

**POSTĘPY
TECHNIKI
przetwórstwa
spożywczego**

**TECHNOLOGICAL
PROGRESS
in food processing**

1

2017



Wyższa Szkoła Menedżerska

ul. Kawęczyńska 36, 03-772 Warszawa

tel. 22 59-00-700,

wsm.warszawa.pl





Wyższa Szkoła Menedżerska w Warszawie

10 kierunków
studiów, m.in.:

- Informatyka
- Bezpieczeństwo Narodowe
- Zarządzanie i Inżynieria Produkcji

Studia
w języku angielskim



wsm.warszawa.pl

Tom 27/50

PL ISSN
0867-793x

6 pkt
na liście
rankingowej
czasopism
punktowanych

POSTĘPY TECHNIKI przetwórstwa spożywczego

Nr 1/2017

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

B. Czasopisma
naukowe
nieposiadające
współczynnika
wpływu
IMPACT FACTOR (IF)



Czasopismo recenzowane Wyższej Szkoły Menedżerskiej w Warszawie

Uzyskanie recenzji uznanych specjalistów zagranicznych
dofinansował Minister Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Istnieje od 1992 r.

Do 2003 r. wydawane przez Instytut Maszyn Spożywczych
*Czasopismo naukowe, o zasięgu ogólnokrajowym, promujące
postęp w technice branż przetwórstwa spożywczego, zamiesz-
czające prace naukowo-badawcze, badawczo-rozwojowe, wdro-
żeniowe i przeglądowe z zakresu: inżynierii żywności, organiza-
cji i techniki produkcji, projektowania, konstrukcji, wykonaw-
stwa oraz eksploatacji i energochłonności maszyn spożywczych,
a także z ekonomii, ekologii, zarządzania, marketingu i przedsię-
biorczości w przemyśle produkującym żywność.*

*„Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego” są forum pre-
zentacji dorobku naukowego i wymiany myśli techniczno-tech-
nologicznej kadry naukowej polskich i zagranicznych uczelni
technicznych, rolniczych, ekonomicznych, Wyższej Szkoły Mene-
dżerskiej, instytutów naukowych oraz innych jednostek badaw-
czo-rozwojowych i produkcyjnych w kraju, zajmujących się w.w.
zagadnieniami.*

Wersja papierowa jest wersją pierwotną czasopisma

Czasopismo indeksowane w bazach referencyjnych: 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>

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>	

INŻYNIERIA ŻYWNOSCI

FOOD ENGINEERING

1. KOWALSKA H., A. LENART, A. MARZEC, J. KOWALSKA, A. CIURZYŃSKA, K. CZAJKOWSKA, M. HANKUS, M. WOJNOWSKI: Wykorzystanie zrównoważonych rozwiązań technologicznych w wytwarzaniu wysokiej jakości przekąsek wzbogacanych w bioskładniki	5
<i>The possibility of sustainable technological application in the commercial manufacture of high quality snacks enriched with natural ingredients.</i>	
2. DEC D., M. JOKA, M. KOWCZYK-SADOWY: Aktywność przeciwgrzybiczna wybranych ekstraktów roślinnych na szczepy <i>Aspergillus</i>	15
<i>Influence of selected plant extracts against <i>Aspergillus</i>.</i>	
3. GUMUL D., W. BERSKI, R. ZIOBRO, M. KRUCZEK, A. ARECZUK: The influence of cooking on nutritional and functional compounds content in potato tubers	18
<i>Wpływ gotowania na zawartość odżywczych i funkcjonalnych składników w bulwach ziemniaka.</i>	
4. KOWALCZEWSKI P. L., A. MAKOWSKA, M. RÓŻAŃSKA: Ocena jakości i atrakcyjności konsumenckiej chleba pszennego z dodatkiem soku z ziemniaka	23
<i>Evaluation of the quality and consumer acceptance of wheat bread enriched with potato juice.</i>	
5. MIESZKALSKI L.: Metoda matematycznego modelowania kształtu bulw ziemniaka (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	28
<i>Method of mathematical modeling of the shape of potato tubers (<i>Solanum tuberosum</i> L.).</i>	
6. KOZIEL K.: Ekstrakcja oleju z wędzonych skór łososi	33
<i>Extraction of oil from the skin of the smoked salmon.</i>	
7. SZWEDZIAK K., Z. SMOLKE, E. POLAŃCZYK, A. SZOPA, J. KORONCZOK: Metody oceny jakości miodu	36
<i>Methods for establishing honey quality.</i>	
8. PAŁACHA Z., A. GÓRSKI: Wpływ rodzaju opakowania oraz grubości warstwy powietrza na czas zamrażania wybranych produktów pochodzenia zwierzęcego	39
<i>Impact of type packaging and thickness layer air on the freezing time of selected animal products.</i>	
9. KAZIMIERCZAK R., E. HALLMANN, U. ZDUŃSKA: Wpływ systemu produkcji na zawartość wybranych związków bioaktywnych w przyprawach ziołowych	46
<i>The impact of production systems on the content of selected bioactive compounds in the herbal spices.</i>	
10. MIESZKALSKI L.: Metody matematycznego modelowania kształtu nasiona lnu	51
<i>Methods mathematical modeling shape flax seeds.</i>	
11. SZULC K., J. ZMORZYŃSKA: Aglomeracja układów wieloskładnikowych	55
<i>Agglomeration of multiple systems.</i>	
12. NOWAK D., A. NIENAUTOWSKA: Wpływ warunków liofilizacji na właściwości suszonego przecieru z owoców dzikiej róży	60
<i>Influence of lyophilization conditions on the properties of dried RUGOSA ROSE hip puree.</i>	
13. BAKIER S., E. BAJKO: Efekty ekstrakcji pyłku kwiatowego nadkrytycznym ditlenkiem węgla	66
<i>The effects of supercritical carbon dioxide treatment on bee pollen.</i>	
14. SZWEDZIAK K., E. POLAŃCZYK, M. DĄBROWSKA-MOLENDA, A. KAMIŃSKA: Technologia i tłoczenie soków owocowych w kontekście oceny jakości	71
<i>Technology and cooking of fruit juices in the context of quality assessment.</i>	
15. DASIEWICZ K., M. SŁOWIŃSKI: Porównanie przydatności programów „IMAGEJ” i „CARNE 2” do szacowania jakości kielbasy salami metodą komputerowej analizy obrazu	77
<i>Comparison of usefulness of programs „ImageJ” and „Carne 2” application for estimating quality of salami sausages using Video Image Analysis.</i>	
16. JANOWICZ M., D. SIERSZAK, J. KADZIŃSKA, K. KRÓLIKOWSKI: Hydrokoloidy w kształtowaniu właściwości odtwarzanych suszy owocowych na przykładzie gruszek	82
<i>The use of hydrocolloid solutions during the rehydration of the dried fruits gives the desired degree of hydration.</i>	
17. ŚMIALEK E., K. GUTKOWSKA: Kuchnia molekularna i jej możliwości rozwoju w Polsce	89
<i>Molecular kitchen development opportunities in Poland.</i>	

ARTYKUŁY ANALITYCZNO-PRZEGLĄDOWE ANALYTICAL-REVIEW ARTICLES

18. **ACHREMOWICZ B., A. CEGLIŃSKA, M. DARMETKO, T. HABER, J. JANKOWSKA, P. KARPIŃSKI, M. OBIEDZIŃSKI, R. TARASIEWICZ:**
Charakterystyka wybranych surowców roślinnych i możliwości ich wykorzystania jako dodatków do ciast chlebowych 97
Characteristic of selected plant raw materials and their potential applications as additives to bread dough.
19. **CZAJKOWSKA K., H. KOWALSKA:**
Metody wytwarzania przekąsek owocowych wzbogaconych w składniki naturalne 110
Methods of manufacturing fruit snack enriched in natural ingredients.
20. **MAJEWSKI J.:**
Tłuszcz emu, strusi i nandu – możliwości wykorzystania i profil kwasów tłuszczowych 116
Emu, ostrich and nandu fat – the potential use and profile of fatty acids.
21. **KUCHARCZYK K., T. TUSZYŃSKI:**
Regulacja temperatury w procesach fermentacji i dojrzewania piwa w tankofermentorze 121
Temperature control in processes fermentation and maturation of beer in fermentation tank.
22. **ŚWIĄDER K., A. PIOTROWSKA, J. RACHTAN-JANICKA, E. REMBIAŁKOWSKA, E. KOSTYRA, E. DYBKOWSKA, S. WILK:**
Możliwości otrzymywania funkcjonalnych produktów z mięsa wieprzowego poprzez modyfikowanie technologii ich wytwarzania 128
The possibility of obtaining functional products from pork meat by modifying the production technology.
23. **KOMSTA H.:**
Transport żywności a środowisko 136
Food transport and the environment.

PROBLEMATYKA ROLNO-ŻYWNOŚCIOWA AGRO FOOD PROBLEMS

24. **GRUCHELSKI M., J. NIEMCZYK:**
Niezbędność pogłębienia swobody gospodarowania w polskim rolnictwie na wzór wdrażanego ustawodawstwa dotyczącego działalności przedsiębiorstw pozarolniczych. Część I – Zagadnienia wstępne 140
The necessity of deepening the freedom of management in polish agriculture based on the implemented activities of non-agricultural businesses legislation. Part I – Preliminary issues.

EKONOMIA, ZARZĄDZANIE, INFORMATYKA, MARKETING ECONOMY, MANAGEMENT, INFORMATION, MARKETING

25. **PIĄTKOWSKI A.:**
Masowa kastomizacja jako strategia uzyskania przewagi konkurencyjnej w XXI wieku 147
Mass customization as a strategy of achieving a competitive advantage in the XXI century.
26. **PAWŁOWSKI M., A. KUŁAKOWSKA, Z. PIĄTKOWSKI, R. SAJECKA, A. PIĄTKOWSKI:**
Uwarunkowanie stosowania empowermentu w pracy zawodowej pracowników i kadry kierowniczej w organizacjach – Część II 156
Of conditioning empowerment applying in the career employees and the senior staff in organizations – Part II.

ZESPÓŁ REDAKCYJNY:

REDAKTOR NACZELNA:

PROF. DR HAB. ALINA MACIEJEWSKA

REDAKTOR TEMATYCZNY:

MGR INŻ. TADEUSZ KICZUK

REDAKTOR JĘZYKOWY:

MGR JOLANTA ELŻBIETA MIESZKALSKA

REDAKTOR STATYSTYCZNY:

DR HAB. EWA FRĄTCZAK, PROF. SGH

RADA NAUKOWO-PROGRAMOWA

PRZEWODNICZĄCY:

PROF. DR HAB. ANDRZEJ LENART – SGGW (POLSKA/POLAND)

CZŁONKOWIE:

PROF. DR HAB. ALEXANDER J. BELOHLAVEK, 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. DA-WEN SU – DUBLIN (IRLANDIA/IRELAND)

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

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

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

PROF. DR SC. INŻ. ERLIHMAN WŁODIMIR NAUMOWICZ – KALININGRAD (FEDERACJA ROSYJSKA/RUSSIA)

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

DOC. DR HAB. MAREK GRUCHELSKI – SGH, WSM (POLSKA/POLAND)

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

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

PROF. DR HAB. INŻ. AGNIESZKA KALETA – SGGW (POLSKA/POLAND)

PROF. DR HAB. INŻ. HENRYK KOMSTA – PL (POLSKA/POLAND)

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

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

PROF. DR HAB. INŻ. MAREK OPIELAK – 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)

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

PROF. DR HAB. INŻ. KRZYSZTOF WITUSZYŃSKI – WSM (POLSKA/POLAND)

SZANOWNI CZYTELNICY

Przed nami lato, zielen, piękna pogoda i pięćdziesiąty numer „Potępów Techniki Przetwórstwa Spożywcze”. Rozpoczęliśmy dwudziesty szósty rok działalności. Jesteśmy obecni na rynku naukowych wydawnictw periodycznych publikujących oryginalne artykuły recenzowane promujące postęp w technice przetwórstwa spożywcze. Dotychczas ukazało się około 950 artykułów dotyczących inżynierii żywności, technik i technologii produkcji żywności oraz wybranych zagadnień ekonomicznych.

W bieżącym numerze znajdują Państwo dwadzieścia sześć artykułów. Trudno jest omówić wszystkie z nich, choć wszystkie są interesujące, dlatego sygnalizuję tylko niektóre.

Do wytwarzania wysokiej jakości przekąsek z jabłek, truskawek lub gruszek wzbogaconych w naturalne składniki bioaktywne, mogą być wykorzystywane soki owocowe, koncentraty owocowe a także ekstrakty produktów odpadowych (wytłoki) – informuje Zespół Pracowników Wydziału Nauk o Żywności SGGW w Warszawie po przeprowadzeniu badań we współpracy z naukowcami szwedzkimi (Goeteborg) oraz niemieckimi (Berlin).

Badania na Politechnice Białostockiej wykazały, że najsilniejsze działanie przeciwgrzybicze na szczepy grzybów *Aspergillus* wykazały ekstrakty roślinne z lubczyku, rozmarynu i estragonu. Mogą być one wykorzystane w przemyśle spożywczym, jako naturalne konserwanty.

Gotowanie obniża zawartość odżywczych, funkcjonalnych i prozdrowotnych składników w bulwach ziemniaków, takich jak: polifenole, flawonoidy, witamina C oraz błonnik pokarmowy - twierdzi po przeprowadzeniu badań Zespół Naukowy Akademii Rolniczej w Krakowie.

Pracownicy Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu w oparciu o nowe badania twierdzą, że wysoka aktywność biologiczna soku ziemniaczanego pozwala na wytworzenie akceptowalnego pieczywa z dodatkiem suszu ziemniaczanego na poziomie 2,5%.

Zaproponowana przez Profesora SGGW w Warszawie metoda matematycznego modelowania kształtu bulw ziemniaka może być wykorzystana przez projektantów do konstruowania sortowników.

W celu kompleksowego wykorzystania wędzonych skór z łososi po usunięciu podskórnej tkanki mięsno-tłuszczowej, tłuszcz musiałby być usuwany innymi metodami niż metoda ekstrakcji – informuje w swojej pracy badawczej Zespół Pracowników Morskiego Instytutu Rybackiego – Państwowego Instytutu Badawczego w Gdyni.

Korzystając z informacji dostarczonych przez naukowców Politechniki Opolskiej sami możemy ocenić jakość kupowanego miodu.

Przedstawiona przez pracowników Wydziału Nauk o Żywności SGGW badawcza analiza wpływu rodzaju opakowania oraz warstwy powietrza na czas zamrażania produktów pochodzenia zwierzęcego przyczyni się do racjonalnego podejmowania decyzji przy wyborze metody pakowania.

Z badań przeprowadzonych na Wydziale Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji SGGW w Warszawie wynika, że przyprawy ziołowe, takie jak; majeranek, oregano, lubczyk i kmin rzymski, zwłaszcza pochodzące z produkcji ekologicznej stanowią bogate źródło związków o charakterze antyoksydacyjnym, dzięki czemu mogą wpływać na poprawę stanu zdrowia konsumenta i powinny być polecane w codziennej diecie.

Z badań na Politechnice Opolskiej dotyczących tłoczenia soków owocowych w kontekście oceny jakości wynika, że soki naturalnie mętne są znacznie lepsze pod względem zdrowotnym dzięki większej ilości cennych składników odżywczych. Zawierają one tylko naturalny cukier pochodzący z owoców i nie mają żadnych syntetycznych dodatków czy konserwantów.

Próbę odpowiedzi na pytania, na czym polega kuchnia molekularna i jakie ma szanse na rozwój w naszym kraju podjął Zespół Naukowy Pracowników SGGW w Warszawie przeprowadzając badania własne w wybranej grupie internautów, przeprowadzając wywiady bezpośrednie i obserwacje.

Zachęcam do lektury wszystkich artykułów.

Dziękuję Autorom artykułów i ich Recenzentom – twórcom naszego wspólnego sukcesu wydawniczego za owocną współpracę i zachęcam zarówno Ich, jak i nowych Autorów i Recenzentów do współpracy z naszym czasopismem.

REDAKTOR NACZELNA

Prof. Dr hab. Alina MACIEJEWSKA

Dr hab. inż. Hanna KOWALSKA
Prof. dr hab. Andrzej LENART
Dr hab. inż. Agata MARZEC
Dr hab. inż. Jolanta KOWALSKA
Dr inż. Agnieszka CIURZYŃSKA
Mgr inż. Kinga CZAJKOWSKA
Mgr inż. Maria HANKUS
Mgr lic. Mariusz WOJNOWSKI

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

WYKORZYSTANIE ZRÓWNOWAŻONYCH ROZWIĄZAŃ TECHNOLOGICZNYCH W WYTWARZANIU WYSOKIEJ JAKOŚCI PRZEKĄSEK WZBOGACANYCH W BIOSKŁADNIKI®

The possibility of sustainable technological application in the commercial
manufacture of high quality snacks enriched with natural ingredients®

*Badania wspierane finansowo przez SUSFOOD ERA-NET/NCBiR; Projekt 5/SH/SUSOOD/2014.
Okres realizacji: 2014-2016, Polska. Współfinansowane z dotacji MNiSW na działalność statutową Wydziału
Nauk o Żywności, Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

Słowa kluczowe: przekąski owocowe, liofilizacja, suszenie hybrydowe („puffing”).

Wzbogacanie owoców w związku biologicznie aktywne podczas odwadniania osmotycznego jest nowym sposobem uatrakcyjniania owocowych produktów suszonych. Możliwości takie daje wykorzystanie soków owocowych lub ekstraktów pozyskanych np. z wytłoków owocowych, co stanowi skuteczny czynnik w zrównoważonym przetwarzaniu surowców roślinnych.

Key words: fruit snacks, freeze drying, hybrid technique (puffing).

Enrichment fruit in additional biologically active compounds during osmotic dehydration is a new way of enhancing the attractiveness of dried fruit products. It is also possible to use fruit juice or extracts obtained eg. from marc (by-product) of fruit, which is an effective factor in the sustainable processing of plant materials.

WSTĘP

Zmieniający się styl życia, nawyki żywieniowe konsumentów, ale też wymagania co do jakości i składu produktów, niejednokrotnie niezależnie od ceny, zmuszają producentów żywności do zwiększania gamy oferowanych produktów. Z uwagi na sezonowość występowania owoców, przemysł spożywczy stosuje różne techniki przetwarzania i utrwalania tych surowców. Do często stosowanych technik utrwalania należy zaliczyć suszenie i zamrażanie. Dobór odpowiedniej metody suszenia pozwala na uzyskanie produktu, który w dużym zakresie zachowa skład chemiczny surowca. W wyniku procesu suszenia, zmniejsza się zawartość wody w surowcu, dzięki czemu uzyskać można produkt trwały, zawierający skoncentrowaną dawkę zarówno składników odżywczych, jak i wykazujących właściwości prozdrowotne.

Jabłka, truskawki, gruszki są surowcami często wykorzystywanymi w przetwórstwie owocowym. Otrzymanie suszy z owoców o atrakcyjnych walorach smakowych, często wymaga zastosowania obróbki wstępnej. Susze otrzymane metodą połączoną z odwadnianiem osmotycznym charakteryzują się wyczuwalną słodyczą. Znalazły szerokie zastosowanie jako dodatki do ciast, deserów, lodów, jogurtów, ale również przeznaczone są do bezpośredniego spożycia.

Owadnianie osmotyczne przed suszeniem wpływa korzystnie na właściwości odżywcze i sensoryczne suszy z owoców, kosztem nieznacznego uszkodzenia ich struktury, eliminując zwyczajową konieczność stosowania chemicznych konserwantów. Efektowi odwodnienia z wykorzystaniem zjawiska osmozy może towarzyszyć wzbogacanie składu suszy w substancje odżywcze, poprzez dodatek witamin lub składników mineralnych do roztworu osmotycznego.

Adres do korespondencji – Corresponding author: Hanna Kowalska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Nauk o Żywności, Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, ul. Nowoursynowska 159c, 02-776 Warszawa, e-mail: hanna_kowalska@sggw.pl

Korzystne od strony atrakcyjności produktu oraz rozwiązań technologicznych jest stosowanie naturalnych substancji wzbogacających w postaci soków, ich koncentratów lub ekstraktów pozyskanych z wyłoków owocowych. Wśród metod suszenia możliwość znaczącego skrócenia czasu wytwarzania przekąsek owocowych wysokiej jakości stwarza technika związana z efektem „puffingu”.

Celem artykułu jest omówienie możliwości wytwarzania przekąsek z jabłek, truskawek lub gruszek wzbogacanych w naturalne składniki bioaktywne z wykorzystaniem technik zrównoważonego przetwórstwa owoców. Dodatkowo celem omawianych zagadnień jest rozpowszechnienie wyników uzyskanych przez konsorcjum w ramach zrealizowanego projektu Era-Net Susfood.

KONCEPCJA PROJEKTU ERA-NET SUSFOOD

Zasadniczą koncepcją projektu ERA-NET SUSFOOD realizowanego w latach 2014-2016 było znalezienie rozwiązań pełnego zagospodarowania surowców roślinnych poprzez wykorzystanie produktów odpadowych, zawierających związki biologicznie czynne, które mogą znaleźć zastosowanie w wytwarzaniu żywności nowego typu. W ramach badań w ośrodkach naukowych partnerów projektu opracowano metody odzyskiwania tych składników.

Drugim ważnym zagadnieniem było opracowanie technologii wytwarzania produktów z uwzględnieniem zastosowania tych związków. Znaczenie badań w tym zakresie było też związane z dążeniem producentów do sprostania wymaganiom konsumentów, którzy w większym stopniu zwracają uwagę na jakość spożywanej żywności, jak najmniej przetworzonej, zawierającej składniki bioaktywne. Analizując literaturę powyższej tematyki [5] zaobserwowano zwiększone zainteresowanie wykorzystaniem ubocznych produktów roślinnych w celu ekstrakcji związków o wysokiej wartości.

Głównym celem projektu było określenie możliwości zagospodarowania wyłoków jagodowych. W zakresie badań ujęto opracowanie innowacyjnych technologii sprzyjających ochronie środowiska (rys. 1, 2). Uwzględniono następujące procesy: dobór parametrów ekstrakcji nadkrytycznej wyłoków owoców jagodowych, dobór metod i parametrów stabilizacji pozyskanych ekstraktów, a także dobór parametrów odwadniania osmotycznego i różnych metod suszenia oraz wzbogacania owoców (jabłek, truskawek, gruszek) z zastosowaniem pozyskanych ekstraktów, inuliny oraz koncentratu soku z aronii.

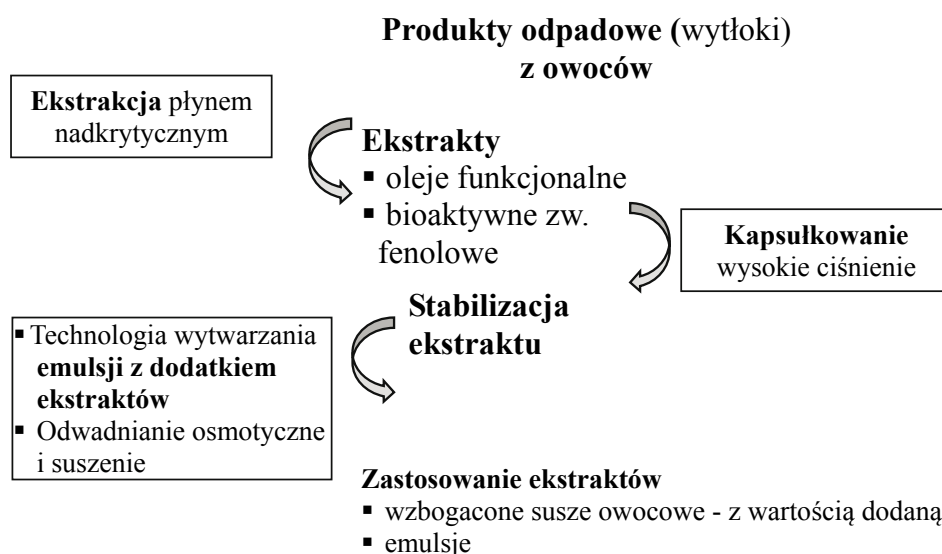
W projekcie badano różne warunki procesu w celu optymalizacji i dopasowywania parametrów ekstrakcji związków fenolowych i bioaktywnych olejków z produktów ubocznych powstałych po przetwarzaniu owoców.

Podejmowano próby stabilizacji ekstraktów w postaci emulsji lub proszku. Stabilność ekstraktów pozwoli przechowywać je w temperaturze otoczenia bez utraty właściwości bioaktywnych. Ekstrakty były wykorzystywane do otrzymania produktów spożywczych o właściwościach prozdrowotnych, poprzez wzbogacanie suszy owocowych w składniki bioaktywne, a w zadaniu innego partnera projektu do wytwarzania emulsji. Aby osiągnąć niskie wykorzystanie energii w sposób zrównoważony, zaplanowano zastosowanie odpowiednio niskich temperatur emulgowania, odwadniania osmotycznego i suszenia. Celem tej części eksperymentu było obniżenie zużycia energii w czasie przechowywania, a także zminimalizowanie strat bioaktywnej funkcjonalności produktów.

Ekstrakcja płynów w stanie nadkrytycznym zaliczana jest do tzw. zielonych technologii, ponieważ nie wymaga stosowania rozpuszczalników organicznych.

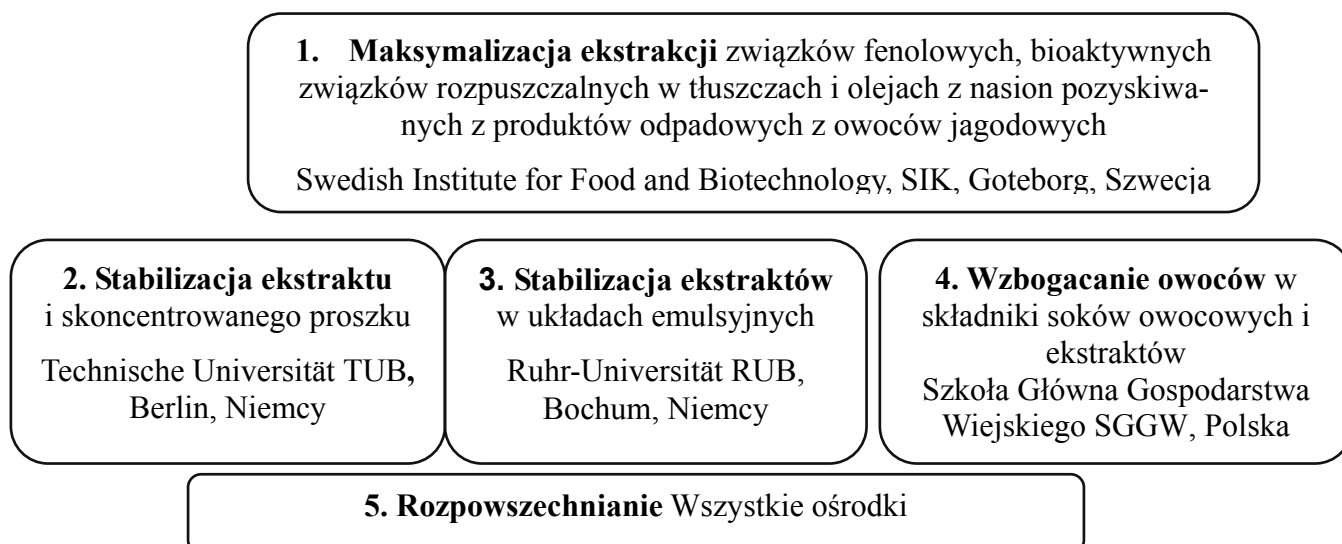
Zakres projektu obejmował zbadanie nowych kierunków wytwarzania prozdrowotnych produktów spożywczych poprzez:

- optymalizację ekstrakcji związków fenolowych i innych bioaktywnych związków rozpuszczalnych w tłuszczach i oleju z nasion jako produktów odpadowych z przetwórstwa jagód, wykorzystując ekstrakcję nadkrytyczną w połączeniu z pulsującym polem elektrycznym lub obróbką wstępną przy użyciu ultradźwięków,
- stabilizację ekstraktów w postaci proszku z zastosowaniem innowacyjnych technologii wytwarzania skoncentrowanych proszków,
- rozwój nowych emulsji spożywczych o wartości dodanej, opartych o produkty najwyższej jakości przy wykorzystaniu bioaktywnych ekstraktów, z zastosowaniem nietermicznej technologii produkcji emulsji,
- opracowanie nowych suszy owocowych wysokiej jakości o wartości dodanej przy użyciu ekstraktów o właściwościach bioaktywnych stosowanych do odwadniania osmotycznego,
- przeniesienie wiedzy ze środowiska naukowego do przemysłowego.



Rys. 1. Schemat koncepcji realizacji projektu.
Fig. 1. Scheme of the conception of the project.

Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study



Rys. 2. Schemat zadań partnerów projektu.
Fig. 2. Scheme of the tasks of the project partners.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Stronami zainteresowanymi tego projektu są: producenci żywności, którzy wykorzystują owoce jako surowiec do produkcji soków, producenci wytwarzający wyroby na bazie emulsji o niskiej zawartości tłuszczu, np. zupy, koktajle, a także producenci żywności wykorzystujący suszone owoce do wytwarzania innych produktów (płatków śniadaniowych, jogurtów, lodów).

MATERIAŁ I METODY

W ramach badań realizowanych na Wydziale Nauk o Żywności (SGGW) surowcami do badań były wybrane owoce, takie jak jabłka odmiany *Gala* i *Braeburn*, truskawki odmiany *Honeoye* i gruszki odmiany *Konferencja* i *Lukasówka*, których uprawy krajowe są znaczące i dlatego mogą być zagospodarowane do produkcji suszy, zwłaszcza w zrównoważonej produkcji żywności oraz potrzebie otrzymania produktów rynkowych o istotnych właściwościach prozdrowotnych.

Jabłka i gruszki do czasu rozpoczęcia badań przechowywane były w chłodni w temperaturze 5-8°C. Przygotowując je do badań pozbawiano komór nasiennych, cięto na plastry i wykrawano walce o średnicy 1,5 cm i wysokości 1 cm. Ze względu na krótki okres wegetacji, truskawki mrożono. Do odwadniania osmotycznego użyto truskawki bez rozdrabniania w stanie częściowo rozmrożonym przetrzymywane w temperaturze pokojowej przez około 10 min. W późniejszym etapie zdecydowano o użyciu truskawek przepołowionych. Brak etapu całkowitego rozmrażania był szczególnie istotny ze względu na ograniczenie zmian struktury tkanki owoców, jakie następują podczas tradycyjnego rozmrażania.

W ramach opracowania metodyki badań i ustalenia parametrów odwadniania osmotycznego wykonano badania wstępne dotyczące różnego składu i stężenia roztworów osmotycznych, temperatury i czasu odwadniania. Początkowo założono zastosowanie roztworów osmotycznych o stężeniu 30, 45 i 60%. W kolejnych etapach zastosowano wyższe stężenia, tj. 70%. Ustalając zwiększanie stężenia roztworów

osmotycznych oparto się na badaniach realizowanych w ramach pracy, która została wykonana w zakładzie produkcyjnym w skali laboratoryjnej i przemysłowej. Do odwadniania osmotycznego owoców wykorzystano roztwory osmotyczne sacharozy i inuliny, mieszaninę tych dwóch substancji, a także mieszaninę sacharozy z koncentratem soku z aronii oraz inuliny z tym koncentratem w stosunku 1:1. W innych badaniach stosowano mniejszy dodatek koncentratu soku z aronii w zakresie 1-15%. Temperatura odwadniania wynosiła 30 i 50°C, a stosunek masy owoców do masy roztworu osmotycznego 1:2 lub 1:4. Czas odwadniania mieścił się w zakresie od 15 do 360 min oraz dodatkowo 1440 min i posłużył do opisu kinetyki zmian wskaźników wymiany masy oraz szybkości procesu. Badania wykonano w co najmniej trzech powtórzeniach.

Na podstawie badań przeprowadzonych w etapie pierwszym ustalono następujące parametry odwadniania osmotycznego owoców: roztwory substancji osmotycznych (sacharoza, inulina, koncentrat soku z aronii) o stężeniu w zakresie 50-70%, czas odwadniania 120 min i 24 h, temperatura 50°C. Zastosowano również dodatek etanolowego ekstraktu z wyłoków owoców jagodowych o stężeniu 80%, co było efektem badań partnera projektu z ośrodka naukowego w Szwecji. Wstępnie odwodnione owoce suszono dwoma sposobami:

- dwuetapowo, stosując suszenie konwekcyjnie a następnie mikrofalowe z zastosowaniem obniżonego ciśnienia, zwane również techniką hybrydową z tzw. efektem „puffingu”,
- liofilizacyjnie.

W metodzie dwuetapowej (konwekcyjno-mikrofalowo-próżniowej) odwodnione owoce najpierw suszono w suszarce konwekcyjnej przez 2-5 h w temperaturze 50°C. Następnie dosuszano je w suszarce mikrofalowo-próżniowej przez 40-180 s pod ciśnieniem 35 hPa w temperaturze nie przekraczającej 70°C oraz stabilizowano przez 180 s w celu nadania efektu „puffingu”. Przed suszeniem liofilizacyjnym próbki

zamrażano w tzw. suszarce szokowej w temperaturze -40°C przez około 120 min, a następnie suszono sublimacyjnie w temperaturze płyty grzejnej 25°C przy ciśnieniu w komorze suszenia 100 Pa.

W otrzymanych próbkach oznaczano zmiany wybranych wskaźników wymiany masy (zawartość wody, przyrost masy suchej substancji, aktywność wody). W końcowym etapie wykonano oznaczenia dotyczące zmian właściwości fizycznych i składu chemicznego.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Odwadnianie osmotyczne można zaliczyć do procesów zrównoważonego przetwarzania [2]. W trakcie odwadniania osmotycznego następuje znaczące usunięcie wody z surowców, ale w sposób łagodny, bez przemiany fazowej. Podczas tego procesu można także wzbogacić tkankę roślinną w bioskładniki. Poza oznaczeniem chemicznym obserwowane jest to na podstawie przyrostu masy suchej substancji, a także barwy owoców odwadnianych. Stosując odpowiednie sposoby dosuszania odwadnianych owoców uzyskuje się przekąski o wysokiej wartości odżywczej i sensorycznej.

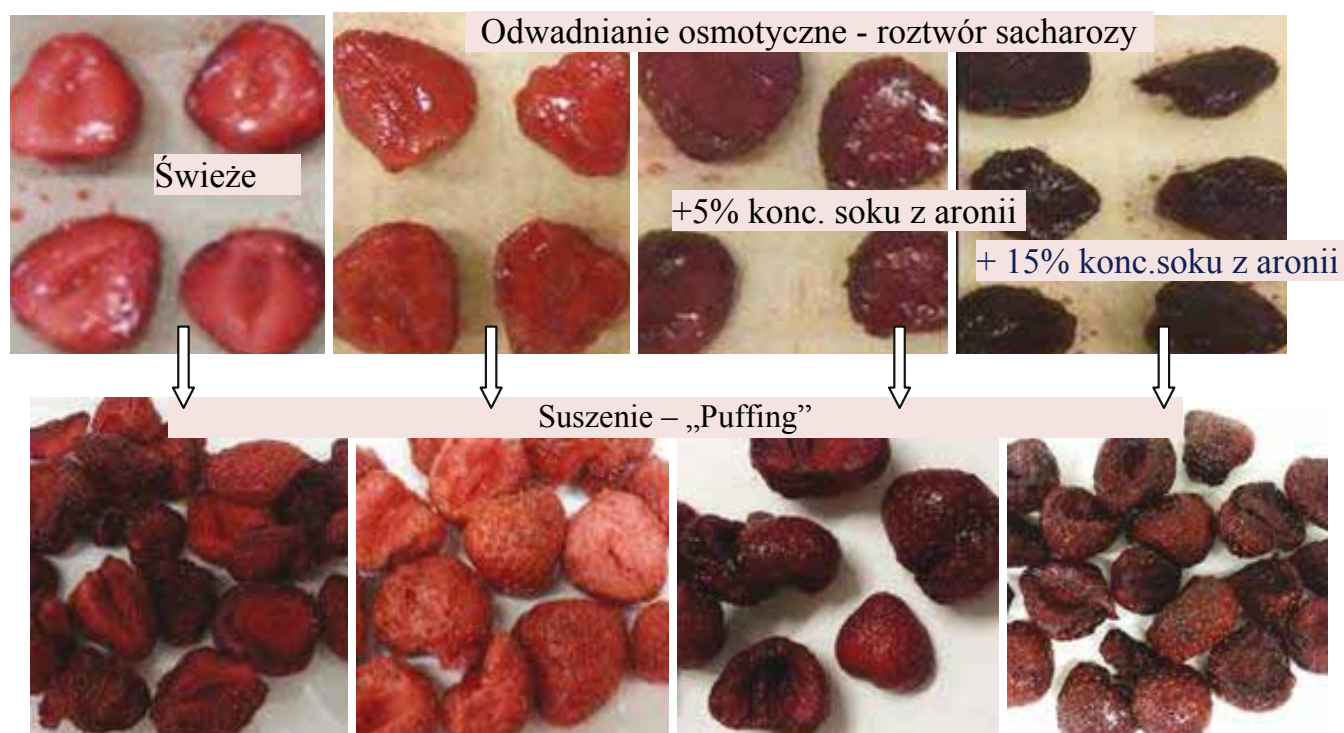
Odwadnianie osmotyczne i wzbogacanie w składniki naturalne

W wyniku przeprowadzonych badań wykazano, że w całym zakresie czasu odwadniania osmotycznego następował systematyczny ubytek wody (WL) z jablek. Wydłużenie czasu odwadniania jablek z 30 do 120 minut spowodowało wzrost wartości WL średnio o 63% dla jablek odwadnianych w roztworze sacharozy oraz o 44% dla jablek odwadnianych

w roztworze sacharozy z dodatkiem koncentratu soku z aronii. Osiągnięte różnice były istotne statystycznie. Wzrost temperatury procesu z 40 do 50°C spowodował wzrost wartości WL średnio o 42-49% w przypadku obu wariantów odwadniania. Analiza statystyczna potwierdziła istotny wpływ temperatury na otrzymane wartości, natomiast nieistotny statystycznie okazał się wpływ zastosowanej substancji osmotycznej. Jabłka odmiany *Gala* odwadniane w roztworach sacharozy z dodatkiem koncentratu z aronii lub bez wykazały ubytek wody na porównywalnym poziomie, bo po 2 h procesu średnie jego wartości wynosiły ok. 2,6-3,0 g $\text{H}_2\text{O}/\text{g}$ p.s.s. Dodatek koncentratu spowodował spadek wartości ubytku wody w jablekach odmiany *Gala* o około 13%, natomiast w przypadku jablek odmiany *Braeburn* wartości nieznacznie wzrosły o 4-7%.

W przypadku truskawek najkorzystniejszy efekt odwadniania osmotycznego, ze względu na największy ubytek wody oraz największy przyrost masy suchej substancji w owocach zaobserwowano w przypadku odwadniania truskawek w roztworze sacharozy z inuliną. Zastosowanie roztworu sacharozy z koncentratem soku z aronii lub z inuliną dało porównywalne wyniki dotyczące wybranych wskaźników wymiany masy w odwadnianych owocach.

Wartości wskaźników wymiany masy truskawek w największym stopniu zależały od czasu odwadniania. Analizując badany przedział czasu odwadniania osmotycznego owoców stwierdzono, że do 120 min proces zachodził intensywnie, a po dłuższym czasie zanikał dążąc do równowagi pomiędzy stężeniem soku komórkowego owoców i otaczającego roztworu osmotycznego. Uznano, że 120 min jest optymalnym czasem odwadniania truskawek. Podchodząc do



Rys. 3. Wpływ dodatku koncentratu soku z aronii na wybrane cechy jakościowe odwadnianych osmotycznie i suszonych truskawek.

Fig. 3. Effect of chokeberry juice concentrate on quality properties of osmotic dehydration and dried strawberries.

Źródło: Fotografie i opracowanie własne

Source: The pictures and own study

praktycznych rozwiązań technologicznych postanowiono zastosować również odwadnianie osmotyczne owoców trwające 24 h. W tym przypadku owoce, zwłaszcza truskawki charakteryzowały się wysoką jakością. Zarówno kształtem jak i barwą zbliżone były do owoców surowych. Dodatkowo odznaczały się charakterystycznym połyskiem (rys. 3). Świadczyło to o znaczącym wniknięciu substancji osmotycznej do owoców (typowy efekt kandyzacji), ale też pozwoliło w większym stopniu wzbogacić tkankę w bioskładniki.

Równoległe do ubytku wody z jabłek następował przyrost masy suchej substancji (SG). Zarówno wydłużenie czasu trwania procesu, wzrost temperatury, jak również zastosowana substancja osmotyczna w wielu przypadkach okazały się nieistotne statystycznie, a ich wpływ był niejednoznaczny. Wydłużenie czasu trwania procesu w przypadku odwadniania owoców w roztworze sacharozy w temperaturze 40°C spowodowało wzrost wartości SG średnio o 41-77%, natomiast w przypadku dodatku koncentratu z aronii do roztworu sacharozy, odnotowano spadek wartości SG o około 27% oraz około 3-krotny wzrost przy zastosowaniu temperatury 50°C.

Zastosowanie ultradźwięków podczas wstępnej obróbki osmotycznej jabłek odmiany *Braeburn* nie wpłynęło znacząco na otrzymane wartości ubytku wody, natomiast przyczyniło się do zwiększenia wartości SG średnio o 55%.

Korzystny wpływ ultradźwięków na spadek zredukowanej odwadnianiem osmotycznym zawartości wody odnotowano w przypadku odwadniania w temperaturze 40°C. Otrzymane wartości tego wskaźnika były o 3-23% niższe w porównaniu do wartości dla próbek nie poddanych działaniu ultradźwięków. Największy przyrost masy suchej substancji (SG), niezależnie od zastosowanego roztworu osmotycznego, wykazano po 360 min. W porównaniu do owoców odwadnianych przez 120 min był większy nawet kilkakrotnie. Stwierdzono jednak, że wskaźnik SG truskawek nierozdrabnianych był stosunkowo niewielki, zwłaszcza po krótkotrwałym odwadnianiu. Wynikało to prawdopodobnie z ochronnego działania skórki owoców, która w znaczącym stopniu ograniczała wnikanie substancji osmotycznej do ich wnętrza. Dlatego do kolejnych badań wykorzystano truskawki przepołowione.

Temperatura procesu miała również istotny wpływ na wybrane wskaźniki wymiany masy podczas odwadniania truskawek. Podwyższenie jej skutkowało wzrostem tych wskaźników. Po 120 min odwadniania truskawek w różnych roztworach osmotycznych ubytek wody w temperaturze 50°C był większy o 18-45%, a w przypadku przyrostu masy suchej substancji nie stwierdzono istotnego wpływu temperatury na ten wskaźnik. W rezultacie wykazano, że temperatura 50°C jest optymalna i może być zastosowana w kolejnych etapach badań. Jednocześnie nie wykazano potrzeby podwyższenia temperatury procesu ze względu na negatywne działanie na składniki bioaktywne zawarte w koncentracie soku z aronii jak i możliwości degradacji inuliny.

Analiza stosunku szybkości ubytku wody do szybkości przyrostu masy suchej substancji truskawek wykazała, że podczas odwadniania następowało głównie usuwanie wody, zaś wnikanie substancji osmotycznej było ograniczone. W rezultacie, przykładowo w przypadku truskawek, zawartość ekstraktu po odwadnianiu przez 120 min w przypadku

zastosowania większości roztworów, osiągała wartości około dwukrotnie większe w porównaniu z mrożonym surowcem, tj. niespełna 20° Brix. Tylko w przypadku zastosowania roztworu sacharozy z inuliną i temperatury 50°C zawartość ekstraktu była około 3-krotnie większa niż truskawek przed odwadnianiem i sięgała 30° Brix. Największe wartości, w niektórych przypadkach, sięgające 40° Brix uzyskano po 360 min trwania procesu. Natomiast odwadnianie osmotyczne prowadzone przez 24 h wpływało na uzyskanie stężenia ekstraktu w owocach na poziomie przekraczającym 60° Brix. Taki sposób odwadniania osmotycznego spowodował uzyskanie atrakcyjnych produktów (rys. 3), które charakteryzowały się brakiem skurczu, były delikatne, a zarazem sprężyste, zbliżone wyglądem do owoców surowych.

