of drinking water, for arsenic only in 1 case (Lower Silesian Voivodeship) a deviation from the normal range was noted [18].

The European Commission, in cooperation with EFSA, has developed a specific recommendation on As monitoring in food (Commission Recommendation (EU) 2015 [10]. According to EFSA, it is important to collect more representative data on iAs contamination of different food groups in order to provide a more complete risk assessment in this regard. Moreover, targeted research, including the monitoring of iAs in seaweed, has been recommended in recent years [11].

The available data on the occurrence of As indicate that seaweed is characterized by the accumulation of elements harmful to health. They belong to a group of foods that, according to EFSA, can contribute significantly to dietary As intake. However, there are currently no maximum levels of As in seaweed, halophytes or products based on seaweed. In 2018, the EU Commission made recommendations to monitor the presence of heavy metals, including As, in these products. The above recommendations are not binding but may be helpful in determining actions for food control authorities [11].

THE CONCENTRATIONS OF INORGANIC AS IN RICE AND RICE-BASED PRODUCTS ON THE POLISH MARKET

Inorganic arsenic concentrations in rice and rice-based products were also tested in Poland. An assessment by monitoring authorities has shown that rice and rice-based products contain high concentrations of iAs compared to other grains [29].

The average concentration of total As and iAs in white rice was 0.10 mg/kg (90-percentile: 0.19 mg/kg) and 0.03 mg/kg (90-percentile: 0.06 mg/kg). Brown rice contained higher concentrations than white rice, most of which had been removed from the outer layer of the grain. The average concentration of total As was 0.18 mg/kg (90th percentile: 0.32 mg/kg), while of iAs it was 0.05 mg/kg (90th percentile: 0.07 mg/kg). Higher concentrations than those in white rice have also been shown in rice cakes and rice flakes, especially rice wafers, 0.24 mg/kg and 0.13 mg/kg, respectively. In the group of products for infants, the obtained results were low, i.e. total As concentration was 0.06 mg/kg, and iAs concentration was 0.02 mg/kg. Regarding adults and children, the estimated average iAs exposure for rice and rice-based products was less than 1% of the lowest dose determining BMDL₀₅. On the basis of the obtained results, it was found that As contamination of rice and rice-based products does not pose a health risk [29].

Fish, seafood and seaweed belong to a group of foods that, according to EFSA, can contribute significantly to dietary As intake. In this product group, the major forms of As are the less toxic organic compounds [30]. The national monitoring studies showed that the average content of total As in the tested fish samples was 0.46 mg/kg, while the content of the inorganic form did not exceed the detection limit of the method used, i.e. 0.025 mg/kg. In seafood, the concentrations for total As were: 0.87 mg/kg, for inorganic arsenic the 90th percentile was determined, which was 0.043 mg/kg. The average exposure estimated for iAs for adults was less than 0.5% of the lowest dose determining BMDL_{0.5} for fish and seafood. Based on the above results, it was found that the intake of As as a result of the consumption of fish and seafood does not pose a significant risk to people consuming these products [30].

DIETARY EXPOSURE TO INORGANIC ARSENIC IN THE EUROPEAN POPULATION

In their scientific opinion, EFSA assessed the exposure to iAs from food and water in nineteen European countries, using lower (LB) and upper (UB) concentrations. The estimated iAs intake was from 0.13 to 0.56 µg/kg bw/day for average consumers and between 0.37 and 1.22 µg/kg bw/day for the 95-percentile consumers. This dietary exposure estimate is in the range of BMDL values, indicating that a risk of toxicity cannot be excluded [14].

Infants and young children have 2 to 3 times greater exposure to iAs arsenic than adults [14]. The greater risk of exposure to iAs from rice is not only limited to those traditionally consuming great amounts of rice, but also to those with special intake habits (consumption of algae and algae products; the levels of iAs can be two to ten times the median) [14, 15]. Moreover, for certain population groups, for example people with allergies or celiac disease, where the consumption of rice and rice-based products is much higher, the exposure to As is also greater [14, 15, 16].

In 2014 EFSA [15], the re-evaluation of dietary intake of inorganic arsenic based on more recent data reported lower exposure values compared to the previous EFSA scientific opinion [14]. The highest estimated daily exposure was found in infants and young children, from 0.20 to 0.45 µg/kg bw/day (min – max LB) and from 0.47 to 1.37 µg/kg bw/day (min – max UB), with the maximum value for infants. In the same age groups, 95-percentile dietary exposure ranged from 0.36 to 1.04 µg/kg bw/day (min – max LB) and from 0.81 to 2.09 µg/kg bw/day (min – max UB), with the highest level estimated in young children [14].

For adults, the average exposure level was 0.11 to 0.38 µg/kg bw/day (min LB to max UB) and 0.18 to 0.64 µg/kg bw/day (min LB to max UB) for the 95th percentile, which is the lower limit of the BMDL₀₁ value from 0.3 to 8 µg/kg/day [14].

The EFSA scientific opinion [14] on the assessment of exposure to inorganic arsenic via food consumption has shown that, for the European population, also food with significantly lower levels of inorganic arsenic compared to rice may affect arsenic exposure due to the high amounts consumed.

For infants, milk, dairy products, drinking water and baby formula constitute the main sources of exposure to inorganic arsenic. For other age groups, non-rice grain products (mostly wheat) constitute the main source of exposure to inorganic arsenic, according to most nutritional studies. In contrast, rice, milk, dairy products and drinking water also have a significant impact on arsenic consumption [14].

Upon request of the European Commission, EFSA has recently assessed chronic dietary exposure to iAs in the European population [15]. The highest average dietary exposure estimates at the lower limit (LB) occurred in young children (0.30 µg/kg body weight/day) and in infants and young children (0.61 µg/kg bw/day) in the upper limit (UB). In the 95th percentile, the highest estimated exposure (LB-UB) was 0.58 and 1.20 µg/kg bw/day, respectively, and concerned young children and infants. In different age classes, the main

causes of dietary exposure to iAs were rice and rice-based products, grains and grain-based products (without rice), and drinking water. Different exposure scenarios showed dietary exposure estimates on average and for large consumers near or in the value range of BMDL₀₁.

Compared to the 2014 EFSA scientific report, the estimated dietary exposure to iAs was lower, with the average, maximum and 95-percentile being approximately 1.5–3 times lower in the different age classes [15]. Risk groups were identified including people with celiac disease and/or gluten intolerance, as they consume higher amounts of rice and processed grains, and therefore have a higher dietary exposure to iAs [14, 15].

EFFECT OF TECHNOLOGICAL TREATMENT ON THE REDUCTION OF ARSENIC LEVELS

Reduction in the content of As in rice can be achieved by various methods and practices after harvest and during cooking. Polishing rice and removing the outer layer (50–70%), washing raw rice (13–84%) and boiling in excess of water (28–66%) significantly reduce the content of arsenic in rice grains (Table 3). The listed methods can be implemented almost at no extra cost [2, 27].

Table 3. Effects of different removal methods and cooking practices on As concentration in rice

Tabela 3. Wpływ różnych metod oraz sposobu gotowania na stężenie As w ryżu

Methods	Arsenic removal (%) from cooked rice
Polishing grains	50–70
Washing of raw rice	13–84
Cooking (in excess water)	28–66
Rinsing rice grains (3 cycles) and then cooking it in excess water	83%

Source: Reference [2, 27]

Źródło: [2, 27]

In studies evaluating the effect of rinsing and cooking on the As content, it was shown that the treatment consisting of rinsing rice grains (3 cycles) followed by cooking in excess of water resulted in a significant decrease by as much as 83% of the tAs content compared to raw rice [2].

In order to reduce exposure to As and cadmium at the same time, attempts are being made to develop a method of simultaneous reduction of arsenic and cadmium from rice. The use of food-safe citric acid and calcium carbonate to pre-soak white rice grains reduces the level of iAs by as much as 80% [36].

In order to look for methods to reduce As, some studies also investigate genetically modified rice that would accumulate less arsenic in rice grains [2, 27]. To reduce exposure to As, some authors recommend eating white rice varieties or pre-cooked rice, and washing rice before cooking to minimize arsenic exposure [19, 42, 54].

THE ROLE AND PROTECTIVE EFFECT OF NUTRITION IN ARSENIC METABOLISM

The nutritional status of the body is one of the important factors related to the frequency or severity of health effects related to arsenic exposure, and malnourished people are particularly vulnerable [1, 4, 35, 43, 45, 55].

Research results indicate that there is a wide variation in the body's susceptibility to arsenic toxicity, which is probably related to factors such as: variability in arsenic metabolism, nutritional status, body defence mechanisms and genetic predisposition [4, 35, 43, 45].

Research results indicate that some dietary nutrients show the so-called protective effect against the harmful effects of toxic metals. Diet rich in vegetables containing antioxidants and folic acid may contribute to minimizing some arsenic-induced toxic effects [4, 43, 45].

The main mechanisms of arsenic-nutrition interaction include arsenic-induced oxidative stress, which requires nutrient-dependent defence systems, and arsenic metabolism (methylation), which requires folic acid, vitamin B₁₂, and choline for the remethylation of homocysteine to methionine. In particular, low consumption of these ingredients may reduce the efficiency of this process [1, 4, 43, 45].

Methyl groups for As methylation are ensured by a one-carbon metabolism, and it is influenced by folic acid and other micronutrients, such as vitamin B₁₂, choline, betaine and creatine. There is increasing scientific evidence confirming the effect of folic acid on As methylation, and some evidence from case-control studies suggests that poor folate nutritional status influences the risk of As-induced skin lesions and bladder cancer [1, 4, 43, 45].

Arsenic is eliminated as a result of methylation mediated by folic acid. Providing folic acid through folic acid supplements can facilitate methylation and arsenic excretion, thereby reducing arsenic toxicity. It is also possible that people with a genotype associated with less efficient arsenic methylation may be more sensitive to interactions with deficient nutrition [1, 4, 43, 45].

Another important aspect is that selenium, if dosed excessively, can intensify the harmful effects of inorganic As by inhibiting As methylation. Therefore, one of the therapeutic strategies to counteract its toxicity is the simultaneous administration of selenium with plant antioxidants [55].

In addition to the protective role of trace elements such as zinc and selenium, food-derived bioactive compounds that can alleviate oxidative stress and inflammation have the potential to protect against arsenic-induced tissue damage. Noteworthy of the natural ones are curcumin, quercetin, gallic acid, genistein, resveratrol and thymoquinone, whose protective effect against arsenic toxicity has been confirmed in numerous animal studies. A high-protein diet will also help reduce arsenic toxicity [43, 45].

In general, it can be concluded that a wholesome diet rich in antioxidants and folic acid as well as zinc and selenium, providing nutrients in the recommended amounts, protects the body against the harmful effects of toxic substances consumed with food [1, 4, 35, 43, 45, 55].

RICE AND RICE-BASED PRODUCTS IN THE NUTRITION OF SELECTED POPULATION GROUPS – RECOMMENDATIONS

The Codex Alimentarius Commission (FAO/WHO) has published a code of practice for preventing and reducing arsenic contamination in rice, which provides guidelines for rice cultivation and the production of rice-based products [9].

For its nutritional value, rice should continue to be part of a balanced diet. However, when choosing food, consumers should follow a varied diet and, if possible, vary the types of grains they consume [16, 52].

In the case of infants and young children, parents are advised not to use only rice drinks. National and international authorities advise against this form of nutrition not only because of the high concentration of arsenic in these products, but also because of the inadequate composition of nutrients that does not meet the needs of infants [22, 28, 34, 48].

When it comes to rice-based snacks, it is recommended to consume foods such as rice cakes or rice flakes or other snacks in moderation or occasionally, and to diversify diet with those based on other grains such as corn or wheat [9, 10, 16, 22, 34].

For consumers with celiac disease, the same recommendations should be followed as for the general population. If possible, avoid a diet that is based solely on rice and rice-based products. Instead, eat other gluten-free grains, such as corn, buckwheat, amaranth, and quinoa [22, 34, 48].

The Nutrition Committee of the European Society of Gastroenterology, Hepatology and Nutrition in Paediatrics (ESPGHAN) issued a statement in 2015 recommending that the intake of inorganic arsenic during infancy and childhood should be as low as possible, and the content of inorganic arsenic in products intended for infants and young children was regulated by law. It also points out that, although infant formulas based on rice proteins constitute an alternative for infants allergic to cow's milk proteins, the content of inorganic arsenic in them should be taken into account, and the potential risks associated with this should be considered when using these products [22].

Rice drinks should not be used in the nutrition of infants and young children, and exposure to inorganic arsenic from food may be lowered by the use of other types of grains, including oats, barley, wheat and corn. ESPGHAN also notes that the content of arsenic in rice should be widely monitored around the world, and that rice with the lowest arsenic content should be used in the production of food intended for infants and young children and food for special medical purposes [34]. To reduce the risk of exposure to inorganic arsenic, it is recommended to choose other types of grains. Rice drinks should not be used in the nutrition of infants [48].

SUMMARY

For humans, the main sources of arsenic (As) is food and drinking-water, as a result of the environmental pollution and anthropogenic human activities. Inorganic arsenic (iAs) forms are potentially harmful to human health. Rice is the largest dietary source of inorganic arsenic (iAs) that the plant

accumulates from the soil and water. Therefore, a diet based on rice and its products, in particular for the young population (infants, toddlers and other children), as well as individuals with celiac disease and/or gluten intolerance, may constitute an important health issue. In the adult population, food groups such as rice and rice-based food, algae formula and fish and other seafood were also apparent sources of iAs. Diet quality is becoming a key determinant on the environment-water-soil-food-human health axis.

Due to its chemical stability and the tendency to bioaccumulate, iAs is considered a persistent pollutant that is still present in the environment, including in food and drinking water. Rice (brown husked rice that retains the bran) and rice-based products (wafers, crackers, biscuits, rusks, cookies, flakes, flour and rice popped), contains high levels of iAs.

Rice protein-based infant formulas and products young children (including rice drinks) constitute an option in case of an allergy to cow's milk protein, therefore levels of these contaminants should be carefully controlled. Rice drinks as substitutes for cow's milk should not be used in infants and young children.

When choosing food, consumers should follow a varied diet and, if possible, vary the types of grains they consume. In order to look for methods to reduce iAs, some studies also investigate genetically modified rice that would accumulate less arsenic in rice grains. To reduce exposure to iAs, it is recommended to polish grains, and rinse rice grains under water and then cooking it in excess water.

According to the latest EFSA opinion of 2021, to ensure consumers' health safety, it is recommended to introduce further limits for inorganic arsenic and to constantly monitor the content of arsenic in foodstuffs available on the market.

PODSUMOWANIE

Dla człowieka głównym źródłem arsenu (As) jest żywność i woda, z powodu zanieczyszczenia środowiska oraz działalności antropogenicznej człowieka. Nieorganiczne formy arsenu (iAs) są najbardziej szkodliwe dla zdrowia. Spośród różnych produktów, największe stężenia iAs stwierdzane są w ryżu i produktach na bazie ryżu. Dieta oparta na ryżu i jego przetworach, szczególnie w populacji niemowląt i małych dzieci, a także osób z celiakią i/lub nietolerancją glutenu, może stanowić istotny problem zdrowotny. Wśród dorosłych osób ryż i produkty na bazie ryżu, preparaty z alg oraz ryby i inne owoce morza, również są ważnymi źródłami iAs. Jakość produkowanej żywności staje się kluczowym wyznacznikiem w systemie środowisko-woda-gleba-żywność a zdrowie człowieka.

Ze względu na stabilność chemiczną i tendencję do bioakumulacji, iAs jest uważany za trwałe zanieczyszczenie, które nadal występuje w środowisku, w tym w żywności i wodzie pitnej. Ryż (brązowy ryż łuskany, który zachowuje otręby) i produkty na bazie ryżu (wafle, krakersy, herbatniki, sucharki, ciastka, płatki, mąka i ryż preparowany) zawierają wysoki poziom iA.

Preparaty dla niemowląt i małych dzieci na bazie białka ryżu (m.in. napoje ryżowe) są opcją dla niemowląt z alergią na białko mleka krowiego, dlatego należy objąć szczególną kontrolą poziomy zanieczyszczeń iAs. Pobranie z diety iAs

przez małe dzieci prawdopodobnie może wpłynąć na zdrowie w dłuższej perspektywie. Napojów roślinnych ryżowych jako substytutów mleka krowiego nie należy stosować u niemowląt i małych dzieci.

Konsumenci przy wyborze żywności powinni stosować urozmaiconą dietę i, jeśli to możliwe, zróżnicować rodzaje spożywanych zbóż. Niektóre badania wskazują na możliwość zastosowania genetycznie zmodyfikowanego ryżu, który gromadziłby mniej arsenu w ziarnach. Aby zmniejszyć

nażenie na iAs, technologicznie zalecane się polerowanie ziaren ryżu, jak również płukanie pod bieżącą wodą, a następnie gotowanie w większej ilości wody.

Zgodnie z najnowszą opinią EFSA z 2021 r aby zapewnić bezpieczeństwo zdrowotne konsumentów zalecane jest wprowadzenie limitów dla arsenu nieorganicznego dla kolejnych produktów oraz stałe monitorowanie zawartości arsenu w środkach spożywczych dostępnych na rynku.

REFERENCES

- [1] **ABUAWAD A., A.K. BOZACK, S. ROHEENI, M.V. GAMBLE. 2021.** "Nutrition, one-carbon metabolism and arsenic methylation". *Toxicology* 457: 152803.
- [2] **ATIAGA O, L.M. NUNES, X.L. OTERO. 2020.** "Effect of cooking on arsenic concentration in rice". *Environmental Science and Pollution Research International* 27(10): 10757–10765.
- [3] **BABAR M., A. TARIQ. 2018.** "Status of Arsenic Toxicity in the World". *Mechanisms of Arsenic Toxicity and Tolerance in Plants* 457–481.
- [4] **BAE S., E. KAMYNINA, H.M. GUETTERMAN, A.F. FARINOLA, M.A. CAUDILL, R.J. BERRY, P.A. CASSANO, P.J. STOVER. 2021.** "Provision of folic acid for reducing arsenic toxicity in arsenic-exposed children and adults". *Cochrane Database of Systematic Reviews* 10:CD012649.
- [5] **BISWAS, J.K., M. WARKE, R. DATTA. 2020.** "Is Arsenic in Rice a Major Human Health Concern?". *Human Health Effects of Environmental Pollution* 6: 37–42.
- [6] **BORAH G., P. MUDOI, P. BORAH. 2021.** Arsenic contamination in water resources and its health risk assessment". *Contamination of Water*: 187–198.
- [7] **CARLIN D.J., M.F. NAUJOKAS, K.D. BRADHAM, J. COWDEN, M. HEACOCK, H.F. HENRY, J.S. LEE, D.J. THOMAS, C. THOMPSON, E.J. TOKAR. 2015.** "Arsenic and environmental health: State of the science and future research opportunities". *Environmental Health Perspectives* 124: 890–899.
- [8] **CHENGJUN L.I., J. WANG, B. YAN, M. AI-JUN, H. ZHONG, W. ZHANG, L.Q. MA. 2021.** "Progresses and emerging trends of arsenic research in the past 120 years". *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 51:13, 1306–1353.
- [9] **Codex Alimentarius FAO/WHO. 2017.** Code of Practice for the prevention and reduction of arsenic contamination in rice. CXC 77-2017, https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXC%2B77-2017%252FCXC_077e.pdf

REFERENCES

- [1] **ABUAWAD A., A.K. BOZACK, S.ROHEENI, M.V. GAMBLE. 2021.** "Nutrition, one-carbon metabolism and arsenic methylation". *Toxicology* 457: 152803.
- [2] **ATIAGA O, L.M. NUNES, X.L. OTERO. 2020.** "Effect of cooking on arsenic concentration in rice". *Environmental Science and Pollution Research International* 27(10):10757–10765.
- [3] **BABAR M., A. TARIQ. 2018.** "Status of Arsenic Toxicity in the World". *Mechanisms of Arsenic Toxicity and Tolerance in Plants* 457–481.
- [4] **BAE S., E. KAMYNINA, H.M. GUETTERMAN, A.F. FARINOLA, M.A. CAUDILL, R.J. BERRY, P.A. CASSANO, P.J. STOVER. 2021.** "Provision of folic acid for reducing arsenic toxicity in arsenic-exposed children and adults". *Cochrane Database of Systematic Reviews* 10:CD012649.
- [5] **BISWAS, J.K., M. WARKE, R. DATTA. 2020.** "Is Arsenic in Rice a Major Human Health Concern?". *Human Health Effects of Environmental Pollution* 6: 37–42.
- [6] **BORAH G., P. MUDOI, P. BORAH. 2021.** Arsenic contamination in water resources and its health risk assessment". *Contamination of Water*: 187–198.
- [7] **CARLIN D.J., M.F. NAUJOKAS, K.D. BRADHAM, J. COWDEN, M. HEACOCK, H.F. HENRY, J.S. LEE, D.J. THOMAS, C. THOMPSON, E.J. TOKAR. 2015.** "Arsenic and environmental health: State of the science and future research opportunities". *Environmental Health Perspectives* 124: 890–899.
- [8] **CHENGJUN L.I., J. WANG, B. YAN, M. AI-JUN, H. ZHONG, W. ZHANG, L.Q. MA. 2021.** "Progresses and emerging trends of arsenic research in the past 120 years". *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 51:13, 1306–1353.
- [9] **Codex Alimentarius FAO/WHO. 2017:** Code of Practice for the prevention and reduction of arsenic contamination in rice. CXC 77-2017, https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXC%2B77-2017%252FCXC_077e.pdf