W zadaniu 1 osiągnięto planowane rezultaty:

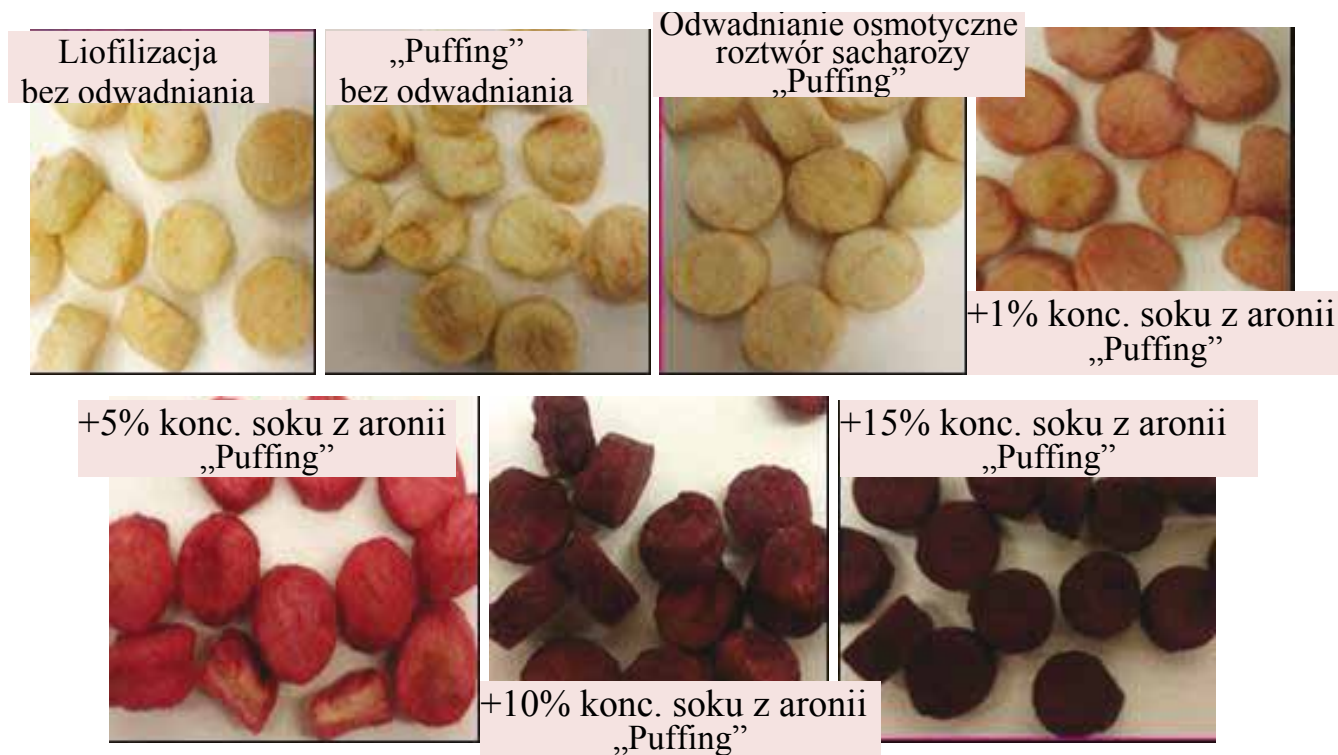
- otrzymano odwodnione osmotycznie owoce jako półprodukty lub produkty końcowe o obniżonej zawartości i aktywności wody,
- określono stopień wymiany masy podczas odwadniania osmotycznego owoców,
- określono optymalne parametry odwadniania osmotycznego warunkujące otrzymanie produktu wysokiej jakości. Kontynuowano wykorzystanie roztworów sacharozy oraz sacharozy z dodatkiem koncentratu soku z aronii, a w zadaniu końcowym, również z dodatkiem ekstraktu uzyskanego z wytlóków owoców jagodowych.

Suszenie liofilizacyjne i konwekcyjno-mikrofalowo-próżniowe

W przypadku jabłek wykazano istotny wpływ metody suszenia na zawartość wody w suszu. Jabłka liofilizowane charakteryzowały się znacznie niższą zawartością wody (od 2,6 do 3,8%) niż susze uzyskane metodą konwekcyjno-mikrofalowo-próżniową (od 10,7 do 12,9%). Nie odnotowano natomiast istotnego wpływu rodzaju stosowanego roztworu osmotycznego i metody suszenia na zawartość wody w suszach z truskawek. Stwierdzono też, iż próbki kontrolne (bez stosowania odwadniania osmotycznego przed suszeniem) wykazywały wyższą zawartość wody niż te, które poddawano wstępnemu odwadnianiu.

Wstępna obróbka osmotyczna jabłek nie wpłynęła istotnie na aktywność wody w suszach. Wszystkie analizowane próbki charakteryzowały się niską aktywnością wody od 0,38 do 0,5 w suszach odwadnianych osmotycznie, a następnie suszonych metodą dwuetapową oraz 0,16-0,27 w suszach odwadnianych i suszonych liofilizacyjnie, co może wskazywać na ich trwałość podczas przechowywania. Nie stwierdzono istotnego statystycznie wpływu czasu, temperatury oraz substancji osmotycznej na otrzymane wartości aktywności wody. W przypadku zastosowania ultradźwięków podczas wstępnego odwadniania osmotycznego, niektóre susze charakteryzowały się nieznacznie niższą aktywnością wody w porównaniu z innymi próbkami.

Na uwagę zasługuje fakt, że niezależnie od stosowanej obróbki osmotycznej opracowano sposób suszenia polegający głównie na krótkim suszeniu konwekcyjnym do 2 h oraz dosuszeniu mikrofalowo-próżniowym trwającym kilka minut. W rezultacie w oparciu o badania wstępne wyznaczono inne parametry suszenia mikrofalowo-próżniowego dla jabłek



Rys. 4. Wpływ dodatku koncentratu soku z aronii do roztworu sacharozy na jakość odwadnianych osmotycznie i suszonych jabłek.

Fig. 4. Effect of chokeberry juice concentrate on quality properties of osmotic dehydration and dried apples.

Źródło: Fotografie i opracowanie własne

Source: The pictures and own study

oraz inne dla truskawek. W przypadku owoców odwadnianych przez 24 h obniżono temperaturę dosuszania mikrofalowo-próżniowego do 55°C. W trakcie dostosowywania parametrów dosuszania owoców zwracano uwagę na wysoki stopień usunięcia wody oraz brak oznak przypalenia, również wewnątrz próbek. Uzyskano produkt o pożądanych cechach (wskaźnikach) jakościowych. Jego istotną cechą była przede wszystkim chrupkość. Susze odznaczały się też atrakcyjnym wyglądem ze względu na efekt „puffingu” oraz barwą (rys. 4).

Stwierdzono, że w porównaniu do liofilizatów susze te odznaczały się lepszymi właściwościami, głównie ze względu na mniejszą higroskopijność.

Analizując czas suszenia liofilizacyjnego można stwierdzić, że opracowana metoda konwekcyjno-mikrofalowo-próżniowa była zdecydowanie krótsza, a w konsekwencji można spodziewać się znacznie niższych kosztów wytwarzania suszy.

Suszenie wpływa na straty składników labilnych zawartych w surowcu, jak również pogorszenie ich cech jakościowych [1, 4]. Straty składników oraz cechy suszu zależą od rodzaju wykorzystywanej metody suszenia, a przede wszystkim zastosowanych parametrów, głównie temperatury i czasu. Liczne publikacje potwierdzają pozytywny wpływ odwadniania na właściwości sensoryczne i fizyko-chemiczne żywności [4, 7, 8]. Wprowadzenie cukru z roztworu osmotycznego z żywieniowego punktu widzenia nie jest korzystne. W poprzednim zadaniu wykazano, że koncentrat soku z aronii posiada właściwości typowe dla substancji osmotycznych, jest

on zarazem bogatym źródłem naturalnych przeciwutleniaczy. Zastosowanie go stwarza szanse uzyskania produktu wysokiej jakości o obniżonej zawartości cukrów prostych (w wyniku częściowego zastąpienia sacharozy) oraz wzbogaconego w naturalne składniki.

W przykładowych badaniach wykorzystano truskawki mrożone odmiany *Honeoye*. Poddano je odwadnianiu w roztworze sacharozy, inuliny, a także mieszaniny sacharozy i inuliny (1:1), sacharozy i koncentratu z aronii (1:1) lub koncentratu z aronii i inuliny (1:4). Proces prowadzono w temperaturze 50°C przez 60 min. Owoce poddano procesowi suszenia konwekcyjno-mikrofalowo-próżniowego lub liofilizacji. Suszenie konwekcyjne prowadzono w temperaturze 60°C przez 120 min. Następnie próbki dosuszano w suszarce mikrofalowo-próżniowej w temperaturze nie przekraczającej 60°C. W drugiej metodzie przed liofilizacją truskawki zostały zamrożone w temperaturze -40°C przez około 120 min, a następnie poddane suszeniu w temperaturze 25°C, przy ciśnieniu w komorze suszenia 100 Pa przez 24h.

Wykazano, że truskawki poddane odwadnianiu osmotycznemu, a następnie liofilizacji charakteryzowały się wyższą zawartością polifenoli w porównaniu do próbek suszonych metodą konwekcyjno-mikrofalowo-próżniową. Różnice te mogły wynikać z zastosowania niższej temperatury suszenia w przypadku liofilizacji. Natomiast zdolność do wiązania rodników DPPH• była zróżnicowana w zależności od obróbki technologicznej oraz rodzaju zastosowanego roztworu osmotycznego i wahała się od 55% w truskawkach świeżych do 88,02% w suszach z truskawek odwadnianych

w roztworze inuliny oraz suszonych konwekcyjno-mikrofalowo-próżniowo. Jednocześnie wykazano tendencję do wyższej aktywności przeciwutleniającej w przypadku produktów odwadnianych i poddanych suszeniu konwekcyjno-mikrofalowo-próżniowemu w porównaniu do suszenia liofilizacyjnego.

Uzyskane wyniki wskazują na możliwości zastosowania w procesie odwadniania osmotycznego inuliny oraz koncentratu soku z aronii, w celu wzbogacenia produktu w składniki korzystnie wpływające na organizm człowieka, takie jak polifenole lub prebiotyki (inulina).

Właściwości suszy wstępnie odwadnianych osmotycznie

W owocach odwadnianych osmotycznie w roztworach wzbogaconych w koncentrat soku z aronii lub ekstraktu pochodzącego z wyłoków owocowych wymiana masy zachodziła podobnie jak przy zastosowaniu innych typowych substancji osmotycznych.

W owocach odwadnianych osmotycznie i suszonych wykazano istotny wpływ metody suszenia na zawartość wody w suszu. Susze z jabłek i truskawek wytwarzane metodą liofilizacji charakteryzowały się znacznie niższą (około 3-krotnie) zawartością wody niż susze uzyskane metodą konwekcyjno-mikrofalowo-próżniową. Nie stwierdzono istotnego wpływu rodzaju stosowanego roztworu osmotycznego i metody suszenia na zawartość wody w suszach.

Wszystkie susze charakteryzowały się aktywnością wody poniżej 0,50, co może wskazywać na ich trwałość podczas przechowywania, przy zachowaniu odpowiednich warunków.

Zastosowanie wstępnej obróbki osmotycznej i suszenia metodą konwekcyjno-mikrofalowo-próżniową pozwoliło uzyskać produkt o oczekiwanych cechach jakościowych, zbliżonych do suszy otrzymanych metodą liofilizacyjną. Dodatkowo metoda dwuetapowa była skrócona do 1-2 h i służyła głównie powierzchniowemu obsuszeniu odwadnianych wcześniej owoców.

Wykazano, że długi czas odwadniania owoców (24 h) pozwolił na obniżenie temperatury, w której uzyskiwano efekt „puffingu” podczas mikrofalowo-próżniowego dosuszania do około 55°C. W trakcie dostosowywania parametrów dosuszania owoców zwracano uwagę na wysoki stopień usunięcia wody oraz brak oznak przypalenia próbek. Uzyskano produkt wysokiej jakości. Jego istotną cechą była przede wszystkim chrupkość i atrakcyjny wygląd związany z efektem „puffingu” oraz zabarwieniem pochodzącym od substancji wzbogacających.

Badania dotyczące składu chemicznego suszy otrzymanych tą metodą wykazały mniejszą degradację bioskładników w porównaniu z suszem otrzymanym metodą liofilizacyjną, co opisano w dalszej części pracy.

Podobnie jak w poprzednim zadaniu wykazano, że owoce poddane odwadnianiu osmotycznemu, a następnie liofilizacji charakteryzowały się wyższą zawartością polifenoli w porównaniu do próbek suszonych metodą konwekcyjno-mikrofalowo-próżniową. Zdolność do wiązania rodników DPPH• była natomiast zróżnicowana w zależności od obróbki technologicznej oraz rodzaju zastosowanego roztworu osmotycznego. Wykazano tendencję do wyższej aktywności przeciwutleniającej w przypadku produktów odwadnianych i poddanych suszeniu konwekcyjno-mikrofalowo-próżniowemu w porównaniu z suszonymi liofilizacyjnie.

Uzyskane wyniki wskazują na możliwości zastosowania w procesie odwadniania osmotycznego koncentratu soku z aronii oraz ekstraktu z wyłoków owoców jagodowych w celu wzbogacenia produktu w składniki korzystnie wpływające na organizm człowieka.

Susze otrzymane w wyniku wstępnego odwadniania osmotycznego przy optymalnie dobranych parametrach suszenia konwekcyjno-mikrofalowo-próżniowego odznaczają się zachowaniem korzystnych cech organoleptycznych oraz zdrowotnych i mogą stanowić alternatywę dla przekąsek oraz dodatków w procesach przetwórczych.

Obok odwadniania osmotycznego owoców w roztworze sacharozy lub koncentratu soku z aronii, również dodatek ekstraktu z jagód okazał się przydatny w opracowaniu atrakcyjnych produktów wzbogacanych w naturalne związki aktywne biologicznie.

EFEKT WZBOGACANIA SUSZY

Celem tej części badań było określenie warunków odwadniania i suszenia prowadzących do opracowania parametrów wytwarzania półproduktów (tzw. produktów miękkich) o obniżonej zawartości wody oraz suszy wysokiej jakości pod względem właściwości fizycznych i wysokiej zawartości składników prozdrowotnych.

Zmiany wskaźników wymiany masy podczas wstępnego odwadniania osmotycznego i dosuszania oraz zmiany struktury tkanki owoców miały zasadniczy wpływ na właściwości fizyczne i chemiczne produktów.

W celu określenia przydatności koncentratu soku z aronii i ekstraktu uzyskanego z wyłoków owoców jagodowych jako substancji osmotycznych, a także uzyskania suszy owocowych wysokiej jakości, równolegle prowadzono badania z zastosowaniem roztworu sacharozy. Odwadnianie osmotyczne prowadzono w roztworach o stężeniu w zakresie 60-70°Brix i temperaturze 30-60°C przez 120 i 240 min.

Niezależnie od zastosowanego roztworu odwadnianie osmotyczne owoców wpłynęło na zauważalną zmianę barwy jabłek i truskawek odwadnianych, jak i suszonych w porównaniu do surowca. Wykazano istotny wpływ rodzaju roztworu na jasność barwy odwadnianych owoców. Wielu respondentów negatywnie oceniło zbyt ciemną barwę suszy odwadnianych wstępnie w roztworze sacharozy z dodatkiem koncentratu aronii w ilości 15% lub większym. Ocena sensoryczna wykazała, że zastosowanie ekstraktu z wyłoków do wstępnego odwadniania osmotycznego było powodem znacząco niższej oceny suszy, zwłaszcza pod względem smaku, zapachu i jakości ogólnej.

Proces odwadniania osmotycznego owoców prowadzony w roztworze sacharozy z dodatkiem koncentratu soku z aronii, oprócz obniżenia zawartości wody, spowodował wzbogacenie ich w polifenole, antocyjany i flawonoidy. Przekładowo w odwadnianych jabłkach, przy zastosowaniu 15% dodatku koncentratu soku z aronii oznaczono około 1500 mg kw. GAE/100 g s.s. (zawartość polifenoli ogółem), około 10007 mg 3-O-β-D glukozydu cyjanidyny/100g s.s. (zawartość antocyjanów) oraz 29 mg kwercetyny/g s.s. (zawartość flawonoidów). Mniejsza była też aktywność przeciwutleniająca (DPPH 50 i ABTS 50); odpowiednio 0,085 i 0,054 w jabłkach odwadnianych w roztworze sacharozy z 15%

dotąd koncentratu oraz 0,115 i 0,090 - z dodatkiem ekstraktu. Zastosowanie ekstraktu z owoców jagodowych było również znaczące. Uzyskano bowiem 865 mg kw. GAE/100 g s.s., około 186 mg 3-O-β-D glukozydu cyjanidyny/100g oraz 1,0 mg kwercetyny/g s.s. Najwyższą zawartość polifenoli odnotowano w próbkach owoców odwodnionych w temperaturze 45°C przez 240 minut. Inaczej było przy zastosowaniu roztworu sacharozy. Następowo zmniejszenie zawartości polifenoli o 30-70%, tym większe im wyższa była temperatura odwadniania osmotycznego i proces trwał dłużej, co wiązało się z przepływem tych składników z wodą usuwaną do roztworu osmotycznego. Natomiast suszenie metodą liofilizacji lub metodą kombinowaną z efektem „puffingu” pozwoliło uzyskać produkt charakteryzujący się nawet kilkakrotnie większą zawartością polifenoli (od 998 do 1100 mg kw. GAE/100 g s.s.) i antocyjanów (od 470 do 910 mg 3-O-β-D glukozydu cyjanidyny/100g) niż w surowcu. Zastosowanie wstępnej obróbki osmotycznej skutkowało uzyskaniem większej zawartości flawonoidów w badanych suszach niż w przypadku pominięcia tego procesu. Susze jablek po wstępnym 2-godzinym odwadnianiu wykazywały największą zawartość flawonoidów; w przypadku odwadniania w roztworze sacharozy zawierały 4-6,2 mg kwercetyny/g s.s., a z dodatkiem soku aroniowego 7,9-9,8 mg kwercetyny/g s.s. Wydłużenie czasu wstępnego odwadniania powodowało spadek zawartości tych substancji o ponad 50%.

Zdolność do zmiatania rodników DPPH• była zróżnicowana w zależności od obróbki technologicznej oraz rodzaju zastosowanego roztworu osmotycznego. Przykładowo w przypadku truskawek wahała się od 55% w truskawkach świeżych do 88% w owocach odwadnianych w roztworze inuliny oraz suszonych mikrofalowo-konwekcyjnie. Wykazano tendencję do wyższej aktywności przeciwutleniającej w przypadku produktów odwadnianych i poddanych suszeniu mikrofalowo-konwekcyjnemu lub konwekcyjno-mikrofalowo-próżniowemu w porównaniu do liofilizatów.

Obecność substancji wzbogacających w roztworach osmotycznych wpłynęła w sposób zróżnicowany na zawartość cukrów ogółem. W kontrolnych suszach z jablek (nie odwadnianych) cukry ogółem stanowiły około 11 (metoda „puffingu”) i 15% (liofilizacja). Suszenie liofilizacyjne próbek odwadnianych wstępnie przez 120 min nie wpłynęło istotnie na zmiany cukrów ogółem, ich zawartość pozostała na tym samym poziomie. Natomiast 24-godzinne odwadnianie przed liofilizacją oraz, niezależnie od czasu wstępnego odwadniania, suszenie z efektem „puffingu” powodowało nawet 3-4-krotne zwiększenie zawartości cukrów ogółem. Częściowe zastąpienie sacharozy koncentratem soku z aronii pozwoliło ograniczyć zawartość cukrów ogółem o 10-20%. W nieznacznie większym stopniu efekt ten był widoczny przy zastosowaniu ekstraktu z wyłoków. Udział sacharozy, glukozy i fruktozy w suszach kontrolnych otrzymanych metodą kombinowaną i liofilizacji wynosił odpowiednio 1,0 i 2,0% (sacharoza), 3,5 i 4,0% (glukoza) oraz 7,0 i 9,5% (fruktoza). Krótszy czas odwadniania w przypadku suszy liofilizowanych wpłynął na mniejszą zawartość sacharozy, glukozy i fruktozy w suszach. W porównaniu do próbek kontrolnych (1-2%) procentowy udział sacharozy w suszu z jablek sięgał 32%, natomiast dodatek koncentratu aronii do roztworu sacharozy spowodował, że jej udział w próbkach suszu był mniejszy o około 30%

w porównaniu z odwadnianiem w roztworze sacharozy bez koncentratu. Udział glukozy i fruktozy był na porównywalnym poziomie, przy czym krótszy czas odwadniania przed liofilizacją, powodował mniejszy udział glukozy w suszach, a w przypadku fruktozy efekt był odwrotny.

Aktywność wody jest jednym z czynników determinujących trwałość produktów spożywczych. Odwadnianie osmotyczne pozwoliło obniżyć aktywność wody nawet do około 0,89. Suszenie wpłynęło na jej dalsze obniżenie do wartości poniżej 0,37, dzięki czemu otrzymane susze nie są sprzyjającym środowiskiem do rozwoju i wzrostu drobnoustrojów.

Właściwości mechaniczne suszy z jablek i truskawek analizowane na podstawie maksymalnej siły ściskania oraz wykonanej pracy w teście ściskania próbek wskazały na istotną zależność od warunków odwadniania osmotycznego (medium, czas) i doboru metody suszenia. Przekąski owocowe przy dwugodzinnym odwadnianiu i suszeniu metodą kombinowaną w większości przypadków charakteryzowały się większą wytrzymałością niż te otrzymane przy dłuższym trwaniu obróbki poprzedzającej suszenie. Stwierdzono odwrotną zależność w próbach liofilizowanych, gdzie wydłużenie procesu odwadniania skutkowało poprawą wytrzymałości mechanicznych. Większa wartość siły maksymalnej wiązała się z większą twardością suszy. Najniższą wytrzymałością mechaniczną charakteryzował się na ogół materiał otrzymany na drodze liofilizacji po uprzednim dwugodzinnym odwadnianiu. W przypadku gruszek sposoby suszenia znacząco wpłynęły na właściwości akustyczne, mechaniczne i właściwości sensoryczne suszy. Metody te mogą być zalecane, aby uzyskać suszone owoce o twardej i chrupiącej strukturze. Deskryptory EA (energia jednego zdarzenia akustycznego, liczba zdarzeń akustycznych, amplituda) suszonych gruszek różnymi metodami były skorelowane dodatnio z twardością i kruchością.

Susze liofilizowane z jablek wykazywały nieznacznie większy przyrost masy niż w przypadku próbek suszonych konwekcyjnie-mikrofalowo-próżniowo. Truskawki liofilizowane charakteryzowały się 2-3 razy większą zdolnością absorpcji wody (wyższy przyrost masy) w porównaniu do suszy otrzymanych przez suszenie z efektem „puffingu”. Sposób suszenia jest zatem jednym z najważniejszych czynników wpływających na zdolność wchłaniania wody, zwłaszcza w przypadku rehydracji suszonych truskawek. Dodatek koncentratu soku aronii do roztworu sacharozy podczas wstępnego odwadniania wpływał na mniejsze zmiany barwy rehydrowanych suszy z truskawek.

Badano również wybrane zmiany fizyczne i chemiczne suszy po przechowywaniu w stałej temperaturze 25, 35 i 45°C przez 12 miesięcy. Przechowywane susze oceniono pozytywnie, ponieważ zmiany masy próbek były znikome. Susze przechowywane przez 12 miesięcy we wszystkich analizowanych warunkach zachowywały stabilność mikrobiologiczną. Wartości aktywności wody w próbkach nie przekraczały wartości 0,35. Sposób suszenia nie miał istotnego wpływu na zawartość wody w suszonych owocach, ale obserwowano wpływ temperatury przechowywania. Najniższą zawartością wody poniżej 1% charakteryzowały się próbki utrwalane metodą osmo-konwekcyjną, które były przechowywane w temperaturze 45°C. Badania wykazały, że najmniej korzystne jest przechowywanie owoców w temperaturze pokojowej (25°C).

Użyte wyniki pozwalają stwierdzić, że koncentrat soku z aronii może być wykorzystywany jako substancja osmotyczna do skutecznego usuwania wody, a także do nadania atrakcyjnej barwy, smaku, struktury i wartości odżywczych owocom suszonym.

Otrzymane susze mogą stanowić alternatywę dla przekąsek oraz być dodawane w procesach przetwórczych, np. jako wsad owocowy w jogurtach. Zastosowane metody suszenia przy ustalonych parametrach nie powodują istotnej degradacji składników przeciwutleniających, co pozwala na uzyskanie produktu nie tylko atrakcyjnego sensorycznie, ale również zawierającego składniki bioaktywne.

PODSUMOWANIE

Walory owoców szeroko dostępnych na rynku polskim, są wciąż niedoceniane. W przetwórstwie surowców roślinnych owoce mogą zostać użyte do wytwarzania nowych produktów (przekąsek) i stanowić źródło naturalnych substancji wzbogacających. Do wzbogacania w składniki bioaktywne mogą być wykorzystywane soki owocowe, koncentraty owocowe, a także ekstrakty produktów odpadowych (wytloki).

Wiele czynników może powodować nagle zmiany popytu konsumpcyjnego, m.in. ekstrema pogodowe, odwołane imprezy, nowe informacje, np. o wpływie żywności na zdrowie ludzi. Zrównoważony rozwój wymaga znacznie więcej niż zobowiązanie do równoważenia popytu i podaży, ponieważ wiele z tych czynników jest trudnych do przewidzenia, kontroli lub uniknięcia. Konieczne jest poznanie możliwości zagospodarowania dodatkowych zapasów żywności oraz odpadów [10]. Stosowanie czystych technologii zwiększa bezpieczeństwo i jakość produktu, jak również zmniejsza zapotrzebowanie na energię i oddziaływanie przemysłu spożywczego na środowisko.

Popularność żywności jak najmniej przetworzonej stale rośnie. Konsumenci oczekują produktów zachowujących naturalne cechy surowców, bez chemicznych konserwantów, barwników, czy aromatów. Podczas przetwarzania owoców, m.in. w procesie obróbki cieplnej, większość składników termolabilnych ulega rozkładowi. Poszukuje się rozwiązań technologicznych, które będą zapobiegały lub znacząco ograniczały straty tych związków. Rozwiązaniem stosowanym w przemyśle są metody przetwarzania owoców łączące zabiegi poprzedzające suszenie, a także dodatkowe procesy jednostkowe stosowane w trakcie suszenia lub będące jego uzupełnieniem. Wśród nich wyróżnia się różnego rodzaju procesy wstępne, np. odwadnianie osmotyczne, połączone ze wzbogacaniem w dodatkowe składniki odżywcze. W porównaniu do termicznych metod usuwania wody, niskotemperaturowe (najczęściej około 50°C) odwadnianie osmotyczne świeżych owoców i warzyw pozwala uzyskać produkty wysokiej jakości, które zachowują naturalne właściwości organoleptyczne i odżywcze surowców.

Suszenie surowców żywnościowych o wysokiej zawartości wody, głównie owoców i warzyw, przedłuża ich przydatność do spożycia poprzez zmniejszenie aktywności wody, spowolnienie przemian enzymatycznych i zahamowanie niekorzystnego działania mikroorganizmów. Wysoka jakość suszy wymaga odpowiednich zabiegów wstępnych, doboru metody suszenia oraz optymalizacji parametrów, np. temperatury, prędkości i wilgotności powietrza suszącego [3, 4, 9, 11].

W badaniach realizowanych w ramach projektu Era-Net Susfood wykazano, że wysokiej jakości susze z owoców można otrzymać stosując dwa sposoby suszenia: liofilizacyjne oraz dwuetapowe, złożone z suszenia konwekcyjnego oraz mikrofalowo-próżniowego.

Liczne badania wykazują, że jednym z procesów pozwalającym na uzyskanie wysokiej jakości i wartości odżywczej suszu z owoców jest liofilizacja. Proces suszenia odbywa się pod obniżonym ciśnieniem najczęściej w temperaturze 20-30°C, dlatego straty składników odżywczych takich suszy są mniejsze w porównaniu do innych metod suszenia. Ze względu na długi czas i w związku z tym, wysokie koszty prowadzenia procesu, poszukuje się bardziej ekonomicznych rozwiązań technologicznych. Alternatywą dla procesu liofilizacji, pozwalającą na uzyskanie suszu o podobnych właściwościach jest metoda kombinowana, w której w pierwszym etapie następuje podsuszanie materiału w suszarce konwekcyjnej. Drugi etap jest realizowany w suszarce wyposażonej w mikrofałę działającą na materiał w atmosferze obniżonego ciśnienia (suszarka mikrofalowo-próżniowa), umożliwiające uzyskanie efektu „puffingu”. Suszenie wieloetapowe lub składające się z kilku procesów jednostkowych opisywane jest w niektórych publikacjach pod nazwą suszenia hybrydowego [6]. Wykazano, że suszenie hybrydowe z wykorzystaniem różnych metod suszenia jest najlepszym rozwiązaniem gwarantującym wymaganą i oczekiwaną jakość suszy.

Na podstawie przeprowadzonych badań realizowanych w ramach projektu Era-Net Susfood stwierdzono, że suszenie liofilizacyjne tkanki roślinnej w warunkach laboratoryjnych (w skali mikro) trwa od 24 do 48 godzin, natomiast suszenie konwekcyjno-mikrofalowo-próżniowe może być skrócone do około 2 godzin. Przy czym w drugim etapie suszenia mikrofalowo-próżniowego czas dosuszania trwa około 10 minut. W obu sposobach suszenia różnych owoców lub warzyw, o różnym stopniu rozdrobnienia, z zastosowaniem wybranych zabiegów wstępnych niezbędna jest optymalizacja parametrów. Zaobserwowano, że metoda z efektem „puffingu” przebiega łatwiej w przypadku materiałów poddanych wstępnej obróbce osmotycznej, podczas gdy metodą liofilizacyjną zdecydowanie łatwiej suszyły się próbki niepoddane wstępnemu odwadnianiu osmotycznemu. Substancja osmotyczna (cukier) zgromadzona w warstwach zewnętrznych wstępnie odwadnianych próbek w pewnym sensie warunkuje efekt „puffingu”, jak podczas wytwarzania popcornu z ziaren kukurydzy. Działanie mikrofały i obniżonego ciśnienia umożliwia przemianę fazową wody w stan gazowy i w efekcie zwiększenie objętości, a obniżone ciśnienia ułatwia szybkie usuwanie jej z materiału powodując „puchnięcie” próbek. W rezultacie produkt jest bardzo zbliżony do suszy uzyskanych metodą sublimacyjną. Wykazuje podobną zawartość wody rzędu kilku procent, jest lekki, porowaty, a jednocześnie bardziej twardy w porównaniu z suszem liofilizowanym. Na uwagę zasługuje fakt, że susz uzyskany metodą „puffingu” nie jest tak wrażliwy na wilgoć jak susz liofilizowany. Nie wymaga tak szczelnych opakowań i nie zmienia swoich właściwości mechanicznych przez długi czas (kilka miesięcy) nawet bez stosowania opakowań.

LITERATURA

- [1] **CIURZYŃSKA A., A. LENART. M. SIEMIĄTKOWSKA. 2011.** „Wpływ odwadniania osmotycznego na barwę i właściwości mechaniczne liofilizowanych truskawek”. *Acta Agrophysica* 17 (1): 17-32.
- [2] **CIURZYŃSKA A., H. KOWALSKA, K. CZAJKOWSKA., A. LENART. 2016.** “Osmotic dehydration in production of sustainable and healthy food”. *Trends in Food Science & Technology* 50: 186-192.
- [3] **GAZOR H., O. ROUSTAPOUR. 2015.** „Modeling of drying kinetic of pretreated sour cherry”. *International Food Research Journal* 22 (2): 476-481.
- [4] **JANOWICZ M., E. DOMIAN, A. LENART., W. POMARAŃSKA-ŁAZUKA. 2008.** „Charakterystyka suszenia konwekcyjnego jabłek odwadnianych osmotycznie w roztworze sacharozy”. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość* 4 (59): 190-198.
- [5] **KOWALSKA H., J. CICHOWSKA, K. CZAJKOWSKA, A. LENART. 2017.** „What new in biopotential of fruit and vegetable by-products applied in processing industry”. *Trends in Food Science & Technology* – w druku.
- [6] **KOWALSKI S.J., D. MIERZWA. 2010.** „Ocena jakościowa suszenia hybrydowego materiałów biologicznych”. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna* 49: 4, 40-41.
- [7] **MARZEC A., H. KOWALSKA, B. OŁDAK. 2013.** „Wpływ techniki suszenia wiśni na właściwości teksturalne suszu oceniane metodą akustyczną i mechaniczną”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 4 (89): 210-221.
- [8] **PHISUT N. 2012.** “MiniReview. Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits”. *International Food Research Journal* 19(1): 7-18.
- [9] **RZĄCA M., D. WITROWA-RAJCHERT. 2007.** “Suszenie żywności w niskiej temperaturze”. *Przemysł Spożywczy* 4: 30-35.
- [10] **SIBBEL A. 2014.** „Sustainable Processed Food. In: Sustainable Food Processing” (ed. B. K. Tiwari, T. Norton, N. M. Holden). John Wiley & Sons, USA: 313-336.
- [11] **SIUCIŃSKA K., B. DYKI, A. MURGRABIA, P. PIECZYWEK, D. KONOPACKA. 2015.** „Ocena zmian struktury suszonej tkanki wiśni poddanej wstępnie obróbce osmotycznej wspomaganą ultradźwiękami”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 3 (100): 123-137.

Dr inż. Dorota DEC
Mgr inż. Magdalena JOKA
Mgr Małgorzata KOWCZYK-SADOWY
Zakład Inżynierii Rolno-Spożywczej i Leśnej
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka

AKTYWNOŚĆ PRZECIWGRZYBICZNA WYBRANYCH EKSTRAKTÓW ROŚLINNYCH NA SZCZEPY *ASPERGILLUSA*[®]

Influence of selected plant extracts against *Aspergillus*[®]

Badania zostały zrealizowane w ramach pracy statutowej nr S/WBiŚ/2/15 i sfinansowane ze środków na naukę MNiSW.

Słowa kluczowe: ekstrakty roślinne, zioła, *Aspergillus*, działanie przeciwgrzybicze.

*Celem pracy zaprezentowanej w artykule było przeprowadzenie badań dotyczących oceny efektywności działania wybranych ekstraktów roślinnych na szczepy grzybów z rodzaju *Aspergillus*. W warunkach *in vitro* testowano aktywność metanolowych ekstraktów z różnych organów 10 gatunków roślin (*Melissa officinalis* L., *Levisticum officinale* L., *Rosmarinus officinalis*, *Origanum majorana* L., *Artemisia dracunculoides* L., *Salvia officinalis* L., *Zingiber officinale*, *Corylus avellana* L., *Piper nigrum*, *Capsicum*) na siedem szczepów z rodzaju *Aspergillus*. Analiza uzyskanych wyników wykazała, że aktywność wyciągów zależała od zastosowanych stężeń i gatunku rośliny wybranych do badań.*

Key words: plant extracts, herbs, *Aspergillus*, anti-fungal.

*The aim of the study was to present the results of studies assessing the effectiveness of selected plant extracts against strains of fungi of the genus *Aspergillus*. *In vitro* activity of methanol extracts were tested with the various bodies of 10 plant species (*Melissa officinalis* L., *Levisticum officinale* L., *Rosmarinus officinalis*, *Origanum majorana* L., *Artemisia dracunculoides* L., *Salvia officinalis* L., *Zingiber officinale*, *Corylus avellana* L., *Piper nigrum*, *Capsicum*) for seven strains of the genus *Aspergillus*. Analysis of the results showed that the activity of extracts depend on the concentrations used, and the plant species selected for the study.*

WSTĘP

Wyciągi roślinne zawierają wtórne metabolity roślinne (polifenole) o bardzo zróżnicowanej strukturze, masie cząsteczkowej i właściwościach fizycznych, biologicznych oraz chemicznych. Występują one we wszystkich częściach roślin: kwiatach, owocach, nasionach, liściach, korzeniach, korze i częściach zdrewniałych [4]. Do substancji wtórnych zalicza się, między innymi: glikozydy, flawonoidy, lignany, kumaryny, fenole, garbniki, saponiny, chinony, terpeny, steroidy, alkaloidy, olejki eteryczne. Odgrywają one istotną rolę we wzroście i reprodukcji roślin oraz nadają żywności specyficzne cechy sensoryczne np.: cierpki i gorzki smak, są odpowiedzialne za barwę, włóknistość, a także mogą powodować zmętnienia i osady w żywności przetworzonej, jak soki, wina i napoje [1]. Metabolity wtórne charakteryzują się biogenetyczną różnorodnością oraz zróżnicowanymi strukturami. Determinuje to ich wielokierunkowe działanie biologiczne. Piśmiennictwo donosi o ich szerokich właściwościach: przeciwbakteryjnych, grzybiczych, wirusowych, hamujących enzymy, a także przeciwnowotworowych [7, 8].

Negatywne skutki rozwoju grzybów strzępkowych wynikają z wielkich szkód, jakie wyrządzają, rozwijając się na drewnie, konstrukcjach budowlanych, na papierze, skórach, tekstyliach i innych materiałach technicznych [10]. Grzyby strzępkowe mogą namnażać się w niewłaściwie produkowanych i przechowywanych produktach spożywczych. Powodują niekorzystne zmiany organoleptyczne, obniżają wartości odżywcze i przyczyniają się do strat ilościowych. Stwarzają przy tym zagrożenia zdrowotne, ponieważ żywność i pasze skażone przez grzyby pleśniowe mogą być nośnikami mikotoksyn szkodliwych dla zdrowia ludzi i zwierząt. Mikotoksyny to produkty przemiany materii, wytwarzane przez wiele gatunków grzybów strzępkowych, m.in. z rodzajów *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Claviceps* i *Stachybotrys*. Do groźnych mikotoksyn należą m.in. aflatoksyny i fumonizyny o działaniu nowotworowym, uszkadzające nerki ochratoksyny, a także trichoteceny, wywołujące toksyczną aleukemię żywieniową [2, 9].

Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań dotyczących oceny efektywności działania wybranych ekstraktów roślinnych na szczepy grzybów z rodzaju *Aspergillus*.

METODYKA BADAŃ

W badaniach wykorzystano siedem szczepów grzybów z rodzaju *Aspergillus*. Cztery pochodzą z Kolekcji Czystych Kultur Instytutu Technologii Fermentacji i Mikrobiologii Politechniki Łódzkiej – *Aspergillus flavus* ŁO422, *A. ochraceus* ŁO444, *A. parasiticus* ŁO446, ŁO447 i trzy z własnej kolekcji: *Aspergillus niger*, *A. fumigatus*, *A. versicolor*. Dla każdego szczepu oznaczono minimalne stężenie hamujące (ang. MIC – *Minimal Inhibitory Concentration*) badanych ekstraktów roślinnych. W warunkach *in vitro* testowano metanole ekstrakty z różnych organów 10 gatunków roślin (*Melissa officinalis* L., *Levisticum officinale* L., *Rosmarinus officinalis*, *organum Majorana* L., *Artemisia dracunculus* L., *Salvia officinalis* L., *Zingiber officinale*, *Corylus avellana* L., *Piper nigrum* L., *Capsicum* L.).

Przygotowanie wyciągów metanolowych

Wybrane fragmenty roślin zostały umyte, pocięte na małe kawałki i suszone w temperaturze pokojowej przez piętnaście dni. Wysuszonym, rozdrobnionym surowcem roślinnym napełniano gilzy i poddawano ekstrakcji za pomocą aparatu Soxhleta. Jako rozpuszczalnika użyto 70% alkoholu metanoleowego. Uzyskane ekstrakty zostały następnie zatężone na wyparce - aby uzyskać ekstrakty metanoleowe o różnych stężeniach (50 mg/ml, 100 mg/ml i 250 mg/ml).

Przeprowadzenie badań mikrobiologicznych

Metanole ekstrakty dziesięciu roślin badano pod kątem aktywności przeciwgrzybiczej. Badania mikrobiologiczne zostały wykonane zgodnie z normą PN-ISO 7954:1999 [5]. Posiewy wykonywano w trzech powtórzeniach na podłożu selektywnym Sabouraud z chloramfenikolem do hodowli grzybów. Na płytkach Petriego w zatężonym podłożu, jałowym korkoborem wycinano 6mm studzienki, następnie zaszczipiano płytki grzybami. Do każdej studzienki wlewano 0,02 ml ekstraktu. Inkubacja grzybów przebiegała w cieplarni w temperaturze 25°C, odczytów dokonywano po 5 dniach. Aktywność przeciwgrzybiczną MIC oceniano na podstawie pomiarów grzybiczych stref zahamowania.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

W badaniach wykorzystano 10 wyciągów roślinnych, które sporządzono na bazie alkoholu metanoleowego. W tabeli 1 przedstawiono minimalne stężenie hamujące (MIC) badanych ekstraktów roślinnych. W przeprowadzonej ocenie przeciwgrzybiczej większość wyciągów roślinnych była aktywna przy 50 mg/ml, dwa wyciągi (*Zingiber officinale*, *Corylus avellana*) przy 100 mg/ml i jeden (*Salvia officinalis*) przy 250 mg/ml.

Na rysunku 1 przedstawiono wpływ metanoleowych ekstraktów roślinnych o stężeniu 50 mg/ml na wielkość strefy zahamowania grzybni szczepów *Aspergillus*. Przy tym stężeniu ekstrakty nie zadziały hamująco na wzrost *Aspergillus niger*. Njintensywniejsze działanie przeciwgrzybicze posiadały wyciągi

sporządzone z *Rosmarinus officinalis*, *Melissa officinalis*, *Origanum majorana* i *Artemisia dracunculus* gdyż działały hamująco na wzrost pięciu testowanych szczepów *Aspergillus*. Wyciąg z *Levisticum officinale* hamował wzrost trzech grzybów (*A. fumigatus*, *versicolor* i *parasiticus* ŁO446). Wyciąg z kłącza *Zingiber officinale* i wyciąg z liści *Corylus avellana* działały hamująco tylko na dwa grzyby. Pierwszy na *A. ochraceus* ŁO444 i *flavus* ŁO422, a drugi na *A. parasiticus* ŁO447 i *flavus* ŁO422. Przy stężeniu 50 mg/ml działania przeciwgrzybiczego nie wykazał wyciąg z *Salvia officinalis*.

Tabela 1. Aktywność przeciwgrzybicza badanych wyciągów (MIC <50 mg/ml)

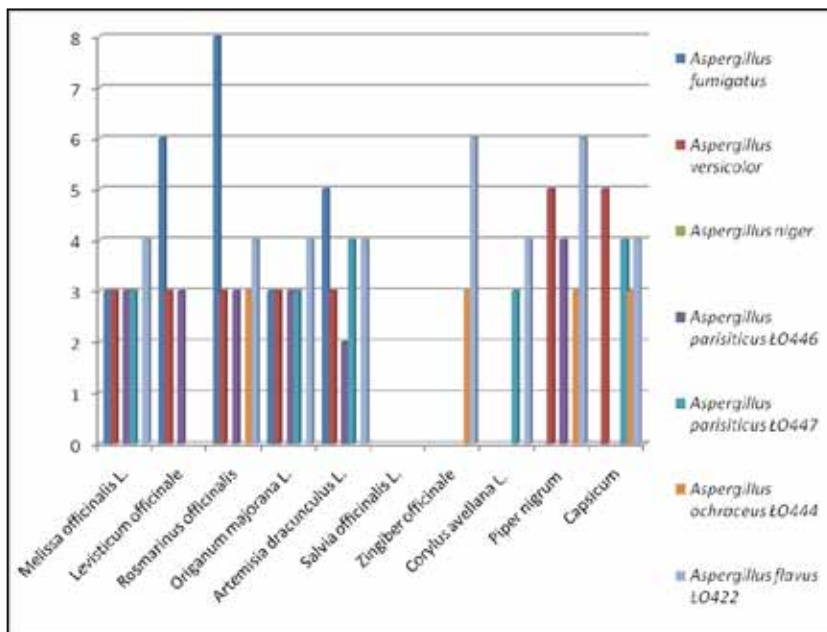
Table 1. The antifungal activity of the tested extracts (MIC <50 mg / ml)

Lp.	Nazwa rośliny	Części rośliny	MIC (mg/ml)
1.	<i>Melissa officinalis</i> L.	ziele	50
2.	<i>Levisticum officinale</i> L.	ziele	50
3.	<i>Rosmarinus officinalis</i>	ziele	50
4.	<i>Origanum majorana</i> L.	ziele	50
5.	<i>Artemisia dracunculus</i> L.	ziele	50
6.	<i>Salvia officinalis</i> L.	ziele	250
7.	<i>Zingiber officinale</i>	kłącze	100
8.	<i>Corylus avellana</i> L.	liście	100
9.	<i>Piper nigrum</i> L.	owoce	50
10.	<i>Capsicum</i> L.	owoce	50

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Na rysunku 2 przedstawiono wpływ metanoleowych ekstraktów roślinnych o stężeniu 250 mg/ml na wielkość strefy zahamowania grzybni szczepów *Aspergillus*. Wyciągi



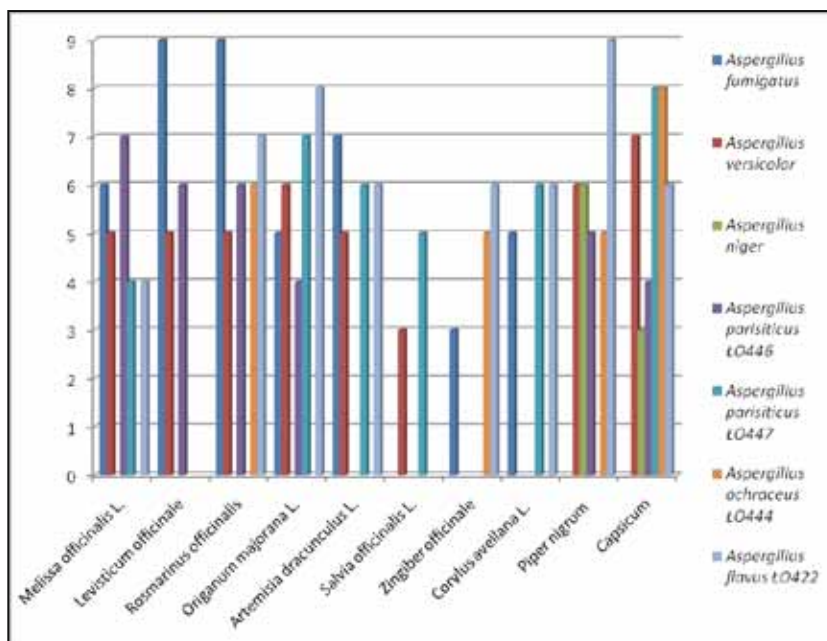
Rys. 1. Wpływ metanoleowych ekstraktów roślinnych o stężeniu 50 mg/ml na wielkość strefy zahamowania grzybni szczepów *Aspergillus*.

Fig. 1. Influence of the methanol plant extracts with a concentration of 50 mg / ml as the size of the zone of inhibition of mycelium of *Aspergillus*.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

z dwóch roślin (*Piper nigrum* i *Capsicum*) hamowały wzrost grzybni *Aspergillus niger*. Ekstrakt z *Salvia officinalis* w tym stężeniu działał hamująco na wzrost grzybów: *A. versicolor* i *parasiticus* ŁO447. Hać Szymańczuk i in. [3] prowadzili badania dotyczące aktywności przeciwbakteryjnej wyciągów alkoholowych i wodnych z oregano i stwierdzili, iż ekstrakty oraz olejek eteryczny z oregano były źródłem substancji aktywnych, które w różnym stopniu hamowały wzrost i rozwój wybranych szczepów bakterii. Z badań Sahin i in. [6] wynika, że *Origanum* działa na szerokie spektrum bakterii oraz pleśni, między innymi na *Escherichia coli*, *Enterobacter*, *Bacillus*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Candida*, *Fusarium*, *Aspergillus*, *Rhizopus* i *Penicillium*. Wyniki badań wykazały, że olejek z *Origanum vulgare* miał wielki potencjał aktywności przeciwbakteryjnej wobec badanych bakterii i grzybów, w przeciwieństwie do ekstraktu w metanolu z części nadziemnych *O. vulgare* roślin, który nie wykazywał aktywności przeciwdrobnoustrojowej. Wynik może sugerować, że olejek *O. vulgare* posiada związki o właściwościach przeciwdrobnoustrojowych i dlatego może być stosowany jako naturalny składnik środka konserwującego w żywności.



Rys. 2. Wpływ metanolowych ekstraktów roślinnych o stężeniu 250 mg/ml na wielkość strefy zahamowania wzrostu szczepów *Aspergillus*.

Fig. 2. Influence of the methanol plant extracts with a concentration of 250 mg / ml as the size of the zone of inhibition of mycelium of *Aspergillus*.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

WNIOSKI

1. Działanie przeciwgrzybiczne badanych ekstraktów roślinnych było zróżnicowane, najsilniej hamowały wzrost szczepu *Aspergillus fumigatus* ekstrakty z lubczyku, rozmarynu i estragonu o stężeniu 50 mg/ml.
2. Najsłabsze działanie przeciwgrzybiczne na badane szczepu *Aspergillus* miały ekstrakty roślinne szałwii, leszczyzny i imbiru.
3. Przeprowadzone badania wskazały, że wśród ekstraktów roślinnych znajdują się substancje o wysokiej aktywności przeciwdrobnoustrojowej, co może być wykorzystane do wytwarzania naturalnych składników konserwujących w przemyśle spożywczym.

LITERATURA

- [1] ALASALVAR C., J.M. GRIGOR, D. ZHANG, P.C. QUANTICK, F. SHAHIDI. 2001. „Comparison of volatiles, phenolics, sugars, antioxidants vitamins, and sensory quality of different carrot varieties”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49: 1410-1416.
- [2] DEC D., M. STEFANIAK, S. OBIDZIŃSKI, J. PIEKUT. 2015. „Ocena mikrobiologiczna produktów zbożowych dostępnych na rynku województwa podlaskiego”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* t.25(1): 48-51.
- [3] HAĆ-SZYMAŃCZUK E., E. LIPIŃSKA, O. GRZEGRZÓŁKA. 2012. „Ocena aktywności przeciwbakteryjnej oregano (*Origanum vulgare* L.)”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna-XLV*, 3: 308-314.
- [4] HERMANN K. 1978. „Review on nonessential constituents of vegetables. III. Carrots, celery, parsnips, beets, spinach, lettuce, endives, chicory, rhubarb, and artichokes”. *Lebensm Unters Forsch* 167: 262-273.
- [5] PN-ISO 7954:1999 – Mikrobiologia – Ogólne zasady oznaczania drożdży i pleśni – Metoda płytkowa w 25°C.
- [6] ŞAHIN F., M. GÜLLÜCE, D. DAFERERA, A. SÖKMEN, M. SÖKMEN, M. POLISSIOU, G. AGAR, H. ÖZER. 2004. „Biological activities of the essential oils and methanol extract of *Origanum vulgare* ssp. *vulgare* in the Eastern Anatolia region of Turkey”. *Food Control* 15 (7): 549-557.
- [7] SALEEM M., M. NAZIR, M. SHAIG, H. HUSSAIN. 2010. „Antimicrobial natural products: an update on future antibiotic drug candidates”. *Natural Product Reports* 27: 238-254.
- [8] SHER A. 2009. „Antimicrobial activity of natural products from medicinal plants”. *Gomal Journal of Medical Sciences* 7:72-78.
- [9] WIŚNIEWSKA H. 2011. „Mikotoksyny w żywności i paszach”. *Fitopatologia: zdrowe rośliny – zdrowi ludzie*. Bydgoszcz: Polskie Towarzystwo Fitopatologiczne: 18-22.
- [10] ŻUKIEWICZ-SOBCZAK W., P. SOBCZAK, K. IMBOR, E. KRASOWSKA, J. ZWOLIŃSKI, A.HOROCH, A. WOJTYŁA, J. PIĄTEK. 2012. „Zagrożenia grzybowe w budynkach i mieszkaniach – wpływ na organizm człowieka”. *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu* 18: 141-46.

Dr hab. inż. Dorota GUMUL
Dr inż. Wiktor BERSKI
Dr hab. inż. Rafał ZIOBRO
Mgr inż. Marek KRUCZEK
Mgr inż. Anna ARECZUK

Department of Carbohydrate Technology, University of Agriculture in Kraków, Balicka 122, 30-149 Kraków, Poland.

THE INFLUENCE OF COOKING ON NUTRITIONAL AND FUNCTIONAL COMPOUNDS CONTENT IN POTATO TUBERS®

Wpływ gotowania na zawartość odżywczych i funkcjonalnych składników w bulwach ziemniaka®

This Research was financed by the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Poland

Key words: potatoes, antioxidants, dietary fiber, polyphenols, thermal processing.

Potatoes are good source of phenolic compounds and vitamin C. Unfortunately during processing level of these compounds is lowered. Therefore it is so important to evaluate the influence of processing (cooking) on content of health-promoting compounds in potatoes. The potato tubers were peeled and cooked. The level of nutritional compounds, dietary fiber, vitamin C, total phenolic content (TPC), flavonoids and antioxidative activity were measured in raw and cooked potatoes. Cooking process of potatoes led to decrease in the content of proteins, lipids, starch, ash and total, insoluble dietary fiber. A loss of vitamin C, as well as polyphenols and flavonoids also was observed, that resulted in a decrease of antioxidant activity. Cooking process reduced the nutrients content, mainly starch and mineral compounds.

Słowa kluczowe: ziemniaki, przeciwutleniacze, błonnik pokarmowy, polifenole, gotowanie.

Ziemniaki są dobrym źródłem witaminy C oraz polifenoli. Niestety podczas ich przetwarzania zawartość tych składników spada. Ważne jest zatem określenie wpływu gotowania na zawartość składników prozdrowotnych w ziemniakach. Bulwy ziemniaka przed ugotowaniem obrano. W ziemniakach surowych oraz poddanych gotowaniu określono poziom składników odżywczych, błonnika pokarmowego, witaminy C, zawartość polifenoli ogółem, flawonoidów oraz aktywność antyoksydacyjną. Proces gotowania ziemniaków spowodował zmniejszenie zawartości białka, tłuszczu, skrobi, popiołu oraz błonnika nierozpuszczalnego. Zaobserwowano także utratę witaminy C, polifenoli i flawonoidów, co skutkowało obniżeniem aktywności antyoksydacyjnej. Gotowanie zmniejszyło zawartość składników odżywczych, głównie skrobi i składników mineralnych.

INTRODUCTION

Potato is one of the most important crops in the world (5th place after sugar cane, corn, rice and wheat), and plays a vital role in human nutrition [4]. Popularity of cooked potato consumption in Poland, and other countries, is based rather on eating habits, than deep nutritional knowledge and awareness of dietary benefits. Potato tubers are good source of phenolic compounds like chlorogenic, caffeic, ferulic or protocatechuic acids [1, 11, 23, 30, 31], as well as flavonoids, which together with carotenoids are responsible for potato skin and flesh color [16, 17]. Phenolic compounds reveal antimicrobial, antiviral and also anticancerogenic activity [6, 9] and together with vitamin C they also exhibit health-promoting properties by decreasing the risk of heart diseases and tumors occurrence [22].

Unfortunately during industrial processing or home cooking, many of these compounds are lost. For that reason, it is very important to evaluate the influence of processing on content of health-promoting compounds in potato tubers.

The aim of present work was to investigate the influence of cooking on level of nutritional compounds, like protein, starch, lipid and mineral compounds and health-promoting compounds (dietary fiber, polyphenols, vitamin C) in potato tubers. Also antioxidant activity of polyphenols was evaluated.

MATERIAL AND METHODS

Materials

Three different varieties of potatoes were used in this research. *Raja* (RA) variety was provided by Agrico Poland

Ltd, *Rosalind* (RO) by Europlant Ltd. and *Courage* (C) by HZPC Poland Ltd. The potatoes were stored in the dark at temperature 4–8 °C for a maximum of two days before testing. The tubers were peeled using a knife. Potato tubers were cooked in boiling water for 25 min.

In the description of Tables and Figures the following abbreviations were used: *Raja* - RA, *Rosalind* - RO and *Courage* - C. Samples before cooking (raw potatoes) were denoted as _r, and after cooking as _c, ie. RA_r - stands for raw (uncooked) potatoes of *Raja* variety.

Methods

The analysis of nutritional compounds included: proteins, lipids, mineral compounds and dietary fiber (soluble and insoluble fraction) according to AOAC [2], and starch according to ICC [13]. Total phenolic content (TPC) was assayed according to Singleton et al. [29] using Helios gamma 100-240 spectrophotometer. Results were expressed as mg catechin g⁻¹ of dry matter of product. Flavonoids content was measured according to Oomah et al. [25] using Helios gamma 100-240 spectrophotometer. Results were expressed as mg rutin g⁻¹ of dry matter of product. Vitamin C content was measured according to ISO standard [15] using Tillmann's reagent. Antioxidant activity was measured by FRAP method (Ferric Reducing Ability of Plasma) according to Benzie and Strain [3], and by ABTS^{•+} radical cation decolorization assay [26].

Statistical analysis

All experiments were performed in triplicate and results were expressed as their mean±SD. ANOVA was performed by means of Statistica software (Stat Soft, Tulsa, OK, USA). Differences among samples were calculated by Duncan's test, p> 0.05.

Results and discussion

Potato tubers before consumption are subjected to culinary processing in order to obtain desirable sensory features and to improve their texture, digestibility and assimilation of nutrients. Such operations change their chemical composition and nutritional value [19].

Before tubers are cooked they are subjected to pre-processing, including cleaning and peeling, causing considerable losses of vitamins and mineral constituents. But thermal treatment has far more important influence on composition and nutritional value. Intensity and extent of changes depend on applied temperature and time of operation [19].

Chemical composition of potato tubers is given in Table 1. It was observed, that protein content in tubers of *Raja* variety did not change after cooking when compared to raw material. Reverse situation took place in case of two other varieties (*Rosalind*, *Courage*), where protein content diminished about 2%. Decrease in protein content can be related to the presence of non-protein nitrogen, which is water soluble, and consequently washed-out. Another constituent are lipids, present in small amounts which accounts to caloric value of potatoes, especially when compared to cereals [19]. On the other hand potato lipids are extremely valuable, due to presence of essential fatty acids (EFA), like linolenic and linoleic [12]. Lipids content, independently of potatoes variety, was lowered after cooking by 5.4 – 13.4% when compared to fresh tubers. Lipids are quite susceptible to high temperature, being subjected to oxidation, and as a result their amount was going down. But due to initial, rather small, content the effect of cooking could be negligible.

Mineral substances content generally did not undergo changes during processing. But due to fact, that their content is the highest in outer part of tuber they were removed during peeling [34]. In present research, no changes were discovered in *Raja* variety tubers in mineral compounds content before and after cooking. It was in opposition to two other varieties, where it was lowered after cooking by 8% and 18% in *Rosalind* and *Courage* respectively (Table 1).

Cooking had also detrimental effect on the main component of potato tubers - starch. In all investigated varieties of potatoes (Table 1) starch level was reduced by about 20%, that can be attributed to starch loss from cells damaged during processing. But consumption of potatoes is only possible after thermal treatment, when starch undergoes pasting that enables its digestibility [5].

Tabela 1. Skład chemiczny badanych ziemniaków przed i po ugotowaniu

Table 1. Chemical composition of investigated potatoes before and after cooking

Sample	Starch [g·100g ⁻¹]	Protein [g·100g ⁻¹ d.m.]	Lipids [g·100g ⁻¹ d.m.]	Dietary fiber [g·100g ⁻¹ d.m.]			
				Insoluble	Soluble	Total	Mineral compounds
RA_r	8.87±0.05 ^{d*}	9.37±0.03 ^c	3.12±0.00 ^e	7.84±0.24 ^e	2.46±0.10 ^b	10.30±0.23 ^f	3.95±0.04 ^a
RA_c	7.12±0.27 ^a	9.40±0.01 ^c	2.95±0.05 ^d	5.26±0.32 ^b	3.65 ± 0 ^c	8.91±0.18 ^c	3.87±0.05 ^a
RO_r	10.62±0.14 ^f	9.29±0.00 ^b	1.19±0.02 ^c	7.21±0.00 ^d	2.52±0.08 ^b	9.73±0.16 ^e	4.58±0.07 ^c
RO_c	8.57±0.17 ^c	9.09±0.07 ^a	1.03±0.05 ^b	4.67±0.12 ^a	2.20±0.02 ^a	6.87±0.13 ^a	4.22±0.15 ^b
C_r	10.35± 0.06 ^e	9.45±0.00 ^d	0.98±0.02 ^b	6.88±0.11 ^c	2.47±0 ^b	9.35±0.14 ^d	4.71±0.01 ^d
C_c	8.19± 0.10 ^b	9.24±0.05 ^b	0.87±0.04 ^a	4.57±0.17 ^a	2.57± 0.11 ^b	7.14± 0.07 ^b	3.85±0.19 ^{ab}

*different letters in column denote mean values that statistically differ one from another (Duncan's test, at p=0.05)

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Non-starch polysaccharides are quite important component, present in potato tubers, contributing to dietary fiber, especially to its soluble fraction. They have powerful hypocholesterolemic and hypoglycemic properties [10]. Thermal treatment caused losses in insoluble fiber fraction reaching 30% in all investigated varieties of potatoes, and total dietary fiber level was reduced by 13.5 – 30%, when compared to non-processed potatoes (Table 1). This fact could be explained by dietary fiber hydrolysis occurring during culinary processing, and for that reason much lower level of this compound was observed in processed potatoes than in raw samples.

After cooking of *Raja* variety tubers increase in soluble dietary fiber fraction by 48% in comparison to fresh ones was observed (Table 1). According to Esposito et al. [10] it is caused by transformation of insoluble fiber fraction. In case of other variety, *Rosalind*, the reverse situation occurred – after cooking soluble fraction level was reduced by 12.6%, and in case of *Courage* variety no changes in this aspect were observed.

The next important health-promoting compound in potatoes is vitamin C. Potatoes are recognized as important sources of vitamin C in a human diet [4]. Vitamin C in potato tubers is present mostly in form of L- ascorbic acid, which contributes up to 92% of total amount of this vitamin [20]. As a result of applied thermal processing (Figure 1) it was noted a decrease of vitamin C content in tubers of all investigated varieties by 8 – 13%, the smallest changes were observed in case of *Rosalind*, the greatest in *Courage*. Obtained results found confirmation in works of other authors [27]. They reported losses in vitamin C content about 12 – 27%, and according to Burgos et al. [7] its level after cooking was reduced by 3 - 43%. Reduction of this compound in plant material after thermal treatment is caused by its extremely low thermal stability and good water solubility [7, 27].

Polyphenols are another health-promoting component in potato tuber with antioxidative properties, beside vitamin C, and their beneficial effect on human's organism is well documented [6, 9]. Total phenolic content (TPC) after cooking was reduced by 39% in *Raja* variety tubers, and by

46% in *Rosalind* and *Courage*, when compared to raw material (Table 2). Changes in polyphenols content after processing (often negative), including culinary processing, could be explained by co-operation of many factors i.e. washing out of phenolic compounds, thermal degradation, enzymatic oxidation and isomerization [32]. Opposite opinion was formed by Sahlin et al. [28], who demonstrated, that cooking of vegetables had small effect on polyphenols content when compared to drying process. All above mentioned changes in polyphenols content influenced vegetables antioxidative potential.

Similar situation occurred in case of flavonoids, because their content in cooked potatoes also was reduced. The smallest losses in flavonoids content were noted in case of *Raja* variety (6,1%), and the highest in *Courage* (46,5%) (Table 2). Losses in phenolic compounds content in sweet potatoes after cooking were observed by Jung et al. [18]. Turkmen et al. [33] observed reduction in polyphenols level in range 6 – 40% in vegetables after cooking. Also Dao and Fiedman [8] noted reduction by 65% of total phenolic content (TPC) in potatoes after cooking.

The noticeable effect of cooking was lowering of antioxidant activity of potatoes varieties *Raja* and *Rosalind*, respectively by 6% and 23% (measured by ABTS radical method), and by 7,5% and 10% by FRAP method, when compared to raw material. Reduction of antioxidant activity of potatoes varieties *Raja* and *Rosalind* after cooking was a logical consequence of polyphenols loss including flavonoids when compared to fresh ones (Table 2).

On the other hand thermal treatment of *Courage* variety tubers did not cause changes in their antioxidative capacity as compared to raw tubers, though reduced amounts of polyphenols, including flavonoids (Table 2) were measured. Such stabilization of antioxidative capacity in case of this variety could be explained by a fact, that other compounds which were not analyzed in this research (like tannins or other non-phenolic compounds) could also be liberated or created during thermal treatment. As an example Maillard reaction products could be proposed [21, 24].

Tabela 2. Aktywność antyoksydacyjna oraz zawartość polifenoli i flawonoidów w ziemniakach przed i po gotowaniu

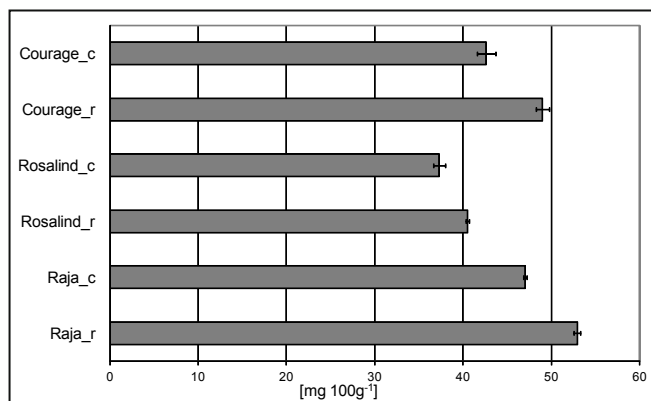
Table 2. Antioxidant activity and contents of polyphenolic compounds and flavonoids in potatoes before and after cooking

Sample	TEAC [mMTx·kg ⁻¹ d.m.]	FRAP [mMFe ²⁺ ·kg ⁻¹ d.m.]	Total phenolic content (TPC) [mg catechin·g ⁻¹ d.m.]	Contents of flavonoids [mg rutin·g ⁻¹ d.m.]
RA_r	21.4±0.06 ^{d*}	13.30±0.18 ^e	3.09±0.19 ^d	0.82±0.01 ^d
RA_c	20.16±0.14 ^c	12.31±0.37 ^d	1.89±0.04 ^c	0.77±0 ^c
RO_r	18.37±0.30 ^b	6.28±0.21 ^b	2.12±0.22 ^c	0.73±0.04 ^c
RO_c	14.10±0.27 ^a	5.60±0.11 ^a	1.14±0.10 ^a	0.46±0.12 ^{ab}
C_r	25.47±0.32 ^e	11.30±0.13 ^c	2.96±0.28 ^d	0.71±0.03 ^c
C_c	25.24±0 ^e	11.26±0.16 ^c	1.59±0.09 ^b	0.38±0.07 ^a

*different letters in column denote mean values that statistically differ one from another (Duncan's test, at p=0.05)

Źródło: Badania własne

Source: The own study



Rys. 1. Zawartość witaminy C w bulwach ziemniaka przed i po ugotowaniu (średnia±SD).

Fig. 1. Vitamin C content in potato tubers before and after cooking (mean±SD).

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Ismail et al. [14] stated, that vegetables boiled for 1 minute had antioxidative potential quite similar to the fresh ones, and in research conducted by Turkmen et al. [33] 16% decrease in antioxidative capacity of pea after cooking was observed.

Summarizing, content of basic nutritional components after thermal treatment (cooking) was changed, and content of polyphenols, vitamin C and dietary fiber was lowered. As a result antioxidative potential was diminished, that greatly affected functional properties of these vegetables.

CONCLUSION

1. Cooking negatively influenced the content of analyzed nutritional compounds, because of their partial degradation and washing.
2. Level of total and insoluble dietary fiber was lowered in all investigated varieties after cooking, the most visible reduction was observed in tubers of *Rosalind* variety.
3. Cooking process caused losses in vitamin C content, the greatest in case of *Courage* variety, the smallest in *Rosalind*.
4. Loss in polyphenols content, after thermal treatment (cooking), was observed in tubers of *Raja* and *Rosalind* varieties. It negatively influenced their antioxidant activity. Some exception was observed in case of *Courage* tubers variety, where antioxidant activity was not altered by cooking process, in spite of lowered level of total polyphenols, including flavonoids.
5. It was observed a detrimental effect of cooking on functional component content, like polyphenols, flavonoids, vitamin C and dietary fiber in potatoes.

WNIOSKI

1. Gotowanie bulw ziemniaków doprowadziło do częściowego rozkładu oraz wymywania analizowanych składników odżywczych, co wpłynęło negatywnie na ich zawartość.
2. Po ugotowaniu bulw ziemniaka we wszystkich analizowanych próbkach poziom błonnika całkowitego w tym

frakcji nierozpuszczalnej był niższy, największa redukcja nastąpiła w bulwach odmiany *Rosalind*.

3. Proces gotowania powoduje straty zawartości witaminy C, największe zaobserwowano w przypadku bulw odmiany *Courage*, a najmniejsze w odmianie *Rosalind*.
4. Straty zawartości polifenoli na skutek gotowania obserwowano w odmianie *Raja* oraz *Rosalind*. Wpłynęło to negatywnie na aktywność antyoksydacyjną tych odmian. Wyjątkiem okazały się bulwy odmiany *Courage*, w których aktywność antyoksydacyjna nie ulegała zmianie na skutek gotowania, pomimo iż obniżeniu uległa zawartość polifenoli całkowitych, w tym flawonoidów.
5. Zaobserwowano szkodliwy wpływ gotowania na zawartość składników prozdrowotnych w ziemniakach, takich jak: polifenole, flawonoidy, witamina C oraz błonnik pokarmowy.

REFERENCES

- [1] AL-SAIKHAN M. S., L. R. HOWARD, J. C. MILLER. 1995. "Antioxidant Activity and Total Phenolics in Different Genotypes of Potato (*Solanum tuberosum*, L.)". *Journal of Food Science* 60: 341–343.
- [2] AOAC: Official Methods of Analysis of AOAC International. Washington, DC, Association of Official Analytical Chemists, 1995.
- [3] BENZIE I. F. F., J. J. STRAIN. 1996. "The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power, The FRAP Assay". *Analytical Biochemistry* 239: 70–76.
- [4] BIRCH P. R. J., G. BRYAN, B. FENTON, M. GILROY, I. HEIN, J. T. JONES, A. PRASHAR, M. A. TAYLOR, L. TORRANCE, I. K. TOTH. 2012. "Crops that feed the world 8, Potato, are the trends of increased global production sustainable?". *Food Security* 4: 477–508.
- [5] BORDOLOI A., J. SINGH, L. KAUR. 2012. "In vitro digestibility of starch in cooked potatoes as affected by guar gum. Microstructural and rheological characteristics". *Food Chemistry* 133: 1206–1213.
- [6] BREINHOLT V. 1999. "Desirable versus harmful levels of intake of flavonoids and phenolic acids. In: Kumpulainen, J.T., Salonen, J. T. (ed.): Natural antioxidants and anticarcinogens in nutrition, health and disease". Cambridge, The Royal Society of Chemistry: 93–105.
- [7] BURGOS G., S. AUQUI, W. AMOROS, E. SALAS, M. BONIERBALE. 2009. "Ascorbic acid concentration of native Andean potato varieties as affected by environment, cooking and storage". *Journal of Food Composition and Analysis* 22: 533–538.
- [8] DAO L., M. FRIEDMAN. 1992. "Chlorogenic acid content of fresh and processed potatoes determined by ultraviolet spectrophotometry". *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 40: 2152–2156.
- [9] DUTHIE G. G., S. J. DUTHIE, J. A. M. KYLE. 2000. "Plant polyphenols in cancer and heart disease, implications as nutritional antioxidants". *Nutritional Research Review* 13: 79–106.

- [10] **ESPOSITO F., G. ARLOTTI, A. BONIFATI, A. NAPOLITANO, D. VITALE, V. FOGLIANO. 2005.** "Antioxidant activity and dietary fibre in durum wheat bran by-products". *Food Research International* 38: 1167–1173.
- [11] **FRIEDMAN M. 1997.** "Chemistry, Biochemistry, and Dietary Role of Potato Polyphenols. A Review". *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 45: 1523–1540.
- [12] **GALLIARD T. 1973.** "Lipids of potato tubers. 1. Lipid and fatty acid composition of tubers from different varieties of potato". *Journal of the Science of Food and Agriculture* 24: 617–622.
- [13] **ICC Standard No 122.** Determination of Starch Content by Calcium Chloride Dissolution. **1995.** "In, Standard Methods of the International Association for Cereal Science and Technology". Vienna, International Association for Cereal Science and Technology.
- [14] **ISMAIL A., Z. M. MARJAN, C. W. FOONG. 2004.** "Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables". *Food Chemistry* 87: 581–586.
- [15] **International Standard ISO 6557/2,** Fruits, Vegetables and Derived Products – Determination of Ascorbic Acid Content – Part 2, Routine methods, First edition– 1984.11.15.
- [16] **JANSEN G., W. FLAMME. 2006.** "Coloured potatoes (*Solanum Tuberosum* L.) – Anthocyanin Content and Tuber Quality". *Genetic Resources and Crop Evolution* 53: 1321–1331.
- [17] **JANSKY S. H. 2010.** Potato flavor. In, Hui Y. H. (ed.). *Handbook of Fruit and Vegetable Flavors*. Hoboken, New Jersey, John Wiley, Sons, Inc.: 935–946.
- [18] **JUNG J. K., S. U. LEE, N. KOZUKUE, C. E. LEVIN, M. FRIEDMAN. 2011.** "Distribution of phenolic compounds and antioxidative activities in parts of sweet potato (*Ipomoea batata* L.) plants and in home processed roots". *Journal of Food Composition and Analysis* 24: 29–37.
- [19] **MURNIECE I., D. KARKLINA, R. GALOBURDA, D. SANTARE, I. SKRABULE, H.S. COSTA. 2011.** "Nutritional composition of freshly harvested and stored Latvian potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties depending on traditional cooking methods". *Journal of Food Composition and Analysis* 24: 699–710.
- [20] **LEE S. K., A. A. KADER. 2000.** "Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops". *Postharvest Biology and Technology* 20: 207–220.
- [21] **MANZOCCO L., S. CALLIGARIS, D. MASTROCOLA, M. C. NICOLI, C. R. LERICI. 2000.** "Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods". *Trends in Food Science, Technology* 11: 340–346.
- [22] **NAIDU K. A. 2003.** "Vitamin C in human health and disease is still a mystery? An overview". *Nutrition Journal*: 2–7.
- [23] **NARA K., T. MIYOSHI, T. HONMA, H. KOGA. 2006.** "Antioxidative activity of bound-form phenolics in potato peel". *Bioscience Biotechnology Biochemistry* 70: 1489–1491.
- [24] **NICOLI M., M. ANESE, M. PARPINEL. 1999.** "Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables". *Trends in Food Science and Technology* 10: 94–100.
- [25] **OOMAH B. D., A. CARDADOR-MARTINEZ, G. LOARCA-PINA. 2005.** "Phenolics and antioxidative activities in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.)". *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85: 935–942.
- [26] **RE R., N. PELLEGRINI, A. PROTEGGENTE, A. PANNALA, M. YANG, C. RICE-EVANS. 1999.** "Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay". *Free Radical Biology and Medicine* 26: 1231–1237.
- [27] **RUMM-KREUTER D., I. DEMMEL. 1990.** "Comparison of vitamin losses in vegetables due to various cooking methods". *Journal of Nutrition Science and Vitaminology* 36: 7–15.
- [28] **SAHLIN E., G. SAVAGE, C. LISTER. 2004.** "Investigation of the antioxidant properties of tomatoes after processing". *Journal of Food Composition and Analysis* 17: 635–647.
- [29] **SINGLETON V. L., R. ORTHOFER, R. M. LAMUELA-RAVENTÓS. 1999.** Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. In: *Oxidants and Antioxidants Part A*. Academic Press: 152–178.
- [30] **SOTILLO D. R., M. HADLEY, E. T. HOLM. 1994.** "Phenolics in aqueous potato peel extract, extraction, identification and degradation". *Journal of Food Science* 59: 649–651.
- [31] **SOTILLO D. R., M. HADLEY, E. T. HOLM. 1994.** "Potato peel waste, stability and antioxidant activity of a freeze dried extract". *Journal of Food Science* 59: 1031–1033.
- [32] **TAKENAKA M., K. NANAYAMA, S. ISOBE, M. MURATA. 2006.** "Changes in caffeic acid derivatives in sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) during cooking and processing". *Bioscience Biotechnology Biochemistry* 70: 172–177.
- [33] **TURKMEN N., F. SARI, Y. S. VELIOGLU. 2005.** "The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables". *Food Chemistry* 93: 713–718.
- [34] **WSZELAKI A. L., J. F. DELWICHE, S. D. WALKER, R. E. LIGGETT, J. C. SCHEERENS, M. D. KLEINHENZ. 2005.** "Sensory quality and mineral and glycoalkaloid concentrations in organically and conventionally grown redskin potatoes (*Solanum tuberosum*)". *Journal of the Science Food and Agriculture* 85: 720–726.

Dr inż. Przemysław Łukasz KOWALCZEWSKI (1)

Dr inż. Agnieszka MAKOWSKA (1)

Mgr inż. Maria RÓŻAŃSKA (2)

(1) Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego

(2) Katedra Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

OCENA JAKOŚCI I ATRAKCYJNOŚCI KONSUMENCKIEJ CHLEBA PSZENNEGO Z DODATKIEM SOKU Z ZIEMNIAKA®

Evaluation of the quality and consumer acceptance of wheat bread
enriched with potato juice®

Słowa kluczowe: chleb pszenny, sok z ziemniaka, ocena sensoryczna, jakość pieczywa.

Doniesienia literaturowe potwierdzają wysoką aktywność biologiczną soku ziemniaczanego. W pracy przedstawionej w artykule analizowano wpływ dodatku suszonego soku z ziemniaka (stosowanego na 3 poziomach: 2,5; 5,0 i 7,5%) na jakość pieczywa pszennego ocenianą wg Polskiej Normy PN-A-74108 oraz jego akceptowalność konsumencką. Wykazano, że możliwe jest wytworzenie akceptowalnego pieczywa z dodatkiem suszu ziemniaczanego na poziomie 2,5%. Zaobserwowano wpływ dodatku soku na wygląd, barwę oraz strukturę miększu pieczywa, a zmiany te pogłębiały się wraz ze wzrostem ilości stosowanego suszu.

Key words: wheat bread, potato juice, sensory evaluation, bread quality.

Literature reports confirm high biological activity of potato juice. Studies analyzed effect of dried potato juice addition during wheat bread production at three different concentrations: 2.5, 5.0 and 7.5 wt.%. Quality of obtained wheat bread was evaluated in accordance to Polish Norm PN-A-74108 and consumer acceptability. It has been shown that it is possible to produce an acceptable bread enriched with 2.5% of the dried potato juice. It was also observed that addition of the potato juice changes appearance, colour and structure of the bread crumb. These changes increases with amount of the potato juice used.

WSTĘP

Sok z ziemniaka to produkt uboczny powstający podczas produkcji skrobi. Jest on powszechnie uważany za trudny do zagospodarowania odpad ze względu na duże zapotrzebowanie tlenu niezbędne do jego biodegradacji [14]. Zawiera wszystkie cenne żywieniowo składniki bulwy z wyjątkiem błonnika i skrobi [20]. Skład aminokwasowy białek ziemniaka, które dominują też w soku, decyduje o ich wysokiej wartości odżywczej. W znacznej ilości w soku ziemniaczanym obecne są także składniki mineralne oraz witaminy rozpuszczalne w wodzie. O wysokiej aktywności biologicznej soku z ziemniaka decydują różnorodne substancje zawarte w niewielkich ilościach (rzędu $\mu\text{g}\%$ lub $\text{mg}\%$) [12]. Sok ziemniaczany nie jest jednak uważany za atrakcyjny surowiec do produkcji żywności ze względu na zawartość glikoalkaloidów, związków powszechnie uznanych za toksyczne [5]. Długoletnie doskonalenie rodów ziemniaka prowadzone przez instytucje badawcze spowodowało iż odmiany ziemniaka oznaczają się nie tylko wysoką plennością, doskonałymi cechami organoleptycznymi, odpornością na choroby, ale również relatywnie niską zawartością glikoalkaloidów [15, 16, 19].

Tymczasem w medycynie ludowej sok z ziemniaka stosowany był od wielu lat jako środek na leczenie wrzodów żołądka i dwunastnicy, nadciśnienia, kamicy nerkowych, grzybic skórnych, a nawet jako środek przeciwdziałający zmianom nowotworowym. Opublikowane w ostatnim dziesięcioleciu wyniki badań klinicznych wskazują, że sok z ziemniaka może być stosowany w łagodzeniu niektórych dolegliwości przewodu pokarmowego [6, 18]. Badania *in vitro* wskazują ponadto, że substancje obecne w soku ziemniaczanym są cytotoksyczne w stosunku do komórek nowotworowych przewodu pokarmowego. W badaniach tych wykazano również aktywność przeciwzapalną soku z ziemniaka. Powyższe rezultaty zostały też potwierdzone w badaniach *in vivo* [13]. Mechanizm działania przeciwzapalnego soku ziemniaczanego nie został jak dotąd ustalony. Opisane w literaturze właściwości prozdrowotne soku z ziemniaka stawiają ten surowiec w nowym świetle, otwierając możliwość wykorzystania go do produkcji żywności i stosowania do nefarmakologicznego wspomaganie leczenia nieswoistych zapaleń jelit (NZJ). Badania aktywności przeciwdrobnoustrojowej soku ziemniaczanego wskazują ponadto, że nie wpływa on negatywnie na mikrobiotę jelitową [11].

Adres korespondencyjny – Corresponding author: Przemysław Ł. Kowalczewski, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań, e-mail: przemyslaw.kowalczewski@up.poznan.pl

Nieswoiste zapalenie jelit (ang. Inflammatory Bowel Disease – IBD) nie jest jedną jednostką chorobową, ale grupą chorób autoimmunologicznych, a dwoma głównymi podjednostkami chorobowymi są choroba Leśniowskiego-Crohna (ang. Crohn's disease) oraz wrzodziejące zapalenie jelita grubego (ang. ulcerative colitis) [4]. Pierwsza z tych chorób występować może w obrębie całego przewodu pokarmowego - od jamy ustnej do odbytu, druga zaś powoduje powstawanie stanu zapalnego zlokalizowanego w błonie śluzowej odbytnicy lub odbytnicy i okrężnicy [2]. Przewlekły stan zapalny przewodu pokarmowego lub też następujące po sobie okresy zaostrzenia i remisji NZJ powodują upośledzenie wchłaniania substancji odżywczych. Ponadto krwawienia wewnętrzne dodatkowo mogą skutkować anemią. Konsekwencją jest stosowanie przez osoby cierpiące na NZJ specyficznej diety, której głównym celem jest przeciwdziałanie powstawaniu ognisk zapalnych lub też zapobieganie niedoborom żywieniowym [7]. Zaleca się unikania potraw ciężkostrawnych i bogatych w błonnik pokarmowy, które wzmagają mogą objawy choroby [1, 17].

W opublikowanych badaniach wykazano, że z powodzeniem można wyprodukować produkty spożywcze przeznaczone dla osób cierpiących na NZJ (takie jak pasztet, kielbasa czy chrupki) wzbogacone sokiem ziemniaczanym odznaczających się jednocześnie wysoką akceptacją konsumentką [8, 9, 10].

Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań dotyczących wpływu dodatku soku ziemniaczanego na jakość oraz ocenę konsumentką pieczywa pszennego wytworzonego z mąki typu 500 charakteryzującą się niższą zawartością błonnika niż standardowa mąka chlebowa typu 750.

MATERIAŁY I METODY

Sok ziemniaczany otrzymano za pomocą sokowirówki z ziemniaków odmiany Agata. Następnie sok suszono rozpyłowo za pomocą laboratoryjnej suszarki Niro Mobile Minor A/S (GEA, Dania) przy użyciu dyszy pneumatycznej o średnicy 200 µm i ciśnieniu atomizującym 0,15 MPa oraz zastosowaniu temperatur powietrza: 170°C na wlocie do komory suszarniczej i 95°C na wylocie. W wyniku suszenia otrzymano produkt o wilgotności 10,7 ± 0,2%.

Mąkę pszenną, typ 500, zakupioną w sieci handlowej oraz suszony sok ziemniaczany zmieszano i wyspano do miesiarki, a następnie dodano zawiesinę drożdży, rozpuszczoną sól oraz pozostałą ilość wody. Proces mieszenia wykonano w szybkoobrotowej mieszarce przez 60 sekund. Ciasto przeniesiono do komory fermentacyjnej z regulowaną wilgotnością względną powietrza ($t=35^{\circ}\text{C}$, wilgotność względna 75%) i prowadzono fermentację przez 60 min, przy czym po upływie 30 min wykonano przebicie ciasta. Po fermentacji masę ciasta podzielono na dwa równe kęsy i umieszczono w formach piekarskich, które następnie włożono ponownie do komory fermentacyjnej, a proces fermentacji prowadzono do momentu zrównania wysokości ciasta z krawędzią foremki. Po zakończeniu procesu fermentacji foremki wstawiono do pieca nagrzanego do temperatury $t=220^{\circ}\text{C}$, a następnie komorę zaparowano. Proces wypieku prowadzono przez 30 min, następnie chleby wyjęto, zwilżono ich

powierzchnię wodą i pozostawiono do ostygnięcia. Szczegółowy skład recepturowy analizowanych wariantów pieczywa przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Skład surowcowy chlebów

Table 1. Composition of breads

Składniki [g] Ingredients [g]	Próba / Sample			
	C0	C1	C2	C3
Mąka pszenna typ 500 Wheat flour type 500	500	500	500	500
Sól Salt	7,5	7,5	7,5	7,5
Drożdże Yeast	15	15	15	15
Woda Water	300	300	300	300
Suszony sok ziemniaczany Dried potato juice	0	12,5	25	37,5

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Punktową ocenę jakości pieczywa wykonano wg Polskiej Normy PN-A-74108. Zdjęcia porównawcze miękiszów wykonano z użyciem kamery QImaging GO-3 oraz oprogramowania Image-Pro Plus software (Media Cybernetics Company). Wyliczono parametry wypiekowe, takie jak: ubytek wypiekowy, wydajność ciasta oraz wydajność pieczywa.

Analizę akceptacji konsumentkiej otrzymanego pieczywa wykonano z wykorzystaniem 11. punktowej skali hedonicznej [3], w której wartość 1 oznaczała „bardzo nie odpowiada”, 11 „bardzo odpowiada”, a wartość 6 „ani nie odpowiada, ani odpowiada”. Grupę 35 osób w wieku 25-45 lat pytano o takie cechy, jak: barwa, zapach, tekstura, smak oraz ogólna pożądalność.

WYNIKI I DYSKUSJA

Chleb jest bardzo ważnym składnikiem naszej codziennej diety, który spożywany może być z wieloma różnymi dodatkami (wędliny, sery, słodkie kremy, dżemy itd.). Zastosowanie w recepturze chleba dodatków o udokumentowanej aktywności biologicznej pozwolić może na włączenie substancji o potwierdzonych właściwościach prozdrowotnych do jadłospisu. Proces wzbogacania żywności jest jednak bardzo trudny. Z jednej strony substancje wzbogacające wpływać mogą niekorzystnie na proces technologiczny, z drugiej strony na atrakcyjność sensoryczną gotowych produktów [8, 9, 10].

Zastosowanie w recepturze chleba dodatku, w postaci suszonego soku ziemniaczanego, spowodowało zmiany nie tylko w wyglądzie zewnętrznym otrzymanych bochenków (rys. 1), ale także zmiany wyglądu miękiszu (rys. 2). Charakterystyczne jasne zabarwienie pieczywa pszennego ulegało stopniowemu, zależnemu od wielkości dodatku, ciemnieniu. Zaobserwowane wizualnie zmiany barwy wzbogaczanych chlebów wyjaśnić można nieenzymatycznym brązowieniem oraz reakcjami enzymatycznymi zachodzącymi podczas tworzenia ciasta i jego fermentacji. W obecności tlenu enzymy peroksydaza (POD) i polifenoloksydaza (PPO) katalizują pierwszą fazę biochemicznej przemiany związków



Rys. 1. Porównanie wyglądu zewnętrznego otrzymanych bochenków – od lewej: próba kontrolna, chleb z dodatkiem 2,5%; 5% i 7,5% suszonego soku ziemniaczanego.

Fig. 1. Comparison of bread appearance - from left: control bread, bread with the addition of 2.5%; 5% and 7.5% dried potato juice.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

fenolowych do chinonów, dalej polimeryzujących do ciemno zabarwionych melanin. Dodatkowo obecna lipooksygenaza (LOX) ma zdolność rozkładania barwników karotenoidowych obecnych w mące, co powodować może zmianę barwy. Także obecne w soku wolne aminokwasy pierścieniowe mogą ulegać przemianom barwnym pod wpływem enzymów obecnych w mące [9].

Sok ziemniaczany nie wpływa na zmianę zarówno wydajności ciasta jak i pieczywa, ale wraz ze wzrostem udziału suszonego soku w istotnie statystyczny sposób ograniczany jest ubytek wypiekowy (tab. 2).