- [10] **Commission Regulation (EU). 2015.** Commission Regulation 2015/1006 of 25 June 2015 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards **maximum levels** of inorganic arsenic in foodstuffs. Official Journal of the EU, 2015, L161/14 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02006R1881-20210919>
- [11] **Commission Recommendation (EU). 2018.** Commission Recommendation 2018/464 of 19 March 2018 on the **monitoring** of metals and iodine in seaweed, halophytes and products based on seaweed. Official Journal of the EU, 2018, L79/16; <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32018H0464&from=PL>
- [12] **CUBADDA F., B. JACKSON, K. COTTINGHAM, Y. VAN HORNE, M. KURZIUS-SPENCER. 2017.** "Human exposure to dietary inorganic arsenic and other arsenic species: State of knowledge, gaps and uncertainties". *Science of the Total Environment* 579: 1228–1239.
- [13] **DAVIS M., A. SIGNES-PASTOR, M. ARGOS, F. SLAUGHTER, C. PENDERGRAST, T. PUNSHON, A. GOSSAI, H. AHSAN, M. KARAGAS. 2017.** "Assessment of human dietary exposure to arsenic through rice". *Science of The Total Environment* 586: 1237–1244.
- [14] **EFSA. 2009.** Scientific Opinion on Arsenic in Food. *EFSA Journal*: 7,10, 1351, 199 pp.
- [15] **EFSA. 2014.** Scientific report. Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population, *EFSA Journal*: 12, 3, 3597, 68 pp.
- [16] **EFSA. 2021.** Scientific report. Chronic dietary exposure to inorganic arsenic. *EFSA Journal*: 19, 1, e06380.
- [17] **ESTHER F.A. P. J.C.M. BRANDON, J.L. DE WIT-BOS. 2014.** "Arsenic: bioaccessibility from seaweed and rice, dietary exposure calculations and risk assessment" *Food Additives & Contaminants: Part A*, 31:12: 1993–2003.
- [18] **GIS. 2020.** Dane dotyczące jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi za 2020 r. <https://dane.gov.pl/pl/dataset/36,dane-dotyczace-stanu-sanitarne-go-jakosci-wody-przeznaczonej-do-spozycia/resource/33182/table>
- [19] **GONZÁLEZ N., J. CALDERÓN, A. RÚBIES, J. BOSCH, I. TIMONER, V. CASTELL, M. MARQUÈS, M. NADAL, J.L. DOMINGO. 2020.** "Dietary exposure to total and inorganic arsenic via rice and rice-based products consumption". *Food and Chemical Toxicology* 141: 111420.
- [20] **GU Z., S. DE SILVA, S. M. REICHMAN. 2020.** "Arsenic Concentrations and Dietary Exposure in Rice-Based Infant Food in Australia". *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(2): 415.
- [10] **Commission Regulation (EU). 2015.** Commission Regulation 2015/1006 of 25 June 2015 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of inorganic arsenic in foodstuffs. Official Journal of the EU, 2015, L161/14 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02006R1881-20210919>
- [11] **Commission Recommendation (EU). 2018.** Commission Recommendation 2018/464 of 19 March 2018 on the monitoring of metals and iodine in seaweed, halophytes and products based on seaweed. Official Journal of the EU, 2018, L79/16; <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32018H0464&from=PL>
- [12] **CUBADDA F., B. JACKSON, K. COTTINGHAM, Y. VAN HORNE, M. KURZIUS-SPENCER. 2017.** "Human exposure to dietary inorganic arsenic and other arsenic species: State of knowledge, gaps and uncertainties". *Science of the Total Environment* 579: 1228–1239.
- [13] **DAVIS M., A. SIGNES-PASTOR, M. ARGOS, F. SLAUGHTER, C. PENDERGRAST, T. PUNSHON, A. GOSSAI, H. AHSAN, M. KARAGAS. 2017.** "Assessment of human dietary exposure to arsenic through rice". *Science of The Total Environment* 586: 1237–1244.
- [14] **EFSA. 2009.** Scientific Opinion on Arsenic in Food. *EFSA Journal*: 7,10, 1351, 199 pp.
- [15] **EFSA. 2014.** Scientific report. Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population, *EFSA Journal*: 12, 3, 3597, 68 pp.
- [16] **EFSA. 2021.** Scientific report. Chronic dietary exposure to inorganic arsenic. *EFSA Journal*: 19, 1, e06380.
- [17] **ESTHER F.A. P. J.C.M. BRANDON, J.L. DE WIT-BOS. 2014.** "Arsenic: bioaccessibility from seaweed and rice, dietary exposure calculations and risk assessment" *Food Additives & Contaminants: Part A*, 31:12: 1993–2003.
- [18] **GIS. 2020.** Dane dotyczące jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi za 2020 r. <https://dane.gov.pl/pl/dataset/36,dane-dotyczace-stanu-sanitarne-go-jakosci-wody-przeznaczonej-do-spozycia/resource/33182/table>
- [19] **GONZALEZ N., J. CALDERON, A. RUBIES, J. BOSCH, I. TIMONER, V. CASTELL, M. MARQUES, M. NADAL, J.L. DOMINGO. 2020.** "Dietary exposure to total and inorganic arsenic via rice and rice-based products consumption". *Food and Chemical Toxicology* 141: 111420.
- [20] **GU Z., S. DE SILVA, S. M. REICHMAN. 2020.** "Arsenic Concentrations and Dietary Exposure in Rice-Based Infant Food in Australia". *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(2): 415.

- [21] GUNDERT-REMY U., G. DAMM, H. FOTH, A. FREYBERGER, T. GEBEL, K. GOLKA, C. RÖHL, T. SCHUPP, K.M. WOLLIN, J.G. HENGSTLER. 2015. "High exposure to inorganic arsenic by food: The need for risk reduction." *Arch. Toxicol.* 89: 2219–2227.
- [22] HOJSAK I. C., BRAEGGER, J. BRONSKY, C. CAMPOY, V. COLOMB, T. DECSI, M. DOMELLÖF, M. FEWTRELL, N. FIDLER; W. MIHATSCH, C. MOLGAARD, J. VAN GOUDOVER, FOR THE ESPGHAN COMMITTEE ON NUTRITION. 2015. "Arsenic in Rice". *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition* 60: 142–145.
- [23] HUGHES M.F., B.D. BECK, Y. CHEN, A.S. LEWIS, D.J. THOMAS. 2011. "Arsenic Exposure and Toxicology. A Historical Perspective". *Toxicological Sciences*, 123(2): 305–332.
- [24] IARC 2012. *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. A Review of Human Carcinogens: Arsenic, Metals, Fibres, and Dusts*, vol. 100C. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer, pp. 41–93.
- [25] ICHIKAWA S., M. KOMOSHIDA, K. HANAOKA, M. HAMANO, T. MAITANI, T. KAISE. 2006. "Decrease of arsenic in edible brown algae *Hijikia fusi forme* by the cooking process". *Applied Organometallic Chemistry* 20: 585–590.
- [26] ISLAM S., M.M. RAHMAN, M.A. RAHMAN, R. NAIDU. 2017. "Inorganic arsenic in rice and rice-based diets: health risk assessment". *Food Control* 82: 196–202.
- [27] KUMARATHILAKA P., S. SENEWEERA, Y.S. OKD, A. MEHARGE, J. BUNDSCHUH. 2019. "Arsenic in cooked rice foods: assessing health risks and mitigation options". *Environment International* 127: 584–591.
- [28] LAI P.Y., K.L. COTTINGHAM, C. STEINMAUS, M.R. KARAGAS, M.D. MILLER. 2015. "Arsenic and Rice: Translating Research to Address Health Care Providers' Needs". *Journal of Pediatrics* 167: 797–803.
- [29] MANIA M., M. REBENIAK, T. SZYNAL, K. STARSKA, M. WOJCIECHOWSKA-MAZUREK, J. POSTUPOLSKI. 2017. „Ocena narażenia ludności Polski na toksyczne działanie związków arsenu obecnych w ryżu i produktach ryżowych”. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny* 68: 339–346.
- [30] MANIA M., M. REBENIAK, T. SZYNAL, M. WOJCIECHOWSKA-MAZUREK, K. STARSKA, J. LENDZION, J. POSTUPOLSKI. 2015. "Total and inorganic arsenic in fish, seafood and seaweeds - exposure assessment". *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny* 66: 203–210.
- [21] GUNDERT-REMY U., G. DAMM, H. FOTH, A. FREYBERGER, T. GEBEL, K. GOLKA, C. ROHL, T. SCHUPP, K.M. WOLLIN, J.G. HENGSTLER. 2015. "High exposure to inorganic arsenic by food: The need for risk reduction". *Arch. Toxicol.* 89: 2219–2227.
- [22] HOJSAK I. C., BRAEGGER, J. BRONSKY, C. CAMPOY, V. COLOMB, T. DECSI, M. DOMELLOF, M. FEWTRELL, N. FIDLER; W. MIHATSCH, C. MOLGAARD, J. VAN GOUDOVER, FOR THE ESPGHAN COMMITTEE ON NUTRITION. 2015. "Arsenic in Rice". *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition* 60: 142–145.
- [23] HUGHES M.F., B.D. BECK, Y. CHEN, A.S. LEWIS, D.J. THOMAS. 2011. "Arsenic Exposure and Toxicology. A Historical Perspective". *Toxicological Sciences*, 123(2): 305–332.
- [24] IARC 2012: *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. A Review of Human Carcinogens: Arsenic, Metals, Fibres, and Dusts*, vol. 100C. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer, pp. 41–93.
- [25] ICHIKAWA S., M. KOMOSHIDA, K. HANAOKA, M. HAMANO, T. MAITANI, T. KAISE. 2006. "Decrease of arsenic in edible brown algae *Hijikia fusi forme* by the cooking process". *Applied Organometallic Chemistry* 20: 585–590.
- [26] ISLAM S., M.M. RAHMAN, M.A. RAHMAN, R. NAIDU. 2017. "Inorganic arsenic in rice and rice-based diets: health risk assessment". *Food Control* 82: 196–202.
- [27] KUMARATHILAKA P., S. SENEWEERA, Y.S. OKD, A. MEHARGE, J. BUNDSCHUH. 2019. "Arsenic in cooked rice foods: assessing health risks and mitigation options". *Environment International* 127: 584–591.
- [28] LAI P.Y., K.L. COTTINGHAM, C. STEINMAUS, M.R. KARAGAS, M.D. MILLER. 2015. "Arsenic and Rice: Translating Research to Address Health Care Providers' Needs". *Journal of Pediatrics* 167: 797–803.
- [29] MANIA M., M. REBENIAK, T. SZYNAL, K. STARSKA, M. WOJCIECHOWSKA-MAZUREK, J. POSTUPOLSKI. 2017: „Ocena narażenia ludności Polski na toksyczne działanie związków arsenu obecnych w ryżu i produktach ryżowych”. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny* 68: 339–346.
- [30] MANIA M., M. REBENIAK, T. SZYNAL, M. WOJCIECHOWSKA-MAZUREK, K. STARSKA, J. LENDZION, J. POSTUPOLSKI. 2015. "Total and inorganic arsenic in fish, seafood and seaweeds – exposure assessment". *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny* 66: 203–210.

- [31] MARCINIAK W., R. DERKACZ, M. MUSZYŃSKA, P. BASZUK, J. GRONWALD, T. HUZARSKI, C. CYBULSKI, A. JAKUBOWSKA, M. FALCO, T. DĘBNIAK, M. LENER, O. OSZUREK, K. PULLELLA, J. KOTSOPOULOS, P. SUN, S.A. NAROD, J. LUBIŃSKI. 2020. "Blood arsenic levels and the risk of familial breast cancer in Poland". *International Journal of Cancer* 146(10): 2721–2727.
- [32] MARTINEZ V.D., W.L. LAM. 2021. "Health Effects Associated With Pre- and Perinatal Exposure to Arsenic". *Frontiers in Genetics* 12: 664717.
- [33] MISE N., M. OHTSU, A. IKEGAMI, A. MIZUNO, X. CUI, Y. KOBAYASHI, Y. NAKAGI, K. NOHARA, T. YOSHIDA, F. KAYAMA. 2019. "Hi-jiki seaweed consumption elevates levels of inorganic arsenic intake in Japanese children and pregnant women". *Food Additives and Contaminants: Part A* 36(1): 84–95.
- [34] MOJSKA H. 2016. Arsen w ryżu: czy stanowi ryzyko dla zdrowia niemowląt i małych dzieci? Konsensus Komitetu Żywienia Europejskiego Towarzystwa Gastroenterologii, Hepatologii i Żywienia Dzieci ESPGHAN. *Standardy Medyczne. PEDIATRIA* 13 (1): 18–20.
- [35] NAVAS-ACIEN A., M.I. SPRATLEN, A. ABUAWAD, N.J. LOIACONO, A.K. BOZACK, M.V. GAMBLE. 2019. "Early-Life Arsenic Exposure, Nutritional Status, and Adult Diabetes Risk". *Current Diabetes Reports* 19(12):147.
- [36] POGOSON E., M. CAREY, C. MEHARG, A.A. MEHARG. 2021. "Reducing the cadmium, inorganic arsenic and dimethylarsinic acid content of rice through food-safe chemical cooking pre-treatment". *Food Chemistry* 338: 127842.
- [37] PULLELLA K., J. KOTSOPOULOS. 2020. "Arsenic Exposure and Breast Cancer Risk: A Re-Evaluation of the Literature". *Nutrients* 12(11), 3305.
- [38] RAHAMAN M, M. RAHMAN, N. MISE, T. SIKDER, G. ICHIHARA, M. UDDIN, M. KURASAKI, S. ICHIHARA. 2021. "Environmental arsenic exposure and its contribution to human diseases, toxicity mechanism and management". *Environmental Pollution* 289:117940.
- [39] GUILLOD-MAGNIN R., B.J. BRÜSCHWEILER, R. AUBERT, M. HALDIMANN. 2018. "Arsenic species in rice and rice-based products consumed by toddlers in Switzerland". *Food Additives & Contaminants: Part A*, 35:6, 1164–1178.
- [40] **Rozporządzenie Ministra Zdrowia** z dnia 31 marca 2011 r. w sprawie naturalnych wód mineralnych, wód źródlanych i wód stołowych. Dz.U. 2011 nr 85 poz. 466 <http://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20110850466/O/D20110466.pdf>
- [31] MARCINIAK W., R. DERKACZ, M. MUSZYŃSKA, P. BASZUK, J. GRONWALD, T. HUZARSKI, C. CYBULSKI, A. JAKUBOWSKA, M. FALCO, T. DEBNIAK, M. LENER, O. OSZUREK, K. PULLELLA, J. KOTSOPOULOS, P. SUN, S.A. NAROD, J. LUBINSKI. 2020. "Blood arsenic levels and the risk of familial breast cancer in Poland". *International Journal of Cancer* 146(10): 2721–2727.
- [32] MARTINEZ V.D., W.L. LAM. 2021. "Health Effects Associated With Pre- and Perinatal Exposure to Arsenic". *Frontiers in Genetics* 12:664717.
- [33] MISE N., M. OHTSU, A. IKEGAMI, A. MIZUNO, X. CUI, Y. KOBAYASHI, Y. NAKAGI, K. NOHARA, T. YOSHIDA, F. KAYAMA. 2019. "Hi-jiki seaweed consumption elevates levels of inorganic arsenic intake in Japanese children and pregnant women". *Food Additives and Contaminants: Part A* 36(1): 84–95.
- [34] MOJSKA H. 2016. Arsen w ryżu: czy stanowi ryzyko dla zdrowia niemowląt i małych dzieci? Konsensus Komitetu Żywienia Europejskiego Towarzystwa Gastroenterologii, Hepatologii i Żywienia Dzieci ESPGHAN. *Standardy Medyczne. PEDIATRIA* 13 (1): 18–20.
- [35] NAVAS-ACIEN A., M.I. SPRATLEN, A. ABUAWAD, N.J. LOIACONO, A.K. BOZACK, M.V. GAMBLE. 2019. "Early-Life Arsenic Exposure, Nutritional Status, and Adult Diabetes Risk". *Current Diabetes Reports* 19(12):147.
- [36] POGOSON E., M. CAREY, C. MEHARG, A.A. MEHARG. 2021. "Reducing the cadmium, inorganic arsenic and dimethylarsinic acid content of rice through food-safe chemical cooking pre-treatment". *Food Chemistry* 338: 127842.
- [37] PULLELLA K., J. KOTSOPOULOS. 2020. "Arsenic Exposure and Breast Cancer Risk: A Re-Evaluation of the Literature". *Nutrients* 12(11), 3305.
- [38] RAHAMAN M, M. RAHMAN, N. MISE, T. SIKDER, G. ICHIHARA, M. UDDIN, M. KURASAKI, S. ICHIHARA. 2021. "Environmental arsenic exposure and its contribution to human diseases, toxicity mechanism and management". *Environmental Pollution* 289:117940.
- [39] GUILLOD-MAGNIN R., B.J. BRUSCHWEILER, R. AUBERT, M. HALDIMANN. 2018. "Arsenic species in rice and rice-based products consumed by toddlers in Switzerland". *Food Additives & Contaminants: Part A*, 35:6, 1164–1178.
- [40] **Rozporządzenie Ministra Zdrowia** z dnia 31 marca 2011 r. w sprawie naturalnych wód mineralnych, wód źródłanych i wód stołowych. Dz.U. 2011 nr 85 poz. 466 <http://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20110850466/O/D20110466.pdf>

- [41] **Rozporządzenie Ministra Zdrowia** z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz.U. 2017 poz. 2294 <http://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20170002294/O/D20172294.pdf>
- [42] **SANYAL T, P. BHATTACHARJEE, S. PAUL, P. BHATTACHARJEE. 2020.** “Recent Advances in Arsenic Research: Significance of Differential Susceptibility and Sustainable Strategies for Mitigation”. *Frontiers in Public Health* 8: 464.
- [43] **SHARMA A., S.J.S. FLORA. 2018.** “Nutritional management can assist a significant role in alleviation of arsenicosis”. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 45: 11–20.
- [44] **SIGNES-PASTOR A.J., J. VIOQUE, E.M. NAVARRETE-MUÑOZ, M. CAREY, M. GARCÍA DE LA HERA, J. SUNYER, M. CASAS, I. RIAÑO-GALÁN, A. TARDÓN, S. LLOP, R. AMORÓS, P. AMIANO, J.R. BILBAO, M.R. KARAGAS, A.A. MEHARG. 2017.** “Concentrations of urinary arsenic species in relation to rice and seafood consumption among children living in Spain”. *Environmental Research*, 159: 69–75.
- [45] **SIJKO M., L. KOZŁOWSKA. 2021.** “Influence of Dietary Compounds on Arsenic Metabolism and Toxicity. Part II – Human Studies”. *Toxics* 9(10): 259.
- [46] **SINHA D., P. PRASAD. 2019.** “Health effects inflicted by chronic low-level arsenic contamination in groundwater: A global public health challenge”. *Journal of Applied Toxicology* 40: 87–131.
- [47] **SLOTH J.J., K. JULSHAMN. 2008.** “Survey of total and inorganic arsenic content in blue mussels (*Mytilus edulis* L.) from Norwegian fjords: Revelation of unusual high levels of inorganic arsenic”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56, pp. 1269–1273.
- [48] **SZAJEWSKA H., P. SOCHA, A. HORVATH I WSP. 2021.** „Zasady żywienia zdrowych niemowląt”. *Stanowisko Polskiego Towarzystwa Gastroenterologii, Hepatologii i Żywienia Dzieci. Standardy Medyczne/Pediatrics* 8: 805–822.
- [49] **TSUJI J., K. LENNOX, H. WATSON, E. CHANG. 2021.** “Essential Concepts for Interpreting the Dose-Response of Low-Level Arsenic Exposure in Epidemiological Studies”. *Toxicology*, 457: 152801.
- [50] **WANG S. 2017.** “Accumulation of heavy metals in soil-crop systems: a review for wheat and corn”. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 24 (18), pp. 15209–15225.
- [51] **WHO. 2011.** Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Arsenic (Addendum) [In:] Safety evaluation of certain contaminants in food; WHO Geneva, Food Additives Series, No 63, 153–316.
- [52] **WHO. 2019.** “Preventing disease through healthy environments: Exposure to arsenic: a major public health concern”. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/329482/WHO-CED-PHE-EPE-19.4.1-eng.pdf>
- [41] **Rozporządzenie Ministra Zdrowia** z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz.U. 2017 poz. 2294 <http://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20170002294/O/D20172294.pdf>
- [42] **SANYAL T, P. BHATTACHARJEE, S. PAUL, P. BHATTACHARJEE. 2020.** “Recent Advances in Arsenic Research: Significance of Differential Susceptibility and Sustainable Strategies for Mitigation”. *Frontiers in Public Health* 8: 464.
- [43] **SHARMA A., S.J.S. FLORA. 2018.** “Nutritional management can assist a significant role in alleviation of arsenicosis”. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 45: 11–20.
- [44] **SIGNES-PASTOR A.J., J. VIOQUE, E.M. NAVARRETE-MUNOZ, M. CAREY, M. GARCIA DE LA HERA, J. SUNYER, M. CASAS, I. RIANOGALAN, A. TARDON, S. LLOP, R. AMOROS, P. AMIANO, J.R. BILBAO, M.R. KARAGAS, A.A. MEHARG. 2017.** “Concentrations of urinary arsenic species in relation to rice and seafood consumption among children living in Spain”. *Environmental Research*, 159: 69–75.
- [45] **SIJKO M., L. KOZŁOWSKA. 2021.** “Influence of Dietary Compounds on Arsenic Metabolism and Toxicity. Part II – Human Studies”. *Toxics* 9(10): 259.
- [46] **SINHA D., P. PRASAD. 2019.** “Health effects inflicted by chronic low-level arsenic contamination in groundwater: A global public health challenge”. *Journal of Applied Toxicology* 40: 87–131.
- [47] **SLOTH J.J., K. JULSHAMN. 2008.** “Survey of total and inorganic arsenic content in blue mussels (*Mytilus edulis* L.) from Norwegian fjords: Revelation of unusual high levels of inorganic arsenic”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56, pp. 1269–1273.
- [48] **SZAJEWSKA H., P. SOCHA, A. HORVATH I WSP. 2021.** “Zasady żywienia zdrowych niemowląt”. *Stanowisko Polskiego Towarzystwa Gastroenterologii, Hepatologii i Żywienia Dzieci. Standardy Medyczne/Pediatrics* 8: 805–822.
- [49] **TSUJI J., K. LENNOX, H. WATSON, E. CHANG. 2021.** “Essential Concepts for Interpreting the Dose-Response of Low-Level Arsenic Exposure in Epidemiological Studies”. *Toxicology*, 457: 152801.
- [50] **WANG S. 2017.** “Accumulation of heavy metals in soil-crop systems: a review for wheat and corn”. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 24 (18), pp. 15209–15225.
- [51] **WHO. 2011.** Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Arsenic (Addendum) [In:] Safety evaluation of certain contaminants in food; WHO Geneva, Food Additives Series, No 63, 153–316.
- [52] **WHO. 2019.** “Preventing disease through healthy environments: Exposure to arsenic: a major public health concern”. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/329482/WHO-CED-PHE-EPE-19.4.1-eng.pdf>

- [53] **YONG J.J., H.H. KYUNG, J.K. DAE. 2015.** "New risk factors for obesity and diabetes: Environmental chemicals". *Journal Diabetes Investigation* 6(2): 109–111.
- [54] **ZHOU Z., G. YANG, P. XUN, W. QIANG, K. SHAO. 2021.** "Bioaccessibility of Inorganic Arsenic in Rice: Probabilistic Estimation and Identification of Influencing Factors". *Food Reviews International* 1970762.
- [55] **ZWOLAK I. 2020.** "The Role of Selenium in Arsenic and Cadmium Toxicity: an Updated Review of Scientific Literature". *Biological Trace Element Research* 193(1): 44–63.

- [53] **YONG J.J., H.H. KYUNG, J.K. DAE. 2015.** "New risk factors for obesity and diabetes: Environmental chemicals". *Journal Diabetes Investigation* 6(2): 109–111.
- [54] **ZHOU Z., G. YANG, P. XUN, W. QIANG, K. SHAO. 2021.** "Bioaccessibility of Inorganic Arsenic in Rice: Probabilistic Estimation and Identification of Influencing Factors". *Food Reviews International* 1970762.
- [55] **ZWOLAK I. 2020.** "The Role of Selenium in Arsenic and Cadmium Toxicity: an Updated Review of Scientific Literature". *Biological Trace Element Research* 193(1): 44–63.

Prof. dr hab. Stanisław DAWIDZIUK
Dr Jan BOGUSKI
Wyższa Szkoła Menedżerska w Warszawie, Polska
Warsaw Management University, Poland

ZARZĄDZANIE SZKOŁĄ WYŻSZĄ W OKRESIE PANDEMII KORONAWIRUSA SARS-COV-2®

Higher School Management in the period of the SARS-CoV-2 coronavirus pandemic®

Słowa kluczowe: pandemia, Covid 19, szkoła wyższa, edukacja, zarządzanie, koronawirus.

Żyjemy w świecie, który jest niespokojny i niepewny. Targają nim różne kryzysy. Sytuacje kryzysowe stają się normą dla wielu organizacji i instytucji. Pojawiające się różnego rodzaju zagrożenia zaczynają oddziaływać na struktury i funkcjonowanie organizacji na całym świecie. Jednym z tych zagrożeń jest epidemia koronawirusa SARS-Cov 2, która dezorganizuje państwa, społeczeństwa i gospodarki na całym świecie. Wspomniana choroba wprowadziła chaos i niepewność. Przerwała spokojne życie wsi i miast. Epidemia zmieniła styl życia i pracy ludzi na świecie. Wśród organizacji i instytucji zagrożonych chaosem znalazły się szkoły wyższe. Od prawie dwóch lat muszą zmagać się z jej następstwami, dostosowując działalność do obowiązujących norm i zaleceń sanitarnych.

Key words: pandemic, Covid 19, college, education, management, coronavirus.

We live in a world that is restless and uncertain. Various crises plague him. Crisis situations are becoming the norm for many organizations and institutions. The emerging threats of various kinds begin to affect the structures and functioning of organizations around the world. One of these threats is the SARS-Cov 2 coronavirus epidemic, which is disrupting countries, societies and economies around the world. The aforementioned disease introduced chaos and uncertainty. It broke the peaceful life of villages and cities. The epidemic changed the way people live and work around the world. Universities are among the organizations and institutions threatened by chaos. For almost two years, they have had to deal with its consequences, adjusting their activities to the applicable sanitary norms and recommendations.

WPROWADZENIE

Celem artykułu jest analiza funkcjonowania szkoły wyższej w warunkach zagrożenia pandemią. Metodą badawczą są studia literaturowe oraz własne obserwacje związane ze współczesną sytuacją w kraju.

Jeszcze kilkanaście lat temu naukowcy nie wymieniali pandemii wśród zagrożeń, które mogły wywołać chaos na świecie. Wskazywali natomiast na takie czynniki kryzysogene jak postęp techniczny, dokonująca się rewolucja informatyczna, tworzone przełomowe technologie oraz innowacyjne rozwiązania, a także wchodzące gospodarki, hiperkonkurencję, środowisko a ponadto wzrost siły ze strony klienta[9]. Nikt nie przypuszczał, że w bliskiej przyszłości pojawi się wirus, który zmieni w koszmar życie milionów ludzi.

Od lat siedemdziesiątych XX wieku otoczenie wokół nas stało się coraz bardziej niestabilne. Świat wkroczył w okres nieciągłości. Przeszłość nie jest już prognozą na przyszłość[12]. Różne wyzwania zaczęły kumulować się. W wyniku nagromadzenia się problemów doszło w późniejszych latach do przejścia z normalności do turbulencji[9]. Tego typu sytuacja zaczęła zmieniać społeczeństwo, gospodarkę

i państwo. Dziś cały świat boryka się z problemem epidemii, która stanowi poważne zagrożenie dla zdrowia oraz działań ludzkich.

Trwa spór, czy wydarzenia związane z pandemią są nowe, czy stanowią nową odsłonę. Jeszcze przed jej nastaniem J. Hagel i J.Seely Brown twierdzili, że: „Żyjemy w trudnych czasach, ale stojące przed nami wyzwania nie są ani nowe, ani tymczasowe”[7]. Oznacza to, że historia kołem się toczy. Epidemie nawiedzają od dawna świat. Problem polega na tym, że zapomnieliśmy o nich. Nie przygotowaliśmy się na wyzwanie. Tego typu sytuacja rodzi konieczność poznawania pandemii oraz przygotowywania się do walki z nią [11]. Szerzej na jej temat oraz jaki wpływ wywiera na życie człowieka można przeczytać w książce pod redakcją T. Dzieciatkowskiego i J.K. Filipiaka [3].

Świat, który znaliśmy odszedł w niepamięć. W trudnej sytuacji znalazły się państwa, społeczeństwa i gospodarki. Połem walki z pandemią są od marca 2020 roku także szkoły wyższe w Polsce. Od tego momentu działają w warunkach permanentnego zagrożenia. Nie ucierpiały w takim stopniu jak inne podmioty sfery usług jednak wpływ pandemii jest na

tyłe silny, że zmuszone zostały zastosować zdalną lub hybrydową formę nauki oraz wprowadzić obostrzenia sanitarne.

Żyjemy w świecie, w którym występuje duża mobilność. Ludzie przemieszczają się z jednego kraju do drugiego, podejmują pracę lub naukę. Także i szkoły wyższe są miejscem, gdzie spotykają się studenci z różnych krajów świata. Tego typu sytuacja zmusza do szczególnej czujności. Następuje rozwój kontaktów międzynarodowych oraz umiędzynarodowienie kształcenia.

Angażując się w pracę i naukę, często zapominamy o różnych zagrożeniach. Lekceważymy je, gdy są niegroźne, ale zapominamy, że choroba nie zna litości. Pociąga za sobą niebezpieczeństwo zamknięcia szkół. Instytucje edukacyjne znalazły się wobec wyzwań, które często przerastają ich możliwości. W tego typu sytuacji wprowadzają one zarządzanie kryzysowe, aby walczyć z chaosem.

Epidemia zmieniła życie zawodowe i prywatne wielu ludzi. Ustanowienie sytuacji epidemicznej spowodowało w naszym kraju wiele ograniczeń w przestrzeni publicznej. Szczególnie było to widoczne przez kilka miesięcy w 2020 roku. Wówczas instytucje szkolne zostały zamknięte. Wprowadzony lockdown dotknął wiele organizacji w różnych branżach wywołując poważne straty finansowe.

Kryzys dotknął szkolnictwo wyższe. W miejsce stacjonarnych zajęć wprowadzono naukę zdalną. Wspomniane wydarzenie było szokiem dla studentów i wykładowców oraz władz uczelni. Nagle szkoły wyższe znalazły się w niezwykle trudnym położeniu. Zaczęły funkcjonować w reżimie sanitarnym. Niezbędne stało się wdrożenie wielu istotnych rozwiązań celem przeciwdziałania wzrostowi zachorowań wśród kadry dydaktycznej i studentów.

REŻIM SANITARNY W SZKOŁACH

Szkoły zaczęły zabezpieczać się w niezbędne środki oraz sprzęt dla zapewnienia bezpieczeństwa nauczycielom oraz studentom. Rozdawane są maseczki ochronne i rękawiczki. W salach i na korytarzach rozstawiono dozowniki z płynem do dezynfekcji rąk. Zwrócono uwagę na zachowanie dystansu społecznego w salach i na korytarzach. Nastąpił okres reżimu sanitarnego.

Wielu ludzi nie zdaje sobie sprawy, jak duże niebezpieczeństwo czyha wokół nich. Przyjęte przez władze państwowe oraz uczelnie regulacje prawne mają wpływ na funkcjonowanie instytucji edukacyjnej w reżimie sanitarnym. Obok ważnych zagadnień jak zapewnienie jakości kształcenia, rozbudzania kreatywności u studentów i innowacyjności, a także zaangażowania wśród pracowników, pojawiła się konieczność zachowania szczególnej ostrożności i czujności w związku z Covid 19. Każda osoba zatrudniona w szkole musi przejawiać podwyższoną świadomość istnienia zagrożenia własnego życia oraz innych osób.

Zapewnienie prawidłowego funkcjonowania szkole wyższej nie jest łatwym zadaniem. Wykonywanie prac musi przebiegać zgodnie z zaleceniami organów sanitarnych. W przypadku zajęć stacjonarnych i hybrydowych zwraca się uwagę na odpowiednie oznaczenia w salach, dozwoloną liczbę osób przypadającą na metr kwadratowy, przerwy i wietrzenie pomieszczeń, a także zachowanie dystansu w salach. Są to środki walki z zagrożeniem.

Zanim pojawiła się epidemia szkoły wyższe były oazą spokoju oraz miejscem nauki. Władze wychodziły z założenia, że ten stan rzeczy może trwać wiele lat. W związku z tym likwidowano stanowiska lekarza zakładowego oraz pielęgniarki. Nikt nie przypuszczał, że pojawi się „Efekt motyla”. Niepozorna epidemia w chińskim mieście Wuhan rozlała się na świat, zagrażając funkcjonowaniu ludzi i kierowanych przez nich instytucji i organizacji. To co było odległą przyszłością stało się rzeczywistością.

CYFROWA SZKOŁA

Współczesna szkoła staje się coraz bardziej naszpikowana zaawansowanymi technologiami. W powszechnym użyciu są różne urządzenia cyfrowe. Wspomagają komunikację międzyludzką oraz nauczanie poszczególnych przedmiotów, egzekwowanie wiedzy podczas zaliczeń i egzaminów.

Pojawienie się pandemii przyspieszyło proces cyfryzacji kształcenia w szkołach wyższych. Już wcześniej wprowadzano zachęty dla tych, którzy prowadzili zajęcia w systemie e-learningu, jednak nie spotykało się to z dużym zainteresowaniem ze strony kadry dydaktycznej.

W warunkach cyfryzacji nauczania znaczenia nabrały kompetencje informatyczne. Lekceważone przez lata technologie informacyjne stały się ważnym elementem życia społecznego. Dzięki nim możliwe stało się przenoszenie informacji[1]. Sięgnęły po nie uczelnie wyższe stając się instytucjami cyfrowymi.

Dokonujące się w państwach przełomy technologiczne wyzwalały nowe wyzwania. Philip Kotler i John A. Caslione zwracają uwagę, iż pod wpływem technologii informatycznych i informacyjnych doszło do znaczącej redukcji kosztów funkcjonowania organizacji i wzrostu sfery wytwarzania. Z drugiej strony zwiększyła się skala ryzyka oraz pojawiła się niepewność, którą odczuwają klienci i wytwórcy[9].

Wskutek wdrażania technologii cyfrowych dochodzi do licznych przeobrażeń w obszarze funkcjonowania instytucji oraz w samych procesach biznesowych[1]. To samo dotyczy działań w sferze procesów edukacyjnych i sprawia, że niezbędne staje się permanentne podnoszenie wspomnianych kompetencji w zakresie obsługi różnych platform cyfrowych. Tego typu działania warunkują prawidłowe funkcjonowanie szkoły wyższej.

ZDALNE NAUCZANIE

Kiedyś marzeniem wielu ludzi było, aby zakładać szkoły po wsiach i miastach. Szkoły były narzędziem walki z analfabetyzmem. Współczesny postęp w zakresie technologii cyfrowych sprawił, że stanęły one przed studentami otworem i są na wyciągnięcie ręki.

Przejście na nauczanie zdalne spowodowało, że uczelnia zbliżyła się do studenta. Siedząc wygodnie w fotelu, jest on wyposażony w odpowiedni sprzęt, oprogramowanie i przenosi się do wirtualnej sali wykładowej. To nowy wymiar kształcenia, który będzie się umacniał w przyszłości. Władze uczelni zdają sobie z tego sprawę i inwestują w technikę informatyczną i informacyjną.

Problem rozwijania zdalnego nauczania był poruszany w przeszłości przez środowisko uczelniane. Ján Bajtoš i Stanislav Dawidziuk stwierdzają, iż w przypadku kształcenia

na odległość prowadzący zajęcia nie spotyka się z uczniami, ani studentami. Uczenie odbywa się na odległość. Wykorzystywane są tu środki multimedialne, dzięki temu nauczyciel i uczniowie nie muszą ze sobą przebywać w konkretnym miejscu [13]. Jest to wygodne w przypadku, gdy student pracuje w odległym od szkoły mieście lub wsi i nie jest w stanie po pracy dojechać na czas na zajęcia. Dzięki nowym technologiom ma on zapewniony dostęp do wiedzy.

Charakteryzując nauczanie na odległość należy stwierdzić, iż obowiązują w nim następujące zasady: samokształcenia (uczący się sami wybierają czego pragną się uczyć oraz wybierają czas i miejsce), zasada indywidualizacji (zachodzi komunikacja pomiędzy nauczycielem a uczniem, pojawia się wsparcie psychologiczne oraz ma miejsce motywacja), zasada interaktywności (uczący się ma dostęp do niewielkich partii materiału i rozwiązuje zadania za co otrzymuje ocenę), zasada zastosowania multimediów (występują różnorodne środki przedstawiania treści kształcenia)[13].

W nauczaniu na odległość ma miejsce aktywizacja u studenta wszystkich zmysłów celem poznania przekazywanej wiedzy[13]. Tego typu sytuacja sprawia, że uchodzi ona za użyteczne narzędzie edukacji. Wielu ludzi nie potrafi gospodarować czasem. Posiada napięty grafik pracy. W przypadku nauki zdalnej może słuchać wykładów w pracy, o ile nie koliduje to z obowiązkami służbowymi.

Przejście studentów na tryb zdalny zmusza do myślenia. Każdy student musi wykazać się zdolnością obsługi sprzętu oraz umiejętnością pozyskiwania i gromadzenia wiedzy. Staje się uczestnikiem sieci, może zabierać głos w dyskusji i odpowiadać na pytania.

S. Dawidziuk zwraca uwagę, że prowadzone w nauczaniu metody powinny czynić studentów partnerami nauczyciela[2]. Zasada partnerstwa powinna obowiązywać w dobie nauczania zdalnego. To ważne, gdyż buduje atmosferę życzliwości i przyjaźni. Student pozbywa się stresu i jest w stanie zachować aktywność na zajęciach.

EPIDEMIA JAKO KATALIZATOR ZMIAN

Epidemia narzuca nowe schematy działania oraz stawia nowe wyzwania przed uczelniami wyższymi, jej pracownikami i studentami. W tych warunkach życie i praca nabierają tempa. W tym przyspieszeniu łatwo o błąd. Wymaga to pełnej koncentracji na zadaniach, które są do wykonania przy jednoczesnym zachowaniu permanentnej ostrożności w związku z zagrożeniem epidemicznym.

Nowe zagrożenia utrudniają życie ludziom. Wiele dotychczasowych prac jest wykonywanych w sieci internetowej. J. Hagel i J. Seely Brown zwracają uwagę na nowe możliwości, jakie niosą z sobą technologie informatyczne. Dostrzegają redukcję kosztów w zakresie interakcji jakie zachodzą w organizacjach oraz między nimi [7]. To co wcześniej nie mogło się ziszczyć stało się potrzebą chwili. Chodzi o usieciowienie społeczeństwa. Nagle ludzie poczuli konieczność pracy zdalnej. W związku z tym wzrosło zapotrzebowanie na komputery, oprogramowanie, dostęp do internetu. Zarządzanie szkołą nabrało charakteru hybrydowego. Spotkania kadry z pracownikami z zachowaniem reżimu sanitarnego lub przez sieci internetowe są już powszechne.