Tabela 2. Określenie parametrów procesu pieczenia

Table 2. Determination of baking process parameters

Parametr [%] Parameter [%]	Próba / Sample			
	C0	C1	C2	C3
Ubytek wypiekowy Bake loss	7,4 ± 0,2 ^a	6,9 ± 0,1 ^b	6,1 ± 0,3 ^c	6,1 ± 0,2 ^c
Wydajność ciasta Dough yield	160,0 ± 6,8 ^a	158,8 ± 6,1 ^a	157,8 ± 5,4 ^a	156,6 ± 5,5 ^a
Wydajność pieczywa Bread yield	144,4 ± 1,7 ^a	145,6 ± 2,1 ^a	146,1 ± 2,3 ^a	145,2 ± 1,4 ^a

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

W przypadku zastosowania 2,5% i oraz 5% dodatku suszu soku ziemniaczanego ubytek wyniósł odpowiednio 6,9% i 6,1%, podczas gdy dla chleba pszennego wypiekanego w tych samych warunkach ubytek wypiekowy był równy 7,4%. Analiza mikrofotografii mięksiszów poszczególnych wariantów chlebów wskazuje na znaczące różnice w ich strukturze (rys. 3). Cienkościenne pory, charakterystyczne dla pieczywa pszennego, wraz ze wzrostem udziału dodatku ulegały znaczącej zmianie. Ścianki stawały się grubsze, pory drobniejsze, a mięksisz mniej spulchniony. Dodatek suszu ziemniaczanego prawdopodobnie wpływał ograniczająco na proces fermentacji, choć opublikowane wyniki



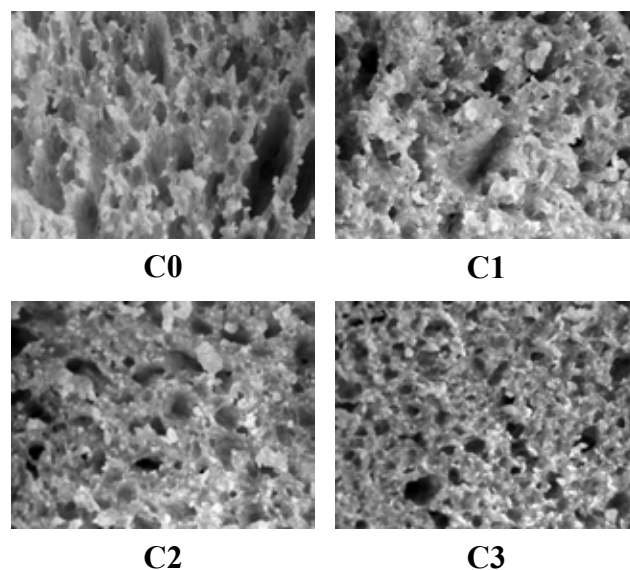
Rys. 2. Porównanie mięksiszów – od lewej: próba kontrolna, chleb z dodatkiem 2,5%; 5% i 7,5% suszonego soku ziemniaczanego.

Fig. 2. Comparison of crumb - from left: control bread, bread with the addition of 2.5%; 5% and 7.5% dried potato juice.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

aktywności przeciwdrobnoustrojowej soku z ziemniaka nie wykazały negatywnego wpływu na wzrost drożdży *Saccharomyces cerevisiae* [11].



Rys. 3. Mikrofotografie mięksiszów chlebów.
Fig. 3. Microphotographs of bread crumbs.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Przeprowadzono ocenę punktową jakości pieczywa zgodnie z Polską Normą PN-A-74108 (tab. 3). Nie zaobserwowano zmian ocen wyglądu zewnętrznego analizowanych wariantów pieczywa, ale zmiana barwy skórki (oraz miększu) spowodowały obniżenie atrakcyjności wzbogacanych chlebów. Zastosowanie dodatku suszu na najniższym poziomie nie spowodowało różnic oceny elastyczności miększu lecz wyższy udział dodatkowego składnika wpłynął znacząco na obniżenie oceny elastyczności. Zmianie uległy także smak i zapach. W ocenie tychże wyróżników zaobserwowano, że już najniższy poziom dodatku spowodował obniżenie

Tabela 3. Ocena punktowa wg Polskiej Normy PN-A-74108

Table 3. Scoring according to Polish Norm PN-A-74108

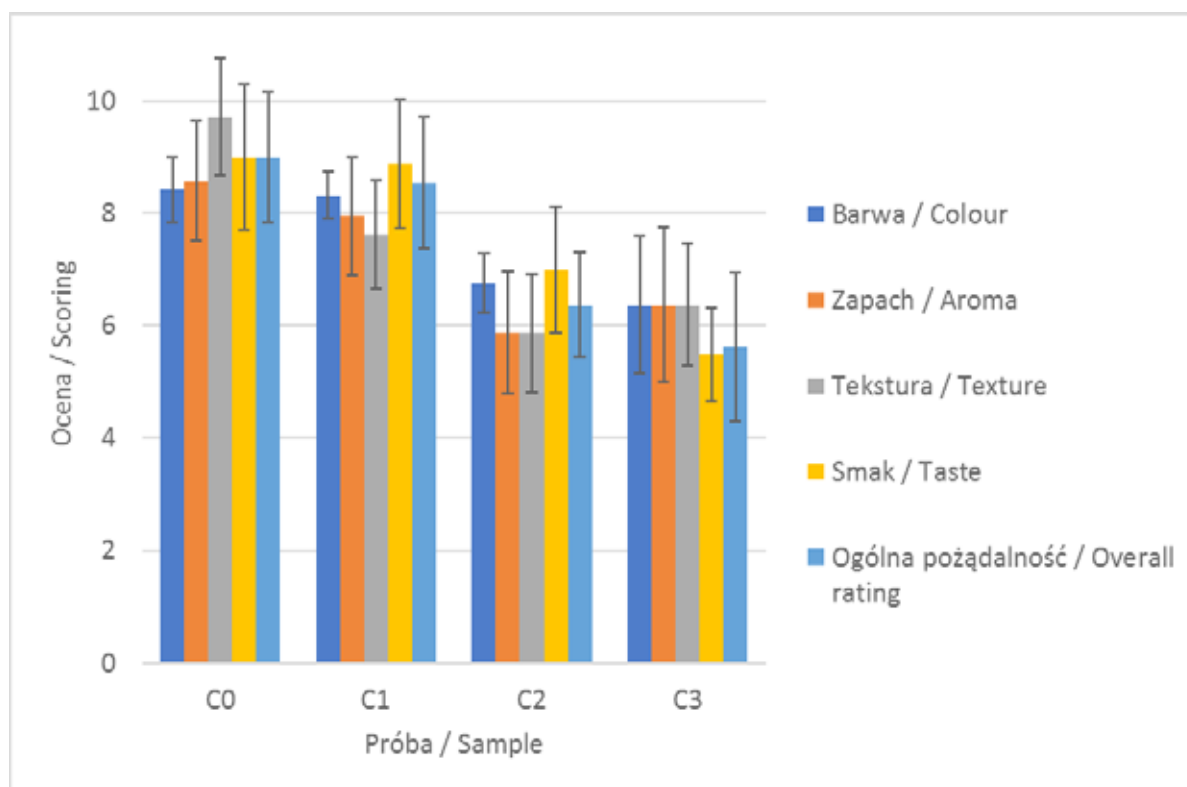
Parametr Parameter		Próba / Sample			
		C0	C1	C2	C3
Wygląd zewnętrzny Appearance		5	5	5	5
Skórka Crust	Barwa Coulour	3	2	2	2
	Grubość Thickness	3	3	3	3
	Pozostałe cechy Other parameters	3	4	4	4
Miękiśz Crumb	Elastyczność Flexibility	3	3	0	0
	Porowatość Porosity	2	2	2	2
	Pozostałe cechy Other parameters	2	2	2	2
Smak i zapach Taste and aroma		6	5	0	0
Wskaźniki fizykochemiczne Physical and chemical indicators		8	8	8	8
Suma punktów Total points		35	34	26	26
Poziom jakości pieczywa Level of bread quality		II	II	III	III

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

przyznawanych not. Warto podkreślić, że na podstawie wyników oceny punktowej żadnego z ocenianych wariantów pieczywa nie sklasyfikowano jako I poziomu jakości. Zastosowanie dodatku soku na poziomie 2,5% nie wpłynęło negatywnie na ocenę punktową, a pieczywo to, podobnie jak chleb bez dodatku suszu, zakwalifikowano do II poziomu jakości. Jednak zastosowanie dodatku suszu na poziomie 5 i 7,5% skutkowało obniżeniem jakości pieczywa do poziomu III.

Otrzymane chleby wzbogacone suszonym sokiem ziemniaczanym poddano ocenie konsumenckiej. W odniesieniu do ogólnej pożądalności wykazano, iż najwyższą ocenę ogólną wśród wzbogaconych suszem chlebów otrzymał wariant z dodatkiem 2,5% soku, a ocena ta nie różniła się istotnie statystycznie od oceny próby kontrolnej. Dalszy wzrost zawartości procentowej dodatku, podobnie jak w przypadku ekstrudowanych przekąsek zbożowych wzbogacanych sokiem z ziemniaka [10], znacząco obniżał atrakcyjność produktu według opinii osób ankietowanych. Dodatek suszonego soku negatywnie wpłynął na ocenę barwy chlebów pszennych, przy czym oceny barwy dla wariantu z dodatkiem 2,5%, nie różniły się statystycznie istotnie od oceny chleba kontrolnego. Podobny trend zaobserwowano oceniając smak testowanego pieczywa. Największy wpływ dodatku odnotowano w ocenie zapachu i tekstury. Im wyższy dodatek zastosowano, tym niższe noty uzyskiwał produkt. Na podstawie wyników ankietowych (rys. 4) wykazano, że spośród wszystkich prób wzbogaconych w susz soku ziemniaczanego najwyższą akceptację uzyskało pieczywo pszenne z 2,5% dodatkiem.



Rys. 4. Wyniki analizy konsumenckiej.

Fig. 4. Consumer sensory score.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

PODSUMOWANIE

Dodatek soku nie wpływa na wydajność ciasta i pieczywa, ogranicza natomiast ubytek wypiekowy. Wpływa ponadto na wygląd, barwę i teksturę otrzymanego pieczywa pszennego, skutkując obniżeniem klasy jakości pieczywa ocenianej zgodnie z Polską Normą. Na podstawie wyników analizy konsumennej wykazano, że chleb z dodatkiem 2,5% soku z ziemniaka jest oceniany na równi z produktem konwencjonalnym nie wzbogaconym w związki bioaktywne. Suszony sok z ziemniaka może być zatem z powodzeniem stosowany jako dodatek do produkcji pieczywa pszennego.

LITERATURA

- [1] (red.). **Choroba Leśniowskiego-Crohna – 100 lat diagnostyki i terapii**. Termedia, Poznań, 2008: 189-197.
- [2] **BARTNIK W. 2007.** „Wytyczne postępowania w nieswoistych chorobach zapalnych jelit”. *Prz Gastroenterol.* 2 (5): 215-229.
- [3] **BARYŁKO-PIKIELNA N., I. MATUSZEWSKA. 2009.** *Sensoryczne badanie żywności. Podstawy - Metody – Zastosowania*, Kraków: Wydawnictwo Naukowe PTTŻ.
- [4] **BURISCH J., T. JESS, M. MARTINATO, P. LAKATOS. 2013.** ECCO-EpiCom.: “The burden of inflammatory bowel disease in Europe”. *J Crohns Colitis.* 7(4): 322–337.
- [5] **BURLINGAME B., B. MOUILLE, R. CHARRONDIERE. 2009.** “Nutrients, bioactive non-nutrients and anti-nutrients in potatoes”. *Journal of Food Composition and Analysis* 22: 494–502.
- [6] **CHRUBASIK S., C. CHRUBASIK, T. TORDA, A. MADISH. 2006.** “Efficacy and tolerability of potato juice in dyspeptic patients: A pilot study”. *Phytomedicine* 13 (1-2): 11-15.
- [7] **GOH J., C.A. O’MORAIN. 2003.** “Review article: nutrition and adult inflammatory bowel disease”. *Aliment Pharmacol Ther.* 17(3): 307–320.
- [8] **KOWALCZEWSKI P., G. LEWANDOWICZ, M. KRZYWDZIŃSKA-BARTKOWIAK, M. PIĄTEK, H.M. BARANOWSKA, W. BIAŁAS, M. JEZIORNA, P. KUBIAK. 2015.** “Finely comminuted frankfurters fortified with potato juice – Quality and structure”. *Journal of Food Engineering* 167 (1): 183-188.
- [9] **KOWALCZEWSKI P., G. LEWANDOWICZ, A. MAKOWSKA, I. KNOLL, W. BŁASZCZAK, W. BIAŁAS, P. KUBIAK. 2015.** “*Pasta Fortified with Potato Juice: Structure, Quality and Consumer Acceptance*”. *Journal of Food Science*, DOI: 10.1111/1750-3841.12906.
- [10] **KOWALCZEWSKI P., G. LEWANDOWICZ, A. MAKOWSKA, A. OLEJNIK, W. OBUCHOWSKI. 2012.** „Charakterystyka ekstrudowanych przekąsek zbożowych zawierających sok z ziemniaka”. *Biuletyn IHAR* 266: 319-329.
- [11] **KOWALCZEWSKI P., A. SIP, G. LEWANDOWICZ. 2014.** „Aktywność przeciwdrobnoustrojowa soku ziemniaczanego”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 2: 56-61.
- [12] **LEWANDOWICZ G., P. KOWALCZEWSKI, W. BIAŁAS, A. OLEJNIK, J. RYCHLIK. 2012.** „Rozdział frakcji soku ziemniaczanego różniących się masą cząsteczkową i charakterystyka ich aktywności biologicznej”. *Biuletyn IHAR* 266: 331-344.
- [13] **LEWANDOWICZ G., P. KOWALCZEWSKI, A. OLEJNIK, J. JODYNIS-LIEBERT, M. KUJAWSKA, M. LESIECKI. 2014.** Sposób otrzymywania preparatu z soku ziemniaka oraz jego zastosowanie. Polska, Zgłoszenie patentowe PL nr P-406918.
- [14] **NOWAK J., M. LASIK. 2009.** „Wysokotemperaturowa bioremediacja ścieków z przemysłu ziemniaczanego z wykorzystaniem mieszanej kultury bakteryjnej”. *Nauka Przyr. Technol.* 3 (4): 145.
- [15] **PEKSA A., G. GOŁUBOWSKA, K. ANIOŁOWSKI, G. LISIŃSKA, E. RYTEL. 2006.** “Changes of glycoalkaloids and nitrate contents in potatoes during chip processing”. *Food Chem.* 97: 151-156.
- [16] **RYTEL E. 2010.** „Wybrane substancje odżywcze i antyżywnieniowe ziemniaka i zmiany ich zawartości podczas przetwarzania na produkty spożywcze”. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 557: 43-61.
- [17] **RYŻKO J., J. KIERKUŚ, J. RYŻKO. 2011.** „Postępowanie dietetyczne i żywieniowe w nieswoistych zapaleniach jelit u dzieci z uwzględnieniem zaleceń European Crohn’s and Colitis Organisation (ECCO)”. *Pediatr Współcz Gastroenterol Hepatol Żywnienie Dziecka.* 13(2): 103-110.
- [18] **VLACHOJANNIS J. E., M. CAMERON, S. CHRUBASIK. 2010.** “Medicinal Use of Potato-derived Products”. *A Systematic Review. Phytotherapy Research* 24 (2): 159-162.
- [19] **ZGÓRSKA K., Z. CZERKO, M. GRUDZIŃSKA. 2006.** „Wpływ wybranych czynników na zawartość glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 1(46) Supl.: 229-234.
- [20] **ZWIJNENBERGA H., A. KEMPERMANA, M. BOERRIGTERA, M. LOTZB, J. DIJKSTERHUISB, P. POULSENC, G. KOOPS. 2002.** “Native protein recovery from potato fruit juice by ultrafiltration”. *Desalination* 144: 331-334.

Prof. dr hab. inż. Leszek MIESZKALSKI
Katedra Organizacji i Inżynierii Produkcji
Wydział Inżynierii Produkcji
SGGW w Warszawie

METODA MATEMATYCZNEGO MODELOWANIA KSZTAŁTU BULW ZIEMNIAKA (*SOLANUM TUBEROSUM* L.)[®]

Method of mathematical modeling of the shape of potato tubers
(*Solanum tuberosum* L.)[®]

Słowa kluczowe: bulwy ziemniaka, odmiana Irga, kształt, powierzchnia zewnętrzna, równania parametryczne, model matematyczny.

W artykule przedstawiono metodę matematycznego modelowania kształtu powierzchni zewnętrznych bulw ziemniaków odmiany Irga. Do modelowania kształtu, ze zbioru bulw wybrano trzy bulwy ziemniaków różniące się wymiarami i kształtem (ziemniak I o kształcie zdeformowanym, ziemniak II podłużnie-owalny, ziemniak III podłużny). Kształt powierzchni bulw ziemniaków odwzorowano wykorzystując równania parametryczne. Proponowany matematyczny model 3D kształtu bulw ziemniaków można wykorzystać w projektowaniu sortowników.

Key words: potato tubers, variety Irga, the shape, the outer surface, parametric equations, mathematical model.

The article presents a method of mathematical modeling of the shape of the external surface of tubers of potato varieties Irga. For modeling a shape selected from the bed tubers of potato tubers of three differing size and shape (potato I deformed shape, potato II longitudinally-oval and of the potato III oblong). The shape of the surface of potato tubers been mapped using parametric equations. The proposed mathematical model the 3D shape of potato tubers can be utilized in designing of sorters, packaging machines and devices for peeling potatoes.

WSTĘP

Ziemniaki (*Solanum tuberosum* L.) wg Rocznika Statystycznego Rolnictwa [20] były uprawiane w Polsce na obszarze 588 tys. ha w 2005 roku, 267 tys. ha w 2014 roku. W tym samym czasie zbiory wynosiły odpowiednio 10369,3 tys. t i 7424,1 tys. t, a plony z 1 ha w dt wynosiły 176 i 278. Spożycie ziemniaków w przeliczeniu na jednego mieszkańca w 2014 wynosiło 106 kg. W produkcji światowej ziemniaka Polska zajmuje 8 miejsce, a 4 w Unii Europejskiej. W produkcji żywności ziemniak spełnia ważną rolę. Gancarz i Konstankiewicz [9] oraz Świetlikowska [23], a także Achenbach [1] uważają, że cechy morfologiczne takie jak kolor, kształt, wielkość są podstawowymi cechami mającymi wpływ na wybór surowca do przetwórstwa na żywność. Bulwy ziemniaka zawierają składniki mające duże znaczenie w żywieniu człowieka (skrobia, cukry ogółem i cukry redukujące, białko, błonnik pokarmowy, witaminy, składniki mineralne). Cechuje je niska zawartość związków szkodliwych (glikoalkaloidy, azotany, pozostałości pestycydów), są niskokaloryczne, lekkostrawne i nie są tuczące. Podstawowym składnikiem bulw ziemniaka jest skrobia, dlatego spożywanie bulw ziemniaka jest możliwe po obróbce termicznej, w wyniku której skrobia ulega skleikowaniu i jest całkowicie i szybko trawiona [12, 16, 27].

Gancarz i Konstankiewicz do wyznaczania wielkości i kształtu bulw ziemniaka zastosowali komputerową analizę

obrazu, która polegała na obliczaniu powierzchni przekroju i wyznaczeniu współczynnika wydłużenia [9]. Konstankiewicz i inni na podstawie składanych obrazów mikroskopowych wycinków tkanki miękkiej bulwy ziemniaka uzyskanych w optycznym mikroskopie konfokalnym opracowali metodę ilościowego wyznaczania parametrów struktury, takich jak: powierzchnia, obwód, średnice Fereta, wydłużenie, zwartość [13]. Krzysztofik i Skonieczny [15] stwierdzili, że kształt bulw ziemniaka istotnie wpływa na ich stosunek objętości rzeczywistej do pomiarowej. Bulwy kształtne charakteryzowały się wyższą wartością objętości rzeczywistej do pomiarowej niż bulwy zdeformowane. Rios-Cabrera i inni [19] opracowali metodę wykrywania na podstawie analizy obrazu i sztucznych sieci neuronowych, w czasie rzeczywistym, ziemniaków zniekształconych parchem, pęknięciem. Du i Sun [6] zauważyli, że do oceny jakości żywności w ostatnich latach rozwijają się techniki komputerowe. Duże znaczenie wśród nich mają sztuczne sieci neuronowe, statystyka, logika rozmyta, algorytmy genetyczne i drzewa decyzyjne. Kształt ziemniaków jest ważnym wskaźnikiem wykrywalności deformacji ziemniaków. Do opisu kształtu bulw ziemniaków Hu Donggang proponuje metodę polegającą na wpisywaniu i dopasowywaniu elipsy w przekroju bulwy ziemniaka metodą najmniejszych kwadratów [11]. W proponowanej przez Bubeníčková i inni [4] metodzie matematycznego opisu kształtu bulw ziemniaków modelem była sferoida, elipsoida obrotowa i elipsoida, a kształt konturów pojedynczych

Adres do korespondencji – Corresponding author: Leszek Mieszkański, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Inżynierii Produkcji, Katedra Organizacji i Inżynierii Produkcji, ul. Nowoursynowska 164, 02-787 Warszawa, e-mail: mieszko@poczta.fm

ziemniaków był opisywany za pomocą współrzędnych biegunowych z wykorzystaniem metod Fouriera. Na podstawie przeprowadzonych badań Sobol i inni [21] stwierdzili, że występuje statystycznie istotny wpływ odmian na wartość współczynnika kształtu bulw ziemniaka, oraz że najlepsze dopasowanie do rzeczywistego kształtu bulw uzyskano dla modelu elipsoidy. Tabatabaefar [25] stwierdził, że najważniejsze cechy fizyczne ziemniaka to jego wymiary, masa, objętość, średnia geometryczna kulistość, powierzchnia, współczynnik kształtu, ponadto jest zdania, że kształt irańskich ziemniaków jest elipsoidalny. Berberoglu i inni opracowali [3] modele matematyczne służące do przewidywania masy bulw ziemniaka na podstawie wymiarów bulwy ziemniaka, powierzchni i objętości określonej z dopasowanej elipsoidy lub sferoidy. Stwierdzono, że istnieje liniowa zależność pomiędzy masą i szacowaną wielkością, kształtem ziemniaka, a elipsoida okazała się najbardziej odpowiednim modelem. Każda naturalna bryła i powierzchnia jest różna i wymaga szczególnego równania opisującego kształt. Krzywe i powierzchnie typu NURBS mogą być stosowane do opisu i analiz struktur plastycznych, sprężystych. Mogą być stosowane do numerycznej symulacji metodą brzegowego, metodą elementów skończonych [2, 5]. Nowym podejściem do uzyskania objętościowej dyskretyzacji są T-splajny w reprezentacji powierzchni [10]. Powierzchnie z wykorzystaniem B-splajnów znajdują zastosowanie przy opisie danych pochodzących z zeskanowanych obiektów za pomocą czujników. Są one zwykle stosowane do reprezentowania obiektów, kontroli, eksperytyzacji technologii, metrologii i zadań inżynierii odwrotnej [26]. Według Mebatsiona i innych [17] modelowanie geometrii surowców roślinnych w większych skalach oraz mikrostruktury jest istotnym aspektem badań w zakresie kontroli metabolizmu i jakości surowców roślinnych. Koszela i Hartlieb [14] do oceny jakości ziemniaka opracowali system wizyjny, którego podstawą były cyfrowe fotografie ziemniaków, stanowiące źródło oceny w utworzonym programie komputerowym. Proponowany program komputerowy po wczytaniu zdjęcia, ustawieniu widoku, ustawieniu wzorca w celu wykonania oceny, dokonuje pomiaru poziomej i pionowej średnicy, określa współczynnik kształtu, barwę skórki, następnie przeprowadza ocenę.

Model do symulacji procesu wzrostu słodkiego ziemniaka w zależności od promieniowania słonecznego i fotosyntezy opracowali Somasundaram i Santhosh Mithra [22]. Przewidywanie ilości bulw na podstawie symulacji oraz przewidywane plony były w dobrej zgodności z odpowiednimi wartościami obserwowanymi. Štátná i Duřková [24] opracowali program symulacyjny służący do zarządzania uprawą ziemniaka. Duber-Skwarska [8] opracowała model matematyczny na podstawie którego jest możliwa analiza wpływu głębokości roboczej zespołu kształtującego zagon, rozstawu kół ciągnika oraz kąta nachylenia skrzydeł obsypnika na głębokość przykrycia bulw ziemniaka warstwą gleby.

W modelowaniu matematycznym kształtu są potrzebne nowe wzory geometryczne do definiowania krzywych i powierzchni. Wykrywanie wad zewnętrznych na bulwach ziemniaków jest najważniejszym problemem w automatycznych stacjach sortowania ziemniaków. W automatyzowaniu sortowania mają zastosowanie metody matematyczne, ze szczególnym zwróceniem uwagi na kwestie związane z projektowaniem i wykorzystaniem algorytmów do rozwiązania równań [18].

Kształt bulw ziemniaków jest zróżnicowany. Dubas i Gładysiak [7] wyróżniają następujące typy kształtów ziemniaków: poprzecznie-owalny, okrągły, okrągło-owalny, owalny, podłużno-owany, podłużny, nieregularny. Kształty bulw zdeformowanych są uznawane za wadliwe, mają kształty określone jako: bliźniaki, dzieciuchy, paciorkowate.

Celem artykułu jest prezentacja metody matematycznego modelowania wybranych bulw ziemniaków o nieregularnych kształtach.

MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Materiałem do badań były bulwy ziemniaka odmiany Irga należącej do odmian średnio wczesnych, wszechstronnie użytkowych. Ziemniaki pochodziły z plantacji producenta indywidualnego ze wsi Rybne ze zbiorów w 2016 roku. Do modelowania wybrano ze złoza ziemniaków trzy bulwy ziemniaków o kształcie zbliżonym do: ziemniak I (zdeformowany), ziemniak II (podłużnie-owalny), ziemniak III (podłużny). Wybór kształtu bulw ziemniaków był podyktowany podjęciem próby opracowania metody matematycznego opisu kształtu dla bulw o kształcie znacznie odbiegającym od regularnego. Wymiary długości, szerokości oraz grubości bulw ziemniaka zmierzono za pomocą suwmiarki z dokładnością do 0,1 mm.

Tabela 1. Podstawowe wymiary bulw ziemniaków wybranych do modelowania

Table 1. Basic dimensions of potato tubers of selected for modeling

Numer bulwy ziemniaka	Typ kształtu	Wymiary (mm)		
		długości	szerokości	grubości
I	zdeformowany	85,2	60,1	43,8
II	Podłużnie-owalny	57,4	48,7	37,5
III	Podłużny	78,3	60,6	42,1

Źródło: Opracowanie własne

Source: The own study

Wybrane bulwy ziemniaków sfotografowano, każdą w trzech ujęciach. Wykorzystano do tego celu aparat fotograficzny Panasonic LUMIX DMC-TZ3. Odległość od fotografowanych bulw ziemniaków do obiektywu aparatu wynosiła 400 mm. Fotografie zapisywano w formacie JPEG o wymiarach 2560x1712 pikseli.

Kształt powierzchni bulw ziemniaków opisano równaniami parametrycznymi. W skład tych równań wchodziły równania parametryczne kuli, funkcje zniekształcające oraz parametry skalujące.

MODELE MATEMATYCZNE KSZTAŁTU BULW ZIEMNIAKÓW

Bryłą początkową do matematycznego modelowania kształtu bulw ziemniaka jest kula, której równania parametryczne w zapisie macierzowym mają następującą postać:

$$X_{i,j} = \sin(\xi_i) \cdot \cos(\psi_j) \quad (1)$$

$$Y_{i,j} = \sin(\xi_i) \cdot \sin(\psi_j) \quad (2)$$

$$Z_{i,j} = \cos(\xi_i) \quad (3)$$

gdzie

$$\xi_i = i \cdot \frac{\pi}{N} \quad (4)$$

$$\psi_j = j \cdot \frac{n \cdot \pi}{N} \quad (5)$$

$$i = j = 0 \dots N \quad (6)$$

N – rozmiar macierzy (liczba wierszy i kolumn).

Macierzowe równania opisujące kształt bulwy ziemniaka I są zapisane niżej:

$$XI = X \cdot AI(N) \cdot axI \quad (7)$$

$$YI = Y \cdot AI(N) \cdot ayI \quad (8)$$

$$ZI_{i,j} = azI \cos(\xi_i) \quad (9)$$

Dla: $axI = 3,5$; $ayI = 2,5$; $azI = 2$.

Gdzie:

$$AI(N) = \begin{cases} \text{for } i \in 0 \dots N \\ \text{for } j \in 0 \dots N \\ \left| \begin{array}{l} B_{i,j} \leftarrow \sin(\psi_j - 0.6)^2 + \sin(\xi_i)^2 \text{ if } i = j \\ B_{i,j} \leftarrow 0 \text{ otherwise} \end{array} \right. \end{cases} \quad (10)$$

Macierzowe równania opisujące kształt bulwy ziemniaka II są zapisane niżej:

$$XII = \sin(\xi_i) \cdot \cos(\psi_j) \cdot axII \quad (11)$$

$$YII = Y \cdot AII(N) \cdot AII(N) \cdot ayII \quad (12)$$

$$ZII_{i,j} = azII \cdot \cos(\xi_i) \quad (13)$$

Dla: $axII = 2,5$; $ayII = 10$; $azII = 1,8$.

Gdzie:

$$AII(N) = \begin{cases} \text{for } i \in 0 \dots N \\ \text{for } j \in 0 \dots N \\ \left| \begin{array}{l} B_{i,j} \leftarrow \frac{1}{0.1 \cdot i + 1} \text{ if } i = j \\ B_{i,j} \leftarrow 0 \text{ otherwise} \end{array} \right. \end{cases} \quad (14)$$

Macierzowe równania opisujące kształt bulwy ziemniaka III są zapisane niżej:

$$XIII = \sin(\xi_i) \cdot \cos(\psi_j) \cdot axIII \quad (15)$$

$$YIII = Y \cdot AIII(N) \cdot ayIII \quad (16)$$

$$ZIII_{i,j} = azIII \cdot \cos(\xi_i) \quad (17)$$

Dla: $axIII = 3$; $ayIII = 2$; $azIII = 2$.

Gdzie:

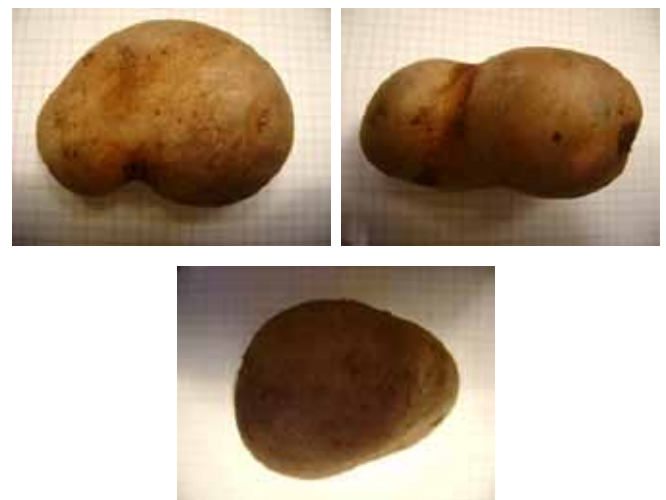
$$AIII(N) = \begin{cases} \text{for } i \in 0 \dots N \\ \text{for } j \in 0 \dots N \\ \left| \begin{array}{l} B_{i,j} \leftarrow \cos(\psi_j)^2 + 2 \text{ if } i = j \\ B_{i,j} \leftarrow 0 \text{ otherwise} \end{array} \right. \end{cases} \quad (18)$$

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Wyjściową bryłą będącą modelem wstępnym bulwy ziemniaka jest kula, która pozwala przez wprowadzenie parametrów skalujących dla współrzędnych X , Y , Z uzyskać elipsoidę, będącą kolejnym przybliżeniem kształtu bulwy ziemniaka. Z zamieszczonych fotografii (rys. 1, 3, 5) wynika, że ani kula, ani elipsoida nie opisują kształtu bulw ziemniaków w sposób zadowalający. Należy więc poszukiwać metod pozwalających dokładniej opisać kształt bulw ziemniaka. Jednym ze sposobów jest wprowadzenie do parametrycznych równań kuli takich funkcji, które umożliwiłyby zmianę kuli lub elipsoidy w bryłę o kształcie podobnym do modelowanych obiektów, którymi są wybrane bulwy ziemniaków. Wykonane fotografie stanowiły podstawę do poszukiwania takich funkcji. W artykule zaproponowano trzy różne funkcje zmieniające kulę w bryłę o nieregularnym kształcie. Proponowana metoda nie ogranicza poszukiwań sposobu opisu wybranych kształtów, może ona mieć także szersze zastosowanie w poszukiwaniu innych nieregularnych kształtów. Autor zachęca młodych adeptów nauki do takich poszukiwań.

W wyniku analizy komputerowej otrzymano modele 3D widoków bulw ziemniaków (rys. 2, 4, 6).

Fotografie trzech widoków bulwy ziemniaka I odmiany Irga zamieszczono na rysunku 1.

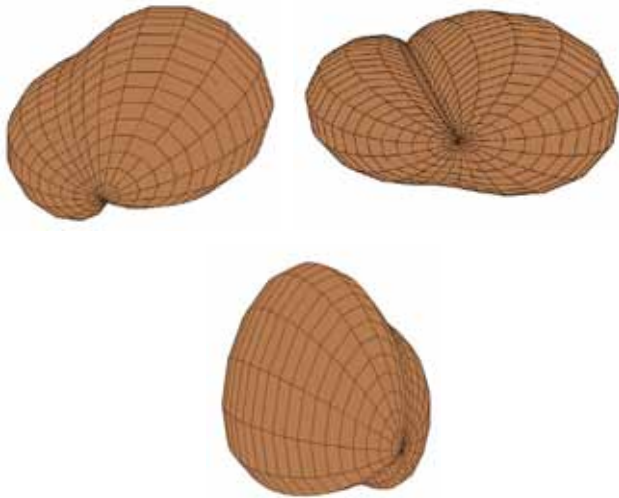


Rys. 1. Fotografie trzech widoków bulwy ziemniaka I.
Fig. 1. Photographs the three views of the potato tuber I.

Źródło: Opracowanie własne

Source: The own study

Na rysunku 2 zamieszczono modele 3D trzech widoków bulwy ziemniaka I odmiany Irga.



Rys. 2. Modele 3D bulwy ziemniaka I.
Fig. 2. 3D model potato tubers I.

Źródło: Opracowanie własne
Source: The own study

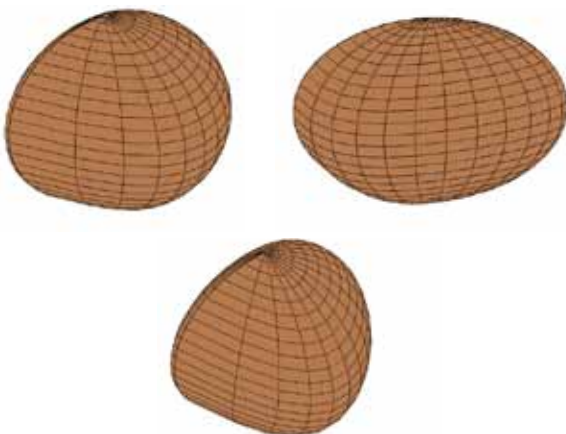
Fotografie trzech widoków bulwy ziemniaka II odmiany Irga zamieszczono na rysunku 3.



Rys. 3. Fotografie trzech widoków bulwy ziemniaka II.
Fig. 3. Photographs the three views of the potato tuber II.

Źródło: Opracowanie własne
Source: The own study

Modele 3D trzech widoków bulwy ziemniaka II odmiany Irga zamieszczono na rysunku 4.



Rys. 4. Modele 3D bulwy ziemniaka II.
Fig. 4. 3D model potato tubers II.

Źródło: Opracowanie własne
Source: The own study

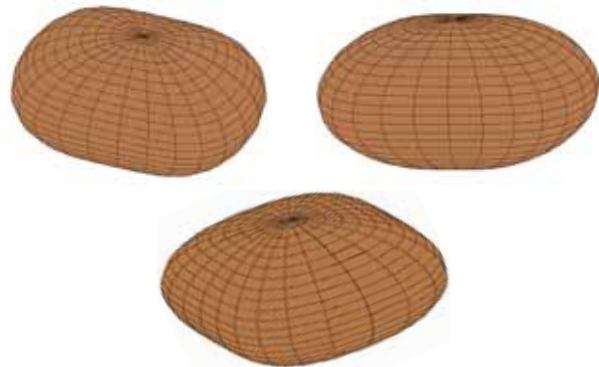
Fotografie trzech widoków bulwy ziemniaka III odmiany Irga zamieszczono na rysunku 5.



Rys. 5. Fotografie trzech widoków bulwy ziemniaka III.
Fig. 5. Photographs the three views of the potato tuber III.

Źródło: Opracowanie własne
Source: The own study

Na rysunku 6 zamieszczono modele 3D trzech widoków bulwy ziemniaka III odmiany Irga.



Rys. 6. Modele 3D bulwy ziemniaka III.
Fig. 6. 3D model potato tubers III.

Źródło: Opracowanie własne
Source: The own study

Z wykresów 3D wynika, że jest możliwe zastosowanie tej metody do określania kształtu bulw ziemniaków odbiegających kształtem od brył regularnych. Tak jak w przypadku wyznaczenia trzech wybranych kształtów bulw ziemniaków w podobny sposób można wyznaczać inne kształty bulw ziemniaków, również innych odmian, przez poszukiwanie innych postaci funkcji zniekształcających. Na podstawie otrzymanych wykresów 3D można stwierdzić, że powierzchnię zewnętrzną brył ziemniaków o nieregularnych kształtach daje się opisać przez zastosowanie funkcji zniekształcającej w równaniach parametrycznych kuli lub elipsoidy. Parametry skalujące zastosowane w równaniach umożliwiają dostosowanie wykresów 3D do rzeczywistych wymiarów bulw ziemniaków.

WNIOSKI

1. Równania parametryczne, w proponowanym modelu, mogą być stosowane do modelowania kształtów powierzchni zewnętrznej bulw ziemniaków o nieregularnych kształtach.

2. Opracowany model 3D powierzchni zewnętrznej odwzorowujący kształt nieregularnych bulw ziemniaków może służyć do reprezentowania rzeczywistych obiektów wszędzie tam, gdzie nie jest wymagana bardzo wysoka dokładność odwzorowania kształtu.
3. Odwzorowane równaniami parametrycznymi powierzchnie zewnętrzne modeli 3D bulw ziemniaków mogą być dopasowane do podstawowych wymiarów rzeczywistych bulw ziemniaków za pomocą parametrów skalujących.
4. Proponowana metoda modelowania powierzchni bulw ziemniaków może być stosowana przez projektantów do konstruowania przenośników, separatorów i pakowarek oraz urządzeń do obierania ziemniaków.

LITERATURA

- [1] **ACHENBACH J.** 2001. "The power of light". *National Geographic* 10: 2 – 29.
- [2] **AKHRAS H.A., T. ELGUEDJ, A. GRAVOUIL, M. ROCHETTE.** 2016. "Isogeometric analysis-suitable tri-variate NURBS models from standard B-Rep models". *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.* 307: 256–274.
- [3] **BERBEROGLU E., E. ALTUNTAS, E. DULGER.** 2014. "Development of Adequate Mathematical Models to Predict the Mass of Potato Varieties From Their Some Physical Attributes". *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University JAFAG* 31 (3): 1-9.
- [4] **BUBENÍČKOVÁ A., J. SIMEONOVOVÁ, V. KUMBÁR, M. JŮZL, Š. NEDOMOVÁ.** 2011. "Mathematical descriptive characteristics of potato tubers' shape". *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* LIX, 8, 6: 63 – 68.
- [5] **COOMBS W.M., O. A. PETIT, Y. G. MOTLAGH.** 2016. "NURBS plasticity: Yield surface representation and implicit stress integration for isotropic inelasticity". *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.* 304 (2016): 342–358.
- [6] **DU C.-J., D.-W. SUN.** 2006. "Learning techniques used in computer vision for food quality evaluation: a review". *Journal of Food Engineering* 72: 39–55.
- [7] **DUBAS A., S. GŁADYSIAK.** 1994. *Szczegółowa uprawa roślin rolniczych.* Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu.
- [8] **DUBER-SKWARSKA O.** 2010. "Mathematical modeling of bed geometry in the cultivation of seed potatoes". *Technical Sciences* 13: 1 – 9.
- [9] **GANCARZ M., K. KONSTANKIEWICZ.** 2007. „Zastosowanie komputerowej analizy obrazu do szybkiego określania wielkości i kształtu bulw ziemniaka”. *Acta Argophysica* 10(1): 47 – 57.
- [10] **HARMEL M., R. A. SAUER, D. BOMMES.** 2017. "Volumetric mesh generation from T-spline surface representations". *Computer-Aided Design* 82: 13–28.
- [11] **HU DONGGANG.** 2012. "Potato shape detection based on stable direct least square method of ellipses fitting and its application prospect in Land Science". *International Journal of Digital Content Technology and its Applications (JDCTA)* 6, 20: 161 – 171. doi:10.4156/jdcta.vol6.issue20.18
- [12] **KITA A., G. LISIŃSKA.** 2007. „Ocena składu chemicznego i jakości organoleptycznej mrożonych produktów ziemniaczanych pochodzących z sieci handlowej”. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 3(52): 15-27.
- [13] **KONSTANKIEWICZ K., M. GANCARZ, A. KRÓL, K. PAWLAK.** 2002. „Wyznaczanie parametrów struktury tkanki mięksiszowej bulwy ziemniaka odmian „Danusia” i „Kuba””. *Acta Scientiarum Polonorum. Technica Agraria* 1(2) 2002: 23 - 32.
- [14] **KOSZELA K., W. HARTLIEB.** 2012. „Porównanie metody instrumentalnej i komputerowej analizy obrazu w ocenie jakościowej wybranych produktów rolniczych”. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 57(1): 91 – 95.
- [15] **KRZYSZTOFIK B., P. SKONIECZNY.** 2009. „Wpływ kształtu bulw ziemniaka na wydajność frytki surowej”. *Inżynieria Rolnicza* 5(114)/2009, 131 – 138.
- [16] **LISIŃSKA G.** 2006. „Wartość technologiczna i jakość konsumpcyjna polskich odmian ziemniaka”. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 511: 81-94.
- [17] **MEBATSION H.K., P. VERBOVEN, Q.T. HO, B.E. VERLINDEN, B.M. NICOLAI.** 2008. "Modelling fruit (micro)structures, why and how?". *Trends in Food Science & Technology* 19: 59 – 66.
- [18] **RAZMJOOYN., B. S. MOUSAVI, F. SOLEYMANI.** 2012. "A real-time mathematical computer method for potato inspection using machine vision". *Computers and Mathematics with Applications* 63: 268–279.
- [19] **RIOS-CABRERA R., I. LOPEZ-JUAREZ, H. SHENG-JEN.** 2008. "ANN analysis in a vision approach for potato inspection". *Journal of Applied Research and Technology* 6, 2: 106 – 119.
- [20] *Rocznik Statystyczny Rolnictwa.* 2015. Główny Urząd Statystyczny. ISSN 2080-8798.
- [21] **SOBOL Z., D. BARAN, N. MARKS.** 2005. „Relacje pomiędzy objętością a kształtem bulw wybranych odmian ziemniaka”. *Inżynieria Rolnicza* 7/2005: 289 – 295.
- [22] **SOMASUNDARAM K., V.S. SANTHOSH MITHRA.** 2008. "Madhuram: A Simulation Model for Sweet Potato Growth". *World Journal of Agricultural Sciences* 4 (2): 241 - 254.
- [23] **ŚWIETLIKOWSKA K.** 2008, (red). *Surowce spożywcze pochodzenia roślinnego.* Wydawnictwo SGGW. ISBN 978-83-7244-929-0.
- [24] **ŠTASTNÁ M., J. DUFKOVÁ.** 2008. "Potato Simulation Model and its Evaluation in Selected Central European Country". *Agriculturae Conspectus Scientificus* 73, 4: 227-234.
- [25] **TABATABAEFFAR A.** 2002. "Size and shape of potato tubers". *Int. Agrophysics* 16: 301–305.
- [26] **YANA R.-J., J. WU, J. Y. LEE, A. M. KHAN, CH.-S. HAN, E. KAYACAN, I.-M. CHEN.** 2016. "A novel method for 3D reconstruction: Division and merging of overlapping B-spline surfaces". *Computer-Aided Design* 81: 14–23.
- [27] **ZARZECKA K., M. GUGAŁA, M. ZARZECKA.** 2013. „Ziemniak jako dobre źródło składników odżywczych”. *Postępy Fitoterapii* 3/2013: 191 – 194.