Przez długi okres czasu wielu nauczycieli wstrzymywało się ze stosowaniem technologii informacyjnych i informatycznych w edukacji. Wynikało to z braku dostatecznej wiedzy jak obsługiwać urządzenia techniczne, a także jak prowadzić za ich pomocą nauczanie zdalne. Efekt sali wypełnionej studentami oraz kontakty „twarzą w twarz” dominował w myśleniu wykładowców. Nagle trzeba było wszystko zmienić i działać w nowej rzeczywistości.

Obowiązek zajęć zdalnych zaskoczył wielu nauczycieli. Dla wielu z nich, zwłaszcza starszych, stał się wielkim wyzwaniem. Szkoły stanęły wobec konieczności prowadzenia szkoleń dla pracowników dydaktycznych. Czas nie był sprzymierzeńcem tylko wrogiem. Okazało się, że w okresie zagrożenia niemal wszyscy posiadli umiejętność korzystania z urządzeń cyfrowych. To potwierdza tezę, że w okresach zagrożenia ludzie wyzwalają w sobie nadludzkie siły aby rozwiązać problemy. Pokonują to co wcześniej wydawało się niewykonalne.

Zastosowanie w edukacji urządzeń cyfrowych ma charakter powszechny. Wszyscy studenci i dydaktycy posiadają własne lub pożyczone komputery. Tego typu sytuacja znacząco wpłynęła na tworzenie się społeczeństwa informacyjnego. Przez wiele lat koncepcja ta była w powijakach, aż nagle zaczęła wzrastać liczba użytkowników sieci internetowej. Nowe pokolenie szybko przyswoiło zdobycze techniki współczesnej. Zajęcia online stały się normą w każdej szkole.

KURCZĄCA SIĘ PRZESTRZEŃ SPOŁECZNA

Komunikacja uchodzi za istotne narzędzie zarządzania we wszystkich instytucjach i organizacjach. W przypadku szkół wyższych jest nieodzowna i obecna w różnych funkcjach zarządzania [6]. Dzięki niej można szybko rozwiązywać problemy organizacyjne.

Brak komunikacji utrudnia prawidłowe funkcjonowanie organizacjom[16]. Dzięki niej mogą wymieniać się informacjami. Epidemia wprowadziła zmiany w obszarze kultury. To co było kiedyś normą –jak zebrania w pracy, spotkania towarzyskie czy wielkie imprezy - zostało zmarginalizowane albo zabronione, ze względu na wprowadzenie dystansu społecznego. Ponadto ludzie wykształcili w sobie nowe nawyki zachowania. Nagle poczuli konieczność zapewnienia sobie ochrony przez chorobą. Zaczęli stosować środki dezynfekcji, zakładać maseczki na twarz oraz rękawiczki na dłonie.

Wprowadzenie dystansu społecznego doprowadziło do likwidacji pierwszego i drugiego pola interakcji w komunikacji. W normalnych warunkach ludzie komunikują się wchodząc ze sobą w pola interakcji. Można wyróżnić tu kilka tego typu stref. Pierwszą jest strefa intymna (do 45 cm) następnie osobista (między 45 cm a 1,2 metra), społeczna (między 1,2 metra a 3,5 metra) oraz publiczna (więcej niż 3,5 metra)[8].

Komunikację twarzą w twarz zastąpiła rozmowa osób przed ekranem komputera lub urządzeniem mobilnym. Życie środowiska studenckiego przeniosło się w dużej mierze do przestrzeni wirtualnej. Wiele spraw załatwia się przez internet. Jeśli dochodzi do bezpośredniej komunikacji odbywa się to przy zachowaniu reżimu sanitarnego. Odnotowuje się także liczne przypadki łamania obostrzeń w postaci nie przestrzegania nakazów noszenia maseczki czy skracania dystansu społecznego.

W okresie pandemii ludzie zaczynają powszechnie stosować ramy podczas interakcji społecznej. Wspomniane pojęcie to metafora użyta przez Erwina Goffmana. Przypomina ramę, w której znajduje się pewien obraz. Wszystko poza nią jest wyrzucane na zewnątrz[5]. Podobnie jest obecnie. Ludzie odzrucają inne osoby, gdyż boją się zagrożenia z ich strony. Stronią od nich. Widząc tylko zagrożenia, nie dostrzegają szans. Nie wiedzą, że w kryzysach rodzą się także nowe możliwości działania. Powstają różne pomysły na życie. Wiele organizacji pojawiło się na rynku podczas kryzysów. Ich twórcy wykorzystali szanse jakie pojawiły się na rynku.

Epidemia koronawirusa jest katalizatorem dynamicznego rozwoju technologii. Szczególnie widoczne jest to w obszarze informatycznym a także informacyjnym.

ZARZĄDZANIE W CHAOSIE

Niepewność i niestabilność w obrębie środowiska, w którym funkcjonuje szkoła sprawia, że niezbędna staje się nowa strategia, która uwzględniać będzie przyspieszenie jakim poddawane są organizacje. Na problem organizacji w ruchu zwracała w przeszłości uwagę Ewa Masłyk-Musiał. Wskazywała, że wiele z nich posiada zdolność adaptacji do owego przyspieszenia. Jako dowód wskazywała organizacje branży nowych technologii. Ich strategia osadzała się na zmiennym otoczeniu. W związku z tym nieustannie zmieniały się dając odpowiedź na wspomniane otoczenie, które wymuszało na nich te działania [10]. To samo dotyczy obecnie szkół wyższych. Opracowywane co kilka lat strategie rozwoju muszą być częściej modyfikowane a działania szkół dostosowywane do aktualnych szans i ograniczeń.

Jako podmiot rynku edukacyjnego szkoła wyższa powinna opracować model funkcjonowania w czasach chaosu. Niezbędne staje się utworzenie systemu wczesnego ostrzegania. Podstawą dla tego typu systemu są scenariusze rozwoju sytuacji. Dzięki temu można identyfikować źródła niepewności, a także właściwie przeciwstawiać się sytuacjom chaosu. Wszystko to za pomocą tworzenia scenariuszy. Na ich bazie można odpowiednio dobierać strategię działania[9].

Pogłębiające się kryzysy w różnych sektorach mogą ograniczać liczbę studentów. Wskutek kurczenia się rynku krajowego należy zabiegać o studentów zagranicznych. Wymaga to modyfikacji strategii i wdrażania nowych form promocji i reklamy aby ich zachęcić do studiowania w uczelni. Tego typu strategia musi oferować im odpowiednie warunki oraz jakość kształcenia. Chodzi o kształcenie na poziomie międzynarodowym oraz o dostęp do nowoczesnych zasobów bibliotecznych i informacyjnych.

Obecność epidemii wymusza wdrażanie na wszystkich szczeblach funkcjonowania uczelni zasad zarządzania kryzysowego. W tego typu sytuacji - a jest ona nadzwyczajna - należy podejmować przemyślane działania we wszystkich obszarach funkcjonowania uczelni.

W warunkach sytuacji kryzysowych szczególnego znaczenia nabiera kwestia inteligentnego działania. Od wielu lat mówi się o inteligentnej organizacji, ale jak stwierdza Kazimierz Śliwa: „Każda organizacja jest tworem uczącym się, ale nie każda jest inteligentna. Inteligentna organizacja będzie robiła użytek z wiedzy uczestników”[15]. Ważne jest, aby zachęcać wszystkich ludzi do kreowania wiedzy i dzielenia się

a także stosowania jej po głębokim namyśle. Musimy rozważyć które jej zasoby są w danej chwili przydatne organizacji.

W zarządzaniu kryzysowym priorytetem staje się system motywacji. Różne zagrożenia osłabiają ludzkie działania. Ludzi ogarnia bierność i apatia. Nie mają takiej energii jak dawniej i aby utrzymać w nich zapał, należy częściej motywować. To pozwoli zapobiegać utracie inicjatywy u pracowników.

W warunkach obecnych sprawą istotną jest stabilizowanie szkół wyższych poprzez bieżącą kontrolę wydatków, przemyślane inwestycje oraz ukierunkowanie na klientów z bliższego i dalszego otoczenia.

W warunkach zarządzania kryzysowego nowego znaczenia nabiera myślenie niesablonowe. Pozwala znajdować rozwiązania w trudnych sytuacjach. Przejawia się to podnoszeniem świadomości wśród studentów i pracowników o konieczności podejmowania rozważnych działań, zgłaszania pomysłów i angażowania się w funkcjonowanie szkoły. Problemy pojawiają się z różnych stron i trzeba umieć je identyfikować. Potrzebne są pomysły i rady z różnych środowisk uczelni.

Proces kształcenia jest działaniem złożonym. Należy wziąć pod uwagę, że ludzie pragną edukacji, ale trzeba pamiętać, że żądają czegoś w zamian. Chcą otrzymać coś więcej, niż fakty, informacje, rozrywki oraz kwalifikacje. Nawet jeśli nie są w stanie tego wyartykułować, to prawdopodobnie chcą poznawać koncepcje i idee celem lepszego zrozumienia życia oraz świata, w którym przyszło im żyć[14]. Szkoła wyższa powinna im to zapewniać aby mogli odczuwać komfort psychiczny. Człowiek, który rozumie sens życia wie jak ułożyć sobie pracę, aby odnieść sukces.

Koronawirus sieje spustoszenie w ludzkiej psychice. U wielu młodych ludzi rodzi się zwątpienie, bierność, brak inicjatywy, załamanie nerwowe. Problemy nakładają się na siebie. Rolą szkoły i jej nauczycieli jest budowanie u studentów odwagi, perspektywy lepszego jutra, zachęcania do działania i uczenia się pod presją zagrożenia chorobą. Bez względu na to jak długo będzie trwać pandemia, nie zwalnia ona od zdobywania wiedzy, umiejętności i podnoszenia kompetencji.

W warunkach postępującego zagrożenia epidemicznego należy wygaszać wszelkie konflikty. Konflikt rodzi niezgodę wśród ludzi i grup społecznych. Pojawia się wrogość, narasta antagonizm między stronami[6]. Tego typu sytuacje nie służą dobrze zarządzaniu w czasie kryzysu. Wspomniane konflikty kreują stres i niezadowolenie[4].

WNIOSKI

Pojawienie się pandemii sprawiło, że przed szkołami wyższymi stanęły nowe wyzwania. Zaczęły funkcjonować w złożonej sytuacji i reżimie sanitarnym. Ważnym zadaniem stało się zapewnienie bezpieczeństwa studentom oraz pracownikom administracyjnym, naukowym i dydaktycznym. W tym celu wprowadzono nakaz noszenia maseczek ochronnych, zachowania dystansu społecznego, podziału studentów na mniejsze grupy w salach wykładowych oraz dezynfekcji i wietrzenia pomieszczeń w trakcie zajęć i po zajęciach.

Zagrożenie epidemiczne sprawiło, że forma zajęć została uzależniona od liczby zachorowań. Wzrost wymusza nauczanie zdalne, spadek przywraca nauczanie stacjonarne. Szkoły

mogą decydować się także na kształcenie mieszane, w którym część zajęć odbywa się zdalnie a część stacjonarnie.

Wykładowcy prowadzą zajęcia na platformach cyfrowych Moodle oraz Microsoft Teams. Mają do dyspozycji różne narzędzia techniczne. Mogą sprawdzać listy obecności, zadawać pytania, udzielać instrukcji, prowadzić zaliczenia i egzaminy, zamieszczać materiały dydaktyczne.

Pandemia wymusza na szkołach wyższych wprowadzanie zarządzania kryzysowego. Z myślą o przyszłości opracowywane są i modyfikowane do zmieniających się warunków strategie rozwoju uczelni. Władze zaczynają posługiwać się myśleniem strategicznym, które bazuje na scenariuszach.

Epidemia wpływa na zdrowie psychicznie i fizycznie studentów. Stwarza zagrożenia dla środowiska akademickiego. Kwarantanny izolują ludzi i wywołują stany depresyjne. U wielu jest strach przed zakażeniem wirusem. Nastąpił spadek aktywności zawodowej.

W każdym kryzysie pojawiają się zagrożenia oraz możliwości. W obu przypadkach niezbędne jest myślenie strategiczne. Analiza rynku dostarcza informacji o preferencjach i potrzebach studentów. Posiadając dostęp do nich można opracować odpowiednie oferty kształcenia.

Dynamiczny rozwój sztucznej inteligencji wymusza na szkołach wyższych inwestycje w infrastrukturę cyfrową. Ich zakup staje się potrzebą chwili. Do pracy zdalnej potrzebne są coraz bardziej nowoczesne technologie.

Na szkołach wyższych spoczywa obowiązek podtrzymywania kreatywności. Trwająca od kilku lat pandemia wpływa na zdrowie fizyczne i psychiczne. Wielu ludzi załamuje się, traci nadzieję na lepszą przyszłość. Wokół pojawiają się zagrożenia. W tych warunkach misją uczelni jest wyzwalanie wśród studentów zaangażowania we wspólne projekty badawcze.

W związku ze spadkiem liczby studentów wiele szkół poszukuje kandydatów na studia za granicą. W rywalizację włączyły się instytucje publiczne i niepubliczne. Wsparciem dla tych działań pozostają działy marketingu, które na bieżąco zbierają informacje o potrzebach rynku usług edukacyjnych.

CONCLUSIONS

The outbreak of the pandemic created new challenges for universities. They began to function in a complex situation and sanitary regime. An important task has become to ensure the safety of students and administrative, research and tea-

ching staff. For this purpose, an order was introduced to wear protective masks, maintain social distance, divide students into smaller groups in lecture halls, and disinfect and ventilate rooms during and after classes.

The epidemic threat made the form of classes dependent on the number of cases. Growth forces e-learning, decline restores classroom learning. Schools may also opt for blended education, where some lessons are held remotely and some are stationary.

Lecturers conduct classes on the Moodle and Microsoft Teams digital platforms. Various technical tools are at their disposal. They can check attendance lists, ask questions, give instructions, conduct tests and examinations, and post teaching materials.

The pandemic forces universities to implement crisis management. With the future in mind, university development strategies are developed and modified to suit changing conditions. The authorities are starting to use strategic thinking. It is based on scenarios.

The epidemic affects the mental and physical health of students. It poses a threat to the academic community. Quarantines isolate people and cause depression. Many fear contamination from the virus. There has been a decline in professional activity.

There are threats and opportunities in every crisis. In both cases, strategic thinking is essential. Market analysis provides information about the preferences and needs of students. With access to them, appropriate training offers can be developed.

The dynamic development of artificial intelligence forces universities to invest in digital infrastructure. Their purchase becomes the need of the moment. More and more modern technologies are needed for remote work.

Universities have a responsibility to maintain creativity. The pandemic that has been going on for several years affects physical and mental health. Many people break down, lose hope for a better future. There are threats around. In these conditions, the mission of the university is to encourage students to engage in joint research projects.

Due to the decline in the number of students, many schools are looking for candidates to study abroad. Public and non-public institutions joined the competition. These activities are supported by marketing departments that collect information on the needs of the educational services market on an ongoing basis.

REFERENCES

- [1] **BRZOWSKI M. 2010.** Organizacja wirtualna. Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
- [2] **DAWIDZIUK S. 2009.** ABC dydaktyki: wykład, ćwiczenia, seminaria, dyskusja, konsultacje, gry dydaktyczne. Warszawa: Wydawnictwo Wyższej Szkoły Menedżerskiej w Warszawie.
- [3] **DZIECIĄTKOWSKI T. J. KRZYSZTOF. FILIPIAK RED. 2021.** Koronawirus SARS-CoV-2 zagrożenie dla współczesnego świata. Warszawa: PZWL.

REFERENCES

- [1] **BRZOWSKI M. 2010.** Organizacja wirtualna. Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
- [2] **DAWIDZIUK S. 2009.** ABC dydaktyki: wykład, ćwiczenia, seminaria, dyskusja, konsultacje, gry dydaktyczne. Warszawa: Wydawnictwo Wyższej Szkoły Menedżerskiej w Warszawie.
- [3] **DZIECIĄTKOWSKI T. J. KRZYSZTOF. FILIPIAK RED. 2021.** Koronawirus SARS-CoV-2 zagrożenie dla współczesnego świata. Warszawa: PZWL.

- [4] **EDELMAN R.J. 2002.** Konflikty w pracy. Gdańsk: Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne.
- [5] **GOFFMAN E. 1974.** Frame Analysis: An Essat on the organization of Experience. Boston: Harper and Row.
Cytujemy za: J.H. Turner. Socjologia. Koncepcje i ich zastosowanie. Poznań: Zysk i S-ka.
- [6] **GRIFFIN R.W. 2001.** Podstawy zarządzania organizacjami. Warszawa: PWN.
- [7] **HAGEL J., J.SEELY BROWN. 2006.** Organizacja jutra. Gliwice: Wydawnictwo Helion.
- [8] **HALL E.T. 2001.** Ukryty wymiar. Warszawa: Warszawskie Wydawnictwo Literackie Muza SA.
Cytujemy za: M. Tokarz, Argumentacja, perswazja, manipulacja. Wykłady z teorii komunikacji. Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk 2006.
- [9] **KOTLER P., J.A.CASLIONE. 2009.** Chaos. Zarządzanie i marketing w erze turbulencji. Warszawa: MT Biznes.
- [10] **MUSIAŁ –MASLYK E. 2003.** Organizacje w ruchu. Strategie zarządzania zmianami. Kraków: Oficyna Ekonomiczna.
- [11] **PLUSA T. 2021.** Covid-19. Patogeneza i postępowanie. Warszawa: PZWL.
- [12] **ROBBINS S.P. 2004.** Zachowania w organizacji. Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
- [13] **ROHLIKOVA L., J.VEJVODOVA. 2012.** Vyučovati Metody Na Vysokè Skole. Praha: Grada Publishing, Praha.
Cytujemy za: J. Bajtoš, S. Dawidziuk. 2015. Teoria kształcenia. Warszawa: Wyższa Szkoła Menedżerska w Warszawie.
- [14] **SCHUMACHER E.F. 2013.** Małe jest piękne. Warszawa: Wydawnictwo Aletheia.
- [15] **ŚLIWA K.R. 2003.** O organizacjach inteligentnych i rozwiązywaniu złożonych problemów zarządzania nimi. Warszawa: Wyższa Szkoła Menedżerska.
- [16] **WEINSTEIN K.1996.** Komunikowanie się, [w:] Praktyka kierowania. Jak kierować sobą, innymi i firmą, red. D.M. Stewart. Warszawa: PWE.

- [4] **EDELMAN R.J. 2002.** Konflikty w pracy. Gdansk: Gdanskie Wydawnictwo Psychologiczne.
- [5] **GOFFMAN E. 1974.** Frame Analysis: An Essat on the organization of Experience. Boston: Harper and Row.
Cytujemy za: J.H. Turner. Socjologia. Koncepcje i ich zastosowanie. Poznan: Zysk i S-ka.
- [6] **GRIFFIN R.W. 2001.** Podstawy zarządzania organizacjami. Warszawa: PWN.
- [7] **HAGEL J., J.SEELY BROWN. 2006.** Organizacja jutra. Gliwice: Wydawnictwo Helion.
- [8] **HALL E.T. 2001.** Ukryty wymiar. Warszawa: Warszawskie Wydawnictwo Literackie Muza SA.
Cytujemy za: M. Tokarz, Argumentacja, perswazja, manipulacja. Wykłady z teorii komunikacji. Gdanskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdansk 2006.
- [9] **KOTLER P., J.A.CASLIONE. 2009.** Chaos. Zarządzanie i marketing w erze turbulencji. Warszawa: MT Biznes.
- [10] **MUSIAŁ -MASLYK E. 2003.** Organizacje w ruchu. Strategie zarządzania zmianami. Krakow: Oficyna Ekonomiczna.
- [11] **PLUSA T. 2021.** Covid-19. Patogeneza i postępowanie. Warszawa: PZWL.
- [12] **ROBBINS S.P. 2004.** Zachowania w organizacji. Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
- [13] **ROHLIKOVA L., J.VEJVODOVA. 2012.** Vyučovati Metody Na Vysok? Skole. Praha: Grada Publishing, Praha.
Cytujemy za: J. Bajtos, S. Dawidziuk. 2015. Teoria kształcenia. Warszawa: Wyzsza Szkoła Menedzerska w Warszawie.
- [14] **SCHUMACHER E.F. 2013.** Male jest piekne. Warszawa: Wydawnictwo Aletheia.
- [15] **SLIWA K.R. 2003.** O organizacjach inteligentnych i rozwiązywaniu zlozonych problemow zarządzania nimi. Warszawa: Wyzsza Szkoła Menedzerska.
- [16] **WEINSTEIN K.1996.** Komunikowanie sie, [w:] Praktyka kierowania. Jak kierowac soba, innymi i firma, red. D.M. Stewart. Warszawa: PWE.

Dr hab. Marek GRUCHELSKI Prof. WSM
 Warsaw Management University, Poland
 Wyższa Szkoła Menedżerska w Warszawie, Polska
 inż. Marcin GRUCHELSKI

THE FOOD PROCESSING SECTOR IN THE ERA OF THE SARS-COV-2 CORONAVIRUS PANDEMIC®

Sektor przetwórstwa spożywczego w dobie pandemii koronawirusa SARS-CoV-2®

Key words: food processing, agri-food products, sustainable development, agricultural policy, management, SARS-CoV-2 pandemic.

The SARS-CoV-2 pandemic had a negative impact on all branches of the economy, including the food processing sector. The aim of the article is to initially define the impact of the COVID-19 pandemic on the Polish food processing sector and to indicate possible perspectives and directions of actions aimed at stabilizing and strengthening this sector.

Słowa kluczowe: przetwórstwo spożywcze, produkty rolno-żywnościowe, rozwój zrównoważony, zarządzanie, pandemia SARS-CoV-2.

Pandemia koronawirusa SARS-CoV-2 wpłynęła negatywnie na wszystkie gałęzie gospodarki, w tym na sektor przetwórstwa spożywczego. Celem artykułu jest wstępne określenie wpływu pandemii COVID-19 na sektor polskiego przetwórstwa spożywczego oraz wskazanie możliwych perspektyw oraz kierunków działań mających na celu ustabilizowanie oraz wzmocnienie tej gałęzi przemysłu.

INTRODUCTION

The COVID-19 infectious disease pandemic caused by the SARS-CoV-2 coronavirus has caused global social and economic disruption, and the resulting crisis has negatively impacted all sectors of the economy, including the food processing sector.

The study undertakes a general analysis of the current situation of the Polish food sector with simultaneous indication of possible perspectives in the period of COVID-19 pandemic and the chances of using the planned protection mechanisms, including the National Plan for Reconstruction and Increase of Immunity.

The main objective of the article is to initially determine the impact of the COVID-19 pandemic on the Polish food processing sector and to indicate the directions of actions and solutions aimed at stabilizing and strengthening this industry.

CURRENT SITUATION AND OUTLOOK FOR THE FOOD SECTOR

The SARS-CoV-2 pandemic has had a negative impact on markets and the world economy. This also applies to the food sector. Most forecasts indicate an unfavorable situation for Poland, since they assume a more or less mild recession on the main Polish export markets, primarily exports of agri-food products. Moreover, a long-term pandemic condition may mean disruptions in supply chains, which will result in

difficulties in supplying markets linked markets connected with the recession regions [8, 13, 14].

One of the most important factors influencing the supply of the food market is the state and condition of the food industry. In the period after the system transformation and then after Poland's accession to the European Union, the production potential of the food industry was modernized and food industry enterprises were adjusted to EU standards and regulations. As a result, Polish producers can compete with food producers from other European Union member states. Especially that the production potential of the Polish food industry significantly exceeds the needs of the domestic market [2, 7].

Analysis of data on the entity structures of individual food and beverage manufacturing divisions confirms significant inter-industry variation, which is of direct relevance to how food producers operate during a pandemic [2, 5].

The above shows that the subject structure of the food industry in Poland is diversified, which in the situation of a pandemic can be considered a moderately beneficial phenomenon. It is favorable due to the fact that the suspension of production in one enterprise should not upset the whole market, even the local one. It should be noted, however, that micro and small businesses are generally weaker economically and in times of crisis they are the first to experience problems with maintaining liquidity and maintain their position on the market.

At the same time, it is large companies that have a much better chance of survival [2, 6, 13].

One consequence of the SARS-CoV-2 coronavirus pandemic has been difficult to predict, often rapid changes in food demand. This is a typical phenomenon caused by consumers' concern about the continuity of food supply. At the same time, it is consumer behavior caused by unclear and unusual information, can cause sudden and dangerous events for the normal functioning of the market [8]. In addition, it is the changes in shopping habits and the emergence of new consumer trends that change the structure of food demand, to which producers must adapt [1, 2].

However, according to the data, the COVID-19 crisis did not do particularly severe damage to the EU food industry in 2020, and the decreases in production volume in none of the Community countries reached a double-digit level (which was the norm for many other processing branches) [3, 6].

Food processing is one of only 9 out of 22 Polish processing branches that recorded an increase in the value of sold production in the 12 months following the outbreak (+2% y/y). At the same time, Poland is the second country in the European Union, next to Lithuania, to show a volume growth in food production in 2020 (+0.3% y/y). Moreover, positive export dynamics was maintained (+5% y/y) [3].

The above information is obviously positive for the domestic food sector, but this fact does not exclude, in such a dynamically changing economic situation, the risk of negative phenomena in future periods.

It is important to remember that the response of different industry segments to the crisis varied. Among the food industries hardest hit in 2020 by the effects of the COVID-19 pandemic is the poultry industry. Key indicators in poultry meat processing were at levels not seen since the onset of the global crisis in 2008.

The industry's sales and net profit declined by 70% and 75% year-on-year, respectively. This example clearly shows how dangerous the COVID-19 pandemic period can be for individual sectors.

PROSPECTS FOR THE POLISH FOOD PROCESSING SECTOR DURING THE COVID-19 PANDEMIC

Taking into account the fact that it is currently difficult to define the time perspectives of the COVID-19 pandemic, it should be assumed that the Polish economy, including the entire food sector, will face changes related to economic slowdown or even recession.

Hence, vulnerable areas of the food sector should be identified, which include [8]:

- low supply and, in many regions, lack of seasonal workers in agriculture, which is associated with restrictions on movement, including internationally;
- turbulence in the supply of as well as demand for food, especially for the products of selected industries;
- problems of processing industries due to the decline in demand for their products due to trade restrictions;
- supply chain issues for the food sector;

- temporary closure of production facilities due to the spread of the SARS-CoV-2 coronavirus;
- an increase in food fraud and the introduction of foods of poor health quality, due to weakened food control systems and a decrease in caution on the part of consumers during purchasing decisions.

It should be noted that the phenomena accompanying the pandemic have a negative impact on market processes, which is primarily due to restrictions on international trade and restrictions on communication and movement of goods and people. At the same time, the persistence of restrictions in international trade may lead to a greater prevalence of local products, produced within individual countries [8]. This poses not only a challenge but also an opportunity for local producers and suppliers.

The impact of the COVID-19 pandemic may vary depending on the specific production and operating conditions of individual food industries, with changes in the production and economic situation in food processing depending on many factors:

- the pace, scale of development, and duration of the COVID-19 pandemic;
- restrictions put in place for the population, especially in terms of movement;
- the economic stability of the country, including: the maintenance of jobs and the level of income of the population and the applied tools and protective mechanisms provided by the state;
- maintain a high level of agri-food exports;
- an efficient supply chain;
- the specifics of production in the various sectors of the food industry.

Segments that rely heavily on demand from the hospitality sector (especially in the export channel) are also extremely vulnerable [3].

Due to dynamic changes in the economy caused by the ongoing COVID-19 pandemic, and thus progressing structural changes in the food industry, it is a priority to maintain constant and full monitoring of changes in both the Polish and the global economy. In a period of dynamic changes, all decisions, both on a micro and macroeconomic scale, require access to up-to-date and comprehensive information on the state of the economy.

THE FOOD PROCESSING SECTOR AND PLANNED PROTECTION MECHANISMS DURING THE COVID-19 PANDEMIC

In terms of planned shielding mechanisms from the state, a significant potential has the National Plan for Reconstruction and Increasing Resilience (NIP), which was sent by the Polish Government to the European Commission on 3 May 2021. This plan was created on the basis of the Regulation (EU) 2021/241 of the European Parliament and of the Council of 12 February 2021 establishing the Instrument for Reconstruction and Increasing Resilience [9].

The NIP is a policy document that sets out objectives related to rebuilding and building Poland's socio-economic resilience in the aftermath of the COVID-19 pandemic crisis, and the structural reforms and investments to achieve them. In order to achieve the objectives adopted in the NIP, the entire amount of non-repayable funds available to Poland under the Reconstruction and Resilience Facility of more than EUR 23 billion is planned to be spent by August 2026, with a total of about EUR 58 billion available to Poland [9].

The planned investment activities in the NIP are to be directed at, among other things, supporting companies' investments in products, services, workforce skills and personnel, in sectors most affected by the pandemic for diversification of activities and adaptation to changing market conditions, and investments in agri-food processing and targeting food chain participants [9].

Nevertheless, at the time of writing (December 2021), the NIP has not yet been adopted by the European Commission, which is necessary for Poland to receive money from the Reconstruction Fund.

It should be assumed that due to the lack of a guarantee of receiving funds from the Reconstruction Fund, the priority in the planned actions should be shielding solutions supported primarily from domestic funds.

GUIDANCE FOR FOOD PRODUCERS IN RELATION TO THE SPREAD OF SARS-COV-2 CORONAVIRUS

At the beginning of the second quarter of 2020, the Polish Federation of Food Manufacturers published the document "Guidelines for Food Manufacturers in relation to the spread of SARS-CoV-2 coronavirus causing COVID-19 disease". The guidelines presented were addressed to both processed food manufacturers and those at the primary production stage [10].

The scope of the guidelines included not only the recommendations provided by the Chief Sanitary Inspectorate, but also information from the communications of the European Food Safety Authority (EFSA) and the requirements set out in the Act of 31 March 2020 on amending the Act on specific solutions related to preventing, counteracting and combating COVID-19, other infectious diseases and crisis situations caused by them as well as some other acts and the Commission Implementing Regulation (EU) 2020/466 of 30 March 2020 on interim measures to reduce risks for human, animal and plant health and animal welfare during certain serious disturbances in Member States' control systems due to COVID-19. Although this document has not been updated since April 15, 2020, most of the guidelines are consistent with the requirements current at the end of 2021 [10, 12, 15].

One of the most important issues related to the spread of SARS-CoV-2 in food processing is the question of the potential for transmission of coronavirus through food. According to EFSA, there is no evidence that food is a possible source or route of transmission of this virus. This is due to the fact that food is not a medium that allows the virus to multiply. However, it should be taken into account

that, as on other surfaces, this virus may remain active for some time on the surfaces of products or packaging that have been contaminated with it previously. In addition, also WHO indicates that it is possible for these viruses to survive for some limited time on raw foods of animal origin. Therefore, to avoid cross-contamination during product preparation, the following should be handled with care: raw meat, raw milk or raw animal organs [10, 16].

During food production, the company's procedures resulting from the implemented and legally required HACCP system, as well as good hygiene and production practices, should be applied [10].

Good employee hygiene practices include [16]:

- proper hand hygiene – washing hands with soap and water for at least 20 sec. (according to WHO recommendations);
- frequent use of alcohol-based hand disinfectants;
- proper respiratory hygiene (covering the mouth and nose when coughing and sneezing, discarding used tissues and washing hands);
- frequent cleaning/disinfecting of work surfaces and frequently touched surfaces such as door handles;
- avoiding close contact with persons exhibiting respiratory symptoms such as coughing or sneezing [11].

In addition, maintaining physical distance helps slow the spread of COVID-19. WHO guidelines recommend maintaining at least 1 m of distance between workers.

It should be kept in mind that infections with the SARS-CoV-2 coronavirus among employees of food companies operating worldwide may lead to production stoppages and supply chain disruptions. This may result in shortages of some ingredients and packaging in factories operating in Poland. In such a situation, food companies may have to introduce temporary solutions [10]:

- omit or substitute missing product ingredients and/or
- change the product packaging, and/or
- change the production process.

One comprehensive solution that can stabilize and strengthen the food processing process is the Short Food Supply Chain.

SHORT FOOD SUPPLY CHAIN AS PART OF A STRATEGY TO COUNTERACT THE EFFECTS OF A PANDEMIC SARS-COV-2 IN THE FOOD PROCESSING SECTOR

According to the definition, a Short Food Supply Chain (SHC) is an organized system of food production, processing, distribution and sales that involves linking food producers from a specific region. It is a form of integrated production, distribution and sales that minimizes the number of middlemen between the buyer and the producer [4].

Food produced and sold in short supply chains, due to its unique characteristics, can become a showcase of the region it comes from. Regulatory changes that were introduced

in Poland in 2016-2019 have significantly increased the possibility for farmers to legally sell their own food products in both unprocessed and processed state [4].

During the COVID-19 pandemic, it would be important to support activities that sell small quantities of unprocessed products from your own farm to the end consumer or to a retail establishment that supplies the end consumer.

Despite the fact that compared to other branches of industrial processing, food production is characterized by shorter supply chains due to the fact that most links are located in the country, problems in the international (especially land) transport of goods and some raw materials, during the COVID-19 pandemic, can negatively affect the entire production process [1, 2].

In conclusion, in order to address the impact of the SARS-CoV-2 pandemic, solutions to mitigate the impact of transport restrictions should be promoted in the food processing sector.

SUMMARY

The crisis caused by the SARS-CoV-2 pandemic has negatively affected all sectors of the economy, including the food processing sector. Most of the forecasts imply an unfavorable situation for Poland, as they assume a more or less mild recession on the main markets for Polish exports, especially exports of agricultural and food products.

Although the COVID-19 crisis did not inflict particularly severe damage on the EU food industry in 2020, and the Polish food processing sector in the 12 months since the outbreak of the pandemic recorded both an increase in the value of production sold (+2% y/y) and a volume increase of food production (+0.3% y/y) as well as positive export dynamics (+5% y/y), it should be taken into account that in a dynamically changing economic situation there is a risk of negative phenomena in future periods.

Moreover, it is currently difficult to define the time horizon of the COVID-19 pandemic, so it should be assumed that the Polish economy, including the entire food sector, will face changes associated with an economic slowdown or even recession. The impact of the COVID-19 pandemic may vary depending on the specific production and operational conditions of individual branches of the food industry, while changes in the production and economic situation in food processing may depend on many factors.

Although the phenomena accompanying the pandemic generally have an adverse effect on market processes, which is primarily due to restrictions on international trade and restrictions on communication and movement of goods and people, the persistence of restrictions on international trade may lead to a greater prevalence of local products, produced within individual countries. This presents not only a challenge but also an opportunity for local producers and suppliers and local suppliers.

Due to dynamic changes in the economy caused by the ongoing COVID-19 pandemic, and thus progressing structural changes in the food industry, it is a priority to maintain constant and full monitoring of changes in both the Polish and the global economy. In a period of dynamic changes, all

decisions, both on a micro and macroeconomic scale, require access to up-to-date and comprehensive information on the state of the economy.

In terms of planned state shield mechanisms, the National Plan for Reconstruction and Increased Resilience has significant potential. The planned investment activities in the NIP are to be directed, among others, to support investments in agri-food processing and directed to food chain participants. Nevertheless, at the time of writing (December 2021) the NIP has not yet been adopted by the European Commission, which is necessary for Poland to receive the money from the Reconstruction Fund. With the above in mind, it should be assumed that due to the lack of guarantee of receiving funds from the Reconstruction Fund, the priority in the planned actions should be shielding solutions supported primarily from national funds.

Keep in mind that SARS-CoV-2 coronavirus infections of food business workers can lead to production shutdowns and disruption of the supply chain. Therefore, in addition to strict adherence to the guidelines for preventing the spread of SARS-CoV-2 coronavirus, special attention should be paid to solutions to diversify supply sources and reduce the impact of existing transport restrictions.

One comprehensive solution that can stabilize food processing during the COVID-19 pandemic is the Short Food Supply Chain. It is an organized system of food production, processing, distribution, and sales that involves linking food producers in a specific region. It is a form of integrated production, distribution and sales that minimizes the number of middlemen between the buyer and the producer.

PODSUMOWANIE

Wywołany pandemią SARS-CoV-2 kryzys wpłynął negatywnie na wszystkie gałęzie gospodarki, w tym na sektor przetwórstwa spożywczego. Większość prognoz oznacza niekorzystną dla Polski sytuację, ponieważ zakłada mniej lub bardziej łagodną recesję na głównych dla polskiego eksportu rynkach, przede wszystkim eksportu artykułów rolnospożywczych.

Chociaż kryzys wywołany COVID-19 nie poczynił się w 2020 roku do szczególnie dotkliwych szkód w unijnym przemyśle spożywczym, a polski sektor przetwórstwa spożywczego w ciągu 12 miesięcy od wybuchu pandemii odnotował zarówno wzrost wartości produkcji sprzedanej (+2% r/r), jak też wolumenowy wzrost produkcji żywności (+0,3% r/r) oraz dodatnią dynamikę eksportu (+5% r/r), to należy brać pod uwagę, iż w dynamicznie zmieniającej się sytuacji gospodarczej istnieje ryzyko wystąpienia zjawisk negatywnych w przyszłych okresach.

Ponadto, trudno jest obecnie określić perspektywy czasowe trwania pandemii COVID-19, a więc należałoby założyć, że polską gospodarkę, w tym i cały sektor spożywczy, czekają zmiany związane z wyhamowaniem gospodarczym, bądź wręcz z recesją. Wpływ pandemii COVID-19 może być zróżnicowany w zależności od specyfiki produkcji i uwarunkowań funkcjonowania poszczególnych branż przemysłu spożywczego, przy czym zmiany sytuacji produkcyjno-ekonomicznej w przetwórstwie spożywczym mogą zależeć od wielu czynników.

Pomimo, iż zjawiska towarzyszące pandemii mają generalnie niekorzystny wpływ na procesy rynkowe, co jest spowodowane przede wszystkim ograniczeniami w handlu międzynarodowym oraz restrykcjami w zakresie komunikacji i przemieszczania towarów oraz ludzi, to utrzymywanie się ograniczeń w handlu międzynarodowym może prowadzić do większej przewagi produktów lokalnych, wytwarzanych w ramach poszczególnych państw, co stanowi nie tylko wyzwanie, ale również swoistą szansę dla producentów i dostawców lokalnych.

Ze względu na dynamiczne zmiany w gospodarce wywołane trwającą pandemią COVID-19, a przez to postępujące zmiany strukturalne w przemyśle spożywczym, kwestią priorytetową jest utrzymanie stałego i pełnego monitoringu zmian zarówno w gospodarce polskiej, jak i światowej. W okresie dynamicznych zmian, wszelkie decyzje, zarówno w skali mikro, jak i makroekonomicznej wymagają dostępu do aktualnej i kompleksowej informacji o stanie gospodarki.

W zakresie planowanych mechanizmów osłonowych ze strony państwa znaczący potencjał posiada Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększenia Odporności. Planowane działania inwestycyjne w KPO mają być nakierowane między innymi na wsparcie inwestycji w przetwórstwie rolno-spożywczym oraz skierowane do uczestników łańcucha żywnościowego. Tym niemniej, na moment sporządzenia niniejszego opracowania

(grudzień 2021 r.) KPO nie został jeszcze przyjęty przez Komisję Europejską, co jest konieczne, by Polska otrzymała pieniądze z Funduszu Odbudowy. Mając powyższe na uwadze, należy przyjąć, że ze względu na brak gwarancji otrzymania środków z Funduszu Odbudowy, priorytetem w planowanych działaniach powinny być rozwiązania osłonowe wspierane przede wszystkim ze środków krajowych.

Pamiętać należy, że zakażenia koronawirusem SARS-CoV-2 pracowników przedsiębiorstw spożywczych mogą prowadzić do przestojów produkcyjnych i zakłócenia łańcucha dostaw. Stąd, oprócz rygorystycznego przestrzegania wytycznych dotyczących przeciwdziałania rozprzestrzenianiu się koronawirusa SARS-CoV-2 należałoby zwrócić szczególną uwagę na rozwiązania pozwalające na dywersyfikację źródeł dostaw oraz zmniejszenie wpływu zaistniałych ograniczeń w transporcie.

Jednym z kompleksowych rozwiązań mogących ustabilizować proces przetwórstwa spożywczego w okresie pandemii COVID-19 jest Krótki Łańcuch dostaw Żywności. Jest to zorganizowany system produkcji, przetwórstwa, dystrybucji i sprzedaży żywności, który polega na łączeniu producentów żywności z określonego regionu. Jest to forma zintegrowanej produkcji, dystrybucji i sprzedaży, która minimalizuje liczbę pośredników pomiędzy kupującym a produkującym.