Mgr inż. Kamila KOZIEŁ
Morski Instytut Rybacki – Państwowy Instytut Badawczy w Gdyni
Zakład Technologii i Mechanizacji Przetwórstwa

EKSTRAKCYJA OLEJU Z WĘDZONYCH SKÓR ŁOSOSI®

Extraction of oil from the skin of the smoked salmon®

Słowa kluczowe: skóry z łososi, olej rybny, ekstrakcja.

Tłuszcz zawarty w skórkach łososi to cenny naturalny olej rybny. Jest on bogaty w n-3 wielonienasycone kwasy tłuszczowe, dlatego też skóry z łososi stanowią dobry surowiec do pozyskiwania z nich oleju. Celem przeprowadzonych badań było sprawdzenie możliwości pozyskiwania oleju z wędzonych skór łososi, w procesie ekstrakcji. Bezpośrednio przed ekstrakcją skóry poddano procesowi mizdrowania (usunięciu podskórnej tkanki mięsno-tłuszczowej).

Key words: salmon skins, fish oil, extracting method.

Fat contained in the skins of salmon is valuable fish oil. It is rich in n-3 polyunsaturated fatty acids, therefore the skin of the salmon is a good source of fish oil. The aim of the study objective was to determine the possibility of using smoked salmon skins subjected to the process of fleshing (removal of subcutaneous meat and fat tissue) in the process of oil extraction.

WSTĘP

Wraz ze wzrostem ilości przetwarzanych łososi w Polsce, głównie na produkty wędzone, zwiększa się ilość produktów ubocznych z ich przetwórstwa [1]. Z danych uzyskanych z zakładów przetwórczych wynika, że udział skór odseparowanych mechanicznie z łososi wynosi około 5%, w stosunku do masy ryb patroszonych z głowami.

Spełniający kryteria mikrobiologiczne stan skór odzyskanych z wędzonych łososi oraz obecność w nich dużych ilości oleju zawierającego niezbędne wielonienasycone kwasy tłuszczowe n-3 (PUFA) uzasadniają celowość bardziej racjonalnego wykorzystywania tych surowców na cele żywnościowe niż dotychczasowego przetwarzania ich na produkty paszowe.

Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań dotyczących możliwości pozyskiwania oleju z wędzonych skór łososi w procesie ekstrakcji.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiałem do badań były skóry z łososi hodowlanych, stanowiące odpad z przetwórstwa tych ryb na produkty konsumpcyjne - wędzone filety bez skóry. Ryby o przeciętnej masie ok. 4 kg, po obróbce wstępnej poddane były procesowi wędzenia na zimno, w temperaturze nie przekraczającej 10 °C. Próby do badań pobrano z zakładu zlokalizowanego na terenie województwa pomorskiego. Oznaczone partie skór, do czasu wykonania prób laboratoryjnych, przechowywano w stanie zamrożonym, w temperaturze -20 °C.

Postępowanie technologiczne obejmowało:

1. Wstępne przygotowanie skór: mizdrowanie (oddzielanie podskórnej tkanki mięsno-tłuszczowej) oraz ręczne rozdrabnianie skór na paski o szerokości 5 mm i długości średniej 25 mm.

2. Ekstrakcję oleju: skóry po oddzieleniu podskórnej tkanki mięsno-tłuszczowej zalano zimną, wodociągową wodą, w stosunku 1:1. Całość mieszano mieszadłem elektrycznym, w temperaturze pokojowej, w czasie 10 min.
3. Pozyskiwanie oleju w procesie wirowania: skóry po procesie mieszania odsączono na sicie, a następnie poddano odcisnięciu na siatce laboratoryjnej nr 82 w celu odzyskania jak największej ilości substancji płynnej.

Uzyskaną fazę płynną podzielono na trzy partie:

- Próba 1 – mieszaninę przelano do rozdzielacza gruszkowego i pozostawiono do samorzutnego rozdzielania (temperatura 4 °C, czas sedymentacji 24 godz.);
- Próba 2 – mieszaninę bezpośrednio po odsączeniu poddano procesowi wirowania;
- Próba 3 – mieszaninę przed wirowaniem ogrzewano w czasie 5 min. w łaźni wodnej, mieszano, nie doprowadzając do temperatury 50 °C. Następnie próbę schłodzono, w warunkach pokojowych do temperatury 20 °C.

Próby 2 i 3 poddano wirowaniu w wirówce laboratoryjnej, przy obrotach 6 tys./min w ciągu 10 minut, w temperaturze 15 °C. Dokonano ilościowej i jakościowej oceny rozdzielonych faz.

W przygotowanych próbach skór łososiowych oznaczano podstawowy skład chemiczny: zawartość suchej masy – metodą wagową [procedura MIR], zawartość białka [2], ogólną zawartość tłuszczu – metodą Soxleta [procedura MIR] oraz zawartość popiołu – metodą wagową po mineralizacji próbki [procedura MIR]. Do oznaczenia poszczególnych kwasów tłuszczowych zawartych w pozyskanym oleju rybnym zastosowano technikę chromatografii gazowej z wykorzystaniem detektora FID [procedura MIR]. Wszystkie oznaczenia wykonano w trzech powtórzeniach.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Podstawowy skład chemiczny skór z łososi

W tabeli 1 przedstawiono zakres zawartości podstawowych składników chemicznych dla skór z przylegającą tkanką podskórną, uzyskanych w wyniku odkórzania wędzonych filetów z łososi oraz dla skór po oddzieleniu tkanki podskórnej. Podane wartości pochodzą z analiz trzech, niezależnych prób (n=3).

Tabela 1. Zakres zawartości podstawowych składników chemicznych w poszczególnych rodzajach odpadów łososiowych (n=3)

Table 1. The range of the content of basic chemical components in different types of salmon wastes (n=3)

Składnik [%]	A	B
Sucha masa	67,90 ± 5,2	66,16 ± 4,7
Azot ogólny	3,45 ± 0,1	6,25 ± 0,7
Białko ogólne	21,56 ± 0,9	39,03 ± 2,5
Tłuszcz	43,75 ± 5,4	24,60 ± 1,6
Popiół	4,80 ± 0,4	7,23 ± 0,1

Objaśnienia:

n – Zakres wartości z trzech oddzielnych prób / n – Range of values from three separate trials

A – Wędzone skóry łososiowe z podskórną tkanką mięsno-tłuszczową / A – Skins of smoked salmon with subcutaneous meat and adipose tissue

B – Wędzone skóry łososiowe po usunięciu podskórnej tkanki mięsno-tłuszczowej / B – Skins of smoked salmon after removing subcutaneous meat and adipose tissue

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Skóry uzyskane z wędzonych filetów łososi charakteryzują się wysoką zawartością suchej masy na poziomie 62,57 – 73,23% , a co za tym idzie niższą tłuszczu (38% - 49%) i białka (24% - 26,5%). W wyniku oddzielania ze skór wędzonych tkanki podskórnej uzyskuje się skóry zawierające 22% - 27% tłuszczu oraz 36,5% - 41,5% białka.

W przypadku wykorzystywania odpadowych skór z przetwórstwa łososi, zarówno surowych, jak i wędzonych, pozostający w skórach tłuszcz należałoby usunąć w warunkach zachowawczych, aby zapobiec denaturacji cieplnej białek kolagenowych, gdyż mogą one stanowić surowiec do produkcji żelatyny.

Ocena wybranych parametrów organoleptycznych próby poddanej sedymentacji

W próbie 1 poddanej 24 godzinnej sedymentacji uzyskano cztery fazy: tłuszczowa (gęsta, mętna konsystencja), tłuszczowo-białkowa (niejednolita, grudkowata konsystencja), wodno-białkowa (jednolita konsystencja), osad białkowy (stała konsystencja).

W przypadku próby wydzielenia oleju z wędzonych skór łososi w procesie ekstrakcji i 24 godzinnej sedymentacji uzyskany efekt nie był zadowalający. Faza tłuszczowa nie uległa całkowitemu rozdzieleniu tworząc dodatkowo fazę

tłuszczowo-białkową. Wydzielony olej charakteryzował się dużą mętnością w stosunku do olejów uzyskanych po procesie wirowania. Przeprowadzona próba wskazała na celowość procesu odwirowywania w celu uzyskania klarownego oleju.

Ocena wybranych parametrów organoleptycznych prób poddanych wirowaniu

Przeprowadzone badania możliwości ekstrakcji wodą oleju zawartego w wędzonych skórach łososi po ręcznym usunięciu podskórnej tkanki mięśniowo-tłuszczowej pozwoliły na dokonanie oceny parametrów organoleptycznych oleju uzyskanego prób 2 i 3 poddanych wirowaniu oraz na określenie wydajności tego procesu. Uzyskane wyniki badań przedstawiono w tabeli 2 i 3.

Tabela 2. Rozkład faz uzyskanych w procesie wirowania

Table 2. The decomposition of substances obtained from the spin

Rozdzielone fazy w procesie wirowania [g]	Próba nr 2	Próba nr 3
Faza tłuszczowa	4,8 ± 0,1	5,1 ± 0,1
Faza wodna	18,1 ± 0,2	14,8 ± 0,1
Faza białkowa	1,4 ± 0,1	3,3 ± 0,1
Poniesione straty	0,7 ± 0,1	1,8 ± 0,2

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Tabela 3. Ocena organoleptyczna poszczególnych faz uzyskanych w procesie wirowania

Table 3. Organoleptic assessment of individual substances obtained from the spin

Uzyskane fazy	Próba nr 2	Próba nr 3
Faza tłuszczowa	konsystencja gęsta, olej nieklarowny o barwie pomarańczowo-żółtej; zapach rybny	konsystencja płynna, odpowiednia dla tłuszczu; olej klarowny, bez widocznych zanieczyszczeń; barwa intensywna, pomarańczowo-żółta; zapach charakterystyczny, wędzony;
Faza wodna	mętna z widocznymi na powierzchni kuleczkami tłuszczu; barwa kremowa, lekko sinawa	faza mętna, na powierzchni około 1 mm osadu tłuszczu; barwa kremowa
Faza białkowa	niesmarowna, lekko grudkowata; wyczuwalny zapach ryby; barwa szara	konsystencja mazista, smarowna, lekko grudkowata; barwa szara z widocznym białym połyskiem

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że proces podgrzewania próby 2 bezpośrednio przed wirowaniem nieznacznie wpłynął na pozyskaną ilość oleju rybnego

z wędzonych skór łososi po usunięciu podskórnej tkanki mięśniowo-tłuszczowej. Różnica w pozyskanej masie oleju między próbą wirowaną bezpośrednio po odsączeniu, a poddaną podgrzaniu wyniosła 0,3g, co w stosunku do pozyskanych wartości oleju podczas wirowania daje około 6%. Olej odzyskany z próby ogrzewanej charakteryzował się bardziej intensywną pomarańczowo-żółtą barwą, był klarowny o charakterystycznym dla tego rodzaju produktów zapachu.

Skład kwasowy olejów z wędzonych skór łososi po usunięciu podskórnej tkanki mięśniowo-tłuszczowej

W oleju uzyskanym z próby 3 określono zawartość kwasów tłuszczowych. Oznaczenie kwasów tłuszczowych powtórzone po pięciu miesiącach przechowywania produktu w warunkach chłodniczych, w temperaturze około +4 °C, w szczelnie zamkniętym szklanym pojemniku. W tabeli 4 przedstawiono zawartości głównych grup kwasów tłuszczowych zawartych w oleju łososiowym uzyskanym z wędzonych skór łososi bezpośrednio po wyprodukowaniu i po 5 miesiącach jego przechowywania w warunkach chłodniczych.

Skład kwasów tłuszczowych w oleju zawartym w odpadowych skórkach z łososi wykazuje, że może on być dobrym źródłem kwasów tłuszczowych z rodziny n-3 [4].

Tabela 4. Zawartości głównych grup kwasów tłuszczowych w oleju uzyskanym z próby 3

Table 4. Contents of major groups of fatty acids in fish oils obtained from the attempt 3

Rodzaj kwasów tłuszczowych [%]	Olej ze skór z wędzonych łososi	Olej ze skór z wędzonych łososi po 5 miesiącach przechowywania
SFA	16,22	15,50
MUFA	46,21	45,29
PUFA	37,56	38,53
n-3	22,35	24,99
n-6	11,77	13,54
n-6/n-3	0,53	0,54
EPA+DHA	12,54	14,19
EPA	4,48	4,99
DHA	8,06	9,20
DPA	4,31	4,65

Objaśnienia: / Explanatory notes:

EPA – kwas eikozapentaenowy / eicosapentaenoic acid

DHA – kwas dokozaheksaenowy / docosahexaenoic acid

DPA – kwas dokozapentaenowy / docosapentaenoic acid

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Z zestawienia wyników w tabeli 4 wynika, że okres przechowywania chłodniczego oleju uzyskanego z wędzonych skór łososi bez podskórnej tkanki mięśniowo-tłuszczowej nie spowodował znaczących zmian w składzie kwasów tłuszczowych. Zauważalny jest około 5% spadek sumy kwasów nasyconych SFA. W przypadku kwasów jednonienasyconych MUFA, spadek jest minimalny około 0,5%. Natomiast w przypadku sumy kwasów wielonienasyconych, PUFA zauważalny wzrost za poziomie 3,5%. Zwiększenie względnego udziału w oleju wielonienasyconych kwasów tłuszczowych mogło nastąpić wskutek zestalenia i wytrącenia się z oleju frakcji triacylogliceroli nasyconych kwasów tłuszczowych, podczas przechowywania w warunkach chłodniczych w czasie pięciu miesięcy.

PODSUMOWANIE

Zastosowana w badaniach metoda ekstrakcji oleju z wędzonych skór łososi po procesie mizdrowania wykazała największą efektywność w przypadku próby poddanej podgrzaniu po procesie odsączenia. Uzyskany w ten sposób olej charakteryzował się odpowiednią konsystencją i zapachem dla tego typu produktów, a jego barwa była intensywna. Próba ta jednak wyklucza jednoczesną możliwość wykorzystania osadu białkowego do wytwarzania rybnego kolagenu lub żelatyny.

W celu kompleksowego wykorzystania wędzonych skór z łososi po usunięciu podskórnej tkanki mięsno-tłuszczowej tłuszcz musiałby być usuwany innymi metodami [3].

LITERATURA

- [1] **HRYSZKO K., J. SEREMAK-BULGE, E. KUZEBSKI, B. PIĘNKOWSKA, M. RAKOWSKI, S. SZOSTAK, J. DROŹDŹ:** Rynek ryb. Stan i perspektywy. Wyd. IERiGŻ-PIB, 13: 28-30.
- [2] **PN-75/A-04018.** Produkty rolniczo-żywnościowe. Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla i przeliczanie na białko
- [3] **REICH G. 1966.** Kolagen. Zarys metod, wyniki i kierunki badań. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne.
- [4] **SIEKIERKA E., M. SADOWISKA, A. KARWOWSKA:** "The influence of different acids and pepsin on the extractability of collagen from the skin of Baltic cod". Food Chemistry, 2007: 105, 1302-1306.

Dr hab. inż. Katarzyna SZWEDZIAK prof.PO

Prof. dr hab. Zygfryd SMOLKE

Mgr inż. Ewa POLAŃCZYK

Inż. Aneta SZOPA

Mgr inż. Jerzy KORONCZOK

Katedra Inżynierii Biosystemów, Wydział Inżynierii Produkcji i Logistyki
Politechnika Opolska

METODY OCENY JAKOŚCI MIODU®

Methods for establishing honey quality®

Poniższy artykuł ma na celu przedstawienie metod oceny jakości miodu. Przedstawiono wyniki testów na prawdziwość miodu, które pozwalają odróżnić miód naturalny od sztucznego oraz analizę zawartości procentowej wody w miodzie metodą refraktometryczną.

This article aims to show the impact of the production process on the quality of honey. We present the results of testing the accuracy of honey, which prominently show the differences between natural and artificial honey, and an analysis of the percentage of water in honey refractometrical method.

WSTĘP

Pszczelarstwo jest bardzo ważną dziedziną rolnictwa. Zapewnia dostawę miodu, wosku, oraz mleczka pszczelego. Pszczoły gwarantują zapylenie upraw. Zapylenie powoduje, iż pozyskuje się więcej plonów dla ponad 50 gatunków roślin. Ocenia się, że ilość plonów wzrasta aż o 1/3. Wykazano, że podnosi się wartość odżywcza roślin pastewnych, które były dobrze zapyłone. Z obserwacji sadowników wynika także, iż zapyłone kwiaty są znacznie odporniejsze na chłód od kwiatów nie zapyłonych [2].

Pszczoły wpływają również na ożywienie drzewostanu poprzez zapylenie różnego rodzaju drzew i krzewów; powoduje to zwiększenie ilości pokarmu dla ptaków, a także w dużym stopniu wpływa na zwiększenie ilości owoców poziomek, malin i borówek. Z tego powodu bardzo wiele krajów dąży do tego, aby wprowadzić pszczoły ponownie do lasów [3].

Zapylenie upraw przyczynia się do równowagi środowiskowej. Pszczelarstwo może stać się również dodatkowym dochodem. Pod koniec lat 80 kryzys gospodarczy dotknął również tej dziedziny rolnictwa. Spadła liczba rodzin pszczelich. Zniesione zostały małe przydomowe pasieki, więc pszczelarze zostali pozbawieni dodatkowego dochodu. Po tym incydencie wprowadzono w Polsce cło na miód. Obniżono koszty cukru i przydzielono dotacje na wychów matek. W wyniku tej operacji nastąpiło ożywienie polskiego pszczelarstwa. Wejście do Unii Europejskiej sprawiło, że polskie pszczelarstwo konkuruje z wyrobami zjednoczonej Europy, a właściciele małych pasiek muszą często dopłacać do utrzymania pasieki [4].

Dzięki dotacjom unijnym wzrosła ilość pszczół. Tworzą się pasieki z bardzo nowoczesnymi technologiami, które zapewniają najnowsze wymagania w zakresie HACCP [5].

Ze względu na różnorodność miodu, można go podzielić ze względu na: barwę, pochodzenie, gęstość, zbiór w danym czasie itp. Zatem są miody jasne i ciemne, skryształizowane

i płynne, również miody odmianowe np.: z akacji, gryki, wrzosu. Posługując się językiem technologicznym dzieli się je na: nektarowe i spadziowe. Odnaczają się charakterystycznym smakiem i barwą, różny jest ich skład chemiczny. Na rynku można również spotkać podział miodu ze względu na pochodzenie, oraz przeznaczenie [7]. Głównym surowcem dzięki któremu można uzyskać miód jest spadź, nektar oraz soki z roślin, które zostały zebrane przez pszczoły. Spadź – w jej skład wchodzi duża zawartość cukru, można ją znaleźć na gałązkach i liściach drzew, oraz krzewów. Spadź jest produkowana przez szkodniki, które żywią się sokiem z roślin, są to m.in. mszyce, czerwce. Występują one zazwyczaj na drzewach iglastych, liściastych, oraz na krzewach. Drzewa, które zawierają dużo spadzi to jodła, lipa, oraz dąb. W zależności od ilości mszyc spadź występuje również na czereśni, roślinach zielnych, oraz wiśni. Zazwyczaj pojawia się ona w drugiej połowie lata, zdarza się, że występuje także bardzo późną wiosną, oraz jesienią. Zbierana jest zazwyczaj rano, ze względu na występowanie rosy, która sprawia, że nie jest tak gęsta, co ułatwia zbiór. Spadź składa się z wody (jednak jej obecność nie stanowi więcej niż 20%), cukrów spadziowych, dekstryn, zawiera także składniki mineralne. Nektar kwiatowy - ciecz o słodkim smaku, jest produkowany przez rośliny okrytonasienne. Skład nektaru to woda, kwasy, barwniki, związki azotowe, cukry [6].

CEL PRACY

Celem przeprowadzonych badań było sprawdzenie prawdziwości miodu za pomocą testu na zafałszowanie.

Podczas produkcji miodu wiele czynników ma wpływ na jego jakość. Dużą rolę spełnia pszczelarz, który kieruje gospodarką rodziny pszczelej a następnie korzysta z jej wyników. Może on m.in zwiększać ilość roślin miododajnych w okolicach pasieki. Ma bardzo duży wpływ na zdrowie pszczół, temperaturę w ulach, powinien również świadomie dokonywać selekcji matek.

METODYKA BADAŃ

Podczas badań przeprowadzono testy następującymi metodami: test rozpuszczalności w wodzie, test na ołówek, test na łyżeczkę, oznaczenie zawartości wody w miodzie metodą refraktometryczną. Miody pochodziły z zakupu.

ANALIZA WYNIKÓW

Test rozpuszczalności miodu w wodzie

Do szklanki z chłodną wodą wlewamy miód prosto ze słoika. Jeżeli miód jest prawdziwy, powinien łąć się nieprzerwanym strumieniem i ciężko osiąść na dnie szklanki. Jeżeli miód jest zafałszowany od razu rozpuści się w wodzie, strumień będzie porozrywany i niejednolity. Poniżej opisano obserwacje podczas wykonywania testów.

Miód lipowy – łął się bez rwania, ciężko osiadł na dnie szklanki, nie rozpuścił się po wlaniu do wody. Według testu jest prawdziwym miodem.

Miód sztuczny – rwał się podczas lania do szklanki, szybko się rozpuścił na dnie wody. Test wykazał, iż miód nie jest naturalny.

Miód z mniszka lekarskiego domowej roboty – jest rzadki, ciężko osiadł na dnie szklanki z zimną wodą. Test jednak nie dał w pełni odpowiedzi o prawdziwości miodu.

Miód leśny (sztuczny) – łął się przerywanym strumieniem, bardzo szybko się rozpuścił na dnie szklanki.

Miód akacjowy – nie rwał się podczas wlewania do szklanki, rozpuścił się za to w mgnieniu oka. Miód zakupiony w sklepie spożywczym. Jego szybkie rozpuszczenie na dnie, świadczy o zafałszowaniu.

Test na ołówek

Do wykonania testu wykorzystaliśmy ołówek bardzo miękki 6B i 8B. Podczas przeprowadzonego badania należało nałożyć na rękę kroplę miodu, po chwili dotknąć miód czubkiem ołówka. Prawdziwy miód nie powinien zmienić swojej barwy podczas zetknięcia z ołówkiem, sztuczny miód zabarwi się na ciemny kolor.

Podczas badania otrzymaliśmy następujące rezultaty:

1. Miód lipowy – bez zabarwień
2. Miód z nawłoci – bez zabarwień
3. Miód sztuczny – zabarwił się na szaro
4. Miód akacjowy – zabarwił się na ciemny kolor
5. Miód słonecznikowy – nie zmienił barwy.

Test na łyżeczkę

Badanie to polegało na nabraniu miodu ze słoiczka na łyżeczkę a następnie nalanie go na talerzyk. Miód niezafałszowany powinien łąć się cieniutkim strumieniem, na talerzyku powinien utworzyć stożek. Sztuczny miód będzie się przerywał podczas lania, rozleje się na talerzyku i nie utworzy stożka.

Podczas przeprowadzonego badania otrzymaliśmy następujące wyniki:

1. Miód sztuczny nie utworzył stożka, rozlał się na talerzyku

2. Miód lipowy nie rwał się, powstał stożek
3. Miód z nawłoci – powstał stożek
4. Miód z mniszka lekarskiego (domowej roboty) rwał się, oraz rozlał się na talerzyku
5. Miód słonecznikowy utworzył stożek.

Oznaczenie zawartości wody w miodzie metodą refraktometryczną

Pobrano próbkę miodu do kolby. Kolbę umieszczono w łaźni wodnej o temperaturze 50°C do rozpuszczenia kryształów miodu. Następnie kolbę ochłodzono do temperatury 20°C. Próbkę nałożono na przyzmat refraktometru, oświetlono pole widzenia, a następnie odczytano wartość współczynnika załamania światła.

Tabela 1. Procentowa zawartość wody w miodzie w zależności od wartości współczynnika załamania światła (nD20) [1]

Table 1. Percentage of honey in water depending on refractive index (nD20) [1]

nD20	Zawartość wody [%]	nD20	Zawartość wody [%]	nD20	Zawartość wody [%]
1,5044	13,0	1,4940	17,0	1,4840	21,0
1,5038	13,2	1,4935	17,2	1,4835	21,2
1,5033	13,4	1,4930	17,4	1,4830	21,4
1,5028	13,6	1,4925	17,6	1,4825	21,6
1,5023	13,8	1,4920	17,8	1,4820	21,8
1,5018	14,0	1,4915	18,0	1,4815	22,0
1,5012	14,2	1,4910	18,2	1,4810	22,2
1,5007	14,4	1,4905	18,4	1,4805	22,4
1,5002	14,6	1,4900	18,6	1,4800	22,6
1,4997	14,8	1,4895	18,8	1,4795	22,8
1,4992	15,0	1,4890	19,0	1,4790	23,0
1,4987	15,2	1,4885	19,2	1,4785	23,2
1,4982	15,4	1,4880	19,4	1,4780	23,4
1,4976	15,6	1,4875	19,6	1,4775	23,6
1,4971	15,8	1,4870	19,8	1,4770	23,8
1,4966	16,0	1,4865	20,0	1,4765	24,0
1,4961	16,2	1,4860	20,2	1,4760	24,2
1,4956	16,4	1,4855	20,4	1,4755	24,4
1,4951	16,6	1,4850	20,6	1,4750	24,6
1,4946	16,8	1,4845	20,8	1,4745	24,8

Na podstawie przeprowadzonych badań uzyskano następujące wyniki (tab. 2).

Tabela 2. Procentowa zawartość wody w miodzie w zależności od wartości współczynnika załamania światła

Table 2. Percentage of honey in water depending on the refractive index

Rodzaj miodu	Współczynnik załamania światła	Zawartość wody [%]
Miód sztuczny	1,4889	19%
Akacjowy	1,475	24%
Leśny	1,4895	19%
Mniszkowy	1,4817	22%
Lipowy	1,4935	17%
Słonecznikowy	1,470	17%

Źródło: Badania własne

Source: Own research

Według wyników zawartych w tabeli 2 można zauważyć, iż zawartość procentowa wody w miodach różni się.

Najwięcej wody zawiera miód sztuczny akacjowy 24%, najmniej natomiast miód naturalny lipowy 17 %. Można zatem stwierdzić, że badanie zostało wykonane poprawnie, a miody sztuczne zawierają więcej wody.

POSUMOWANIE

Badanie potwierdziło, że podczas produkcji miodu wiele czynników może w znacznym stopniu wpłynąć na jakość tego produktu.

Duży wpływ na jakość miodu mają pszczelarze. Są oni odpowiedzialni za błędy, które wystąpiły od czasu miodobrania aż po sprzedaż. Powinni umiejscowić pasiekę z dala od dróg i autostrad, zakładów chemicznych, natomiast w pobliżu upraw roślin miododajnych. Najczęstszymi błędami popełnianymi podczas produkcji miodu są: przegrzanie, rozwarstwienie miodu, fermentacja.

Pszczelarze nie mają jednak wpływu na jakość miodu po sprzedaży. Najczęściej popełniane błędy przez konsumentów to: nieodpowiednie przechowywanie miodu, brak wiedzy o odpowiednim używaniu miodów np. dosładzanie miodem herbaty o temperaturze większej niż 40 °C.

Każdy błąd ma wpływ na jakość produktu, dlatego tak ważna jest rola pszczelarzy. Zaleca się by w czasie wytwarzania miodu poddali oni próbki badaniom na zawartość wody, HMF czy substancji, które mogą być szkodliwe dla człowieka. Powinni też dbać o zdrowie pszczół, bez używania antybiotyków, w przeciwnym razie miód może wpływać negatywnie na organizm człowieka. Podczas zakupu miodu jego prawdziwość możemy sprawdzać za pomocą testów na zafałszowanie przedstawionych w artykule. W teście rozpuszczalności miodu w wodzie, tylko miód lipowy okazał się miodem nie zafałszowanym. Pozostałe miody nie potwierdziły naturalności i prawdziwości. W teście na ołówek zafałszowanie miodu stwierdzono w dwóch przypadkach – miód sztuczny i miód akacjowy. Pozostałe miody nie wykazały zafałszowania. Natomiast w teście na łyżeczkę tylko w dwóch przypadkach stwierdzono zafałszowanie – miód sztuczny i miód z mniszka lekarskiego.

LITERATURA

- [1] **BOGDANOV S. 2002.** Harmonised methods of the International Honey Commission. Bern.
- [2] **BORNUS L., J. CURYŁO, A. DEMIANOWICZ, J. GUDERSKA, M. JANISZEWSKI, St. KIRKOR, T. WAWRYN. 1957.** Hodowla Pszczół. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.
- [3] **CIBOROWSKA H. 1997.** Pszczoły leczą. Kraków: Agencja Wydawniczo-Usługowa.
- [4] **CURYŁO J., J. GUDERSKA, S. KIRKOR, Z. KONOPACKA, T. WAWRYN, J. WOYKE. 1983.** Hodowla Pszczół. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.
- [5] **GOGOLEWSKA E., J. WILDE. 2006.** Polubić pszczoły. Poznań: Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.
- [6] **HABRYKA C. 2015.** „Nadzór nad jakością i bezpieczeństwem miodu, zastosowanie dobrej praktyki produkcyjnej”. Pasieka 5: 3-5.
- [7] **POGORZELEC M. 2006.** Rośliny miododajne. Nowy Sącz: Gospodarstwo pasieczne „Sądecki Bartnik”.

Dr hab. inż. Zbigniew PAŁACHA, prof. SGGW
Inż. Aleksander GÓRSKI
Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, SGGW w Warszawie

WPŁYW RODZAJU OPAKOWANIA ORAZ GRUBOŚCI WARSTWY POWIETRZA NA CZAS ZAMRAŻANIA WYBRANYCH PRODUKTÓW POCHODZENIA ZWIERZĘCEGO®

Impact of type packaging and thickness layer air on the freezing time of selected animal products®

Słowa kluczowe: produkty pochodzenia zwierzęcego, czas zamrażania, opakowanie, warstwa powietrza.

W pracy prezentowanej w artykule przeprowadzono analizę wpływu rodzaju opakowania oraz grubości warstwy powietrza na czas zamrażania 4 produktów pochodzenia zwierzęcego (wieprzowina i wołowina chuda, filety z indyka i dorsza). Obliczono i porównano czas zamrażania produktów, w zależności od zastosowania 8 różnych opakowań, 3 warstw powietrza o grubości 0,3, 0,6 i 0,9 mm oraz temperatury końcowej produktów -18 i -30°C. Rodzaj zastosowanego opakowania oraz obecność warstwy powietrza miały istotny wpływ na wydłużenie czasu zamrażania w odniesieniu do produktów nie opakowanych.

Key words: animal products, freezing time, packaging, layer air.

In the work presented in the article an analysis of the impact of the type of packaging and the thickness of the layer of air at the freezing time 4 animal products (lean pork and beef, turkey fillets and cod). Calculated and compared the freezing time of products, depending on the application 8 different packages, 3 of air layer having a thickness of 0.3, 0.6 and 0.9 mm and a final temperature of the products (-18 and -30°C). The type of packaging and the presence of the air layer had a significant impact on the prolonged freezing time for product not packaged.

WSTĘP

W procesie zamrażania żywności dąży się do maksymalnego skrócenia czasu zamrażania. Poza względami technologicznymi, chodzi tu o osiągnięcie jak najlepszych wskaźników wydajności produkcyjnej zamrażarek [3].

Na czas zamrażania żywności ma wpływ wiele czynników. Wśród nich występują czynniki zależne od rodzaju i właściwości fizycznych zamrażanego surowca, takie jak: wielkość, kształt, gęstość, przewodność cieplna właściwa i entalpia właściwa oraz czynniki zależne od warunków, w jakich prowadzony jest proces, takie jak: czynna różnica temperatury, współczynnik wnikania ciepła między materiałem a medium chłodzącym i obecność opakowania [3, 13]. Wykazano, że parametrem mającym największy wpływ na czas zamrażania jest wymiar charakterystyczny materiału. Nieco mniejszy wpływ odgrywiają kształt surowca, współczynnik wnikania ciepła, temperatura medium chłodzącego i rodzaj surowca. Natomiast najmniejszy wpływ wykazały temperatura początkowa oraz temperatura końcowa materiału w jego centrum termicznym [5, 6, 7, 8, 9].

Obecność opakowania utrudnia warunki przepływu ciepła od powierzchni produktu do medium chłodzącego [1, 2, 3, 10]. Opakowanie, zwłaszcza wielowarstwowe, znacznie wydłuża czas zamrażania, przy czym największy opór

cieplny wynika nie z grubości opakowania i jego przewodności cieplnej właściwej (λ_{op}), lecz z warstwy powietrza zawartej między produktem a opakowaniem lub między jego poszczególnymi warstwami. Powietrze jest bardzo słabym przewodnikiem ciepła ze względu na małą wartość przewodności cieplnej właściwej ($\lambda = 0,0259 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) w temperaturze 20°C [4]. W dostępnej literaturze jest bardzo niewiele informacji na temat wpływu rodzaju opakowania i obecności warstwy powietrza na czas zamrażania żywności. Poniższy materiał stanowi uzupełnienie wiedzy na ten temat.

Celem artykułu jest analiza wpływu rodzaju opakowania oraz grubości warstwy powietrza na czas zamrażania czterech wybranych produktów pochodzenia zwierzęcego. Zakres pracy obejmował obliczenie i porównanie czasu zamrażania produktów zamrażanych w ośmiu różnych rodzajach opakowań, bez i z warstwą powietrza, w zależności od temperatury końcowej produktu.

METODYKA BADAŃ

1. Materiał badawczy

Materiałem badawczym wybranym do analizy czasu zamrażania były cztery produkty pochodzenia zwierzęcego: wołowina i wieprzowina chuda, filety z indyka i dorsza

posiadające kształt prostopadłościanu o wymiarach 200x150x33 mm. Produkty zamrażano bez opakowania oraz w ośmiu rodzajach opakowań: folii aluminiowej, folii PE, folii celofanowej, folii PCV, pergaminie podwójnie woskowanym, kartonie wyłożonym folią aluminiową, kartonie parafinowanym oraz kartonie parafinowanym owiniętym w celofan czterowarstwowy.

2. Założenia wstępne

Założono, że temperatura początkowa (t_p) wszystkich produktów przed procesem zamrażania wynosiła 3°C. Produkty zamrażano metodą owiewową tradycyjną do średniej temperatury końcowej (t_e) -18 i -30°C. Średnia temperatura powietrza mrozącego (t_m) wynosiła -38°C, a średnia wartość współczynnika wnikania ciepła (α) wynosiła 30 W/(m²·K). Entalpia produktów w temperaturze -40°C wynosiła 0 kJ/kg [1]. Przyjęto grubość warstwy powietrza 0,3, 0,6 i 0,9 mm, o przewodności cieplnej właściwej w zakresie temperatury 3 – (-18)°C i 3 – (-30)°C wynoszącej odpowiednio 0,023785 i 0,023305 W/(m·K) [4].

3. Metody obliczeniowe

3.1. Obliczanie czasu zamrażania

Czas zamrażaniu produktów w kształcie prostopadłościanu o wymiarach $a = 200$ mm, $b = 150$ mm, $l_e = 33$ mm obliczano z równania [11]:

$$\tau_e = \frac{\Delta i \cdot \rho_z}{\Delta t} \left(P \frac{l_e}{\alpha} + R \frac{l_e^2}{\lambda_e} \right) \quad (1)$$

Czas zamrażaniu produktów w kształcie prostopadłościanu w opakowaniu bez warstwy powietrza obliczano z równania [11]:

$$\tau_e = \frac{\Delta i \cdot \rho_z}{\Delta t} \left[P_e \left(\frac{1}{\alpha} + \frac{\delta}{\lambda p} \right) + R \frac{l_e^2}{\lambda_e} \right] \quad (2)$$

Czas zamrażaniu produktów w kształcie prostopadłościanu w opakowaniu z warstwą powietrza obliczano z równania [11]:

$$\tau_e = \frac{\Delta i \cdot \rho_z}{\Delta t} \left[P_e \left(\frac{1}{\alpha} + \frac{\delta}{\lambda p} + \frac{\delta}{\lambda p} \right) + R \frac{l_e^2}{\lambda_e} \right] \quad (3)$$

gdzie: $\Delta i = i_p - i_e$ – różnica entalpii produktu w temperaturze odpowiednio początkowej (t_p) i końcowej (t_e), kJ/kg,

ρ_z – gęstość produktu w stanie zamrożenia, kg/m³,

$\Delta t = t_{kr} - t_m$ – różnica temperatury między temperaturą krioskopową produktu (t_{kr}) i temperaturą medium chłodzącego (t_m), °C,

α – współczynnik wnikania ciepła od powierzchni produktu do medium, W/(m²·K),

λ_e – przewodność cieplna właściwa produktu w stanie zamrożonym, W/(m·K),

P, R – współczynniki zależne od stosunku boków odpowiednio $a:l_e=6$ i $b:l_e=4,5$ wynoszące $P = 0,3602$ i $R = 0,099$ [11],

$\frac{\delta}{\lambda} op$ – opór cieplny opakowania (m²·K)/W [11],

$\frac{\delta}{\lambda} p$ – opór cieplny warstwy powietrza (m²·K)/W [11],

3.2. Obliczanie entalpii produktu

Entalpię produktu w temperaturze początkowej (t_p) obliczano ze wzoru:

$$i_p = c_e [t_{kr} - (-40)] + q_z + c_0 (t_p - t_{kr}) \quad (4)$$

Entalpię produktu w temperaturze końcowej ($t_e = -18$ °C) obliczano ze wzoru:

$$i_e = c_e [-18 - (-40)] \quad (5)$$

Entalpię produktu w temperaturze końcowej ($t_e = -30$ °C) obliczano ze wzoru:

$$i'_e = c_e [-30 - (-40)] \quad (6)$$

gdzie: c_o – ciepło właściwe produktu nie zamrożonego, kJ/(kg·K),

c_e – ciepło właściwe produktu zamrożonego, kJ/(kg·K),

q_z – jednostkowe ciepło zamrażania produktu, kJ/kg.

3.3. Obliczanie gęstości produktu w stanie zamrożonym

Gęstość owoców w stanie zamrożonym obliczano ze wzoru [12]:

$$\rho_z = \rho_o \left[1 - x_w \left(1 - \frac{t_k}{t_e} \right) \cdot 0,083 \right] \quad (7)$$

gdzie: ρ_o – gęstość produktu w stanie nie zamrożonym, kg/m³,

x_w – ułamek masowy wody w produkcie, kg/kg.

4. Zestawienie danych wyjściowych przyjętych do analizy czasu zamrażania

W tabelach 1 i 2 zestawiono dane wyjściowe produktów i wartości oporu cieplnego opakowań oraz warstwy powietrza niezbędne do obliczenia czasu zamrażania.

Tabela 1. Dane wyjściowe produktów do obliczania czasu zamrażania

Table 1. Output data of products to calculating freezing time

Material	Wołowina chuda	Wieprzowina chuda	Filet z indyka	Filet z dorsza
Dane				
x_w [kg/kg]	0,72 ^[11]	0,74 ^[11]	0,75 ^[11]	0,80 ^[11]
t_{kr} [°C]	-2,0 ^[6]	-2,2 ^[6]	-2,5 ^[6]	-2,2 ^[6]
ρ_o [kg/m ³]	1067 ^[10]	1103 ^[10]	1079 ^[10]	1000 ^[11]
$\rho_{z(-18)}$ [kg/m ³]	1010	1044	1021	942
$\rho_{z(-30)}$ [kg/m ³]	1007	1040	1017	939
c_o [kJ/(kg·K)]	3,25 ^[11]	2,85 ^[11]	3,31 ^[11]	3,77 ^[11]
c_e [kJ/(kg·K)]	1,76 ^[11]	1,34 ^[11]	1,87 ^[11]	2,05 ^[11]
λ_e [W/(m·K)]	1,57 ^[11]	1,56 ^[11]	1,62 ^[11]	1,70 ^[11]
q_z [kJ/kg]	241,3 ^[11]	201,0 ^[11]	246,6 ^[11]	259,8 ^[11]
i_p [kJ/kg]	324,4	266,5	305,9	356,9
i_e [kJ/kg]	38,7	29,5	41,1	45,1
i'_e [kJ/kg]	17,6	13,4	18,7	20,5

Źródło: Indeks górny ^[n] oznacza pozycję literaturową, brak indeksu – wartości obliczone

Source: Superscript ^[n] means references, the lack of an index – calculated values

Tabela 2. Opór cieplny opakowań oraz warstwy powietrza [3]

Table 2. The thermal resistance packaging and air layer [3]

Rodzaj opakowania	Grubość, δ [mm]	Opór cieplny, $\frac{\delta}{\lambda} op$ [(m ² ·K)·W ⁻¹]
Folia aluminiowa (A)	0,1	0,0000005
Folia PE (B)	0,04	0,000138
Folia celofanowa (C)	0,146	0,00224
Folia PCV (D)	0,25	0,0025
Pergamin podwójnie woskowany (E)	0,212	0,003
Karton wyłożony folią aluminiową (F)	0,568	0,0069
Karton parafinowany (G)	0,625	0,00826
Karton parafinowany owinięty w celofan czterowarstwowy (H)	0,757	0,0094
Warstwa powietrza	0,3	0,0126 ¹ 0,0129 ²
	0,6	0,0252 ¹ 0,0257 ²
	0,9	0,0378 ¹ 0,0386 ²

Źródło: Indeks 1 – średnia wartość oporu cieplnego warstwy powietrza w zakresie temperatury +3 – (-18)°C; Indeks 2 – średnia wartość oporu cieplnego warstwy powietrza w zakresie temperatury +3 – (-30)°C

Source: Superscript 1 – average value of the thermal resistance of the air layer in the temperature range of +3 – (-18)°C; Superscript 2 - average value of the thermal resistance of the air layer in the temperature range of +3 – (-30)°C

OMÓWIENIE I Dyskusja Wyników

W tabelach 3 - 6 podano obliczone wartości czasu zamrażania dla poszczególnych produktów pochodzenia zwierzęcego w zależności od użytego opakowania, występowania bądź braku warstwy powietrza, a na rysunkach 1 - 4 przykładowo zilustrowano zmiany czasu zamrażania w zależności od użytego opakowania, występowania bądź braku warstwy powietrza dla wieprzowiny chudej i filetów z dorsza.

Analiza wartości czasu zamrażania produktów pochodzenia zwierzęcego nie opakowanych wykazała, że najkrótszym czasem zamrażania charakteryzowała się wieprzowina chuda, a najdłuższy czas zamrażania stwierdzono dla filetów z dorsza (tabele 3-6). Zamrażając produkty do średniej temperatury końcowej (t_e) -18°C stwierdzono, że czas zamrażania filetów z dorsza był dłuższy o 17,2%, wołowiny chudej o 15,9%, a filetów z indyka o 9,5% od czasu zamrażania wieprzowiny chudej ($\tau_e = 53,6$ min). Podobną tendencję stwierdzono podczas zamrażania produktów do średniej końcowej temperatury -30°C. Przy czym, czas zamrażania filetów z dorsza był dłuższy o 18,6%, wołowiny chudej o 16,7% i filetów z indyka o 11,4% od czasu zamrażania wieprzowiny chudej ($\tau_e = 57,0$ min). Nieznaczne różnice w czasie zamrażania badanych produktów wynikały głównie ze zróżnicowanych właściwości fizycznych tych materiałów (entalpii właściwej, temperatury krioskopowej, przewodności cieplnej właściwej, gęstości).

Tabela 3. Obliczony czas zamrażania wołowiny chudej w zależności od użytego opakowania, występowania bądź braku warstwy powietrza

Table 3. The calculated freezing time lean beef, depending on the packaging used, the presence or absence of air layer

Rodzaj opakowania	Czas zamrażania wołowiny chudej [min] do średniej temperatury końcowej (t_e) -18°C i -30°C							
	Bez warstwy powietrza		Z warstwą powietrza o grubości					
			0,3 mm		0,6 mm		0,9 mm	
	-18°C	-30°C	-18°C	-30°C	-18°C	-30°C	-18°C	-30°C
Brak	62,1	66,5	-	-	-	-	-	-
A	62,1	66,5	82,0	88,4	102,1	110,2	122,1	132,1
B	62,3	66,7	82,3	88,7	102,3	110,4	122,3	132,4
C	65,7	70,3	85,7	92,3	105,7	114,0	125,7	135,9
D	66,1	70,7	86,1	92,7	106,1	114,4	126,1	136,4
E	66,9	71,6	86,9	93,5	106,9	115,3	126,9	137,2
F	73,1	78,2	93,1	100,2	113,1	121,9	133,1	143,8
G	75,2	80,5	95,2	102,5	115,2	124,2	135,2	146,2
H	77,0	82,5	97,0	104,4	117,0	126,2	137,1	148,1

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Tabela 4. Obliczony czas zamrażania wieprzowiny chudej w zależności od użytego opakowania, występowania bądź braku warstwy powietrza

Table 4. The calculated freezing time lean pork, depending on the packaging used, the presence or absence of air layer

Rodzaj opakowania	Czas zamrażania wieprzowiny chudej [min] do średniej temperatury końcowej (t_e) -18°C i -30°C							
	Bez warstwy powietrza		Z warstwą powietrza o grubości					
			0,3 mm		0,6 mm		0,9 mm	
	-18°C	-30°C	-18°C	-30°C	-18°C	-30°C	-18°C	-30°C
Brak	53,6	57,0	-	-	-	-	-	-
A	53,6	57,0	70,8	75,8	88,1	94,5	105,4	113,2
B	53,8	57,2	71,0	76,0	88,3	94,7	105,5	113,4
C	56,7	60,3	73,9	79,1	91,2	97,7	108,4	116,5
D	57,0	60,7	74,3	79,5	91,5	98,1	108,8	116,9
E	57,7	61,4	75,0	80,2	92,2	98,8	109,5	117,6
F	63,0	67,1	80,3	85,9	97,6	104,5	114,8	123,3
G	64,9	69,0	82,2	87,8	99,4	106,5	116,7	125,3
H	66,5	70,7	83,7	89,5	101,0	108,2	118,2	126,9

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Tabela 5. Obliczony czas zamrażania filetów z indyka w zależności od użytego opakowania, występowania bądź braku warstwy powietrza

Table 5. The calculated freezing time turkey fillets, depending on the packaging used, the presence or absence of air layer

Rodzaj opakowania	Czas zamrażania filetów z indyka [min] do średniej temperatury końcowej (t_e) -18°C i -30°C							
	Bez warstwy powietrza		Z warstwą powietrza o grubości					
			0,3 mm		0,6 mm		0,9 mm	
	-18°C	-30°C	-18°C	-30°C	-18°C	-30°C	-18°C	-30°C
Brak	58,7	63,5	-	-	-	-	-	-
A	58,7	63,5	77,8	84,5	96,8	105,4	115,8	126,4
B	58,9	63,7	78,0	84,7	97,0	105,6	116,0	126,6
C	62,1	67,1	81,1	88,1	100,1	109,0	119,2	130,0
D	62,5	67,5	81,5	88,6	100,5	109,4	119,5	130,4
E	63,3	68,3	82,3	89,4	101,3	110,2	120,3	131,3
F	69,1	74,7	88,2	95,7	107,2	116,6	126,2	137,6
G	71,2	76,9	90,2	97,9	109,2	118,8	128,2	139,8
H	72,9	78,8	91,9	99,8	110,9	120,7	130,0	141,7

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Tabela 6. Obliczony czas zamrażania filetów z dorsza w zależności od użytego opakowania, występowania bądź braku warstwy powietrza

Table 6. The calculated freezing time fillets of cod, depending on the packaging used, the presence or absence of air layer

Rodzaj opakowania	Czas zamrażania filetów z dorsza [min] do średniej temperatury końcowej (t_e) -18°C i -30°C							
	Bez warstwy powietrza		Z warstwą powietrza o grubości					
			0,3 mm		0,6 mm		0,9 mm	
	-18°C	-30°C	-18°C	-30°C	-18°C	-30°C	-18°C	-30°C
Brak	62,8	67,6	-	-	-	-	-	-
A	62,8	67,6	83,3	90,1	103,8	112,5	124,3	135,1
B	63,1	67,8	83,6	90,4	104,0	112,8	124,5	135,3
C	66,5	71,5	87,0	94,1	107,4	116,4	127,9	139,0
D	66,9	72,0	87,4	94,5	107,9	116,9	128,4	139,4
E	67,7	72,8	88,2	95,4	108,7	117,8	129,2	140,3
F	74,1	79,6	94,5	102,2	115,0	124,6	135,5	147,1
G	76,3	82,0	96,8	104,6	117,2	127,0	137,7	149,5
H	78,1	84,0	98,6	106,6	119,1	128,9	139,6	151,5

Źródło: Badania własne

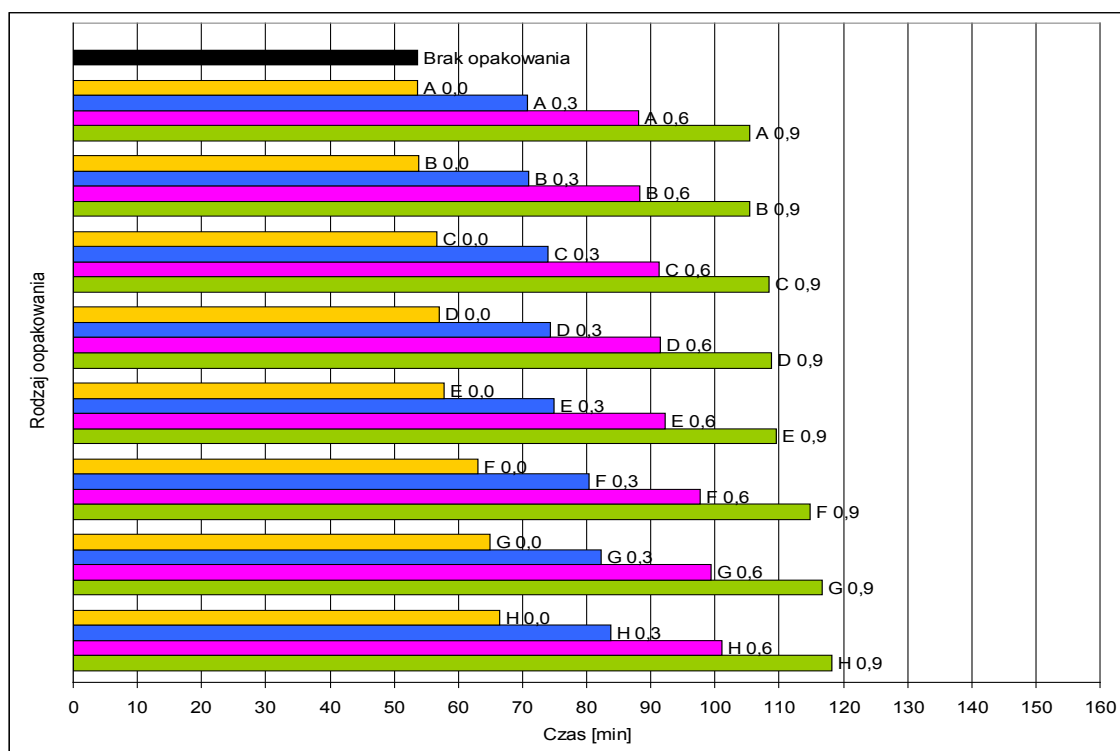
Source: The own study

Obniżając średnią temperaturę końcową (t_e) produktów z -18 do -30°C otrzymano nieznacznie dłuższy czas zamrażania dla każdego produktu. Średnio długość czasu zamrażania zwiększyła się od 6 do 8%. Tłumaczy to fakt, że obniżenie temperatury końcowej wiązało się z obniżeniem wartości entalpii właściwej dla temperatury końcowej, a to spowodowało, że różnica entalpii w temperaturze początkowej i końcowej zamrażanych produktów nieco się zwiększyła, co z kolei nieznacznie wydłużyło czas zamrażania. Podobną tendencję wydłużenia czasu zamrażania w wyniku obniżenia średniej temperatury końcowej z -18 do -30°C, odnotowano dla owoców i warzyw [8, 9].

Rodzaj opakowania wykorzystanego do pakowania produktów pochodzenia zwierzęcego miał zróżnicowany wpływ na wzrost czasu zamrażania (tab. 3-6; rys. 1-4). Decydujący wpływ na wydłużenie czasu zamrażania miała wartość oporu cieplnego opakowania. Najmniejszym oporem cieplnym charakteryzowała się folia aluminiowa (A) (0,0000005 ($m^2 \cdot K$)/W), a największy opór cieplny, 18880 razy większy od folii aluminiowej, posiadał karton parafinowany owinięty w celofan czterowarstwowy (H) (0,0094 ($m^2 \cdot K$)/W) (tab. 2). Obecność folii aluminiowej jako opakowania nie miała praktycznie żadnego wpływu na wydłużenie czasu zamrażania dla wszystkich badanych produktów (tab. 3-6). Natomiast pozostałe opakowania wpłynęły na wydłużenie czasu zamrażania, przy czym bez względu na rodzaj produktu i średnią końcową temperaturę produktu -18 i -30°C, wzrost ten był porównywalny i wynikał z wartości oporu cieplnego zastosowanego opakowania. Zastosowanie folii PE (B) wydłużyło czas zamrażania średnio o 0,3% w stosunku do materiałów nie opakowanych, folii celofanowej (C) o 5,8%, folii PCV (D) o 6,4%, pergaminu podwójnie woskowanego (E) o 7,7%, kartonu wyłożonego folią aluminiową (F) o 17,7%, kartonu parafinowanego (G) o 21,2% i kartonu parafinowego owiniętego w celofan czterowarstwowy (H) o 24,2%.

Obecność warstwy powietrza między powierzchnią produktu a wewnętrzną powierzchnią opakowania wydłużyła czas zamrażania, przy czym im grubość warstwy powietrza była większa tym czas zamrażania był dłuższy. Zamrażanie wołowiny chudej w opakowaniu z warstwą powietrza o różnej grubości do średniej temperatury końcowej -18°C spowodowało, że bez względu na rodzaj opakowania, czas zamrażania wydłużał się proporcjonalnie o kolejne 20 minut, kiedy grubość warstwy powietrza wzrastała z 0,0 do 0,3 mm, z 0,3 do 0,6 mm i z 0,6 do 0,9 mm (tab. 3). W przypadku wieprzowiny chudej ten przedział czasu wyniósł ok. 17 minut (tab. 4), dla filetów z indyka ok. 19 minut (tab. 5), a dla filetów z dorsza 20,5 minuty (tab. 6). Obniżenie średniej końcowej temperatury produktu z -18 do -30°C spowodowało wydłużenie czasu zamrażania o dodatkowe 2 minuty, dla każdego zamrażanego produktu (tab. 3-6).

Analizując wpływ rodzaju opakowania i grubości warstwy powietrza 0,3 mm na wartość czasu zamrażania w odniesieniu do produktów nie opakowanych zamrażanych do średniej temperatury końcowej -18°C stwierdzono, że bez względu na rodzaj zamrażanego produktu, czas zamrażania wydłużył się o ok. 32% dla opakowania o najmniejszym oporze cieplnym (folia aluminiowa – A) i o ok. 56% dla opakowania o największym oporze cieplnym (karton parafinowany owinięty w celofan czterowarstwowy – H) (tab. 3-6). Wzrost

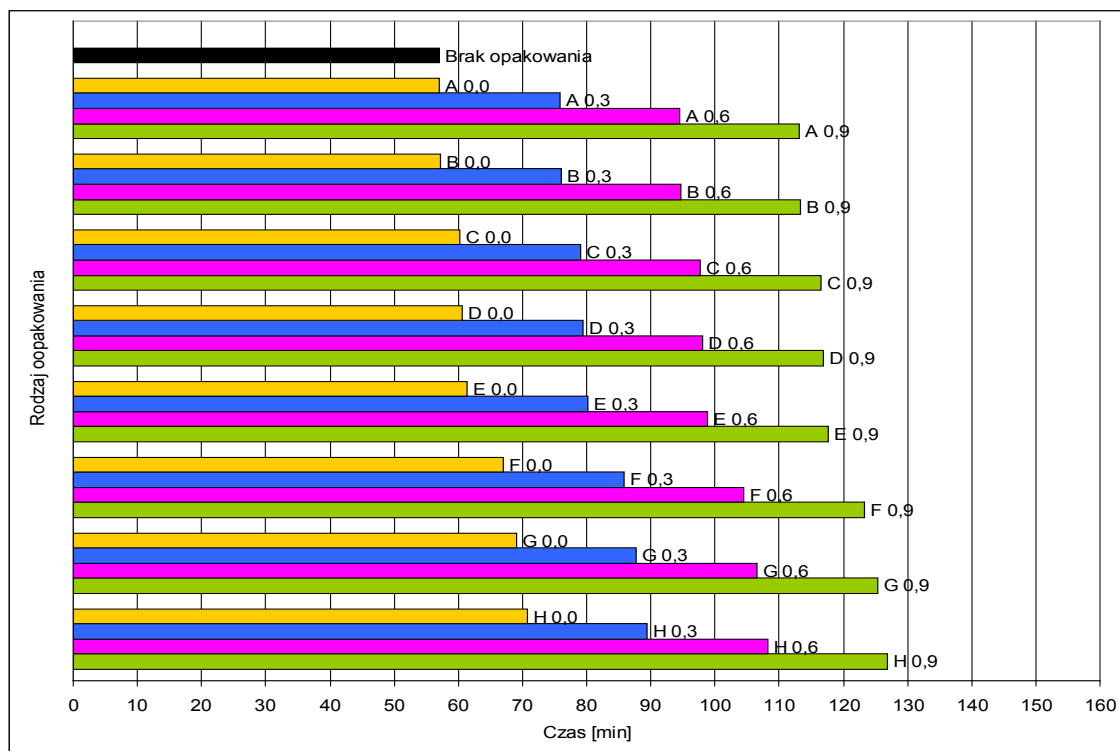


Rys. 1. Czas zamrażania wieprzowiny chudej w opakowaniu, bez i z warstwą powietrza, do temperatury końcowej -18°C: A, B, C, D, E, F, G, H - rodzaj opakowania, 0, 0,3, 0,6, 0,9 – grubość warstwy powietrza w mm.

Fig. 1. Freezing time of lean pork in a packaging, with and without a layer of air, to a final temperature of -18°C: A, B, C, D, E, F, G, H – type packaging, 0, 0,3, 0,6, 0,9 - thickness of the air layer in mm.

Źródło: Badania własne

Source: Own study

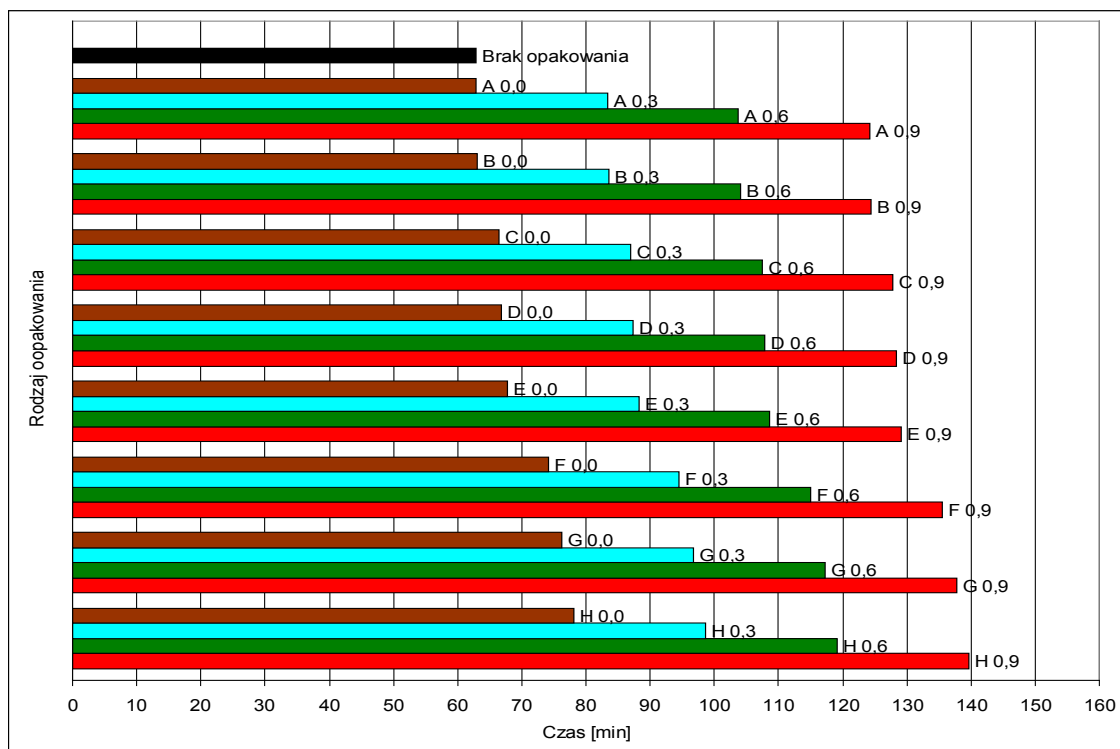


Rys. 2. Czas zamrażania wieprzowiny chudej w opakowaniu, bez i z warstwą powietrza, do temperatury końcowej -30°C: A, B, C, D, E, F, G, H - rodzaj opakowania, 0, 0,3, 0,6, 0,9 – grubość warstwy powietrza w mm.

Fig. 2. Freezing time of lean pork in a packaging, with and without a layer of air, to a final temperature of -30°C: A, B, C, D, E, F, G, H – type packaging, 0, 0,3, 0,6, 0,9 - thickness of the air layer in mm.

Źródło: Badania własne

Source: Own study

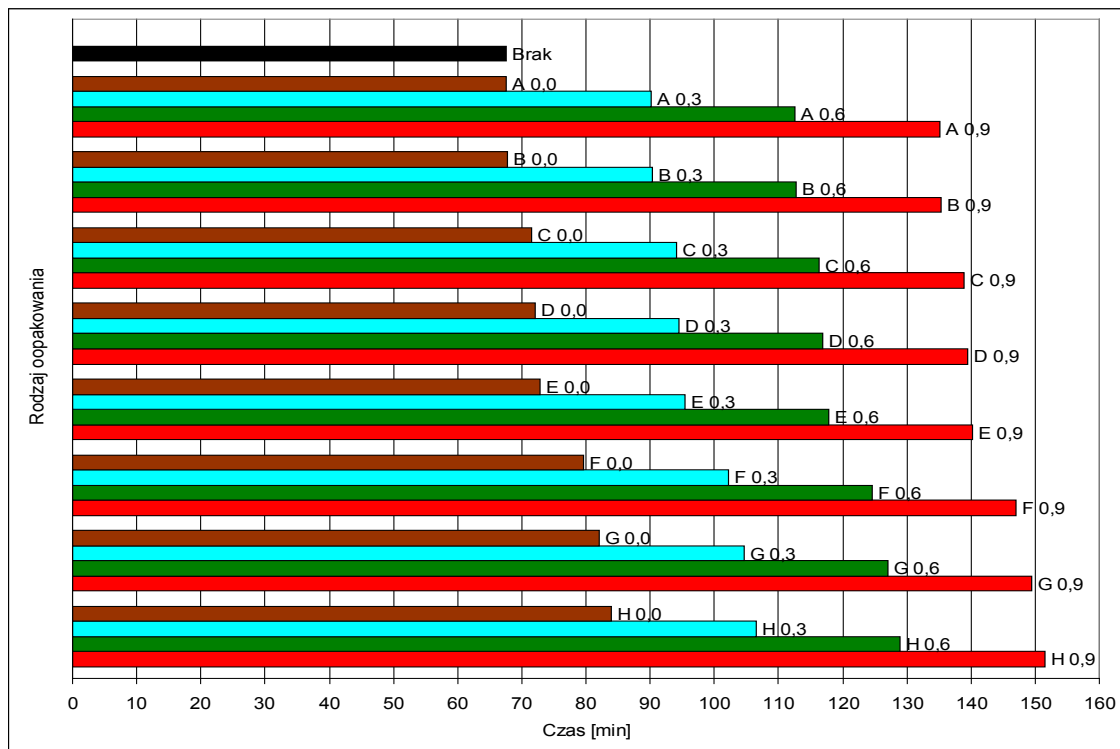


Rys. 3. Czas zamrażania filetów z dorsza w opakowaniu, bez i z warstwą powietrza, do temperatury końcowej -18°C : A, B, C, D, E, F, G i H - rodzaj opakowania, 0, 0,3 0,6, 0,9 – grubość warstwy powietrza w mm.

Fig. 3. Freezing time fillets of cod in the packaging, with and without a layer of air to a final temperature of -18°C : A, B, C, D, E, F, G, H - type of packaging, 0, 0,3 0,6, 0,9 - thickness of the air layer in mm.

Źródło: Badania własne

Source: Own study



Rys. 4. Czas zamrażania filetów z dorsza, bez i z warstwą powietrza, do temperatury końcowej -30°C : A, B, C, D, E, F, G i H - rodzaj opakowania, 0, 0,3 0,6, 0,9 – grubość warstwy powietrza w mm.

Fig. 4. Freezing time fillets of cod in the packaging, with and without a layer of air, to a final temperature of -30°C : A, B, C, D, E, F, G and H - type of packaging, 0, 0,3 0,6, 0,9 - thickness of the air layer in mm.

Źródło: Badania własne

Source: Own study

grubości warstwy powietrza do 0,6 mm spowodował wydłużenie czasu zamrażania ok. 65% (opakowanie A) i o ok. 89% (opakowanie H). Natomiast, kiedy grubość warstwy powietrza wynosiła 0,9 mm, czas zamrażania wydłużył się o ok. 87% (opakowanie A) i o ok. 121 % (opakowanie H). Obniżenie temperatury końcowej produktów z -18 do -30°C spowodowało wydłużenie czasu zamrażania od ok. 6 do ok. 9%, bez względu na wybrany rodzaj opakowania czy obecność lub brak warstwy powietrza dla badanych produktów (tab. 3-6).

WNIOSKI

1. Najkrótszym czasem zamrażania produktów nie opakowanych charakteryzowała się wieprzowina chuda, a najdłuższy czas zamrażania stwierdzono dla filetów z dorsza. Obniżenie temperatury końcowej produktów z -18 do -30°C spowodowało wydłużenie czasu ich zamrażania od 6 do 8%.
2. Rodzaj opakowania miał zróżnicowany wpływ na czas zamrażania, a decydujący wpływ na wydłużenie czasu zamrażania miała wartość oporu cieplnego opakowania. Folia aluminiowa nie miała praktycznie żadnego wpływu na wydłużenie czasu zamrażania, a opakowanie z kartonu parafinowego owiniętego w celofan czterowarstwowy (największy opór cieplny) wydłużyło czas zamrażania o 24,2% w odniesieniu do produktów nie opakowanych.
3. Obecność warstwy powietrza istotnie wydłużyła czas zamrażania, przy czym im grubość warstwy powietrza była większa, tym czas zamrażania był dłuższy.
4. Obniżenie temperatury końcowej badanych produktów z -18 do -30°C, spowodowało wydłużenie czasu zamrażania od 6 do 9%, bez względu na wybrany rodzaj opakowania czy obecność lub brak warstwy powietrza.
5. Przedstawiona analiza wpływu rodzaju opakowania oraz grubości warstwy powietrza na czas zamrażania produktów pochodzenia zwierzęcego przyczyni się do bardziej racjonalnego podejmowania decyzji przy wyborze najkorzystniejszego opakowania i zastosowania optymalnej metody pakowania.

LITERATURA

- [1] **DEMPSEY P., P. BANSAL. 2012.** „The art. of air blast freezing: Design and efficiency considerations”. *Applied Thermal Engineering* 41: 71-83.
- [2] **GRABOWSKA B., Z. KRÓLICKI. 2014.** „Opakowania do mrożonej żywności – charakterystyka, przegląd, normy i przepisy”. *Przemysł Spożywczy* 68(9): 16-18.
- [3] **GRUDA Z., J. POSTOLSKI. 1999.** *Zamrażanie żywności*. Wyd. 3. Warszawa: WNT.
- [4] **KALETA A., J. WOJDALSKI. 1995.** *Technika i gospodarka cieplna*. Warszawa: Wyd. SGGW.
- [5] **KLUZA F., D. GÓRAL. 1993.** „Statystyczna charakterystyka oddziaływania podstawowych parametrów zamrażania produktów spożywczych na efektywny czas trwania procesu”. *Chłodnictwo* 28(1): 27-28.
- [6] **PAŁACHA Z. 2010.** *Właściwości cieplne*. W: *Właściwości fizyczne żywności* (red. Z. Pałacha, I. Sitkiewicz), Warszawa: WNT: 81-112.
- [7] **PAŁACHA Z., D. BUŁKA. 2016.** „Analiza wpływu współczynnika wnikania ciepła na czas zamrażania wybranych owoców w tradycyjnych zamrażarkach owiewowych”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 26/49(2): 48-53.
- [8] **PAŁACHA Z., G. ŚWISTAK. 2015.** „Analiza czasu zamrażania wybranych warzyw przy zmiennych parametrach procesu zamrażania”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 25/46(1): 9-14.
- [9] **PAŁACHA Z., J. KRYSZTIAN. 2014.** „Analiza czasu zamrażania wybranych owoców przy zmiennych parametrach procesu zamrażania”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 24/45(2): 62-67.
- [10] **PAŁACHA Z., J. CIOŁEK. 2012.** „Wpływ temperatury zamrażania na zmiany gęstości wybranych gatunków mięsa”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 24/41(2): 41-45.
- [11] **PAŁACHA Z., E. JANISZEWSKA. 2012.** *Zamrażanie żywności*. W: *Wybrane zagadnienia obliczeniowe inżynierii żywności* (red. D. Witrowa-Rajchert, P.P. Lewicki), Warszawa: Wyd. SGGW: 252-281.
- [12] **PAŁACHA Z., W. RACZYŃSKI. 2005.** „Opracowanie metody oznaczania gęstości wybranych owoców w stanie zamrożonym”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 16/27 (2): 55-59.
- [13] **POSTOLSKI J. 2007.** „Prawie wszystko o... technologii chłodniczej żywności” (cz. 24). *Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna* 1: 11-16.

Dr hab. Renata KAZIMIERCZAK

Dr hab. Ewelina HALLMANN

Mgr inż. Urszula ZDUŃSKA

Katedra Żywności Funkcjonalnej, Ekologicznej i Towaroznawstwa
Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, SGGW w Warszawie

WPŁYW SYSTEMU PRODUKCJI NA ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH ZWIĄZKÓW BIOAKTYWNYCH W PRZYPRAWACH ZIOŁOWYCH ®

The impact of production systems on the content of selected bioactive
compounds in the herbal spices ®

Słowa kluczowe: przyprawy ziołowe, produkcja ekologiczna, produkcja konwencjonalna, flawonoidy, kwasy fenolowe, witamina C.

Celem pracy przedstawionej w artykule było porównanie zawartości związków o właściwościach przeciwutleniających w przyprawach ziołowych pochodzących z ekologicznego i konwencjonalnego systemu produkcji. Materiał do badań stanowiły dostępne na polskim rynku suszone przyprawy ziołowe: majeranek, oregano, lubczyk i kmin rzymski, w których oznaczono zawartość suchej masy metodą wagową, witaminy C metodą miareczkowania oraz związków fenolowych metodą HPLC. Uzyskane wyniki potwierdziły wyższą zawartość suchej masy, witaminy C i sumy kwasów fenolowych w certyfikowanych przyprawach pochodzących z produkcji ekologicznej w porównaniu do przypraw konwencjonalnych. Przyprawy konwencjonalne natomiast zawierały większą sumę flawonoidów. Ze względu na wysoką zawartość ważnych dla zdrowia związków bioaktywnych zioła z upraw ekologicznych powinny stanowić element wzbogacający dietę i być polecane w profilaktyce zdrowotnej.

Key words: herbal spices, organic production, conventional production, flavonoids, phenolic acids, vitamin C.

The aim of this article was to compare the antioxidant substances content in the herbal spices coming from organic and conventional production. The analyzes were done on four kind of dry spices available on the Polish market: marjoram, oregano, lovage and cumin. The following parameters were determined in herbs: dry matter by drying at 105 °C, vitamin C by the titration method and phenols content by the HPLC method. The results showed that the organic spices contained significantly more of dry matter, total phenolic acids, and vitamin C. Conventional spices contained more of total flavonoids. Herbal spices coming from the organic production create a valuable source of bioactive compounds and should be recommended as a preventive treatment.

WSTĘP

Rolnictwo ekologiczne to zrównoważony system produkcji rolniczej, którego celem jest dbałość o środowisko, utrzymanie gleby w odpowiednim stopniu żyzności i wytwarzanie wysokiej jakości żywności. Płody rolne są produkowane naturalnymi metodami, które nie powodują ich zanieczyszczenia, utraty wartości odżywczej oraz właściwości zdrowotnych [26].

Według licznych doniesień naukowych surowce i produkty roślinne z rolnictwa ekologicznego mają z reguły wyższą wartość odżywczą, sensoryczną, lepiej się przechowują i są pozbawione szkodliwych dla zdrowia pozostałości nawozów sztucznych i pestycydów [3, 5, 7, 9, 14, 20].

Rosnące zagrożenie ze strony żywności produkowanej z wykorzystaniem chemizacji na skalę globalną sprawia, że konsumenci poszukując na rynku żywnościowym produktów

pełnowartościowych, zdrowych i wolnych od zanieczyszczeń, wybierają coraz częściej żywność z rolnictwa ekologicznego, która stanowi dla nich synonim wysokiej jakości zdrowotnej i sensorycznej oraz bezpieczeństwa [23].

Teoria równowagi węglowo-azotowej (C/N) tłumaczy fakt wyższej zawartości substancji bioaktywnych o charakterze antyoksydacyjnym w roślinach w ekologicznym systemie produkcji. W myśl jej założeń rośliny uprawiane przy łatwym dostępie nawozów, a szczególnie azotowych, wytwarzają więcej związków zawierających azot, takich jak: aminokwasy, peptydy, białka i niektóre alkaloidy. Natomiast rośliny uprawiane w systemie ekologicznym, gdzie stosuje się nawożenie organiczne, ukierunkowują swój metabolizm na produkcję związków bezazotowych takich jak: węglowodany, związki fenolowe i witamina C oraz inne substancje o charakterze antyoksydantów [5].

Adres do korespondencji – Corresponding author: Renata Kazimierczak, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Katedra Żywności Funkcjonalnej, Ekologicznej i Towaroznawstwa, Nowoursynowska 159 c, 02-776 Warszawa, e-mail: renata_kazimierczak@sggw.pl

Zioła mają szerokie zastosowanie w leczeniu, kosmetyce oraz w żywieniu, dlatego dużą uwagę przywiązuje się do zawartości w nich korzystnych dla zdrowia związków bioaktywnych. Zioła przyprawowe pełnią nie tylko rolę składnika poprawiającego jakość sensoryczną posiłków, ale również pobudzają apetyt, poprawiają funkcjonowanie układu trawiennego, zapobiegają nowotworom, wzmacniają odporność, oddziałują na układ nerwowy i krwionośny. Właściwości zawdzięczają obecności przeciwutleniaczy, takich jak: flawonoidy, kwasy fenolowe i witamina C [24].

Witamina C należy do najważniejszych przeciwutleniaczy. Dzięki właściwościom przeciwutleniającym chroni organizm przed stresem oksydacyjnym [8]. Neutralizuje wolne rodniki, które powstają pod wpływem promieniowania UV, dzięki czemu chroni fotoreceptory i zmniejsza ryzyko zaćmy, a także opóźnia rozwój retinopatii cukrzycowej [25]. Inną ważną funkcją witaminy C jest regulacja produkcji prostaglandyn. Badania wykazały, że kwas askorbinowy uszczelnia naczynia i zmniejsza odczyny alergiczne oraz wpływa na podwyższenie odporności organizmu poprzez syntezę interferonu. Ponadto ma korzystny wpływ na obniżenie nadciśnienia tętniczego, bierze udział w profilaktyce miażdżycy, poprzez obniżenie poziomu cholesterolu całkowitego i LDL, jednocześnie podwyższając poziom cholesterolu HDL. Bierze również udział w detoksykacji organizmu z ozonu, dwutlenku azotu czy dymu tytoniowego, dzięki czemu przeciwdziała zatruciom układu oddechowego. Badania epidemiologiczne wykazały, że kwas askorbinowy obniża zachorowalność na nowotwory, w tym: raka przełyku, krtani, żołądka, jelita grubego, odbytu, szyjki macicy i piersi. Mechanizm antynowotworowego działania witaminy C polega min. na hamowaniu lizosomalnych glikozydaz, które ułatwiają rozprzestrzenianie się nowotworów [18].

Flawonoidy jako naturalne antyoksydanty odgrywają pozytywną rolę w zapobieganiu chorobom układu krwionośnego, gdyż efektywnie przeciwdziałają utlenianiu LDL. Poprzez hamowanie aktywności fosfodiesterazy i cyklooksygenazy skuteczniej od aspiryny zmniejszają agregację płytek krwi, co ma decydujące znaczenie w profilaktyce miażdżycy [22]. Wspólnie z witaminą C flawonoidy biorą udział w tworzeniu poprzecznych wiązań pomiędzy łańcuchami polipeptydowymi włókien kolagenu, wzmacniając w ten sposób naczynia krwionośne. Wykazują także działanie przeciwnowotworowe, polegające na zdolności wyłapywania wolnych rodników oraz neutralizacji uszkodzeń komórek wywoływanych przez wolne rodniki oraz tlen cząsteczkowy i nadtlenki, co przemawia za faktem, że związki te powinny być dostarczane w diecie codziennie [16, 17].

Kwasy fenolowe dzięki właściwościom przeciwutleniającym wykazują działanie przeciwmiażdżycowe, przeciwnowotworowe i przeciwbakteryjne. Eliminują reaktywne formy tlenu, zmiatają wolne rodniki, powodują chelatowanie jonów metali oraz inhibicję enzymów z grupy oksydaz. Dzięki temu organizm człowieka jest chroniony przed stresem oksydacyjnym i rozwojem chorób cywilizacyjnych. Udowodniono, że kwas ferulowy, kawowy i chlorogenowy wykazują zdolność redukcji i dezaktywacji substancji o charakterze mutagennym i kancerogennym jak np. aflatoksyna B₁. Z kolei kwas galusowy i kawowy zapobiegają powstawaniu mutagennych nitrozoamin [6, 22].

Większość badań mających na celu potwierdzenie różnic w zawartości związków biologicznie czynnych w surowcach pochodzących z rolnictwa ekologicznego i konwencjonalnego wskazuje na wyższą zasobność w składniki o działaniu prozdrowotnym płodów ekologicznych, jednak nie wszystkie dają spójne i jednoznaczne wyniki. Stąd też potrzeba prowadzenia dalszych badań w tym zakresie z udziałem różnych surowców i produktów.

Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań dotyczących porównania zawartości witaminy C, kwasów fenolowych, flawonoidów i suchej masy w dostępnych na rynku przyprawach ziołowych pochodzących z ekologicznego i konwencjonalnego systemu produkcji.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły suszone przyprawy ziołowe pochodzące z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej, które zakupiono w specjalistycznym sklepie z żywnością ekologiczną i w supermarkecie z żywnością konwencjonalną. Badaniom poddano majeranek, oregano, lubczyk i kmin rzymski, w których oznaczono zawartość: suchej masy metodą wagową (PN-R-04013:1988), flawonoidów i kwasów fenolowych metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej HPLC, z identyfikacją związków fenolowych według wzorców firmy Fluca i Sigma Aldrich [10] oraz witaminy C (kwasu L-askorbinowego) metodą miareczkową (PN-A-75101-11:1990).

Analizę statystyczną wyników przeprowadzono przy użyciu programu komputerowego STATGRAPHICS 5.1. Zastosowano analizę dwuczynnikową wariancji ANOVA z wykorzystaniem parametrycznego testu post hoc Tukey'a ($\alpha=0,05$). Badanymi czynnikami były metoda produkcji oraz gatunek przyprawy. Wartość współczynnika p podano przy rysunkach i tabelach. Dodatkowo obliczono odchylenia standardowe (SD) dla badanych grup ziół (zioła ekologiczne, zioła konwencjonalne). Każdą analizę przeprowadzono w trzech powtórzeniach. Różnice procentowe obrazujące zmiany zawartości badanych składników w przyprawach obliczono na podstawie wzoru Worthington [26]: $[(EKO - KONW) / KONW \times 100\%]$.

WYNIKI I DISKUSJA

Stwierdzono istotnie wyższą zawartość suchej masy w przyprawach ziołowych z produkcji ekologicznej w porównaniu do konwencjonalnych (tab. 1). Dane literaturowe w większości potwierdzają teorię wyższej zawartości suchej masy w surowcach pochodzących z uprawy ekologicznej, która wynika z faktu, że na skutek intensywnego nawożenia mineralnego stosowanego w rolnictwie konwencjonalnym rośliny gromadzą większą ilość wody w komórkach, przy jednoczesnym obniżeniu zawartości suchej masy [4]. Z wynikami badań własnych korespondują wyniki Seidler-Łożykowskiej i in. [21], którzy badali świeże ziele bazylii oraz majeranku odmiany Miraż. Natomiast przeciwne wyniki, nie potwierdzające wpływu systemu produkcji na zawartość suchej masy uzyskano w badaniu różnych gatunków suszonych przypraw ziołowych [11].

Tabela 1. Zawartość suchej masy, witaminy C oraz sumy flawonoidów i kwasów fenolowych w wybranych przyprawach ziołowych z produkcji ekologicznej (eko) i konwencjonalnej (konw)

Table 1. The content of dry matter, vitamin C and sum of flavonoids and phenolic acids in the selected herbal spices from organic (org) and conventional (conv) production systems

	Gatunek Species	Sucha masa Dry matter (g 100 g ⁻¹)*	Witamina C Vitamin C (mg 100 g ⁻¹)*	Flawonoidy Flavonoids (mg 100 g ⁻¹)*	Kwasy fenolowe Phenolic acids (mg 100 g ⁻¹)*
Produkcja ekologiczna Organic production	kmin rzymski / cumin	90,94±0,18	0,54±0,02	2,16±0,01	3,12±0,01
	lubczyk / lovage	96,07±0,65	2,93±0,80	2,83±0,05	3,32±0,02
	majeranek / marjoram	95,69±0,69	0,76±0,06	0,60±0,00	1,85±0,03
	oregano / oregano	92,72±0,83	1,27±0,06	1,71±0,00	1,09±0,00
	średnia ^{**} / mean	93,86±2,46	1,37±0,98	1,82±0,85	2,34±0,96
Produkcja konwencjonalna Conventional production	kmin rzymski / cumin	90,72±0,65	0,45±0,03	2,40±0,01	3,77±0,00
	lubczyk / lovage	93,91±0,93	0,93±0,04	2,65±0,04	1,77±0,06
	majeranek / marjoram	92,27±0,33	0,49±0,04	0,61±0,00	2,01±0,01
	oregano / oregano	93,42±0,78	1,28±0,08	1,72±0,02	1,17±0,01
	średnia ^{**} / mean	92,58±1,52	0,79±0,36	1,84±0,83	2,18±1,01
Różnica eko/konw ^{**} / Org/conv difference ^{**}		+1,38	+74,64	-1,13	+7,50
p-value					
system produkcji production system		0,0126	<0,0001	0,0490	<0,0001
gatunek species		0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
system produkcji x gatunek production system x species		0,0230	<0,0001	<0,0001	<0,0001

* średnia ± odchylenie standardowe

* mean ± standard deviation

** obliczone ze wzoru [(eko-konw)/konw]*100% wg Worthington [2001]

** calculated according to the formula [(org-conv)/conv]*100% under Worthington [2001]

Źródło: Badania własne

Source: The own study

W prezentowanych badaniach stwierdzono, że istotnie zasobniejsze w witaminę C były zioła ekologiczne (tab. 1). Pozytywny wpływ produkcji ekologicznej na zawartość witaminy C w przyprawach ziołowych potwierdziły badania Kazimierzak i in. [11]. Podobne wyniki na korzyść surowców ekologicznych uzyskano w przypadku slipek [15], owoców kiwi [1], cebuli [9] oraz marchwi [19]. Istnieją jednak doniesienia wykazujące brak różnic pomiędzy surowcami z obu systemów produkcji lub wyższą zawartość witaminy C w płodach konwencjonalnych. W badaniu brokułów nie stwierdzono różnicy pomiędzy zawartością kwasu askorbinowego w produkcji ekologicznej i konwencjonalnej [27], z kolei w kukurydzy konwencjonalnej wykazano o 34% wyższą zawartość witaminy C niż w kukurydzy ekologicznej [2].

Przeprowadzona analiza zawartości kwasów fenolowych i flawonoidów wykazała różnice pomiędzy przyprawami z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. Istotnie lepszym źródłem kwasów fenolowych okazały się przyprawy ziołowe pochodzenia ekologicznego, natomiast więcej flawonoidów zawierały przyprawy konwencjonalne (tab. 1). Wyższe zawartości flawonoidów w surowcu konwencjonalnym niż ekologicznym uzyskali również Kazimierzak i in. [13] w świeżym ziele melisy, mięty, lubczyku, tymianku i szałwii. Natomiast badania analogicznych surowców, które

pochodziły z tych samych gospodarstw (z poprzedniego okresu wegetacyjnego) nie wykazały różnic na korzyść ziół konwencjonalnych, bowiem stwierdzono w nich wyższą sumaryczną zawartość flawonoidów w surowcach ekologicznych [12]. Więcej kwasów fenolowych ogółem w ziołach ekologicznych stwierdzono w badaniach świeżego tymianku, szałwii, mięty, melisy i lubczyku [11]. Niestety w literaturze brak jest innych doniesień z zakresu zawartości kwasów fenolowych w przyprawach ziołowych z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. Badania jeżyn, truskawek, kukurydzy i kapusty chińskiej wykazały zbieżne z prezentowanymi wyniki, potwierdzające istotnie wyższą zawartość związków fenolowych w surowcach ekologicznych w porównaniu z konwencjonalnymi [2, 28].

Aby stwierdzić, które z badanych przypraw ziołowych cechował najbardziej bogaty i zróżnicowany skład związków fenolowych, badany materiał roślinny poddano analizie jakościowej. Z grupy kwasów fenolowych w produktach wykryto: kwas kawowy, kwas chlorogenowy, kwas galusowy, kwas ferulowy i kwas p-kumarynowy. Największą różnorodnością kwasów fenolowych odznaczał się majeranek, który zawierał cztery z pięciu wykrytych związków, kmin rzymski i oregano zawierały po dwa związki, natomiast w lubczyku kwasy fenolowe były reprezentowane jedynie przez kwas p-kumarynowy (rys.1).

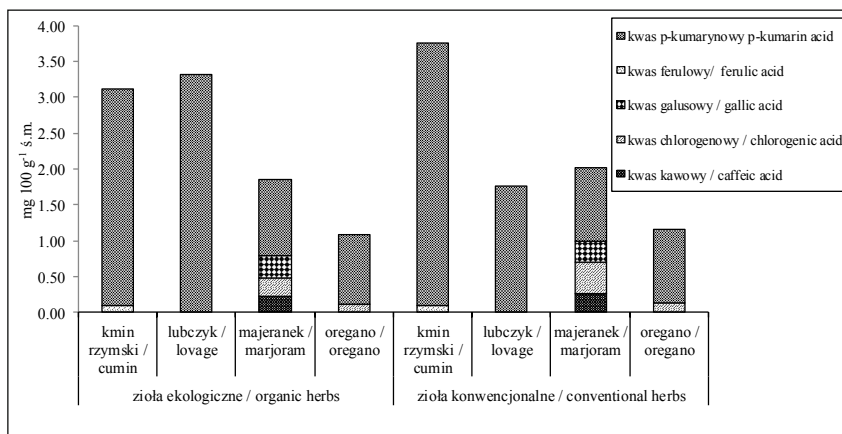
Analiza jakościowa związków z grupy flawonoidów pozwoliła na zidentyfikowanie następujących substancji: rutyna, kwercetyna, myricetyna, kempferol, D-glikozyd kwercetyny, D-glikozyd kempferolu oraz luteolina i apigenina. Największą ilością substancji z grupy flawonoidów odznaczały się lubczyk i kmin rzymski, które zawierały odpowiednio siedem i sześć z ośmiu zidentyfikowanych składników. Najmniej zróżnicowanym składem pod względem występujących flawonoidów charakteryzował się majeranek zawierający dwa związki z tej grupy – kwercetynę i kempferol (rys. 2).

Części ze zidentyfikowanych związków nie wykryto w niektórych z badanych próbek, co uniemożliwiło analizę statystyczną wyników w odniesieniu do wpływu sposobu uprawy i gatunków roślin na zawartość poszczególnych substancji.

Podsumowując można stwierdzić, że wyniki prezentowanych badań są zgodne z większością publikowanych rezultatów w zakresie jakości produktów ekologicznych. Jednocześnie trzeba pamiętać, że oprócz systemu produkcji ważnymi czynnikami jakości są: odmiana uprawianej rośliny oraz warunki środowiskowe (typ gleby, klimat, pogoda) [7]. W związku z tym konieczne jest dalsze prowadzenie badań w tym zakresie.