REFERENCES

- [1] **AMBROZIAK L. 2020.** „Wpływ pandemii COVID-19 na handel rolno-spożywczy Polski: pierwsze doświadczenia”. *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie – Problemy Rolnictwa Światowego* tom 20 (XXXV) zeszyt 4.
- [2] **AMBROZIAK L., I. SZCZEPANIAK. 2020.** „Wpływ pandemii COVID-19 na przetwórstwo spożywcze i eksport rolno-spożywczy Polski”. *Ubezpieczenia w Rolnictwie – Materiały i Studia* 1(73)/2020.
- [3] **BANK PEKAO S.A. 2021.** Rok pandemii w branży spożywczej. Accessed on: November 15, 2021.
- [4] **CENTRUM DORADZTWA ROLNICZEGO W BRWINOWIE. 2021.** Funkcjonowanie krótkich łańcuchów dostaw żywności w okresie zagrożenia epidemicznego. Accessed on: November 15, 2021.
- [5] **GŁÓWNY URZĄD STATYSTYCZNY. 2020.** *Rocznik Statystyczny Przemysłu*. Accessed on: November 15, 2021.
- [6] **GŁÓWNY URZĄD STATYSTYCZNY. 2021.** Wpływ pandemii COVID-19 na koniunkturę gospodarczą – oceny i oczekiwania (dane szczegółowe oraz szeregi czasowe). Aneks do publikacji – Koniunktura w przetwórstwie przemysłowym, budownictwie, handlu i usługach 2000–2021 (wrzesień 2021). Accessed on: November 15, 2021.
- [7] **HERZFELD T. 2020.** „Komentarz w sprawie SARS-CoV-2 i polityki rolnej”. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej* nr 2.

REFERENCES

- [1] **AMBROZIAK L. 2020.** „Wpływ pandemii COVID-19 na handel rolno-spożywczy Polski: pierwsze doświadczenia”. *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie - Problemy Rolnictwa Światowego* tom 20 (XXXV) zeszyt 4.
- [2] **AMBROZIAK L., I. SZCZEPANIAK. 2020.** „Wpływ pandemii COVID-19 na przetwórstwo spożywcze i eksport rolno-spożywczy Polski”. *Ubezpieczenia w Rolnictwie – Materiały i Studia* 1(73)/2020.
- [3] **BANK PEKAO S.A. 2021.** Rok pandemii w branży spożywczej. Accessed on: November 15, 2021.
- [4] **CENTRUM DORADZTWA ROLNICZEGO W BRWINOWIE. 2021.** Funkcjonowanie krótkich łańcuchów dostaw żywności w okresie zagrożenia epidemicznego. Accessed on: November 15, 2021.
- [5] **GŁÓWNY URZĄD STATYSTYCZNY. 2020.** *Rocznik Statystyczny Przemysłu*. Accessed on: November 15, 2021.
- [6] **GŁÓWNY URZĄD STATYSTYCZNY. 2021.** Wpływ pandemii COVID-19 na koniunkturę gospodarczą – oceny i oczekiwania (dane szczegółowe oraz szeregi czasowe). Aneks do publikacji – Koniunktura w przetwórstwie przemysłowym, budownictwie, handlu i usługach 2000–2021 (wrzesień 2021). Accessed on: November 15, 2021.
- [7] **HERZFELD T. 2020.** „Komentarz w sprawie SARS-CoV-2 i polityki rolnej”. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej* nr 2.

- [8] **KOWALCZYK S. 2020.** „Sektor żywnościowy w czasach pandemii”. *Kwartalnik nauk o przedsiębiorstwie* 44 – 2020/3.
- [9] **MINISTERSTWO FUNDUSZY I POLITYKI REGIONALNEJ. 2021.** Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększania Odporności. Accessed on: November 15, 2021.
- [10] **POLSKA FEDERACJA PRODUCENTÓW ŻYWNOSCI. 2020.** Wytyczne dla producentów żywności w związku z rozprzestrzenianiem się koronawirusa SARS-CoV-2 wywołującego chorobę COVID-19. Accessed on: November 15, 2021.
- [11] **RADA MINISTRÓW RP. 2020.** Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 kwietnia 2020 r. w sprawie ustanowienia określonych ograniczeń, nakazów i zakazów w związku z wystąpieniem stanu epidemii (Dz.U.2020.658 z późn. zm.). Accessed on: November 15, 2021.
- [12] Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2020/466 z dnia 30 marca 2020 r. w sprawie środków tymczasowych mających na celu ograniczenie ryzyka dla zdrowia ludzi, zwierząt i roślin oraz dobrostanu zwierząt podczas określonych poważnych zakłóceń w systemach kontroli państw członkowskich z powodu choroby koronawirusowej (COVID-19), Dz.U. L 98 z 31.3.2020. Accessed on: November 15, 2021.
- [13] **SZCZEPANIAK I. 2020.** „Przemysł spożywczy w obliczu pandemii COVID-19”. *Przemysł Spożywczy* 2020 nr 5.
- [14] **SZCZEPANIAK I. 2021.** „Przemysł spożywczy i handel rolno spożywczy w warunkach pandemii COVID 19”. Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Ekonomiki Agrobiznesu i Biogospodarki.
- [15] **Ustawa z dnia 31 marca 2020 r.** o zmianie ustawy o szczególnych rozwiązaniach związanych z zapobieganiem, przeciwdziałaniem i zwalczaniem COVID-19, innych chorób zakaźnych oraz wywołanych nimi sytuacji kryzysowych oraz niektórych innych ustaw. Accessed on: November 15, 2021
- [16] **WORLD HEALTH ORGANIZATION. 2020.** COVID-19 i bezpieczeństwo żywności – wytyczne dla przedsiębiorstw sektora spożywczego. Accessed on: November 15, 2021.

- [8] **KOWALCZYK S. 2020.** „Sektor żywnościowy w czasach pandemii”. *Kwartalnik nauk o przedsiębiorstwie* 44 – 2020/3.
- [9] **MINISTERSTWO FUNDUSZY I POLITYKI REGIONALNEJ. 2021.** Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększania Odporności. Accessed on: November 15, 2021.
- [10] **POLSKA FEDERACJA PRODUCENTÓW ŻYWNOSCI. 2020.** Wytyczne dla producentów żywności w związku z rozprzestrzenianiem się koronawirusa SARS-CoV-2 wywołującego chorobę COVID-19. Accessed on: November 15, 2021.
- [11] **RADA MINISTRÓW RP. 2020.** Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 kwietnia 2020 r. w sprawie ustanowienia określonych ograniczeń, nakazów i zakazów w związku z wystąpieniem stanu epidemii (Dz.U.2020.658 z późn. zm.). Accessed on: November 15, 2021.
- [12] Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2020/466 z dnia 30 marca 2020 r. w sprawie środków tymczasowych mających na celu ograniczenie ryzyka dla zdrowia ludzi, zwierząt i roślin oraz dobrostanu zwierząt podczas określonych poważnych zakłóceń w systemach kontroli państw członkowskich z powodu choroby koronawirusowej (COVID-19), Dz.U. L 98 z 31.3.2020. Accessed on: November 15, 2021.
- [13] **SZCZEPANIAK I. 2020.** „Przemysł spożywczy w obliczu pandemii COVID-19”. *Przemysł Spożywczy* 2020 nr 5.
- [14] **SZCZEPANIAK I. 2021.** „Przemysł spożywczy i handel rolno spożywczy w warunkach pandemii COVID 19”. Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Ekonomiki Agrobiznesu i Biogospodarki.
- [15] **Ustawa z dnia 31 marca 2020 r.** o zmianie ustawy o szczególnych rozwiązaniach związanych z zapobieganiem, przeciwdziałaniem i zwalczaniem COVID-19, innych chorób zakaźnych oraz wywołanych nimi sytuacji kryzysowych oraz niektórych innych ustaw. Accessed on: November 15, 2021
- [16] **WORLD HEALTH ORGANIZATION. 2020.** COVID-19 i bezpieczeństwo żywności – wytyczne dla przedsiębiorstw sektora spożywczego. Accessed on: November 15, 2021.

Prof. dr hab. Stanisław DAWIDZIUK
 Dr Jan BOGUSKI
 Wyższa Szkoła Menedżerska w Warszawie, Polska
 Warsaw Management University, Poland

PRZEDSIĘBIORCZOŚĆ AKADEMICKA JAKO WYZWANIE XXI WIEKU®

Academic entrepreneurship as the challenge of the 21 Century®

Słowa kluczowe: przedsiębiorczość, przedsiębiorca, biznes, organizacja, instytucja, szkoła wyższa.

O sile i potędze współczesnej gospodarki decyduje nie tylko kreatywność i innowacyjność ale także przedsiębiorczość. Właściwie stanowi ona motor napędzający rozwój różnych sektorów gospodarki. Jest także podstawą do tworzenia i wdrażania innowacyjnych rozwiązań. Nie wszyscy jednak przejawiają przedsiębiorczość. Wynika ona z charakteru człowieka, jego kultury, wiedzy, umiejętności i marzeń. Mając ją jesteśmy osobami otwartymi na kontakty międzyludzkie oraz wyrażamy gotowość ponoszenia ryzyka. Wśród instytucji zajmujących się promocją przedsiębiorczości znajdują się szkoły wyższe. W tym przypadku mówi się o przedsiębiorczości akademickiej.

Key words: entrepreneurship, entrepreneur, business, organization, institution, college.

The strength and power of the modern economy is determined not only by creativity and innovation, but also by entrepreneurship. In fact, it is the engine that drives the development of various sectors of the economy. It is also the basis for creating and implementing innovative solutions. However, not all of them are entrepreneurial. It results from the character of a person, his culture, knowledge, skills and dreams. Having it, we are people open to interpersonal contacts and we express the readiness to take risks. Among the institutions involved in the promotion of entrepreneurship there are universities. In this case, it is called academic entrepreneurship.

WPROWADZENIE

Celem artykułu jest przedstawienie roli i znaczenia przedsiębiorczości jako narzędzia podnoszącego innowacyjność i konkurencyjność organizacji biznesowych i pozabiznesowych oraz gospodarki lokalnej i narodowej ze szczególnym uwzględnieniem środowiska akademickiego.

Wszelka przedsiębiorczość zaczyna się od marzenia. Jak pisze Anthony Robbins: „Któż z nas nie ma marzeń? Głęboko w duszy każdy z nas chce wierzyć, że posiada ten szczególny dar, dzięki któremu potrafi poruszyć innych na swój specjalny sposób i potrafi ulepszyć świat” [16]. Ten krótki cytat wskazuje, iż mamy do czynienia z pewnym narzędziem ukrytym w ludzkiej psychice, które pobudza i zachęca ludzi do śmiałych i ryzykownych działań w różnych obszarach życia.

Wieloletni wykładowca i założyciel uczelni wyższej prof. Stanisław Dawidziuk uważa, że przedsiębiorczość jest nowym sposobem myślenia, nowym stylem życia a także jest nowym stanem umysłu [5]. Wspomniana wypowiedź potwierdza, iż dotyczy ona psychiki i umysłu ludzkiego. W umysłach ludzi powstaje pomysł, który jest weryfikowany w praktyce i często wdrażany w życie. W dziejach biznesu można wskazać niezliczone przykłady osób, które przekształcały idee w określone dobro lub usługę. Nie wszystkim to się udawało. Wielu ponosiło klęski, bo były niesprzyjające warunki otoczenia albo brakowało determinacji przedsiębiorcy.

Znawca problematyki zarządzania i biznesu P. F. Drucker pisze w swoich książkach o gospodarce przedsiębiorczej, w której mamy zaangażowanie ludzi o rzutkich i śmiałych pomysłach, nie bojących się ryzyka w różnych sferach biznesu [6].

Ważną rolę w krzewieniu przedsiębiorczości mają szkoły. Kluczowe zadanie spoczywa na szkołach kształcących w obszarze biznesu i zarządzania.

Wspomniane zagadnienie jest z jednej strony przedmiotem nauczania, z drugiej zaś formą działalności młodych naukowców i studentów na rynku. Na Zachodzie są uczelnie, które organizują cyklicznie konkursy z zakresu przedsiębiorczości (pomysły na biznes). Najlepsze są nagradzane.

Realizowanemu w uczelniach procesowi uczenia przypisuje się istotne funkcje o charakterze społecznym. Stwierdza się, że uczenie staje się motorem zmian, które pojawiają się w człowieku [3]. Jedną z takich zmian jest potrzeba kreowania przedsiębiorczości u młodych ludzi, która buduje potęgę gospodarki. Stany Zjednoczone są tego przykładem.

Wśród wielu celów jakie stawia sobie uczelnia wyższa znajduje się kreowanie u studentów przedsiębiorczości. Jest to wyzwanie, któremu musi sprostać. Nie jest tajemnicą, iż zmieniło się podejście do studenta. Zagadnienie przedsiębiorczości wpisuje się w uczelnię przedsiębiorczą, która posiada orientację rynkową. Współczesny szkoły wyższe kształcą

studentów na potrzeby gospodarki. Kierują na rynek nie tylko pracownikowie ale też i kadry menedżerskie i inżynierskie.

Obecność gospodarki rynkowej wymusza na szkołach dostosowywanie programów kształcenia do potrzeb przedsiębiorców. Podejmowane są działania na rzecz kształtowania odpowiednich umiejętności w zakresie tworzenia biznesu, jego rozwoju i utrzymania na rynku.

PRÓBA DEFINICJI PRZEDSIĘBIORCZOŚCI

Nie ulega wątpliwości, że kluczem do rozwoju wszystkich sektorów gospodarki jest przedsiębiorczość. S. Dawidziuk pisze, iż pojęcie to posiada wiele znaczeń. Wyraża się w wymiarze ekonomicznym, pedagogicznym, socjologicznym, prakseologicznym [5]. Składają się na wspomniane pojęcie różne cechy umysłu jak odwaga, ryzyko, systematyczność, pragmatyczność itp.

Spośród wielu definicji przedsiębiorczości jakie podają różni autorzy warto przytoczyć R.W. Griffina, który twierdzi, iż: „jest procesem planowania, organizowania, prowadzenia działalności gospodarczej i podejmowania związanego z nią ryzyka” [10].

Dla K.B. Matusiaka przedsiębiorczość jest procesem ciągłym, gdyż nie kończy się z chwilą powołania firmy ale trwa podczas jej funkcjonowania. Wymaga kreowania odpowiedniego środowiska przyjaznego dla przedsiębiorców [14]. Mówimy więc o sferze okołobiznesowej, która wspiera działania przedsiębiorców małych i średnich przedsiębiorstw. Chodzi o zapewnienie odpowiedniego systemu wspomagającego procesy przedsiębiorczości w mieście lub regionie.

W każdej działalności kluczowe znaczenie ma zarządzanie. Przynosi wymierne korzyści pod warunkiem, że jest dobre [5] skuteczne oraz użyteczne.

Coraz większego znaczenia nabiera zarządzanie ryzykiem. Stanisław Dawidziuk pisze, iż „Być przedsiębiorczym to być aktywnym, innowacyjnym i zaradnym na każdym odcinku swej działalności” [4]. Mamy tu do czynienia z ludźmi otwartymi, poszukującymi nowych rozwiązań, którzy podejmują ryzyko bo widzą sens działań. Na ryzykujących wpływają przepisy prawne, które zachęcają albo ograniczają przedsiębiorczość. Transformacja ustrojowa Polski po 1989 roku uruchomiła lawinę przedsiębiorczości. Nagle zaczęły pojawiać się firmy, które rozpoczynały działalność w różnych sferach gospodarki. Przykład ten dowodzi, że przedsiębiorczość jest wyrazem aktywności ludzi. Pewne osoby przejawiają ją bardziej od innych i pragną realizować w praktyce pomysły na życie.

KULTURA PRZEDSIĘBIORCZOŚCI

Analiza publikacji opisujących przedsiębiorczość dowodzi, że bardzo ważna jest odpowiednia atmosfera, która sprzyja tworzeniu nowych rozwiązań oraz zakładaniu firm. Mówimy tu o kulturze biznesu, która ma kluczowe znaczenie dla wykształcenia się przedsiębiorczych postaw u ludzi.

Środowisko przyjazne wynalazkom ustanowił w USA przedsiębiorca i wynalazca Thomas Edison. Datą przełomową w jego życiu był 1876 rok. Wtedy to zamieszkał w Menlo Park w stanie New Jersey. Z jego inicjatywy i pod jego

kierownictwem powstało laboratorium, które zaczęło prowadzić prace badawcze. Tu zaczęły powstawać wynalazki. Jego pracownicy zostali przydzieleni do zespołów [20].

Analizując różne środowiska należy wspomnieć o mieście Bletchley położonym około dziewięćdziesiąt kilometrów od stolicy Wielkiej Brytanii. Na wspomnianym terenie został zlokalizowany tzw. Bletchley Park, w którym pracowały osoby nad szyframi oraz rozwojem elektroniki i komputerów [11].

Przykładem przedsiębiorczości i innowacyjności jest amerykańska Dolina Krzemowa. Jej sukces jest dziełem ludzi młodych, którzy dostrzegli nowe prądy kulturowe lat sześćdziesiątych oraz dokonania rewolucji technologicznej lat siedemdziesiątych [12].

Na terenie Doliny Krzemowej wystąpiło zjawisko różnorodności kulturowej. Miała ona wpływ na ukształtowanie się kultury przedsiębiorczej i innowacyjnej. W jej ramach istniały różne podkultury, które poszukiwały nowych pomysłów i rozwiązań. Młodzi ludzie zaczęli fascynować się techniką. Stawali się wynalazcami oraz przedsiębiorcami. Wśród nich znaleźli się absolwenci szkół wyższych, studenci oraz osoby, które przerwały naukę ale też takie, które stroniły od niej. W tym tyglu kulturowym i edukacyjnym narodziło się wiele wspaniałych wynalazków [12].

PRZEDSIĘBIORCZA UCZELNIA

Uczelnie wyższe są ośrodkami życia umysłowego od niepamiętnych czasów. Z dawien dawna kształcą studentów w określonych dziedzinach oraz dyscyplinach [18]. Po wiekach uległ zmianie paradygmat uczelni wyższej. Wielość uczelni publicznych oraz niepublicznych spowodowała, że pojawiła się silna konkurencja na rynku usług edukacyjnych. Zaczęła się walka o studentów. Dotyczy to zarówno prywatnych jak i publicznych uczelni.

Minęły czasy, gdy uczelnie wyższe były instytucjami nastawionymi wyłącznie na dydaktykę. Współczesne wyzwania oraz potrzeby gospodarcze sprawiają, że uczelnie zajmują się też przedsiębiorczością. Podążają w kierunku wiązania się z gospodarką. Mówi się o osi współpracy nauka-przemysł. Nie jest tajemnicą, że tam gdzie funkcjonowały wyższe uczelnie, tam rozwijały się przedsiębiorstwa usługowe i produkcyjne. Za przykład mogą posłużyć Stany Zjednoczone oraz kraje Europy Zachodniej.

Szkoła wyższa jest organizacją uczącą się. Uczą się nie tylko studenci ale i wykładowcy. Jedni uczą się na poziomie niedostatecznym, drudzy dostatecznym, inni na dobrym a jeszcze inni na bardzo dobrym. Znaczący organizator P.M. Senge zauważa, że: „Organizacjami, które naprawdę zwyciężą w przyszłości, będą te, które odkryją, jak wykorzystać ludzkie zaangażowanie i możliwości uczenia się na wszystkich ich szczeblach” [17]. Słuszne są więc działania uczelni wyższych aby podtrzymywać proces uczenia się na różnych poziomach, bo jego wypadkową staje się przedsiębiorczość.

Ważne miejsce w gospodarce opartej na wiedzy zajmuje tzw. intelektualizacja przedsiębiorstw. Stanowi ona rezultat wzrastającej roli i znaczenia wiedzy pojmowanej jako zasób strategiczny organizacji, która funkcjonuje na rynku [13]. W związku z tym aspekt intelektualny staje się podstawowym atrybutem rozwoju.

Wielu ludzi zapomina, że przedsiębiorcy wdrażają innowacyjne rozwiązania w organizacjach. Co więcej wspomniane innowacje uchodzą - jak twierdzi P. Drucker - za „specyficzne narzędzia przedsiębiorczości” [6]. Tego typu wypowiedź jasno wskazuje, że bez przedsiębiorczości nie ma innowacji na rynku.

We współczesnym złożonym świecie liczy się stopień ukochalności organizacji. Im jest większy tym większe są szanse generowania i wdrażania wiedzy nie tylko teoretycznej ale i praktycznej. Warto tu odnieść się do wiedzy ukrytej, która stanowi o sukcesie organizacji. W organizacjach intelektualnych ma miejsce zamiana wiedzy ukrytej w jawną. Szerzej na ten temat piszą Ikujiro Nonaka oraz Hirotaka Takeuchi [15].

KSZTAŁCENIE NAWYKÓW PRZEDSIĘBIORCZOŚCI

Budowa gospodarki opartej na wiedzy wyzwała konieczność kształtowania i rozwijania u ludzi motywacji permanentnego uczenia [5]. Tego typu działania mają swój sens, bo dzięki nim wzrasta poziom wiedzy a organizacja ma większy potencjał rozwojowy.

Kluczowe znaczenie dla kształtowania postaw przedsiębiorczych ma psychika młodego człowieka. Jedni przejawiają otwartość, inni zamykają się w sobie. Wielu ludzi posiada ukryty potencjał. Nie mają świadomości, że są w stanie dokonywać rzeczy niezwykłych. Niezbędne zatem stają się działania edukacyjne w tym zakresie. Zmiana charakteru skutkować będzie zmianą postaw i zachowań.

Z punktu widzenia kształcenia ważne staje się wyrabianie nawyku ryzyka i inicjatywy. W tym celu warto posiłkować się nie tylko teoretycznymi podstawami, ale także przybliżyć sylwetki wielkich przedsiębiorców i innowatorów. Ich sukcesy mogą zainspirować ludzi do podejmowania podobnych działań. Historia zna bardzo wiele przykładów brania przykładu od ludzi, którym się powiodło.

Propagowaniem przedsiębiorczości zajmuje się uniwersytet przedsiębiorczy. Tego typu koncepcje zaprzatają umysły ludzi od wielu lat. Jego istota polega na tym, iż opiera swoją działalność na regułach rynku [21]. Jest to bardzo ciekawa inicjatywa. Wreszcie uczelnie mogą wychodzić poza schematy i ramy swego działania, które narzuciła im przeszłość i pełnić aktywną rolę na rynku. Zmienił się świat i uległ zmianie model szkoły wyższej.

W przypadku szkół wyższych mamy do czynienia z profesjonalną kadrą naukową i dydaktyczną. Poszczególni nauczyciele posiadają fachową wiedzę z zakresu nauczania zasad przedsiębiorczości oraz umiejętności praktycznych. Często są to praktycy z wieloletnim doświadczeniem w zakresie prowadzenia biznesu. Warto tu wskazać Wyższą Szkołę Menedżerską w Warszawie, która powstała jako efekt wieloletnich działań przedsiębiorczych prof. S. Dawidziuka. Rodziła się w bólach i cierpieniu i choć ryzyko było wielkie, śmiały pomysł został zrealizowany. W jej murach pojawili się młodzi ludzie ze wsi i miasteczek, pragnący poszerzać wiedzę menedżerską. Szkoła doczekała się własnego kampusu, w którym znajdują się przestronne sale wykładowe wyposażone w urządzenia multimedialne, jest też akademik, sala sportowa i basen. Obecnie jest zaliczana do największych szkół niepublicznych w kraju. Takie inicjatywy – jak wspomniana szkoła

menedżerska – są i będą przejawem marzeń i pragnień związanych z edukacją lub nauką ludzi, którzy odkrywają w sobie posłannictwo krzewienia wiedzy, dlatego wyznaczają sobie wizję i misję, której się trzymają w życiu.

Przedsiębiorczość to łączenie teorii z praktyką. Weryfikuje ona naszą wiedzę, umiejętności i kompetencje. Efekty kształcenia współczesnych studentów pozwalają im podejmować tego typu przedsięwzięcia. Ważne aby wyrabiać w nich takie cechy jak wytrwałość, zaangażowanie, pasję, systematyczność, mobilność, zespołowość, kreatywność.

Przedsiębiorczość wymaga twórczego myślenia oraz krytycznego podejścia do własnych planów i jest żmudnym działaniem. Może się materializować u ludzi wytrwałych i zahartowanych, nie obawiających się klęski, która jest wpisana w działalność biznesową. Można ją porównać do prowadzonych bitew, z tą różnicą, że w porównaniu do wojen jest bezkrwawa i twórcza. Powołuje do życia nowe organizacje i instytucje służące dobru społecznemu.

W przypadku przedsiębiorczości mamy do czynienia z twórczością rozumianą jako zdolność poszukiwania i generowania nowych rzeczy a także z umiejętnością podejmowania ryzyka. Niezbędne jest wspomaganie środowiska społecznego. To właśnie w jego ramach ma miejsce pojawienie się aktywności twórczej. Widoczne są także takie atrybuty jak innowacyjność oraz umiejętność wdrażania zmian [4].

PRZEDSIĘBIORCZY NAUKOWCY

Wejście w erę gospodarki opartej na wiedzy spowodowało zainteresowanie zasobami niematerialnymi i pojawił się nowy rodzaj przedsiębiorcy. Funkcjonuje on na styku gospodarki oraz nauki. Poszukuje nowych możliwości na rynku, aby wdrażać własne zasoby wiedzy [14].

Szkoły wyższe kształcą studentów, którzy pełnią potem określone role w gospodarce. Wielu wybiera karierę nauczyciela lub badacza. Uczelnie w swojej historii uchodzą za uczące się organizacje. W ich murach ma miejsce proces permanentnego uczenia się studentów i nauczycieli.

Idea przedsiębiorczości wśród ludzi nauki ma swoją historię. Już w przeszłości wielu z nich zakładało własne firmy, w których realizowali swoje marzenia. Jako przykład warto wymienić Horacego Darwina. Pracując na Uniwersytecie Cambridge w Wielkiej Brytanii postanowił spróbować sił w biznesie. W 1881 roku powołał do istnienia Cambridge Scientific Instrument Compagny. W późniejszym czasie firma zmieniła nazwę na Cambridge Instrument. Jej obszarem działania stało się wytwarzanie aparatury dla uczelni a następnie dla szkolnictwa i przemysłu [1]. Wspomniany przykład nie jest odosobniony. Warto tu wskazać na innego pracownika Uniwersytetu Cambridge. Był nim W.G. Pye. W 1886 roku zrezygnował z pracy na uczelni i powołał do życia spółkę, która zajmowała się tworzeniem aparatury naukowej. Spółka prowadziła pionierskie prace m.in. w zakresie telewizji i radaru [1].

Wspomniani naukowcy uchodzili za fachowców w swojej dziedzinie. Tworzyli firmy obok uczelni. W ten sposób zapoczątkowali sieci biznesowe. Wykorzystując obecność uniwersytetu mogli korzystać z jego potencjału naukowego. To

doskonały przykład wpływu uczelni na gospodarkę i wspomaganie rozwoju lokalnego.

Przedsiębiorczość bazuje na permanentnym uczeniu się. Osoby przedsiębiorcze realizują samokształcenie. Szef firmy Kao Corporation wskazuje, że uczenie należy prowadzić jako zajęcie każdego dnia [7]. Organizacje, które tak czynią poprzez swoich pracowników osiągają rezultaty.

Wiedzołchłonność i naukołchłonność to dwa podstawowe atrybuty współczesnej szkoły wyższej. To sprawia, że staje się ważnym partnerem dla przemysłu zaawansowanych technologii. Posiadając je znajduje się w uprzywilejowanej pozycji na rynku. Ważne jest, aby zidentyfikowała swoje słabe i mocne strony oraz dostrzegła szanse i zagrożenia otoczenia.

INKUBATORY AKADEMICKIE

S. Dawidziuk uważa, że w przedsiębiorczości liczy się dobry pomysł. Jego zdaniem to połowa sukcesu [4]. Wspomniane idee ludzi ulegają wzmocnieniu gdy towarzyszy im pasja. Jest to najważniejsza cecha osób, które odniosły sukces w życiu zawodowym. Wyraża nie tylko siłę ale i motywację do ciężkiej i wytrwałej pracy w życiu [9].

Dobre pomysły są bardzo często spotykane wśród ludzi młodych, zdolnych i inteligentnych. Powinni oni mieć fachowe wsparcie a tego może dostarczyć uczelnia wyższa.

W wyniku prowadzonych badań przedstawiono koncepcję uczelni wyższej jako inkubatora przedsiębiorczości. Poza dotychczasowymi działaniami statutowymi obejmującymi dydaktykę i badania pojawiła się nowa funkcja, którą jest wspomaganie przedsiębiorczości [14].

Z myślą o studentach i naukowcach tworzy się akademickie inkubatory przedsiębiorczości. Podstawa prawna znajduje się w ustawie o szkolnictwie wyższym. Artykuł 148 wskazuje na konieczność komercjalizacji rezultatów prowadzonej działalności naukowej oraz wiedzy typu know-how. Stwierdza, że działające na rynku usług edukacyjnych szkoły wyższe mogą zakładać wspomniane instytucje z korzyścią dla gospodarki. Ich zadaniem jest wspieranie działalności gospodarczej prowadzonej przez studentów, doktorantów i pracowników uczelni. Wspomniany inkubator przedsiębiorczości można powołać w formie jednostki ogólnouczelnianej albo spółki kapitałowej [19]. To doskonałe rozwiązanie, które służy inkubowaniu pomysłów i ich rozwijaniu z ukierunkowaniem na rynek.

Generowana w szkołach wyższych wiedza może być przydatna w gospodarce. Dużego znaczenia nabiera umiejętność jej komercjalizacji. Jak twierdzi Michael Gibbons oraz współautorzy funkcjonujące w obszarze rynku organizacje są angażowane w proces kreowania oraz rozwijania nowych powiązań nie tylko z innymi firmami oraz ośrodkami B+R ale także z uczelniami wyższymi [8].

Kolejne pokolenia młodych ludzi spoglądają po nowemu na rzeczywistość i pragną ulepszać ją według własnych poglądów i marzeń. Wśród studentów pojawiają się różne, często śmiałe koncepcje, które zamierzają oni wdrożyć, gdyż żywią nadzieję, że będą mogli czynić świat lepszym niż jest. Przedsiębiorczość akademicka pomaga im realizować te idee.

Idee i koncepcje są wynikiem – jak uważa S. Dawidziuk – olśnienia, pewnego zdarzenia, jakie ma miejsce w naszym

życiu, obserwacji pewnych procesów i zjawisk lub mogą pochodzić od osoby, która udziela cennych rad. Tego typu idee mogą być też efektem pewnych przemyśleń. Ludzie znajdują także inspiracje ucząc się w szkołach. Pochodzą one z doświadczenia własnej pracy, dyskusji w ramach grup i zespołów czy rozmów w rodzinie [4]. Warto aby godne uwagi koncepcje mogły zmaterializować się w postaci konkretnego dobra bądź usługi.

Złożoność współczesnego biznesu sprawia, że forsowanie własnego pomysłu napotyka często na różne przeszkody administracyjne, finansowe, prawne, technologiczne, społeczne, wobec których studenci są często bezradni, dlatego zrodził się pomysł inkubatorów przedsiębiorczości. Tego typu przedsięwzięcia mają na celu wspieranie studentów oraz młodych naukowców w zakładaniu działalności gospodarczej oraz komercjalizacji wyników prowadzonych przez nich prac badawczo-naukowych.

Warto podkreślić, iż inkubatory akademickie funkcjonują od wielu lat na polskich uczelniach. Przyczyniają się do promowania biznesu w miejscowym środowisku. Za pomocą instytucjonalizacji ma miejsce proces wspierania działalności biznesowej i komercyjnej w środowisku akademickim.

Od czasu do czasu ze strony obrońców tradycyjnej roli uczelni padają głosy, że powinny one wypełniać jedynie funkcję dydaktyczną i badawczą. Ci ludzie zapominają jednak, że świat podąża naprzód. Wszystko jest w ciągłym ruchu. Żyjemy w społeczeństwie konsumpcyjnym, które napędza przedsiębiorczość, a ta nowe rozwiązania. Pojawienie się gospodarki wiedzy wymusza na uczelniach przedsiębiorczość biznesową. Nie mogą zamknąć się one w czterech ścianach. Muszą wychodzić na zewnątrz i współpracować z przemysłem. O sukcesie współczesnych organizacji w coraz większym stopniu decydują wartości niematerialne. One właśnie są domeną uczelni, które posiadają potencjał intelektualny i są w stanie realizować różne pomysły na potrzeby gospodarki.

BIURA KARIER

Cenną inicjatywą rozwijaną przez uczelnie wyższe są biura karier. Tego typu instytucje, a właściwie komórki organizacyjne, mają ważne zadanie do spełnienia. Jako przykład można podać Biuro Karier na Uniwersytecie Warszawskim. Jest skierowane do studentów oraz absolwentów tej uczelni. Pomaga w poszukiwaniu pracy zgodnie z kwalifikacjami danej osoby. Wspiera studentów w wyborze właściwej ścieżki zawodowej. Utrzymuje bliskie relacje z urzędami pracy i innymi instytucjami z rynku pracy. Organizuje swoim studentom praktyki studenckie, wyszukuje ofert pracy i pełni wiele innych zadań [2].

W celu aktywizacji środowiska akademickiego wyznaczono szkołom wyższym śledzenie losów absolwentów. Dzięki temu mogą pozyskiwać wiedzę o tym czym się zajmują i jakie są ich aktualne role społeczne. Na bazie pozyskiwanych informacji można doskonalić system kształcenia zawodowego i wychodzić z lepszymi ofertami kształcenia na rynek usług edukacyjnych.

Wspomniane biura karier mają za zadanie promowanie działań przedsiębiorczych wśród studentów i włączanie ich w obieg gospodarki. Skutecznie działające biura karier

powinny współpracować z pracodawcami i pozyskiwać od nich wszelkie informacje o miejscach pracy i stażach zawodowych. Wszystko to ma na celu budowanie pomostu między studentami a pracodawcami. Takie biuro karier funkcjonuje od wielu lat w Wyższej Szkole Menedżerskiej w Warszawie i przynosi korzyści środowisku akademickiemu.

Praktyka biura karier jest ważnym narzędzie promowania przedsiębiorczości w środowisku akademickim. Ich idea jest wspierana przez władze uczelni oraz przez przedstawicieli Polskiej Komisji Akredytacyjnej, którzy kierują zapytania podczas kontroli o rolę jaką odgrywa w życiu uczelni.

UCZELNIA ZORIENTOWANA RYNKOWO

Szkoły wyższe są podmiotem rynku usług edukacyjnych a ten ma wpływ na ich funkcjonowanie. Wykorzystują one marketing do celów badania rynku oraz promocji.

W wielu tego typu instytucjach działają działy marketingu, które zbierają informacje o klientach i przygotowują odpowiednie oferty reklamowe kierowane do różnych segmentów rynku.

Bardzo ważnym narzędziem marketingu jest promocja. Zorientowane marketingowo uczelnie zdają sobie sprawę z siły reklamy. Podejmują wysiłki w celu zachęcania klientów do wybierania ich ofert kształcenia. Przekazy są różnorodne. Walka o studentów toczy się również w przestrzeni cyfrowej.

Bardzo ważnym elementem strategii marketingowej jest dobrze sprzedać swoją ofertę. Odpowiedni przekaz sugeruje wybór tej właściwej.

W ramach walki o studenta ważne staje się akcentowanie korzyści jakie będą jego udziałem po ukończeniu uczelni i wskazanie efektów kształcenia, które pozwolą skutecznie działać na rynku pracy. Fachowe przygotowanie studenta oznacza wyposażenie go w merytoryczne podstawy wiedzy i umiejętności oraz zdolności w zakresie przedsiębiorczości, ułatwiające sprzedanie swojej wiedzy, umiejętności i kompetencji na rynku.

Działające w gospodarce opartej na wiedzy organizacje poszukują pracowników wiedzy [4]. Wiedza ma to do siebie, że szybko dezaktualizuje się. Widać to szczególnie w informatyce, inżynierii produkcji oraz w wielu innych dyscyplinach. Niezbędny jest nawyk oduczania się starej wiedzy i umiejętności i nabywania nowej aby sprostać wyzwaniom współczesnego otoczenia.

WNIOSKI

Coraz większą rolę we współczesnej gospodarce odgrywają firmy innowacyjne. Przyczyniają się do podnoszenia innowacyjności i konkurencyjności państwa. Wpływ na ich pozycję rynkową ma powstająca w uczelniach wyższych wiedza technologiczna.

Dysponując nowoczesną infrastrukturą techniczną szkoły wyższe posiadają odpowiedni potencjał badawczy. Kształcą także studentów na potrzeby gospodarki. Równoległe do dydaktyki naukowcy prowadzą badania naukowe. Są zainteresowani ich komercjalizacją.

Wśród studentów, absolwentów i naukowców rodzą się różne ciekawe pomysły. Wielu z nich pragnie je wdrażać w gospodarce. W celu zagospodarowania ich potencjału szkoły wyższe tworzą akademickie inkubatory przedsiębiorczości.

W inkubatorach panują odpowiednie warunki, aby zakładać firmy oraz je rozwijać. Zespół specjalistów udziela fachowych rad oraz pomaga komercjalizować wyniki ich badań. Dzięki wsparciu realizowane są projekty innowacyjne, które pobudzają i rozwijają lokalną przedsiębiorczość oraz industrializację.

Obecność akademickich inkubatorów przedsiębiorczości przynosi szkołom wyższym wiele wymiernych korzyści:

- kreowana w szkole wiedza techniczna jest wdrażana w praktyce gospodarczej,
- obecność akademickiego inkubatora przedsiębiorczości pozwala wykorzystać potencjał naukowo-badawczy studentów, absolwentów i naukowców,
- w warunkach akademickich powstają firmy innowacyjne,
- inkubator sprzyja tworzeniu skupisk biznesowych w regionie i mieście,
- wzrasta znaczenie uczelni na rynku,
- studenci i naukowcy mogą uzyskać pomoc prawną, finansową i zawodową w założeniu własnej firmy,
- wspierane są istniejące firmy w inkubatorze,
- inkubator pomaga nawiązywać kontakty ze środowiskiem biznesowym,
- inkubator promuje szkołę wyższą na rynku,
- dzięki inkubatorom możliwe staje się wykorzystanie potencjału naukowego naukowców i talentów studentów.

CONCLUSIONS

Innovative companies play an increasingly important role in the modern economy. They contribute to increasing the innovativeness and competitiveness of the state. Their market position is influenced by the technological knowledge emerging at universities.

With modern technical infrastructure, universities have the appropriate research potential. They also educate students for the needs of the economy. In parallel to teaching, scientists conduct research. They are interested in their commercialization.

Various interesting ideas are born among students, graduates and scientists. Many of them want to implement them in the economy. In order to develop their potential, universities create academic business incubators.

There are appropriate conditions in incubators to establish and develop companies. A team of specialists provides expert advice and helps to commercialize the results of their research. Thanks to the support, innovative projects are implemented that stimulate and develop local entrepreneurship and industrialization.

The presence of academic business incubators brings many tangible benefits to universities:

- technical knowledge created at school is implemented in business practice,

- the presence of an academic business incubator makes it possible to use the scientific and research potential of students, graduates and scientists,
- innovative companies are established in academic conditions,
- the incubator is conducive to the creation of business clusters in the region and the city,
- the importance of universities on the market is increasing,
- students and researchers can obtain legal, financial and professional assistance as provided own company,
- existing companies in the incubator are supported,
- incubator helps to establish contacts with the business environment,
- incubator promotes the university on the market,
- the incubators make it possible to use the scientific potential of scientists and students' talents.

REFERENCES

- [1] **BENKO G. 1993.** Geografia technopolii. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- [2] **BIURO KARIER.** Uniwersytet Warszawski, <https://biurokarier.uw.edu.pl/o-nas>, dostęp 15.12.2021.
- [3] **CZARKOWSKI J.J. 2012.** E-learning dla dorosłych. Warszawa: Difin.
- [4] **DAWIDZIUK S. 2013.** Przedsiębiorczość białkiem rozwoju społeczno-gospodarczego. Warszawa: WSM.
- [5] **DAWIDZIUK S. 2014.** Entrepreneurship –towards dreams. Warsaw: Warsaw Management University. Munich: Ukrainian Free University in Munich.
- [6] **DRUCKER P.F. 1992.** Innowacja i przedsiębiorczość. Praktyka i zasady. Warszawa: PWN.
- [7] **EVANS CH. 2005.** Zarządzanie wiedzą. Warszawa: PWE.
- [8] **GIBBONS M. i inni. 1994.** The New Production of Knowledge. London: Sage.
Cytujemy: S. Kwiatkowski. 1990. Społeczeństwo innowacyjne. Warszawa: PWN.
Cytujemy za: S. Kwiatkowski 2002. Przedsiębiorczość intelektualna. Warszawa: PWN.
- [9] **GLINKA B., S. GUDKOVA 2011.** Przedsiębiorczość. Warszawa: Wolters Kluwer Polska.
- [10] **GRIFFIN R.W. 2018.** Podstawy zarządzania organizacjami. Warszawa: PWN.
- [11] **ISAACSON W. 2016.** Innowatorzy. Kraków: Wydawnictwo Insignis.
- [12] **ISAACSON W. 2011.** Steve Job. Kraków. Wydawnictwo Insignis.
- [13] **KWIATKOWSKI S. 2000.** Przedsiębiorczość intelektualna. Warszawa: PWN.
- [14] **MATUSIAK K.B. 2006.** Rozwój systemów wsparcia przedsiębiorczości-przesłanki, polityka i instytucje. Radom- Łódź: Instytut technologii Eksploatacji-PIB.
- [15] **NONAKA I., H.TAKEUCHI.2000.** Kreowanie wiedzy w organizacji. Warszawa: Poltext.
- [16] **ROBBINS A. 1996.** Obudź w sobie olbrzymia. Warszawa: Studio Emka.
- [17] **SENGE P.M. 2003.** Piąta dyscyplina, Teoria i praktyka organizacji uczących się. Kraków: Oficyna Ekonomiczna.