WNIOSKI

1. Analiza wybranych przypraw ziółowych z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej wykazała zróżnicowany poziom związków przeciwutleniających, przy czym przyprawy z produkcji ekologicznej były zasobniejsze w witaminę C i kwasy fenolowe, natomiast przyprawy konwencjonalne odznaczały się wyższą zawartością flawonoidów.
2. Ekologiczny sposób produkcji wpływał dodatkowo na zawartość suchej masy w produktach.
3. Niezależnie od systemu produkcji, z której pochodziły przyprawy, najwięcej witaminy C i flawonoidów zawierał lubczyk, natomiast najlepszym źródłem kwasów fenolowych okazał się kmin rzymski, przy czym kwasy fenolowe w jego składzie reprezentowane były jedynie przez kwasy p-kumarynowy i ferulowy.
4. W wyniku analizy jakościowej związków fenolowych zawartych w przyprawach stwierdzono, że najbardziej urozmaiconym składem flawonoidów odznaczały się kmin rzymski i lubczyk, natomiast majeranek zawierał najbogatszy skład kwasów fenolowych.
5. Przyprawy ziółowe, a zwłaszcza pochodzące z produkcji ekologicznej stanowią cenne źródło związków o charakterze antyoksydacyjnym, dzięki czemu mogą wpływać na poprawę zdrowia, dlatego powinny być polecane w codziennej diecie.

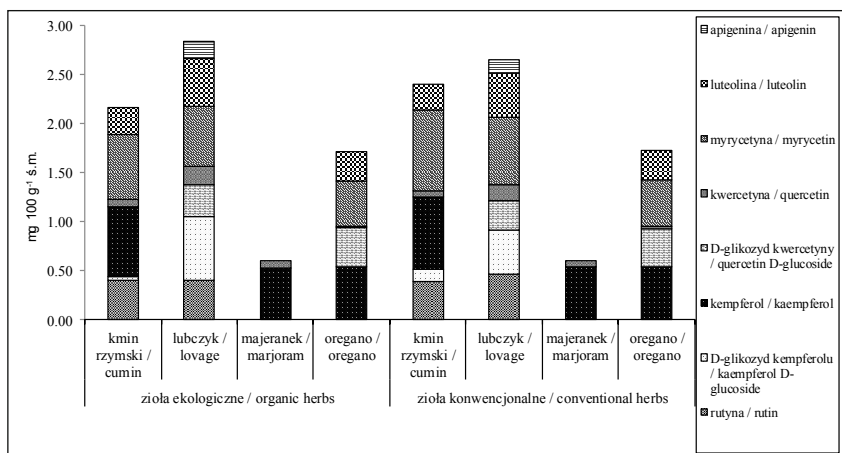


Rys. 1. Analiza jakościowa kwasów fenolowych oznaczonych w przyprawach ziółowych z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej (w mg 100 g⁻¹ ś.m.).

Fig. 1. The qualitative analysis of phenolic acids determined in organic and conventional herbal spices (in mg 100 g⁻¹ of fresh matter).

Źródło: Badania własne

Source: The own study



Rys. 2. Analiza jakościowa flawonoidów oznaczonych w przyprawach ziółowych z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej (w mg 100 g⁻¹ ś.m.).

Fig. 2. The qualitative analysis of flavonoids determined in organic and conventional herbal spices (in mg 100 g⁻¹ of fresh matter).

Źródło: Badania własne

Source: The own study

LITERATURA

- [1] AMODIO M.L., G. COLELLI, J.K. HASEY, A.A. KADER. 2007. „A comparative study of composition and postharvest performance of organically and conventionally grown kiwifruits”. J Sci Food Agric. 87: 1228-1236.
- [2] ASAMI D.K., Y.J. HONG, D.M. BARRETT, A.E. MITCHELL. 2003. „Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices”. J. Agric. Food Chem. 51 (5): 1237-1241.

- [3] **BARAŃSKI M., D. ŚREDNICKA-TOBER, N. VOLAKAKIS, CH. SEAL, R. SANDERSON, G.B. STEWART, CH. BENBROOK, B. BIAVATI, E. MARKELLOU, CH. GIOTIS, J. GROMADZKA-OSTROWSKA, E. REMBIAŁKOWSKA, K. SKWARŁO-SOŃTA, R. TAHVONEN, D. JANOVSÁ, U. NIGGLI, F. NICOT, AND C. LEIFERT. 2014.** "Higher antioxidant and lower cadmium concentrations and lower incidence of pesticide residues in organically grown crops: a systematic literature review and meta-analyses". *Br J Nutr.* 112 (5): 794-811.
- [4] **BENBROOK CH. M. 2005.** Elevating Antioxidant Levels in Food through Organic Farming and Food Processing. *An Organic Center State of Science Review:* 26-47.
- [5] **BRANDT K., J.P. MØLGAARD. 2001.** „Organic agriculture: does it enhance or reduce the nutritional value of plants foods?” *J. Sci. Food Agr.* 18: 924-931.
- [6] **BOUAYED J., T. BOHN. 2012.** Dietary Derived Antioxidants: Implications on Health. W: Bouayed J., Bohn T. (red.). *Nutrition, well-being and health.* Wyd. InTech, Croatia (224): 1-22.
- [7] **FIJOL-ADACH E.B., B. FELEDYN-SZEWCZYK, R. KAZIMIERCZAK, J. STALENGA. 2016.** „Wpływ systemu produkcji rolnej na występowanie substancji bioaktywnych w owocach truskawki”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 18 (2): 26–32.
- [8] **GRAJEK W. 2004.** „Rola przeciwutleniaczy w zmniejszeniu ryzyka wystąpienia nowotworów i chorób układu krążenia”. *ŻNTJ* 1: 3-11.
- [9] **HALLMANN E., E. REMBIAŁKOWSKA. 2007.** „Zawartość wybranych składników odżywczych w czerwonych odmianach cebuli z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej”. *ŻNTJ* 2 (51): 105-111.
- [10] **HALLMANN E. 2012.** „The influence of organic and conventional cultivation systems on the nutritional value and content of bioactive compounds in selected tomato types”. *J. Sci Food Agric.* 92: 2840–2848.
- [11] **KAZIMIERCZAK R., E. HALLMANN, M. ZIĘTARA, E. REMBIAŁKOWSKA. 2010a.** „Zawartość związków przeciwutleniających w wybranych przyprawach z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej”. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. Nauki Inżynierskie i Technologie* 2, 11:25.
- [12] **KAZIMIERCZAK R., E. HALLMANN, M. KAZIMIERCZYK, E. REMBIAŁKOWSKA. 2010b.** „Zawartość antyoksydantów w ziołach przyprawowych pochodzących z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej”. *J. Res. Appl. Agric. Engng.* 55 (3): 164-170.
- [13] **KAZIMIERCZAK R., O. SOKOŁOWSKA, E. HALLMANN, E. REMBIAŁKOWSKA. 2011.** „Zawartość związków bioaktywnych w roślinach zielarskich z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej”. *J. Res. Appl. Agric. Engng.* 56 (3): 200-205.
- [14] **LUNDERGÅRDH B., A. MÅRTENSSON. 2003.** „Organically produced plant foods - evidence of health benefits”. *Acta Agric. Scand. Sect. B, Soil and Plant Science* 53: 3-15.
- [15] **LOMBARDI-BOCCIA G., M. LUCARINI, S. LANZI, A. AGUZZI, M. CAPPELLONI. 2004.** „Nutrients and Antioxidant Molecules in Yellow Plums (*Prunus domestica* L.) from Conventional and Organic Productions: A comparative Study”. *J. Agric. Food Chem.* 52 (1): 90-94.
- [16] **MAJEWSKA M., H. CZECZOT. 2009.** „Flawonoidy w profilaktyce i terapii”. *Farm. Pol.* 65 (5): 369-377.
- [17] **MAJEWSKA-WIERZBICKA M, H. CZECZOT. 2012.** „Anticancer activity of flavonoids”. *Polski Merkuriusz Lekarski* 33 (198): 364-369.
- [18] **PODSEDEK A. 2007.** Naturalne przeciwutleniacze występujące w żywności. Witamina C, budowa i właściwości. W: Grajek W. (red.) *Przeciwutleniacze w żywności. Aspekty zdrowotne, technologiczne, molekularne i analityczne.* Warszawa: Wydawnictwa Naukowo Techniczne: 163-177.
- [19] **REMBIAŁKOWSKA E., E. HALLMANN. 2007.** „Wpływ metod uprawy ekologicznej i konwencjonalnej na wybrane parametry wartości odżywczej marchwi (*Daucus carota*)”. *Żywnienie Człowieka i Metabolizm* 1/2: 550-556.
- [20] **REMBIAŁKOWSKA E. 2007.** „Review: Quality of plant products from organic agriculture”. *J. Sci. Food Agr.* 87: 2757-2762.
- [21] **SEIDLER-ŁOŻYKOWSKA K., K. KAŻMIER-CZAK, W.A. KUCHARSKI, R. MORDALSKI, W. BUCHWALD. 2006.** „Yielding and quality of Sweet basil and Marjoram herb from organic cultivation”. *J. Res. Appl. Agric. Engng.* 51 (2): 157-160.
- [22] **SZAJDEK A., J. BOROWSKA. 2004.** „Właściwości przeciwutleniające żywności pochodzenia roślinnego”. *ŻNTJ* 4 (44): 36-39.
- [23] **TYBURSKI J., S. ŻAKOWSKA-BIEMANS. 2007.** Wprowadzenie do rolnictwa ekologicznego. Warszawa: Wydawnictwo SGGW: 24-259.
- [24] **WOJDYŁO A., J. OSZMIĄŃSKI, R. CZEMERYŚ. 2007.** „Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs”. *Food Chem.* 105 (3): 940-949.
- [25] **WOLSKI T., O. KALISZ, M. GERKOWICZ, M. SMORAWSKI. 2007.** „Rola i znaczenie antyoksydantów w medycynie ze szczególnym uwzględnieniem chorób oczu”. *Postępy Fitoterapii* 2: 82-89.
- [26] **WORTHINGTON V. 2001.** „Nutritional Quality of Organic Versus Conventional Fruits, Vegetables and Grains”. *J Altern Complement Med.* 7/2: 161-173.
- [27] **WUNDERLICH S.M., C. FELDMAN, S. KANE, T. HAZHIN. 2008.** „Nutritional quality of organic, conventional, and seasonally grown broccoli using vitamin C as a marker”. *J. Agr. Food Chem.* 59 (1): 34-45.
- [28] **ZHAO X., K.A. WILLIAMS, W. WANG, E. CAREY. 2008.** „Comparison of phenolic acids in organically and conventionally grown pac choi (*Brassica rapa* L. *chinensis*)”. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 59 (1): 34-45.

Prof. dr hab. inż. Leszek MIESZKALSKI
Katedra Organizacji i Inżynierii Produkcji, Wydział Inżynierii Produkcji
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

METODY MATEMATYCZNEGO MODELOWANIA KSZTAŁTU NASIONA LNU[®]

Methods mathematical modeling shape flax seeds[®]

Słowa kluczowe: len, nasiona, kształt, krzywe parametryczne, krzywe Béziera, krzywe przekrojów, modele matematyczne, modele 3D.

W artykule przedstawiono propozycję trzech metod matematycznego modelowania kształtu nasion lnu z wykorzystaniem krzywych parametrycznych, krzywych Béziera i krzywych przekrojów poprzecznych. W metodzie 1 matematycznego opisu kształtu nasion lnu zastosowano równania parametryczne bryły z ostrym wierzchołkiem. W metodzie 2 zastosowano równania parametryczne bryły z łukowym wierzchołkiem. W metodzie 3 zastosowano równania parametryczne krzywych Béziera i krzywych przekrojów poprzecznych. Wybrane do modelowania nasiona sfotografowano w płaszczyźnie XZ aparatem Panasonic LUMIX DMC-TZ3. Miarą oceny była na ustalonej wysokości w płaszczyźnie XZ maksymalna różnica odległości między krawędzią nasiona a krawędzią modelu. Metoda z wykorzystaniem krzywych Béziera i krzywych przekrojów poprzecznych może być stosowana do matematycznego modelowania kształtu nasion lnu.

Key words: flax, seeds, shape, parametric curves, Bezier curves, curves sections, mathematical models, 3D models.

The article presents of three methods of mathematical modeling of the shape of flax seed with the use of parametric curves, Bezier curves and curves of cross sections. In the method 1 mathematical description of the shape of the flax seed used parametric equations with a sharp apex. In method 2 uses parametric equations topped with an arched apex. The method 3 uses parametric equations of curves and Bezier curves of cross sections. Selected to modeling seeds photographed in the XZ plane Panasonic LUMIX DMC-TZ3 camera. Measure of assessment at a fixed height in plane XZ is maximum difference in distance between the edge of the seed and the edge of the model. Method using Bézier curves and cross-sections can be used for mathematical modeling of the shape of the flax seeds.

WSTĘP

Powierzchnia uprawy lnu na świecie w 2013 roku wynosiła 2,3 mln ha, a w Polsce 1400 ha [14]. Nasiona lnu są cennym surowcem dla przemysłu spożywczego [9, 10] zawierają duże ilości tłuszczu (38 ÷ 45 %), białka (24 ÷ 25 %), błonnika (20 ÷ 28 %) i związków mineralnych (3,5 ÷ 4 %) oraz są najbogatszym roślinnym źródłem kwasu α -linolenowego [3, 11, 12]. Siemię lniane jest stosowane do produkcji żywności funkcjonalnej ze względu na zawarte w nim składniki, które korzystnie wpływają na zdrowie człowieka [3, 4, 6, 8, 13, 17]. Sharma i Prasad [15] twierdzą, że właściwości fizyczne nasion i ziaren, w tym cechy geometryczne, odgrywają istotną rolę w projektowaniu urządzeń do przechowywania, transportu i przetwarzania. Anders, Markowski i Kaliniewicz [1] do określania podstawowych właściwości geometrycznych drobnych nasion stosowali metodę skanowania 3D i analizę obrazu. Singh i in. stwierdzili, że wzrost wilgotności nasion lnu powoduje istotny, liniowy wzrost wymiarów nasion, masy 1000 nasion, kąta zsypania i prędkości unoszenia [16]. Według Eissa [5] prędkość strumienia powietrza dla nasion lnu w kanale aspiracyjnym waha się od 2 do 6 m/s i związane jest to z kształtem nasion oraz ich wilgotnością. Nasiona

lnu mają długość od 3,0 do 6,4 mm, szerokość od 1,8 do 3,4 mm, a grubość od 0,5 do 1,6 mm [2, 7]. Anders opisuje kształt nasion lnu jako spłaszczony z zaznaczonym wierzchołkiem o powierzchni gładkiej i błyszczącej barwie od jasnożółtej do czerwono-brązowej [2].

W dostępnej literaturze nie spotkano prac z zakresu modelowania kształtu nasion lnu.

Celem artykułu jest opracowanie metod matematycznego modelowania kształtu nasion lnu na podstawie równań parametrycznych dla dwóch brył oraz wykorzystanie w zapisie parametrycznym krzywych Béziera i krzywych przekrojów poprzecznych nasion.

METODYKA I METODY

Nasiona lnu zakupiono w hurtowni w Broniszach i przechowywano w pomieszczeniu o temperaturze 20°C i wilgotności powietrza 53%. Do modelowania wybrano dwa nasiona (*A*, *B*) różniące się kształtem (rys. 1). Wymiary nasiona *A* były następujące: długość 4,8 mm; szerokość 2,5 mm; grubość 0,9 mm. Wymiary nasiona *B* były następujące: długość 5,1 mm; szerokość 2,4 mm; grubość 1,1 mm. Wilgotność nasion wynosiła 5,5%. Wybrane do modelowania nasiona

sfotografowano w płaszczyźnie XZ aparatem Panasonic LU-MIX DMC-TZ3 (obiektyw 4,6 do 48 mm, matryca 7200000 pikseli). Uzyskane zdjęcia o rozdzielczości 2560x1920 pikseli kadrowano i zapisywano w formacie JPEG.



Rys. 1. Wybrane nasiona lnu do modelowania. Pierwsze jest nasionem A, a drugie nasionem B.

Fig. 1. Flax seeds selected for modeling. First the semen of A, and the second semen of B.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

W celu matematycznego opisu kształtu nasion lnu opracowano równania parametryczne dwóch brył (metoda 1 i 2) odwzorowujących kształt nasion lnu. Do opracowania trzeciej metody matematycznego opisu kształtu nasion lnu wykorzystano w zapisie parametrycznym dwie krzywe Béziera opisujące kontur nasiona w płaszczyźnie XZ i opracowano cztery krzywe opisujące kontury przekrojów poprzecznych nasiona w płaszczyźnie XY . Z krzywych Béziera i krzywych przekrojów poprzecznych nasiona zbudowano bryłę 3D.

Oceny dokładności opracowanych modeli brył odwzorowujących kształt nasion lnu dokonano na podstawie porównania fotografii nasion lnu z rzutami na płaszczyznę XZ modeli brył odwzorowujących te nasiona. Miarą oceny była maksymalna odległość między krawędzią nasiona a krawędzią modelu mierzona na ustalonej wysokości w płaszczyźnie XZ . Pomiaru odległości między krawędzią nasiona a krawędzią modelu dokonano wykorzystując do tego celu graficzny program komputerowy Inkscape.

METODA 1. MATEMATYCZNY OPIS KSZTAŁTU NASION LNU NA PODSTAWIE RÓWNAŃ PARAMETRYCZNEGO BRYŁY Z OSTRYM WIERZCHOŁKIEM

Macierzowe równania współrzędnych punktów $X1$, $Y1$, $Z1$ leżących na powierzchni bryły zakończonej ostrym wierzchołkiem mają następującą postać:

$$X1_{i,j} = b1 \cdot \varphi_i \cdot \sin \varphi_i \cdot \sin \vartheta_j \quad (1)$$

$$Y1_{i,j} = a1 \cdot (\sin \varphi_i)^{d1} \cdot (\cos \vartheta_j)^{e1} \quad (2)$$

$$Z1_{i,j} = c1 \cdot \cos \varphi_i \quad (3)$$

gdzie:

$$\varphi_i = i \cdot \frac{\pi}{N} \quad (4)$$

$$\vartheta_j = j \cdot \frac{2 \cdot \pi}{N} \quad (5)$$

METODA 2. MATEMATYCZNY OPIS KSZTAŁTU NASION LNU NA PODSTAWIE RÓWNAŃ PARAMETRYCZNEGO BRYŁY Z ŁUKOWO ZAKOŃCZONYM WIERZCHOŁKIEM

Macierzowe równania współrzędnych punktów $X2$, $Y2$, $Z2$ leżących na powierzchni bryły zakończonej łukowym wierzchołkiem zamieszczono niżej:

$$X2_{i,j} = b2 \cdot \cos \left(\frac{i \cdot e2}{N} \right) \cdot \sin \left[\varphi_i - \frac{i}{N} \right] \cdot \sin \vartheta_j \quad (6)$$

$$Y2_{i,j} = a2 \cdot \frac{i}{2 \cdot N} \cdot (\sin \varphi_i)^{d2} \cdot \cos \vartheta_j \quad (7)$$

$$Z2_{i,j} = c2 \cdot \cos \varphi_i \quad (8)$$

Dane potrzebne do modeli według metod 1 i 2 zamieszczono w macierzy 9:

$$\begin{bmatrix} a1 & a2 \\ b1 & b2 \\ c1 & c2 \\ d1 & d2 \\ e1 & e2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,5 & 1 \\ 0,7 & 2 \\ 2,5 & 2,4 \\ 2 & 0,5 \\ 3 & 1,2 \end{bmatrix} \quad (9)$$

METODA 3. MATEMATYCZNY OPIS KSZTAŁTU NASION LNU NA PODSTAWIE RÓWNAŃ PARAMETRYCZNYCH KRZYWYCH BÉZIERA I KRZYWYCH PRZEKROJÓW POPRZECZNYCH

Równania parametryczne pierwszej krzywej Béziera opisującej dolną część nasiona lnu mają następującą postać:

$$X1_t = Ax \cdot \left(1 - \frac{t}{N}\right)^3 + A1x \cdot 3 \cdot \frac{t}{N} \cdot \left(1 - \frac{t}{N}\right)^2 + B1x \cdot 3 \cdot \left(\frac{t}{N}\right)^2 \cdot \left(1 - \frac{t}{N}\right) + Bx \cdot \left(\frac{t}{N}\right)^3 \quad (10)$$

$$Z1_t = Az \cdot \left(1 - \frac{t}{N}\right)^3 + A1z \cdot 3 \cdot \frac{t}{N} \cdot \left(1 - \frac{t}{N}\right)^2 + B1z \cdot 3 \cdot \left(\frac{t}{N}\right)^2 \cdot \left(1 - \frac{t}{N}\right) + Bz \cdot \left(\frac{t}{N}\right)^3 \quad (11)$$

$$Y1_t = z1 \cdot \cos(t - t) \quad (12)$$

Równania parametryczne drugiej krzywej Béziera opisującej wierzchołek nasiona lnu mają następującą postać:

$$X2_t = Ax \cdot \left(1 - \frac{t}{N}\right)^3 + A2x \cdot 3 \cdot \frac{t}{N} \cdot \left(1 - \frac{t}{N}\right)^2 + B2x \cdot 3 \cdot \left(\frac{t}{N}\right)^2 \cdot \left(1 - \frac{t}{N}\right) + Bx \cdot \left(\frac{t}{N}\right)^3 \quad (13)$$

$$Z2_t = Az \cdot \left(1 - \frac{t}{N}\right)^3 + A2z \cdot 3 \cdot \frac{t}{N} \cdot \left(1 - \frac{t}{N}\right)^2 + B2z \cdot 3 \cdot \left(\frac{t}{N}\right)^2 \cdot \left(1 - \frac{t}{N}\right) + Bz \cdot \left(\frac{t}{N}\right)^3 \quad (14)$$

$$Y2_t = Y1_t \quad (15)$$

Parametry skalujące krzywych Béziera zamieszczono w macierzy 16:

$$\begin{bmatrix} Ax & A1x & B1x & Bx & A2x & B2x & z11 \\ Az & A1z & B1z & Bz & A2z & B2z & t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,926 & -2,48 & 3,09 & 0,49 & -0,43 & -0,24 & 0,3 \\ 3,54 & -1,83 & -0,74 & 4,43 & 3,54 & 5,52 & 0 \dots N \end{bmatrix} \quad (16)$$

Krzywa opisująca przekroje poprzeczne nasiona lnu ma postać:

$$Xpn_{i,j} = Cn + Dn \cdot \sin\left(\frac{\varphi_i}{2} + 2\right)^{fn} \quad (17)$$

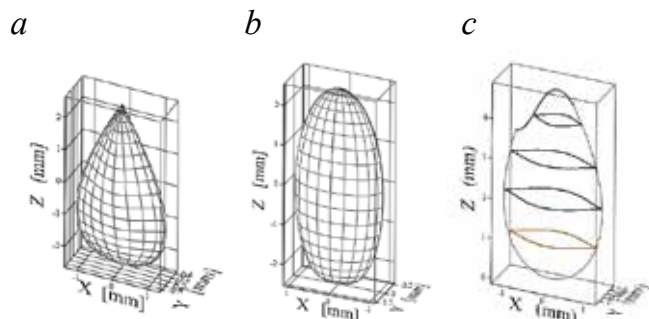
$$Ypn_{i,j} = An + Bn \cdot \cos\left(\frac{\varphi_i}{2} + 2\right)^{kn} \quad (18)$$

$$Zpn_i = zn \quad (19)$$

Parametry skalujące krzywych przekrojów poprzecznych nasiona lnu zamieszczono w macierzy 20:

$$\begin{bmatrix} A1 & B1 & C1 & D1 & f1 & k1 & z1 \\ A2 & B2 & C2 & D2 & f2 & k2 & z2 \\ A3 & B3 & C3 & D3 & f3 & k3 & z3 \\ A4 & B4 & C4 & D4 & f5 & k4 & z4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,3 & 0,4 & 0 & 1,8 & 13 & 1 \\ 0,3 & 0,5 & 0 & 1,2 & 13 & 2 \\ 0,3 & 0,4 & 0 & 1,056 & 13 & 3 \\ 0,3 & 0,3 & 0,1 & 0,588 & 13 & 4 \end{bmatrix} \quad (20)$$

Opisane według metod 1, 2 i 3 modele 3D nasion lnu zamieszczono rysunku 2.



Rys. 2. Modele 3D kształtu nasiona lnu: a - według metody 1, b - według metody 2, c - według metody 3.

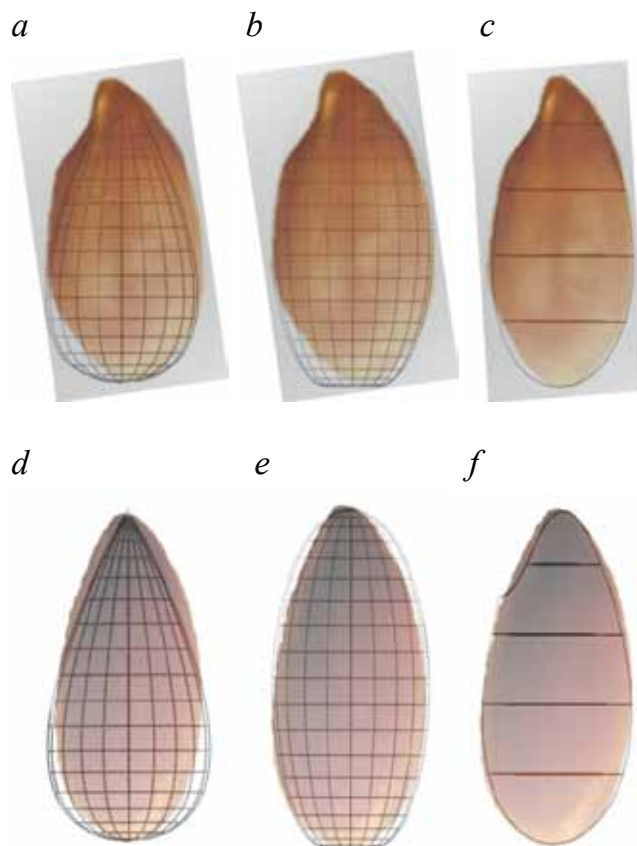
Fig. 2. 3D models of the shape of the seed flax: a - according to method 1, b - according to method 2, c - according to method 3.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

OCENA DOKŁADNOŚCI ODWZOROWANIA

Na rysunku 3 zamieszczono nałożone na siebie fotografie nasion lnu i rzuty ich modeli 3D na płaszczyznę XZ.



Rys. 3. Porównanie rzutów w płaszczyźnie XZ nasion lnu i ich modeli 3D: a - nasiono A metoda 1, b - nasiono A metoda 2, c - nasiono A metoda 3, d - nasiono B metoda 1, e - nasiono B metoda 2, f - nasiono B metoda 3.

Fig. 3. Comparison throws in the XZ plane flax seed and 3D models: a - seed A method 1, b - seed A method 2, c - seed A method 3, d - seed B method 1, e - seed B method 2, f - seed B method 3.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Wyniki oceny dokładności odwzorowania nasion lnu proponowanymi modelami brył 3D zamieszczono w tabeli 1.

Z tabeli 1 wynika, że maksymalna wartość odległości między krawędzią nasiona a krawędzią modelu w płaszczyźnie XZ wynosi 0,4 mm dla nasiona A i metody 1. Minimalna wartość odległości między krawędzią nasiona a krawędzią modelu w płaszczyźnie XZ wynosi 0,11 mm dla nasiona B i metody 3. Dla obu badanych nasion najmniejsza wartość odległości między krawędzią nasiona a krawędzią modelu w płaszczyźnie XZ wystąpiła w metodzie 3.

Tabela 1. Maksymalna odległość (mm) między krawędzią nasioną a krawędzią modelu w płaszczyźnie XZ

Table 1. The maximum distance (mm) between the edge of the seed and the edge of the model in a plane XZ

Numer metody	Wysokość pomiaru w płaszczyźnie XZ (mm)	Maksymalna odległość (mm)
Nasiono A		
1	3,7	0,4
2	4,3	0,31
3	0,4	0,12
Nasiono B		
1	4,1	0,27
2	4,4	0,17
3	3,8	0,11

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

WNIOSKI

1. Maksymalna wartość odległości między krawędzią nasioną a krawędzią modelu w płaszczyźnie XZ dla metody 1 wynosi od 0,27 mm do 0,4 mm.
2. Maksymalna wartość odległości między krawędzią nasioną a krawędzią modelu w płaszczyźnie XZ dla metody 2 wynosi od 0,17 mm do 0,31 mm.
3. Z proponowanych trzech metod matematycznego modelowania kształtu nasion lnu najdokładniejsze odwzorowanie uzyskano stosując metodę 3 polegającą na wykorzystaniu równań parametrycznych krzywych Béziera i krzywych przekrojów poprzecznych.

LITERATURA

- [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. 2008.** „Właściwości geometryczne części morfologicznych nasion lnu poddanych usuwaniu okrywy owocowo-nasiennej”. *Acta Agrophysica* 12(1): 7 – 17.
- [3] **DAUN J.K., V.J. BARTHET, T.L. CHORNICK, S. DUGUID. 2003.** “Structure, composition, and variety development of flaxseed”. In Thompson, L. U. and Cunnane, S. C. (Eds). *Flaxseed in Human Nutrition*, 2nd ed., 1-40. Champaign, Illinois: AOCS Press.
- [4] **DWIVEDI C., K. NATARAJAN, D. MATTHEES. 2005.** “Chemopreventive effects of dietary flaxseed oil on colon tumor development”. *Nutrition and Cancer* 51 (1): 52 – 58.
- [5] **EISSA A.H.A. 2009.** “Aerodynamic and solid flow properties for flaxseeds for pneumatic separation by using air stream”. *Int J Agric&BiolEng.* Vol. 2, 4: 31 – 45. <http://www.ijabe.org>
- [6] **FEDENIUK R. W., C. G. BILIADERIS. 1994.** “Composition and Physicochemical Properties of Linseed (*Linum usitatissimum* L.) Mucilage”. *J. Agric. Food Chem.* 42: 240 – 247.
- [7] **FREEMAN T.P. 1995.** “Structure of flaxseed”. In S. C. Cunnane& L. U. Thompson (Eds.), *Flaxseed in Human Nutrition*. Champaign, IL, AOCS Press: 11 – 21.
- [8] **GANORKAR P. M., R. K. JAIN. 2013.** “Flaxseed – a nutritional punch”. *International Food Research Journal* 20(2): 519 – 525.
- [9] **GUTIÉRREZ G., M. RUBILAR, C. JARA, M. VERDUGO, J. SINEIRO, C. SHENE. 2010.** “Flaxseed and flaxseed cake as a source of compounds for food industry”. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 10 (4): 454 – 463.
- [10] **JHALA A. J., L. M. HALL. 2010.** “Flax (*Linum usitatissimum* L.): Current Uses and Future Applications”. *Australian Journal of basic and Applied Sciences* 4(9): 4304 – 4312. ISSN 1991-8178.
- [11] **MIŃKOWSKI K., S. GRZEŚKIEWICZ, M. JERZEWSKA, M. ROPELEWSKA. 2010.** „Charakterystyka składu chemicznego olejów roślinnych o wysokiej zawartości kwasów linolenowych”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 6 (73): 146 – 157.
- [12] **MIŃKOWSKI K., A. KALINOWSKI, A. KRUPSKA. 2014.** „Wpływ sposobu przygotowania nasion oraz dławienia masy nasiennej w prasie ślimakowej na parametry procesu tłoczenia i cechy jakościowe oleju lnianego”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 4 (95): 75 – 87. DOI: 10.15193/ZNTJ/2014/95/075-087
- [13] **MAZZA G., C.G. BILIADERIS. 1989.** “Functional properties of flaxseed mucilage”. *J. Food Sci.* 54: 1302 – 1305.
- [14] **POPIS E., K. RATUSZ, M. PRZYBYSZ, K. KRYGIER, A. SAKOWSKA, M. KONARSKA. 2015.** „Światowa oraz polska produkcja lnu oleistego i oleju lnianego”. *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Problemy Rolnictwa Światowego* 15 (XXX), 2: 106 – 116.
- [15] **SHARMA S., K. PRASAD. 2013.** “Comparative Physical Characteristics of Linseed (*Linum usitatissimum*) Kernels”. *International Journal of Agriculture and Food Science Technology* 4, 7 (2013): 671 – 678. ISSN 2249-3050. <http://www.ripublication.com/ijafst.htm>
- [16] **SINGH K.K., D. MRIDULA, P. BARNWAL, J. REHAL. 2012.** “Physical and chemical properties of flaxseed”. *Int. Agrophys.*, 26, 423 – 426. DOI: 10.2478/v10247-012-0060-4
- [17] **TOURE, A., X. XUEMING. 2010.** “Flaxseed lignans: Source, biosynthesis, metabolism, antioxidant activity, bioactive components and health benefits”. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 9 (3): 261 – 269.

Dr inż. Karolina SZULC
Mgr inż. Jolanta ZMORZYŃSKA
Katedra Inżynierii i Organizacji Produkcji, Wydział Nauk o Żywności
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

AGLOMERACJA UKŁADÓW WIELOSKŁADNIKOWYCH®

Agglomeration of multiple systems®

Słowa kluczowe: proszki spożywcze, aglomeracja, właściwości fizyczne, zwilżalność.

Celem pracy przedstawionej w artykule była ocena wpływu składu surowcowego, aglomeracji i stężenia cieczy zwilżającej na właściwości fizyczne wieloskładnikowych mieszanin w proszku. Analiza właściwości fizycznych obejmowała: zawartość i aktywność wody, skład granulometryczny, gęstość nasypową i pozorną, porowatość złoza, zwilżalność. Przeprowadzone badania wykazały, że skład surowcowy, aglomeracja, jak i stężenie cieczy zwilżającej miały istotny wpływ na właściwości fizyczne analizowanej żywności w proszku. Aglomeracja wpłynęła na poprawę zwilżalności, wzrost rozmiarów cząstek i porowatości, obniżenie gęstości nasypowej układów wieloskładnikowych. Wraz ze wzrostem stężenia cieczy zwilżającej następowało obniżenie gęstości nasypowej aglomeratów, przy tendencji do wzrostu porowatości złoza cząstek.

Key words: food powders, agglomeration, physical properties, wettability.

The aim of this work article to evaluate the effect of raw material composition, agglomeration and concentration of wetting liquid on physical properties of powdered multicomponent mixtures. The following physical properties were measured: water content and water activity, particle size distribution, bulk and apparent density, porosity and wettability. The study showed that ingredients, agglomeration, and concentration of wetting liquid had a significant influence on physical properties of analysed food powders. Agglomeration had improved wettability, increased particle size and porosity, decreased bulk density of multiple systems. With increased in concentration of wetting liquid, the bulk density was decreased, with the tendency to increased porosity of agglomerates.

WSTĘP

Oferta żywności w proszku na rynku jest bardzo zróżnicowana poczynając od zup w proszku, kisielei, ciast i deserów, kawy, kakao, mleka w proszku, czy różnego rodzaju odżywek dla dzieci i sportowców. Koncentraty spożywcze w proszku to żywność specyficzna, która występuje w postaci sproszkowanych mieszanin surowców roślinnych i zwierzęcych z udziałem dodatków smakowo-zapachowych.

Aglomeracja to proces polegający na łączeniu drobnych cząstek w większe struktury, które charakteryzują się zbliżonym rozmiarem, kształtem, lecz zachowują podstawowe cechy fizykochemiczne materiału [7, 12]. Proces ten przyczynia się do poprawy użytkowych cech żywności w proszku [15]. Istnieje wiele metod aglomeracji proszków, które mają zastosowanie w przemyśle spożywczym, jak i farmaceutycznym [1, 10]. Metody te różnicują uzyskany aglomerat pod względem struktury, na co wpływ mają różnice w mechanizmach tworzenia/wzrostu aglomeratów i intensywności zeskalania cząstek [7, 11].

Proces aglomeracji na drodze mieszania mechanicznego może być realizowany w mieszalnikach do granulacji materiałów sypkich (w tym pylistych) oraz przy wykorzystywaniu cieczy zwilżającej o znacznej gęstości. Zaletami jest hermetyczność procesu, usuwanie zbryleń i możliwość stosowania przy zróżnicowanych rozmiarach, gęstości

i kształcie cząstek. Mieszalnik posiada mieszadło szybkoobrotowe powodujące ścinanie i zderzanie cząstek wewnątrz komory oraz dodatkowe mieszadło śmigłowe w celu intensyfikacji ścinania. Zaletą takiej aglomeracji jest powstawanie granulek o kulistym kształcie [3, 9, 13]. Aglomeracja zastosowana podczas mieszania mechanicznego daje możliwość granulacji różnych składników mieszanin, w których każdy ze składników może cechować się różnorodnymi właściwościami [6]. Czynnikiem nawilżającym podczas aglomeracji mogą być różne cieczy, których wybór rodzaju i stężenia wymaga doświadczenia, jak również wiedzy. W technologii materiałów sypkich do aglomeracji nawilżeniowej najczęściej stosowane są wodne roztwory węglowodanów [8].

Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań dotyczących oceny wpływu składu surowcowego, aglomeracji i stężenia cieczy zwilżającej na wybrane właściwości fizyczne układów wieloskładnikowych w proszku.

MATERIAŁY I METODY

Materiał badawczy stanowiły następujące proszki spożywcze: izolat białka sojowego, laktoza, odtłuszczone mleko w proszku, skrobia ryżowa (Hortimex Sp. z o.o.) oraz olej kokosowy w proszku (60% tłuszczu, Nutrimix Polska Sp. z o.o.).

Składniki wchodzące w skład układów w odpowiednich ilościach umieszczono w mieszalniku do granulacji materiałów sypkich o łącznym wsadzie 400 g. Czas mieszania wyniósł 5 min, a mieszadło obracało się z prędkością 253 obr/min. Skład mieszanin pod względem ogólnej zawartości składników odpowiadał składowi mleka modyfikowanego dla dzieci (tab. 1).

Tabela 1. Skład surowcowy wieloskładnikowych mieszanin w proszku (g/100 g mieszaniny)

Table 1. Raw material composition of multicomponent powdered mixture (g/100 g mixture)

Mieszanina	Izolat białka sojowego [g]	Olej kokosowy w proszku [g]	Laktoza [g]	Odtuszczone mleko w proszku [g]	Skrobia ryżowa [g]
I	15	30	55	0	0
II	15	30	42	0	13
III	0	30	42	15	13

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Aglomerację metodą mieszania mechanicznego przeprowadzano w mieszalniku do granulacji materiałów sypkich Lödige Plughshare Mixer. Mieszaninę o masie 400 g przenoszono do komory aglomeratora, mieszano przez 60 s, a następnie aglomerowano przez 2 min przy zadanych parametrach procesowych: prędkość obrotów mieszania – 253 obr/min, strumień przepływu cieczy zwilżającej – 15 ml/min, ciecz zwilżająca – 30 ml: 0 (woda), 10, 20 i 30% wodny roztwór maltodekstryny (DE=15).

Wilgotny aglomerat suszono w suszarce komorowej z wymuszonym obiegiem powietrza w temperaturze 50°C w czasie 20 min.

Zawartość wody w analizowanym materiale oznaczono metodą suszarkową w temperaturze 105 ± 1°C przez 4 h.

Aktywność wody oznaczono w aparacie Hygroskop DT1 (Rotronic), w temperaturze 24 ± 1°C. Naczynka pomiarowe uzupełniono proszkiem w ¾ objętości i umieszczano w komorze aparatu.

Oznaczenie składu granulometrycznego przeprowadzono metodą przesiewania analizowanego materiału przez sita o określonej wielkości. Materiał badawczy odważono w ilości 100 g i poddawano przez czas 10 min oscylacji o stałej częstotliwości 50 Hz. Skład granulometryczny oznaczano na sitach o wielkości oczek: 0 (odbieralnik), 90, 125, 150, 180, 212, 250, 355 oraz 500 µm.

Gęstość nasypową luźną określono na podstawie pomiaru wykonanego w objętościomierzu wstrząsowym STAV 2003 (J. Engelsmann AG). Materiał badawczy nasypywano do cylindra o pojemności 250 cm³. Aby wyznaczyć gęstość nasypową luźną cylinder wypełniono proszkiem do objętości 250 cm³ i ważono.

Gęstość pozorną wyznaczono przy użyciu piknometru helowego Stereopycnometr (Quantachrome Instruments).

Porowatość złoza luźno usypanego określono w oparciu o wartość gęstości nasypowej luźnej ρ_L i gęstości pozornej ρ : $\epsilon_L = (1 - \rho_L/\rho)$.

Zwilżalność proszku wyrażano, jako czas w sekundach potrzebny do zwilżenia wszystkich cząstek proszku (10 g) w wodzie o temperaturze 40°C.

Analizę statystyczną przeprowadzono wykorzystując jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA przy wykorzystaniu oprogramowania Statgraphics Plus 5.1. W celu wyznaczenia grup jednorodnych zastosowano test LSD. Wnioskowanie statystyczne przeprowadzono na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Tabela 2. Zawartość wody i aktywność wody wieloskładnikowych mieszanin w proszku

Table 2. Water content and water activity of multicomponent powdered mixtures

Mieszanina	Aglomeracja	Stężenie cieczy zwilżającej	Zawartość wody [%]	Aktywność wody [-]
I	-	-	2,95±0,2 ^{ab}	0,199±0,001 ^{bc}
II			3,85±0,2 ^{abcd}	0,265±0,001 ^{cd}
III			4,70±0,4 ^d	0,277±0,003 ^{cd}
IO	+	woda (0% wodny roztwór maltodekstryny)	3,95±0,4 ^{abcd}	0,164±0,001 ^{ab}
II0			4,50±0,1 ^{cd}	0,352±0,002 ^d
III0			3,80±0,0 ^{abcd}	0,266±0,004 ^{cd}
I10		10% wodny roztwór maltodekstryny	2,80±0,3 ^a	0,120±0,001 ^{ab}
II10			4,05±0,1 ^{bcd}	0,245±0,001 ^{cd}
III10			4,25±0,8 ^{cd}	0,268±0,001 ^{cd}
I20		20% wodny roztwór maltodekstryny	3,00±0,0 ^{ab}	0,204±0,001 ^{bc}
II20			3,60±0,1 ^{abcd}	0,136±0,001 ^{ab}
III20			3,55±0,2 ^{abcd}	0,145±0,001 ^{ab}
I30		30% wodny roztwór maltodekstryny	3,80±0,3 ^{abcd}	0,079±0,002 ^a
II30			3,30±0,0 ^{bcd}	0,082±0,001 ^a
III30			3,55±0,4 ^{abcd}	0,154±0,001 ^{ab}

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

W tabeli 1 przedstawiono zawartość i aktywność wody układów wieloskładnikowych w proszku. Zawartość wody analizowanej żywności w proszku zawierała się w przedziale 2,80 – 4,70%. Skład surowcowy badanych mieszanin miał istotny wpływ na zawartość wody. Zastąpienie części laktozy w składzie mieszaniny skrobią ryżową powodowało wzrost zawartości wody (mieszanina II i III). Aglomeracja poprzez mieszanie przy zastosowaniu wodnych roztworów maltodekstryny nie wpływała statystycznie istotnie na zawartość wody badanej żywności sypkiej.

Analizowane sproszkowane mieszanki charakteryzowały się zróżnicowaną aktywnością wody w zakresie 0,082 – 0,352 (tab. 2). Najwyższą aktywność wody wykazywały mieszanki aglomerowane wodą. Wraz ze wzrostem stężenia wodnych roztworów maltodekstryny (ciecz zwilżająca) od 0 do 30% następowało obniżenie aktywności wody otrzymanych aglomeratów.