REFERENCES

- [1] **BENKO G. 1993.** Geografia technopolii. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- [2] **BIURO KARIER.** Uniwersytet Warszawski, <https://biurokarier.uw.edu.pl/o-nas>, dostęp 15.12.2021.
- [3] **CZARKOWSKI J.J. 2012.** E-learning dla dorosłych. Warszawa: Difin.
- [4] **DAWIDZIUK S. 2013.** Przedsiębiorczosc białkiem rozwoju społeczno-gospodarczego. Warszawa: WSM.
- [5] **DAWIDZIUK S. 2014.** Entrepreneurship -towards dreams. Warsaw: Warsaw Management University. Munich: Ukrainian Free University in Munich.
- [6] **DRUCKER P.F. 1992.** Innowacja i przedsiębiorczosc. Praktyka i zasady. Warszawa: PWN.
- [7] **EVANS CH. 2005.** Zarządzanie wiedza. Warszawa: PWE.
- [8] **GIBBONS M. i inni. 1994.** The New Production of Knowledge. London: Sage.
Cytujemy: S. Kwiatkowski. 1990. Społeczenstwo innowacyjne. Warszawa: PWN.
Cytujemy za: S. Kwiatkowski 2002. Przedsiębiorczosc intelektualna. Warszawa: PWN.
- [9] **GLINKA B., S. GUDKOVA 2011.** Przedsiębiorczosc. Warszawa: Wolters Kluwer Polska.
- [10] **GRIFFIN R.W. 2018.** Podstawy zarządzania organizacjami. Warszawa: PWN.
- [11] **ISAACSON W. 2016.** Innowatorzy. Krakow: Wydawnictwo Insignis.
- [12] **ISAACSON W. 2011.** Steve Job. Krakow. Wydawnictwo Insignis.
- [13] **KWIATKOWSKI S. 2000.** Przedsiębiorczosc intelektualna. Warszawa: PWN.
- [14] **MATUSIAK K.B. 2006.** Rozwój systemow wsparcia przedsiębiorczosci-przeslanki, polityka i instytucje. Radom- Lodz: Instytut technologii Eksploatacji-PIB.
- [15] **NONAKA I., H.TAKEUCHI.2000.** Kreowanie wiedzy w organizacji. Warszawa: Poltext.
- [16] **ROBBINS A. 1996.** Obudz w sobie olbrzymia. Warszawa: Studio Emka.
- [17] **SENGE P.M. 2003.** Piata dyscyplina, Teoria i praktyka organizacji uczacych sie. Krakow: Oficyna Ekonomiczna.

- [18] **TOKARSKA SKUBAŁA Z., Z. TOKARSKI. 1972.** Uniwersytety w Polsce. Warszawa: Wiedza Powszechna.
- [19] **USTAWA z dnia 20 lipca 2018 r.** Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Dz.U. 2018 poz. 1668.
- [20] **WIELKA ENCYKLOPEDIA PWN. 2002.** Tom VIII. Warszawa: PWN.
- [21] **WÓJCICKA M. 2010.** Uniwersytet, stabilność i zmiana. Warszawa: Centrum Badań Polityki Naukowej i Szkolnictwa Wyższego. Uniwersytet Warszawski.

- [18] **TOKARSKA SKUBAŁA Z., Z. TOKARSKI. 1972.** Uniwersytety w Polsce. Warszawa: Wiedza Powszechna.
- [19] **USTAWA z dnia 20 lipca 2018 r.** Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Dz.U. 2018 poz. 1668.
- [20] **WIELKA ENCYKLOPEDIA PWN. 2002.** Tom VIII. Warszawa: PWN.
- [21] **WOJCICKA M. 2010.** Uniwersytet, stabilność i zmiana. Warszawa: Centrum Badań Polityki Naukowej i Szkolnictwa Wyższego. Uniwersytet Warszawski.

LISTA RECENZENTÓW ARTYKUŁÓW PUBLIKOWANYCH W CZASOPIŚMIE „POSTĘPY TECHNIKI PRZETWÓRSTWA SPOŻYWCZEGO”

Prof. dr hab. inż.	Igor	AREFYEV	Sankt-Petersburg (Federacja Rosyjska/Russia)
Prof.	Sa'eed	BAWA	Trinidad (Republic of Trinidad and Tobago)
Prof. dr hab.	Honorata	DANILCENKO	Wilno (Litwa/Lituania)
Dr hab.	Oleksandr	DATSIL	Kijów (Ukraina/Ukraine)
Prof. dr hab. inż.	Petr	DOLEŽAL	Brno (Czechy/Czech Republic)
Doc. dr hab.	Eva	DOLINSKA	Presov (Słowacja/Slovakia)
Dr. sc. ing.	Paweł	GÓRNAS	Duopele (Łotwa/Latwija)
Prof. dr hab. inż.	Zdenek	HAVLICEK	Brno (Czechy/Czech Republic)
Prof. dr hab. inż.	Andrzej	HEIM	Łódź (Polska/Poland)
Prof. dr hab. inż.	Roman	HEJFT	Białystok (Polska/Poland)
Doc. ing. Ph.D	Pavel	HORKÝ	Brno (Czechy/Czech Republic)
Ing. ph D	Eva	IVANIŠOVÁ	Nitra (Słowacja/Slovakia)
Prof. dr hab.	Tamara Wiktoriwna	IVANOWA	Kijów (Ukraina/Ukraine)
Prof. dr	Elvyra	JARIENE'	Wilno (Litwa/Lituania)
Doc. ph. dr	Martina	KÁŠOVÁ	Presov (Słowacja/Slovakia)
Prof. dr hab.	Anna J.	KEUTGEN	Wiedeń (Austria)
Prof. dr	Vassily	KOCHURKO	Baranowicze (Białoruś/Belarus)
Dr hab.	Anna	KOŁŁAYTIS-DOŁOWY	Warszawa (Polska/Poland)
Dr hab. inż.	Henryk	KONOPKO	Białystok (Polska/Poland)
Ing. oh D	Joanna	KORCZYK-SZABO	Nitra (Słowacja/Slovakia)
Prof. ph D	Wojciech	KOWALCZYK	Duisburg-Essen (Niemcy/Germany)
Dr hab. inż.	Hanna	KOWALSKA	Prof. (SGGW), Warszawa (Polska/Poland)
Ass. Prof. Ph.D	Lu-Shéng	HSIÉH	Taichung (Taiwan)
Prof. dr hab. inż.	Jurij	PAWLUCZUK	Brześć (Białoruś/Belarus)
Dr inż.	Joanna	PIEPIÓRKA-STEPUK	Koszalin (Polska/Poland)
Dr hab. inż.	Antoni	PLUTA	Prof. (SGGW), Warszawa (Polska/Poland)
Prof. dr hab.	Janusz	POSPOLITA	Opole (Polska/Poland)
Prof. ing. DrSc.	František	RIEGER	Praga (Czechy/Czech Republic)
Prof. dr hab.	Włodzimierz	RUDENKO	Równie (Ukraina/Ukraine)
Mgr	Violetta	SCHUBE	Hamburg (Niemcy/Germany)
Dr hab. inż.	Mirosław	SŁOWIŃSKI	Warszawa (Polska/Poland)
Dr hab.	Marek	STAROŠKA	Presov (Słowacja/Slovakia)
Prof. dr hab. ing.	Květoslava	ŠUSTOVÁ	Brno (Czechy/Czech Republic)
Dr hab. inż.	Krzysztof	ŚMIECHOWSKI	Prof. (UTH), Radom (Polska/Poland)

Prof. dr hab.	Franciszek	ŚWIDERSKI	Warszawa (Polska/Poland)
Dr inż.	Urszula	TYLEWICZ	Bolonia (Włochy/Italy)
Doc. ing. DrSc.	Pavel	VESELY	Brno (Czechy/Czech Republic)
Dr	Oleksandra	VASYLIEVA	Kijów (Ukraina/Ukraine)
Ass. Prof. Ph.D	Reuben	WANG	Taichung (Taiwan)
Dr hab. inż. Prof. P.W.	Wojciech	WERPACHOWSKI	Warszawa (Polska/Poland)
Prof. dr hab.	Agnieszka	WIERZBICKA	Prof. (SGGW), Warszawa (Polska/Poland)
Prof. dr hab.	Dorota	WITROWA-RAJCHERT	Warszawa (Polska/Poland)
Prof. dr hab. inż.	Janusz	WOJDALSKI	Warszawa (Polska/Poland)
Prof. dr hab. inż.	Ladislav	ZEMAN	Brno (Czechy/Czech Republic)
Dr hab. inż.	Małgorzata	ZIARNO	Prof. (SGGW), Warszawa (Polska/Poland)

Informacje dotyczące zasad etyki wydawniczej oraz wymagań technicznych dla Autorów, Recenzentów, Redaktorów, Rady Redakcyjno-Programowej oraz Wydawcy przygotowujących materiały do publikacji w czasopiśmie **POSTĘPY TECHNIKI PRZETWÓRSTWA SPOŻYWCZEGO**

- Artykuł powinien w sposób zwięzły i przejrzysty omawiać specjalistyczne zagadnienie, przy czym wskazany jest podział tekstu na rozdziały opatrzone tytułami. W jego zakończeniu należy sformułować istotne dla poruszanej problematyki wnioski. Do artykułu należy dołączyć Oświadczenie Autora/ów.
- Wydruk należy przygotować w **dwóch egzemplarzach na białym (nie przebitkowym) papierze**, z podwójną interlinią i 4 cm marginesem z lewej strony. Na marginesie autor zaznacza miejsca, w których należy umieścić tabelę lub rysunek pisząc Tab.1. lub Rys.1. Ponadto na marginesie należy słownie objaśnić litery greckie stosowane w tekście, np. β – beta. Stronice powinny być zaopatrzone w kolejną numerację.
- **Uwaga!** Wraz z w/w egzemplarzami artykułu należy dostarczyć płytkę z zapisanym tekstem (rysunkami) w edytorze pracującym w środowisku **Windows** drogą pocztową lub elektroniczną na adres: **ptps@mac.edu.pl**.
- Na pierwszej stronie wydruku (u góry) należy podać imię i nazwisko autora, tytuł naukowy lub zawodowy, nazwę zakładu pracy, pełny tytuł artykułu oraz krótkie streszczenie o objętości nie przekraczającej 5 do 8 wierszy maszynopisu. Konieczne jest również dołączenie tłumaczenia tytułu, streszczenia i wniosków w języku angielskim. Na stronie tej należy ponadto umieścić miejsce zatrudnienia autora dla korespondencji oraz adres poczty e-mailowej.
- Jeżeli zachodzi taka konieczność, materiał może zawierać wzory matematyczne, które należy pisać w oddzielnych wierszach tekstu z wyraźnym zaznaczeniem obniżonych indeksów, wykładników potęg, znaków matematycznych, itp. Wzory, przy większej ich ilości, należy numerować z prawej strony cyframi arabskimi w nawiasach okrągłych. W artykule należy stosować jednostki miar zgodne z Międzynarodowym Układem Jednostek (SJ).
- Na rysunki i tabele należy powołać się w tekście w nawiasach okrągłych, np. (rys.1), natomiast na źródła literaturowe, których zestawienie umieszczone jest na końcu artykułu, w nawiasach kwadratowych, np. [3] lub [3,4,5].
- Wykaz literatury (ograniczony do źródeł najbardziej istotnych) należy umieścić na końcu artykułu pod tytułem: REFERENCES opierając się na następujących zasadach:
 - dla książek: nazwisko(a) i inicjały imion autora(ów), rok wydania, tytuł książki, miejsce wydania, wydawcę,
 - dla czasopism: nazwisko(a) i inicjały imion autora(ów), rok wydania, tytuł artykułu, tytuł czasopisma, numer zeszytu, numer stron.
- Tytuł artykułu musi być napisany małymi literami (wykluczone wersaliki) – zarówno **w języku polskim jak i angielskim**.
- Tabele ponumerowane kolejno cyframi arabskimi muszą być zaopatrzone **w tytuł w języku polskim i angielskim**.
- Wszelkie materiały ilustracyjne (wykresy, rysunki, fotografie) nazywa się rysunkami i numeruje kolejno, wiążąc je w odpowiednich miejscach z tekstem. Rysunki należy wykonać czytelnie, pamiętając, że ich format powinien gwarantować po dwukrotnym zmniejszeniu pełną czytelność.
- **Uwaga!** Rysunków nie należy wklejać do tekstu!
- Podpisy pod rysunki, napisane na odrębnej stronie – **w języku polskim i angielskim**, muszą oprócz kolejnego numeru podawać tytuł rysunku wraz z legendą zawierającą wyodrębnione odnośnikami jego części.
- Artykuły powinny być recenzowane przez dwóch samodzielną pracowników – specjalistów z dziedziny przetwórstwa spożywczego i jako takie zaopatrzone zostaną w znak graficzny (®) umieszczony przy tytule. Recenzje takie należy dołączyć do artykułu: jedna od recenzenta krajowego a druga od zagranicznego (podwójna ślepa).
- Redakcja informuje autorów publikacji, że ewentualne przypadki „ghostwriting” i „guest authorship” będące przejawem nierzetelności naukowej, będą dokumentowane i demaskowane, włącznie z powiadomieniem odpowiednich podmiotów (instytucje zatrudniające autorów, towarzystwa naukowe, stowarzyszenia edytorów naukowych, itp) oraz wycofaniem artykułu.
- O przyjęciu artykułu do druku decyduje kolegium redakcyjne, w oparciu o przygotowane jego recenzje. Jeżeli w ich wyniku zachodzi konieczność poprawienia artykułu przez autora, to powinno to nastąpić w okresie nie dłuższym niż dwa miesiące. Po tym terminie uważa się, że autor rezygnuje z publikacji.
- Redakcja zastrzega sobie prawo dokonywania poprawek, zmian terminologicznych lub skrótów, przy czym zmiany o charakterze merytorycznym będą wprowadzane wyłącznie za zgodą autora.
- Przekazanie artykułu do Redakcji jest zarazem oświadczeniem, że nadesłane opracowanie nie było publikowane w innym czasopiśmie.
- Artykuły (**wydruk z płytką lub drogą elektroniczną**) należy przysyłać na adres:

WYŻSZA SZKOŁA MENEŻERSKA
Redakcja czasopisma „Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego”
ul. Kawęczyńska 36, 03-772 Warszawa
e-mail: ptps@mac.edu.pl

Wskazówki techniczne dla autorów od redaktora technicznego

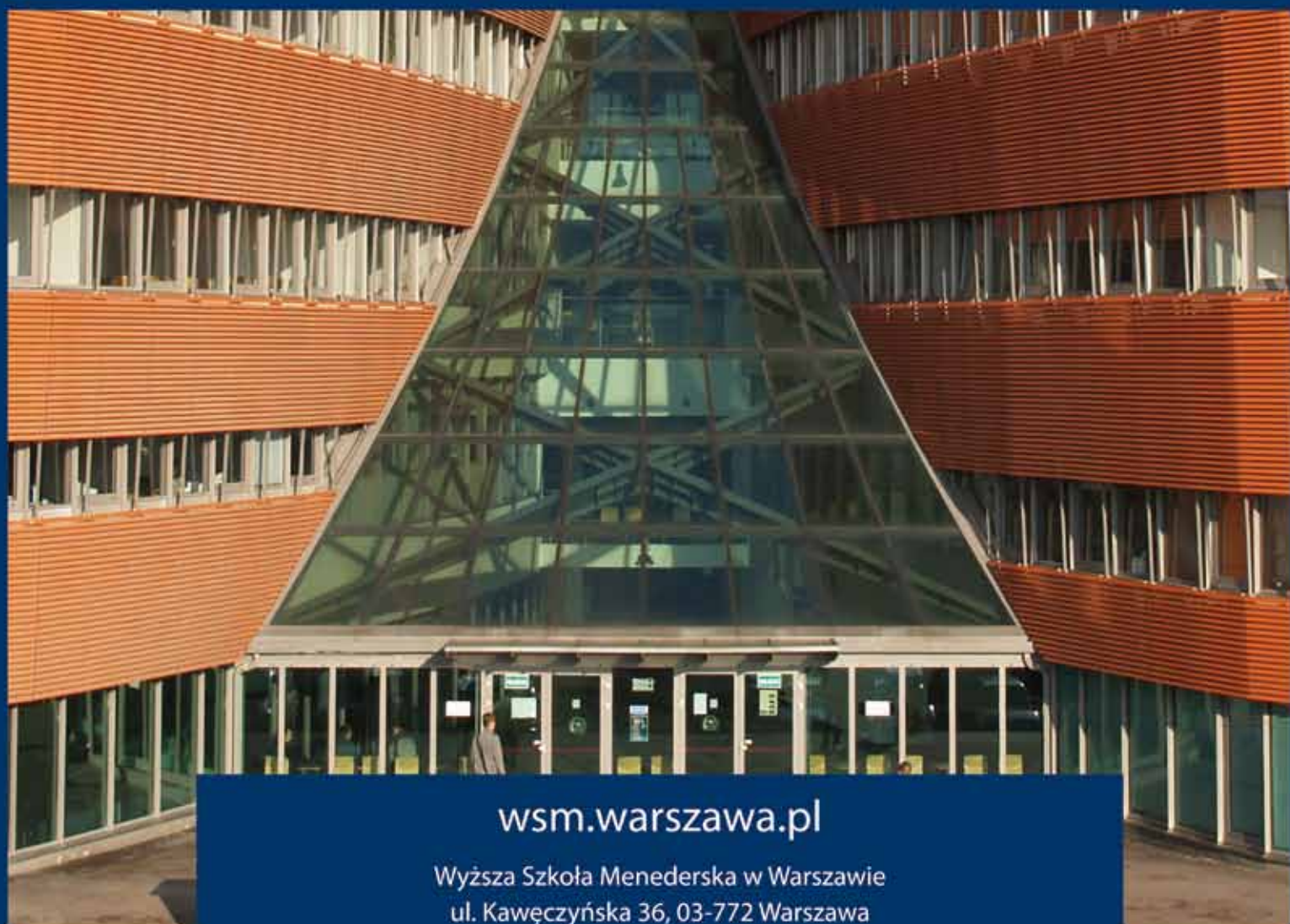
- Prace przekazujemy na płytach CD. Wraz z przekazywanym nośnikiem, przekazujemy **wydruk pracy** (z drukarki).
- Artykuły mają być pisane na komputerach **PC** pod systemem operacyjnym WINDOWS.
- **TEKST** – piszemy w programie WORD ‘97-2003, lub zapisujemy w tych wersjach.
- **TABELE** – j.w.
- **WYKRESY** – jako bitmapy z rozszerzeniem – **pdf** (nie ma możliwości redagowania – muszą mieć ostateczną formę, wygląd i jak największą rozdzielczość).
- **RYSUNKI** – w programie COREL DRAW 9.0 z rozszerzeniem **cdr** (jest możliwość zmian i redagowania), albo jako bitmapy z rozszerzeniem – **pdf** (nie ma możliwości redagowania – muszą mieć ostateczną formę i wygląd).
- **ZDJĘCIA** – jako bitmapy z rozszerzeniem – **pdf, tif, psd** lub **jpg** – z rozdzielczością 300 dpi (nie ma możliwości redagowania – muszą być profesjonalnie zeskanowane z jak największą rozdzielczością).

Z wyrazami szacunku
Redakcja „PTPS”



WYDAWNICTWO
im. Prof. L. Krzyżanowskiego

*Wyższej Szkoły Menedżerskiej
w Warszawie*



wsm.warszawa.pl

Wyższa Szkoła Menederska w Warszawie
ul. Kawęczyńska 36, 03-772 Warszawa