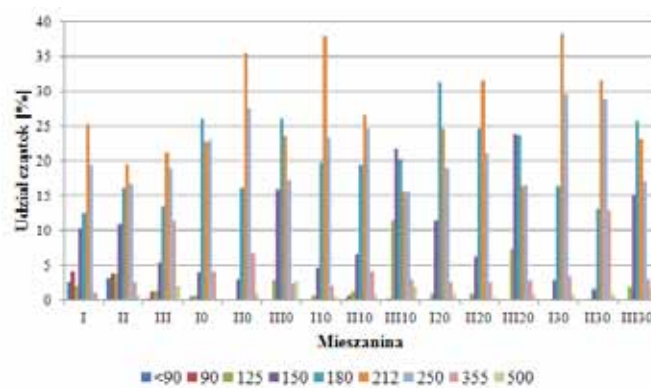
Skład surowcowy analizowanych układów wieloskładnikowych w proszku miał istotny wpływ na jego skład granulometryczny (rys. 1). Zmieszanie w różnych proporcjach poszczególnych składników wchodzących w skład mieszanki, które istotnie różniły się wielkością cząstek, wpłynęło na różnice w składzie granulometrycznym tych układów. Aglomeracja, niezależnie od stężenia wodnych roztworów maltodekstryny, znacząco wpłynęła na wzrost wielkości cząstek analizowanej żywności w proszku, a tym samym nastąpiło wyraźne przesunięcie składu granulometrycznego w kierunku większych cząstek (rys. 1). Wzrost rozmiarów cząstek proszków w czasie aglomeracji potwierdzają również inni autorzy [1, 2]. Stężenie wodnego roztworu maltodekstryny zastosowanego podczas aglomeracji miało istotny wpływ na wielkość cząstek utworzonych aglomeratów. Zastosowanie wody (0% roztwór maltodekstryny) jako cieczy zwilżającej w procesie aglomeracji cząstek wpłynęło na największy wzrost rozmiaru otrzymanych aglomeratów, dalsze zwiększenie stężenia roztworu maltodekstryny (od 10 do 30%) również przyczyniło się do zmniejszenia rozmiaru cząstek w stosunku do wody, ale otrzymane aglomeraty cechowały się średnicą większą w odniesieniu do mieszanki nieaglomerowanej. Zależność tą potwierdzają również badania nad żywnością wieloskładnikową w proszku prowadzone przez Domian i Burdzanowską [4], Forny i wsp. [5].

Gęstość nasypowa luźna analizowanych układów wieloskładnikowych zależała od składu surowcowego mieszanki (rys. 2). Ponadto gęstość nasypowa nieaglomerowanych mieszanki była zdecydowanie wyższa niż otrzymanych aglomeratów, niezależnie od stężenia wodnych roztworów maltodekstryny. Wraz ze wzrostem stężenia cieczy zwilżającej następowało obniżenie gęstości nasypowej luźnej aglomeratu. Z kolei gęstość pozorną, niezależnie od składu surowcowego i aglomeracji dla analizowanych mieszanki była zbliżona (rys. 3).

Szulc i Lenart [14] dokonując analizy właściwości fizycznych odżywek dla dzieci stwierdzili, że aglomeracja przyczyniła się do obniżenia gęstości nasypowej mieszanki zwilżanych wodnymi roztworami cukru, lecytyny, czy wody. Wykazali, iż gęstość nasypowa łączy się z porowatością złoża i występuje między nimi odwrotna zależność [7, 14].

Porowatość złoża uzależniona była od składu surowcowego, aglomeracji, jak i stężenia cieczy zwilżającej (rys. 4). Aglomeracja wpłynęła na wzrost porowatości złoża, podobnie jak i stężenie cieczy zwilżającej. Zaobserwowano tendencję wzrostu porowatości złoża wraz ze wzrostem stężenia roztworu.

Właściwości związane z odtwarzaniem proszku w cieczy silnie powiązane są z ich właściwościami fizycznymi i strukturalnymi. Dobrej zwilżalności proszku w cieczy sprzyja większy rozmiar cząstek, a także otwarta, porowata struktura [5]. Skład surowcowy wieloskładnikowych mieszanki w proszku miał istotny wpływ na ich zwilżalność (rys. 5).

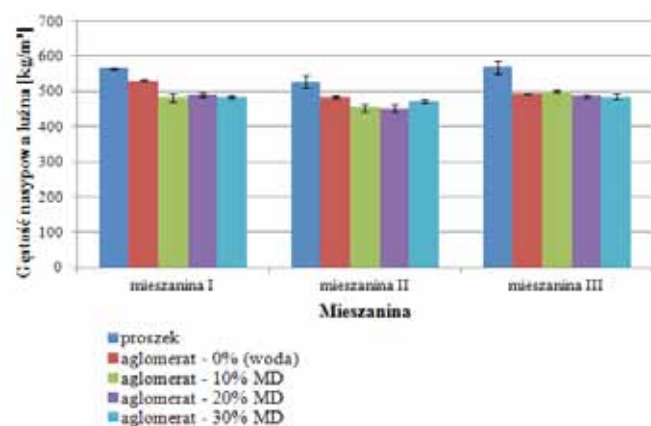


Rys. 1. Skład granulometryczny wieloskładnikowych mieszanki w formie proszku i aglomeratu.

Fig. 1. Particle size distribution of multicomponent mixtures in powdered and agglomerated form.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

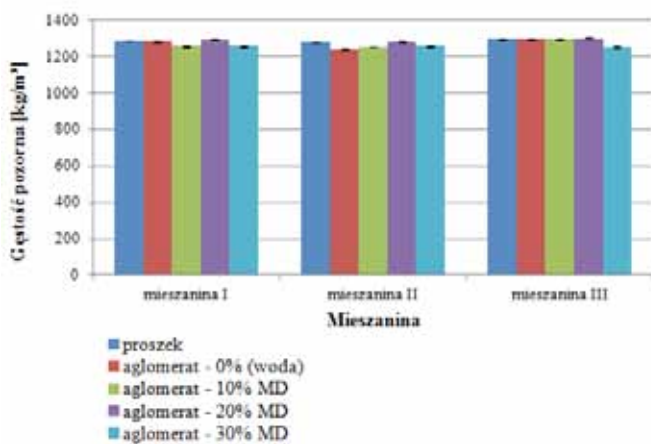


Rys. 2. Gęstość nasypowa luźna wieloskładnikowych mieszanki w formie proszku i aglomeratu.

Fig. 2. Loose bulk density of multicomponent mixtures in powdered and agglomerated form.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study



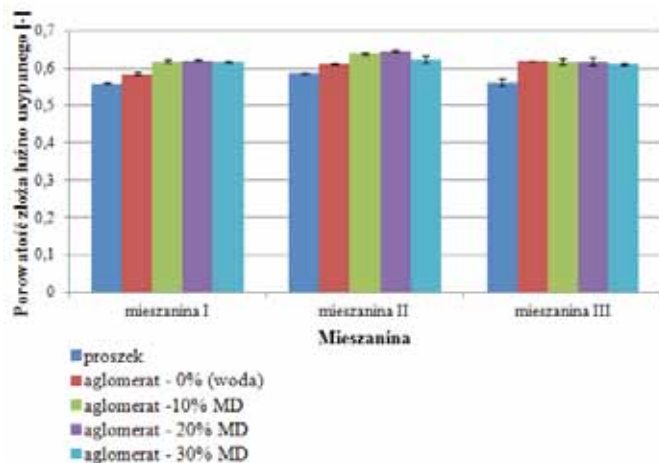
Rys. 3. Gęstość pozorną wieloskładnikowych mieszanki w formie proszku i aglomeratu.

Fig. 3. Apparent density of multicomponent mixtures in powdered and agglomerated form.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

WNIOSKI

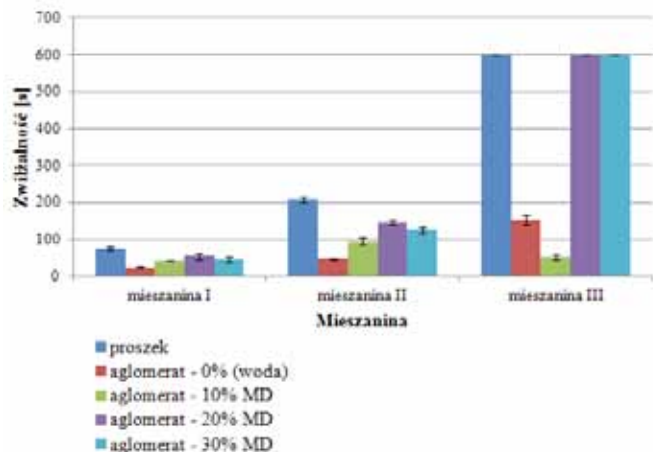


Rys. 4. Porowatość złoża wieloskładnikowych mieszanin w formie proszku i aglomeratu.

Fig. 4. Porosity of multicomponent mixtures in powdered and agglomerated form.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study



Rys. 5. Zwilżalność wieloskładnikowych mieszanin w formie proszku i aglomeratu.

Fig. 5. Wettability of multicomponent mixtures in powdered and agglomerated form.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Obecność skrobi ryżowej w układzie przyczyniła się od obniżenia zwilżalności proszku. Z kolei aglomeracja wpłynęła na znaczną poprawę zwilżalności proszku w wodzie. Wraz ze wzrostem stężenia cieczy zwilżającej maltodektryny następowało stopniowe wydłużenie czasu zwilżania. W przypadku mieszaniny III aglomerowanej 20% i 30% roztworem maltodektryny nie nastąpiła poprawa zwilżalności. Początkowo aglomeraty błyskawicznie zwilżały się w cieczy, ale po pewnym czasie proces uległ spowolnieniu i przypominał zwilżalność proszku przed aglomeracją [7]. Najprawdopodobniej w czasie aglomeracji, mogło zachodzić połączenie części cząstek w większe skupiska, podczas gdy część proszku nie uległa aglomeracji (np. z powodu niewystarczającej ilości cieczy zwilżającej). Potwierdza to rozmiar aglomeratów otrzymanych przy zastosowaniu 30% wodnego roztworu maltodektryny, które cechowały się najmniejszą średnicą w stosunku do pozostałych aglomeratów (rys.1).

1. Skład surowcowy badanych układów wieloskładnikowych w proszku wywierał istotny wpływ na analizowane właściwości fizyczne. Mieszanki proszków spożywczych, w których laktozę częściowo zastąpiono skrobią ryżową charakteryzowały się wyższą zawartością i aktywnością wody oraz znacznie obniżoną zwilżalnością.
2. Aglomeracja sproszkowanej żywności wpłynęła na wzrost rozmiarów cząstek, obniżenie gęstości nasypowej oraz wzrost porowatości w stosunku do układów przed aglomeracją. Wraz ze wzrostem stężenia cieczy zwilżającej następowało obniżenie gęstości nasypowej przy tendencji do wzrostu porowatości złoża cząstek.
3. Aglomeracja wieloskładnikowych mieszanin w proszku wpłynęła na poprawę zwilżalności materiału, niezależnie od stężenia cieczy zwilżającej. Wraz ze wzrostem stężenia maltodektryny zwilżalność aglomeratów ulegała obniżeniu.

LITERATURA

- [1] BARKOUTI A., C. TURCHIULI, J.A. CARCEL AND E. DUMOULIN. 2013. "Milk powder agglomerate growth and properties in fluidized bed agglomeration". Dairy Sci. Technol. 93: 523-535.
- [2] CHÁVEZ MONTES E., N. DOGAN, R. NELISSEN, A. MARABI, L. DUCASSE, G. RICARD. 2011. "Effects of drying and agglomeration on the dissolution of multi-component food powders". Chem. Eng. Technol. 34: 1159-116.
- [3] CUQ B., C. GAIANI, C. TURCHIULI, L. GALET, J. SCHER, R. JEANTET, S. MANDATO, J. PETIT, I. MURRIETA-PAZOS, A. BARKOUTI, P. SCHUCK, E. RONDET, M. DELALONDE, E. DUMOULIN, G. DELAPLACE, T. RUIZ. 2013. "Advances in food powder agglomeration engineering". Adv. food Nutr. Res. 69: 41-103.
- [4] DOMIAN E., D. BURDZANOWSKA. 2006. „Wpływ aglomeracji w mechanicznie generowanym złożu fluidalnym na gęstość i porowatość modelowej żywności w proszku". Inżynieria Rolnicza 2 (77): 255-261.
- [5] FORNY L., A. MARABI, S. PALZER. 2011. "Wetting, disintegration and dissolution of agglomerated water soluble powders". Powder Technol. 206(1):72-78.
- [6] JI J., J. FITZPATRICK, K. CRONIN, M.A. FENELON, S. MIAO. 2017. "The effects of fluidised bed and high shear mixer granulation processes on water adsorption and flow properties of milk protein isolate powder". J. Food Eng. 192: 19-27.
- [7] JI J., K. CRONIN, J. FITZPATRICK, P. MAGUIRE, H. ZANG, S. MAGUIRE, H. MIAO. 2016. "The structural modification and rehydration behaviours of milk protein isolate powders: The effect of granule growth in the high shear granulation process". J. Food Eng. 189: 1-8.

- [8] **JINAPONG N., M. SUPHANTHARIKA, P. JAMNONG. 2008.** "Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration". *J. Food Eng.* 84: 194-205.
- [9] **OULAHNA D., F. CORDIER, L. J.A. DODDS. 2003.** "Wet granulation: the effect of shear on granule properties". *Powder Technol.* 130: 238-246.
- [10] **PALZER S. 2011.** "Agglomeration of pharmaceutical, detergent, chemical and food powders similarities and differences of materials and processes". *Powder Technol.* 206(1): 2-17.
- [11] **POSZYTEK K., A. LENART. 2006.** „Granulacja żywności w formie proszku”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 1: 43-46.
- [12] **RAJNIAK P., C. MANCINELLI, R. CHERN, F. STEPANEK, L. FARBER, B. HILL. 2007.** "Experimental study of wet granulation in fluidized bed: impact of the binder properties on the granule morphology". *Int. J. of Pharm.* 334(1): 92-102.
- [13] **SZULC K., A. LENART. 2007.** „Aglomeracja sproszkowanych odżywek dla dzieci”. *Właściwości geometryczne, mechaniczne i strukturalne surowców i produktów spożywczych* (red. B. Dobrzański, L. Mieszalski), Warszawa: FRNA: 107-128.
- [14] **SZULC K., A. LENART. 2007.** „Wpływ aglomeracji na właściwości użytkowe sproszkowanych modelowych odżywek dla dzieci”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 5(54): 312-320.
- [15] **SZULC K., A. LENART. 2010.** „Effect of agglomeration on flowability of baby food powders”. *J. Food Sci.* 75(5): 276-284.

Dr inż. Dorota NOWAK
 Mgr inż. Angelika NIENAUTOWSKA
 Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji
 Wydział Nauk o Żywności, SGGW w Warszawie

WPŁYW WARUNKÓW LIOFILIZACJI NA WŁAŚCIWOŚCI SUSZONEGO PRZECIERU Z OWOCÓW DZIKIEJ RÓŻY®

Influence of lyophilization conditions on the properties of dried *RUGOSA ROSE* hip puree®

Słowa kluczowe: witamina C, właściwości sorpcyjne, liofilizacja, powlekanie.

W pracy zaprezentowanej w artykule badano właściwości liofilizowanego przecieru z owoców dzikiej róży. Postawiono hipotezę, że dodanie do przecieru biopolimerów takich jak skrobia rozpuszczalna (2%), inulina (1%) czy maltodekstryna (30%) pozwoli uzyskać powłokę ograniczającą kontakt z powietrzem, a poprzez to ograniczyć reakcję utleniania, głównie witaminy C oraz zmodyfikować inne cechy fizyczne suszu.

Miazgę mrożono w temperaturze -40°C i liofilizowano w temperaturze półki 0, 25 i 50°C. W suszu oznaczono zawartość witaminy C, barwę, aktywność wody i właściwości sorpcyjne.

Stwierdzono największy efekt ochronny dla zachowania witaminy C w przypadku prowadzenia procesu w temperaturze 25°C i zastosowania maltodekstryny. W tych warunkach uzyskano najwyższą zawartość witaminy C wynoszącą 1759 mg/100 g suchej substancji. Bez substancji ochronnej wartość ta wynosiła 750 mg/100 g suchej substancji. Dodatek maltodekstryny obniżył 2-krotnie aktywność wody liofilizatu oraz jego zdolność do adsorpcji wody.

Key words: vitamin C, sorption properties, freeze drying, coating.

In the work presented in the article properties of lyophilized rugosa rose fruit pulp. It was hypothesized that adding the biopolymers such as soluble starch (2%), inulin (1%) or maltodextrin (30%) to the puree would produce a film preventing from a contact with air and thereby inhibiting the oxidation reaction, mainly oxidation of vitamin C and modifying other physical characteristics of dried material.

The pulp was frozen at -40°C and lyophilized at the shelf temperature of 0, 25 and 50°C. The vitamin C content, color, water activity and sorption properties were determined.

It was found that the greatest protective effect for vitamin C retention was observed in the case of processing at 5°C and use of maltodextrin. Under these conditions, the highest vitamin C content of 1759 mg/100 g DM was reported. Without protective agent, the value was 750 mg/100 g DM. The maltodextrin addition reduced the water activity of lyophilisate by 2-fold and its water adsorption capacity.

WSTĘP

Róża pomarszczona *Rosa rugosa* jest rośliną występującą w większości krajów Europy. W Polsce występuje w wielu miejscach w warunkach naturalnych, jednak najczęściej jest to region południowo wschodniej Polski [20]. Jest więc gatunkiem mało wymagającym. Występuje na glebach nieurodzajnych, piaszczystych, a nawet zasolonych. Wymaga jedynie miejsc nasłonecznionych [15]. Owoce dzikiej róży wykorzystywane są w przemyśle spożywczym (susze, marmolady, dżemy, nektary, herbaty lub syropy), ale i farmaceutycznym, na przykład w produkcji suplementów diety [2, 4, 10, 12].

Owoce dzikiej róży są cenne ze względu na skład chemiczny. Zawierają bardzo dużo witaminy C, nawet 30 – 40 razy więcej niż owoce cytrusowe, 10 razy więcej niż owoce czarnej porzeczki i ponad 100 razy więcej niż jabłka [9]. Stwierdzono, że, w zależności od gatunku, zawartość witaminy C waha się w granicach od 68 do 3500 mg/100 g surowca [1]. Zawartość witaminy C w pseudoowocach róży

może kształtować się w szerokim zakresie od 300 do 4000 mg%, najczęściej podawana jest wartość od 840 do 3500 mg% [13]. Zmienia się w zależności od okresu, w którym zostały zebrane owoce, warunków agrotechnicznych uprawy [8, 12], sposobu ich przechowywania oraz przetwarzania. Ponadto owoce zawierają bardzo dużo innych witamin takich jak: B1, B2, B3 (PP), K, A oraz E, a także duże ilości karotenoidów, pektyn, bioflawonoidów, kwasów organicznych, garbników [1, 3, 5, 8] i innych substancji bioaktywnych [1, 3, 8, 12 17].

Ze względu na swoją wysoką wartość żywieniową, a jednocześnie małą atrakcyjność w formie nieprzetworzonej, owoce róży, stanowią bardzo cenny surowiec dla przetwórstwa spożywczego. Susz z róży o wysokiej retencji składników żywieniowych stanowić może doskonały koncentrat, który może być traktowany jako naturalny suplement diety bądź jako dodatek wzbogacający do różnych produktów. Najbardziej właściwą metodą do utrwalenia owoców dzikiej róży wydaje się liofilizacja. Proces zamrażania

poprzedzający liofilizację praktycznie zatrzymuje zmiany chemiczne i biochemiczne [18]. W efekcie liofilizat ma smak, zapach i barwę zbliżoną do świeżych owoców [7]. Z kolei niska temperatura procesu oraz brak powietrza w komorze liofilizatora pozwalają na zachowanie związków termolabilnych i łatwo utleniających się. Liofilizat ma porowatość w przedziale 80 do 90% [11], co powoduje, że łatwo ulega rehydracji.

Niektóre jednak cechy liofilizatu mogą przyczynić się do pogorszenia jakości w czasie przechowywania. Jedną z nich jest amorficzność składników suchej substancji, które w czasie przechowywania, podlegają krystalizacji [6]. W efekcie uwalnia się woda, powodując wzrost aktywności wody i utratę kruchości materiału. Obecność struktur amorficznych powoduje również zwiększenie higroskopijności liofilizatów. Niska zawartość wody liofilizatów, często na poziomie 2-3% powoduje, że brak jest monowarstwy stanowiącej barierę dla kontaktu z tlenem, co w połączeniu z wysoką porowatością, stwarza dobre warunki do utleniania składników liofilizatu. Należy więc szukać sposobów zabezpieczenia ich wysokiej wartości żywieniowej. Jednym z tych sposobów wydaje się być powlekanie z wykorzystaniem biopolimerów [7, 16].

Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań dotyczących weryfikacji hipotezy zakładającej, że dodanie do przecieru z owoców róży biopolimerów, takich jak skrobia rozpuszczalna, inulina czy maltodekstryna, pozwoli uzyskać powłokę ograniczającą kontakt z powietrzem, a poprzez to ograniczyć reakcję utleniania, głównie utleniania witaminy C oraz korzystnie zmodyfikować inne cechy fizyczne suszu.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiał do badań stanowiły owoce róży pomarszczonej *Rosa rugosa*, mrożone w warunkach przemysłowych (zamrażanie fluidalne, w temperaturze -30°C) i stanowiące surowiec zakładu produkującego nektary. Do czasu eksperymentów owoce były przechowywane w temperaturze -22°C .

Procedurę przygotowania musów opracowano w oparciu o technologię stosowaną w warunkach przemysłowych. Z rozmrożonych owoców przygotowywano mus, łącząc owoce pozbawione pestek z wodą, roztworem enzymu pektynolitycznego lub biopolimeru w stosunku wagowym 1:1. Uzyskaną mieszaninę rozparzano w temperaturze 95°C przez około 15 minut, a następnie homogenizowano. Materiał z dodatkiem enzymów pektynolitycznych przed homogenizacją termostatowano w łaźni wodnej o temperaturze 50°C przez 2 godziny, zgodnie z zaleceniami dla preparatu pektynolitycznego Peclyve LI (Luvenc, France). Zastosowano następujące roztwory biopolimerów: 30% roztwór maltodekstryny niskoscukrzowej (DE 6), 2% roztwór skrobi rozpuszczalnej, 1% roztwór inuliny. Materiałem odniesienia był mus przygotowany z dodatkiem czystej wody. Otrzymany mus umieszczano w aluminiowych tackach o średnicy 20 cm, w warstwie o grubości ok. 1 cm, i mrożono w temperaturze -40°C , w warunkach konwekcji wymuszonej, przez 1 godzinę w zamrażarce IRINOX. Liofilizację prowadzono przez 24 godziny w liofilizatorze marki Christ model Gamma 1-16 LSC w różnych wariantach temperatury półki: 0, 25 i 50°C , przy ciśnieniu 63 Pa. Bezpośrednio po liofilizacji susz pakowano

w woreczki barierowe dla pary wodnej z folii trójwarstwowej PET/met/PE przystosowanej do kontaktu z żywnością oraz szczelnie zamykano przy pomocy zgrzewarki. Aby ocenić właściwości tak uzyskanego suszu oznaczono zawartość witaminy C, barwę, aktywność wody i właściwości sorpcyjne. Oznaczenia wykonano po 2 dniach od suszenia.

Oznaczenie aktywności wody

Aktywności wody w suszach po liofilizacji oznaczono w aparacie HygroLab Rotronic, w temperaturze 25°C .

Oznaczenie zawartości witaminy C

Zawartość witaminy C oznaczono na podstawie Polskiej Normy PN-A-04019. Metoda ta polega na ekstrakcji witaminy C kwasem szczawiowym oraz utlenieniu w środowisku kwaśnym kwasu L-askorbinowego do dehydroaskorbinowego przy pomocy barwnika 2,6 – dichlorofenolindofenolu. Barwnik ten ulega redukcji do bezbarwnego leukozwiązku, który, przy pH 4,2, barwi się na czerwono.

Oznaczenie parametrów barwy

Oznaczenie barwy przeprowadzono w aparacie Minolta CR – A70 w układzie CIE Lab poprzez pomiar składowych trójchromatycznych a^* , b^* , L^* . Rozdrobniony susz umieszczono w aparacie na szalce, a następnie dokonywano pomiaru parametrów barwy a^* - oś barwy od zielonej do czerwonej, b^* - oś barwy od niebieskiej do żółtej oraz L^* - jasności barwy [%]. Dla każdej próbki wykonano 3 powtórzenia.

Wyznaczenie kinetyki sorpcji

Rozdrobniony susz umieszczano w suszarce próżniowej, w temperaturze 70°C przez 24 godziny do uzyskania całkowitej suchej substancji. Następnie, wytarowane naczynka ze znaną masą suszu, umieszczono w ekssykatorze nad nasycionym roztworem NaCl (aktywność wody 0,756) i mierzone przyrost masy suszu w czasie poprzez ważenie naczynek z suszem po 15, 30, 45, 60, 120, 240, 1440 minutach.

Opracowanie wyników

Wyniki zawartości witaminy C podano w przeliczeniu na ilość suchej substancji pochodzącej z róży. Wyznaczono bezwzględną różnicę barwy (ΔE^*). Parametry barwy poddano dwuczynnikowej analizie wariancji w programie STATISTICA. Sporządzono wykresy średnich brzegowych wartości poszczególnych parametrów w zależności od wpływających na nie czynników oraz ich interakcji. Przeprowadzono test porównań wielokrotnych (test Tukeya), aby sprawdzić, które ze średnich różniły się między sobą w sposób statystycznie istotny. Wyniki testu naniesiono na wykresy średnich brzegowych w postaci oznaczeń literowych.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Zawartość suchej substancji w mrożonych owocach wynosiła $22,67 \pm 0,36$ mg%. Są to wartości zbliżone do danych literaturowych. Demir i wsp. [3] uzyskali wartości od 20,55 do 23,475 w zależności od regionu, z którego pochodziły owoce. Ugglia i wsp. [19] donosili, że całkowita zawartość suchej substancji różniła się pomiędzy różnymi odmianami w granicach od 21,7 do 34 %. Charakterystykę uzyskanego materiału badawczego przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Charakterystyka materiału badawczego

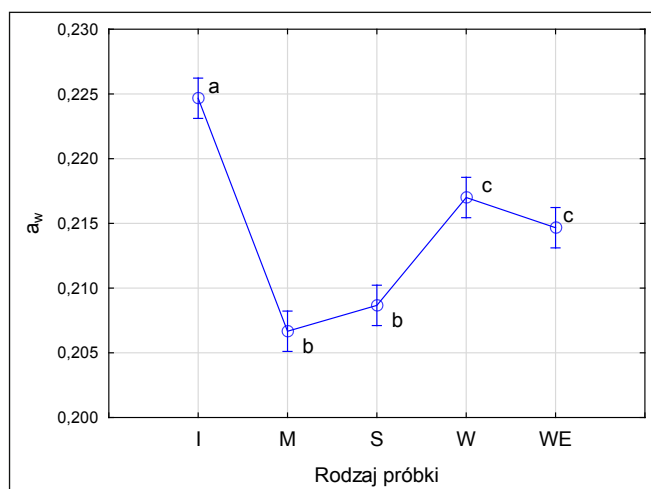
Table 1. Characteristics of research material

Rodzaj dodatku	Wielkość dodatku w stosunku do róży	Udział suchej substancji pochodzącej z róży w suszu, ułamek	Oznaczenie
Woda	1:1	1,00	W
Woda +enzym	1:1	1,00	WE
30% r-r maltodekstryny (DE=6)	1:1	0,74	M
2% r-r skrobi	1:1	0,97	S
1% r-r inuliny	1:1	0,98	I

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

W zależności od zastosowanego dodatku, w tych samych warunkach procesu, uzyskano materiał o aktywności wody w zakresie od 0,108 do 0,225. Nie obserwowano wpływu dodatku enzymu na aktywność wody w suszu. Dodatek skrobi i maltodekstryny powodował istotne statystycznie obniżenie aktywności wody liofilizatu uzyskanego podczas liofilizacji w temperaturze 25°C o około 5%. Dodatek inuliny powodował zwiększenie aktywności wody o około 5% (rys. 1).



Rys. 1. Wpływ sposobu przygotowania musu do liofilizacji na aktywność wody uzyskanego suszu w temperaturze 25°C. Oznaczenia próbek podano w tabeli 1.

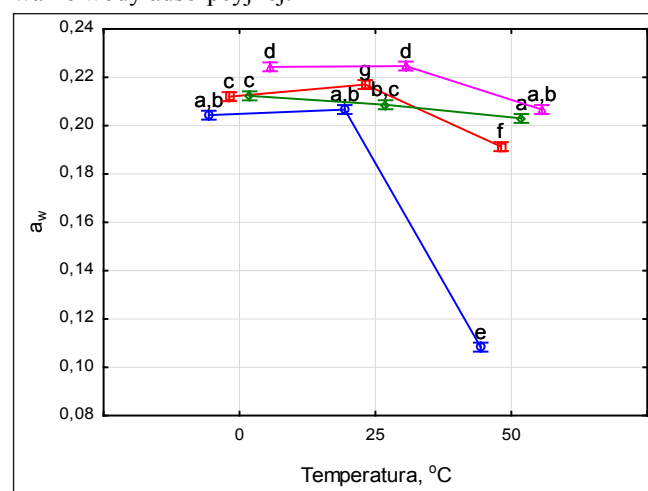
Fig. 1. Effect of the mousse preparation to freeze-drying on the water activity of the lyophilizate produced at 25 °C. Symbols are shown in Table 1.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Na rys. 2 przedstawiono wpływ temperatury półki liofilizatora na aktywność wody uzyskanego suszu. W temperaturze 50°C dodatek maltodekstryny powodował, że uzyskano susz o aktywności wody niższej o ok. 50%, w stosunku do musu przygotowanego tylko z dodatkiem wody. Niezależnie od zastosowanego dodatku, zmiana temperatury procesu

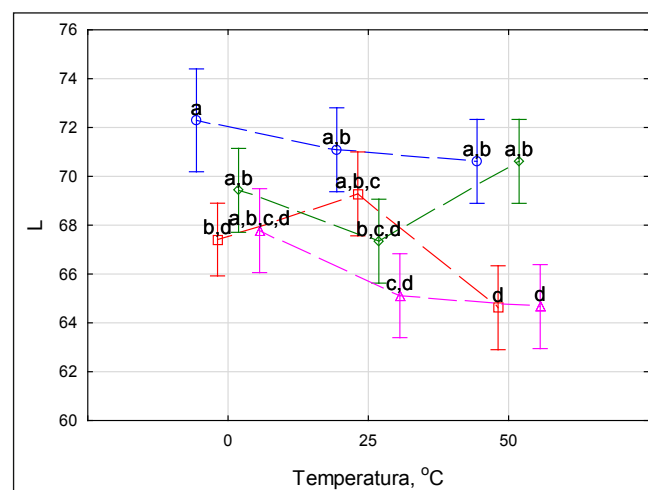
z temperatury 0°C do 25°C nie powodowała istotnej statystycznie zmiany aktywności wody liofilizatu, natomiast podwyższenie temperatury do 50°C powodowało istotne obniżenie aktywności wody. W tych warunkach liofilizat z dodatkiem maltodekstryny uzyskał końcową aktywność wody około 2-krotnie niższą w porównaniu do pozostałych materiałów. Wyniki te wskazują na istotną rolę temperatury procesu na możliwość usunięcia wody adsorpcyjnej, która w istotny sposób decyduje o aktywności wody liofilizatu. Wskazują również na fakt, że obecność maltodekstryny ułatwia usuwanie wody adsorpcyjnej.



Rys. 2. Wpływ temperatury liofilizacji i sposobu przygotowania musu do liofilizacji na aktywność wody uzyskanego suszu.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study



Rys. 3. Wpływ temperatury liofilizacji i sposobu przygotowania musu do liofilizacji na parametr barwy L*.

Fig. 3. Effect of lyophilization temperature and mousse preparation to freeze-drying on the color parameter L*.

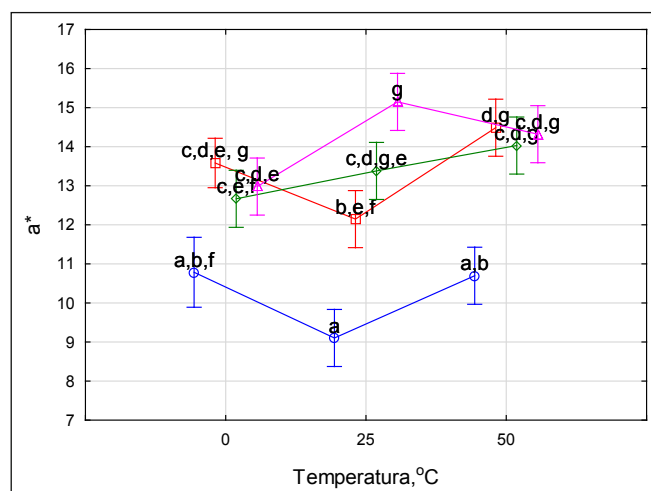
Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Zarówno zastosowanie dodatków jak i zmiana temperatura procesu powodowały modyfikację parametrów barwy. Parametr L* określający jasność przyjmował wartości w zakresie od 64,6 do 72,3 (rys. 3). Najwyższe wartości jasności

stwierdzono w przypadku dodatku maltodekstryny od 70,6 do 72,3, w zależności od temperatury procesu. Wynikało to z faktu, że maltodekstryna jest białym proszkiem i przy blisko 25% jej udziale w suchym materiale, w sposób istotny determinowała barwę. Pozostałe dodatki nie zmieniały istotnie barwy w stosunku do próbki z dodatkiem wody W, prawdopodobnie, m. in. z powodu niewielkiego ich udziału procentowego w suszach. Wzrost temperatury półki powodował tendencję do obniżania jasności próbki. Najbardziej różnicowy był materiał uzyskany w temperaturze 50°C. Można go było podzielić na dwie grupy homogeniczne – jedną stanowił susz M i S, drugą materiał W i I.

Parametr a^* przyjmował wartości dodatnie w granicach od 9,0 do 15,0 (rys. 4). Najniższe wartości tego parametru od 9,0 do 11 – uzyskano dla materiału M. Nie obserwowano istotnego wpływu temperatury półki na wartość parametru a^* , niezależnie od sposobu przygotowania materiału badawczego.



Rys. 4. Wpływ temperatury liofilizacji i sposobu przygotowania musu do liofilizacji na parametr barwy a^* .

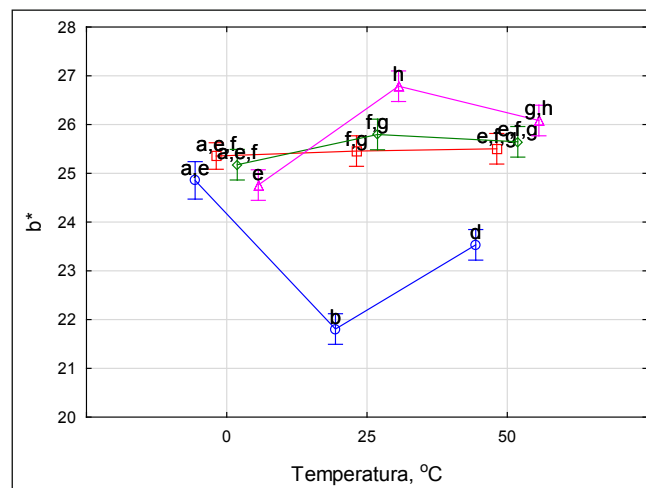
Fig. 4. Effect of lyophilization temperature and mousse preparation to freeze-drying on the color parameter a^* .

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Parametr b^* przyjmował wartości dodatnie dla wszystkich badanych próbek, mieszczące się w przedziale od 21,9 do 26,8 (rys. 5). Podobnie jak w przypadku parametru a^* , najniższe jego wartości uzyskano dla materiału M. W przypadku tego materiału, temperatura liofilizacji miała istotny statystycznie wpływ na wartość składowej chromatycznej b^* w całym badanym przedziale temperatury.

Barwę świeżych owoców róży mierzył Ercisli [5] i uzyskał wartość L od 48,06 do 52,02, wartość parametru a^* od 40,69 do 43,31 i wartość parametru b^* od 39,39 do 47,73. W innych badaniach [19] uzyskano wartość parametru L pomiędzy 40 i 51, w zależności od odmiany i są to wartości znacznie różniące się od uzyskanych dla materiału liofilizowanego, co wskazuje na duży wpływ obecności wody w materiale na jego jasność. Usunięcie wody powoduje również obniżenie wartości parametru a^* i b^* .



Rys. 5. Wpływ temperatury liofilizacji i sposobu przygotowania musu do liofilizacji na parametr barwy b^* .

Fig. 5. Effect of lyophilization temperature and mousse preparation to freeze-drying on the color parameter b^* .

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Huang [7] stwierdził, że powlekanie kawałków truszkawek, a następnie ich suszenie powodowało, że materiał był jaśniejszy w porównaniu do materiału niepowlekanego. Taki sam efekt powlekania stwierdzono w niniejszej pracy w przypadku musu z owoców róży.

Dla poszczególnych materiałów i warunków liofilizacji wyznaczono bezwzględną różnicę barwy w stosunku do materiału W. Uzyskane wartości przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Bezwzględna różnica barwy (ΔE^*) badanych liofilizatów

Table 2. The absolute color difference (ΔE^*) of tested material

Rodzaj materiału	Bezwzględna różnica barwy (ΔE^*)		
	Temperatura półki liofilizatora, °C		
	0°C	25°C	50°C
I	2,820	5,306	0,605
M	5,327	9,851	7,416
S	1,730	3,015	0,901

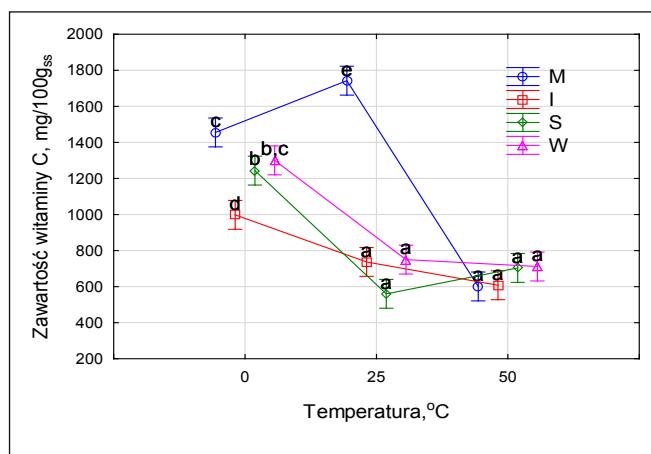
Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Rój i Przybyłowski [14], do oceny odchylenia barwy od przyjętego wzorca przyjęli następujące kryterium wartość (ΔE^*), pomiędzy 0 i 1 – różnice barwy są nierozpoznawalne (odchylenie niewidoczne), od 1 do 2 niewielkie odchylenie, rozpoznawalne przez osobę doświadczoną w odróżnianiu niuansów barw, 2-3,5 średnie odchylenie rozpoznawane nawet przez osobę postronną, 3,5-5 wyraźne odchylenie, ΔE^* powyżej 5 oznacza duże odchylenie barwy. Przyjmując to kryterium duże odchylenie barwy uzyskano dla materiału M, niezależnie od temperatury liofilizacji.

Analizując zawartość witaminy C w otrzymanych suszach (rys. 6) stwierdzono istotny wpływ rodzaju dodatku

oraz temperatury półki podczas liofilizacji na zawartość witaminy C w uzyskanym suszu. Porównując zawartość witaminy C w suszach, w przeliczeniu na suchą substancję pochodzącą tylko z róży (rys. 6) stwierdzono, że dla materiałów W, I i S, podwyższenie temperatury półki z 0 do 25°C powodowało nawet 2-krotne obniżenie zawartości witaminy C. Dla materiału odniesienia (materiał W), obserwowano obniżenie zawartości witaminy C odwrotnie proporcjonalne do wzrostu temperatury półki liofilizatora. Po procesie zachodzącym w temperaturze 50°C wszystkie materiały zawierały taką samą ilość witaminy C rzędu 600 do 700 mg%. Stwierdzono działanie ochronne względem witaminy C wszystkich dodatków, ale tylko w przypadku prowadzenia procesu w temperaturze 0°C, natomiast w temperaturze 25°C działanie takie wykazała tylko maltodekstryna. W tych warunkach uzyskano najwyższą zawartość witaminy C wynoszącą 1759 mg/100 g suchej substancji. Bez substancji ochronnej wartość ta wynosiła 750 mg/100 g suchej substancji.



Rys. 6. Zmiany zawartości witaminy C w liofilizatach z owoców róży, w zależności od rodzaju dodatku oraz temperatury liofilizacji.

Fig. 6. Changes in vitamin C content in rugosa rose hip lyophilizates depending on the additive type and freeze-drying temperature.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

W badaniach prowadzonych przez Ercisli [5] stwierdzono zawartość witaminy C zawierającą się w przedziale od 727 do 943 mg/100 g w zależności od odmiany. W innych badaniach prowadzonych w Turcji [3] stwierdzono, że owoce róży zawierały od 2365 mg/100 g do 2713 mg/100 g witaminy C, zależnie od regionu, z którego zostały pozyskane. Niższe wartości uzyskane dla owoców mrożonych wskazują na znaczne obniżenie zawartości witaminy C w efekcie mrożenia.

Obróbka enzymatyczna miazgi róży, zabieg, który ma na celu ułatwienie tłoczenia soku z róży, nie spowodowała istotnego statystycznie obniżenia zawartości witaminy C w liofilizacie.

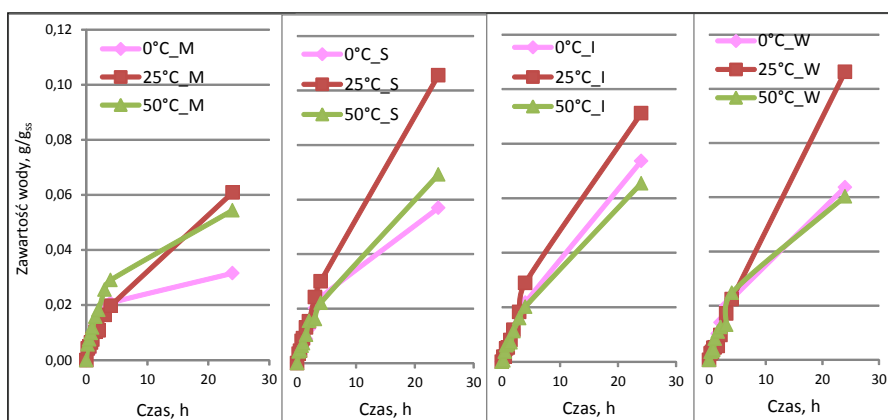
Upoważnia to do stwierdzenia, że rodzime pektyny nie stanowią ochrony dla witaminy C.

Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że, w warunkach opisywanych eksperymentów, dodatek maltodekstryny spełnił rolę błony powlekającej cząsteczki miazgi z róży, blokując dostęp tlenu, co ograniczyło utlenianie witaminy C. W pozostałych przypadkach ilość dodatku była prawdopodobnie zbyt niska, aby utworzyć nieprzepuszczalną dla tlenu powłokę. Możliwe również, że obecne w maltodekstrynie cząsteczki cukrów prostych stworzyły błonę bardziej nieprzepuszczalną dla tlenu, w porównaniu do wielkocząsteczkowych biopolimerów, jakimi były skrobia i inulina. Na uwagę również zasługuje fakt obserwacji wpływu temperatury procesu na zdolność do zapobiegania utlenieniu. Najkorzystniejszym parametrem liofilizacji, spośród badanych, dla materiału M, była temperatura 25°C. Mogło to wynikać z zależności właściwości reologicznych powłoki od temperatury. W temperaturze 0°C powłoka mogła być zbyt mało plastyczna, aby stworzyć szczelną warstwę.

W przypadku pozostałych dodatków, ubytki witaminy wynikały prawdopodobnie, tylko z zależności kinetyki procesu utleniania od temperatury. Dlatego, czym niższa była temperatura materiału, tym wolniej przebiegał proces utleniania i uzyskano materiał o stosunkowo najwyższej zawartości witaminy C.

Dla materiałów W, S oraz I przebieg kinetyki sorpcji był zbliżony (rys.7), przy czym najwyższą higroskopijność wykazywały materiały liofilizowane w temperaturze 25°C. Higroskopijność materiałów liofilizowanych w temperaturze 0 i 50°C była na zbliżonym poziomie. Powlekanie materiału maltodekstryną spowodowało obniżenie higroskopijności nawet dwukrotnie. Jest to prawdopodobnie efekt zatkania porów i mikroporów na powierzchni materiału przez maltodekstrynę i poprzez to ograniczenie siły ssania pary wodnej.

Huang [7] stwierdził, że zdolność do rehydracji powlekanym liofilizatów truskawek była znacząco niższa w porównaniu do liofilizatów nie powlekanym. To potwierdza obserwowany dla musu z owoców róży fakt, że poprzez powlekanie można wpłynąć na zdolność do sorpcji wody.



Rys. 7. Zmiany zawartości wody w czasie w badanych materiałach podczas procesu sorpcji w środowisku o wilgotności 75%.

Fig. 7. Changes in water content with time in the materials tested during the sorption in an environment of 75% humidity.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

PODSUMOWANIE

Zarówno rodzaj dodatku jak i temperatura półki w liofilizatorze podczas liofilizacji istotnie wpływają na właściwości uzyskanego suszu. Dobierając odpowiednio rodzaj dodatków oraz temperaturę procesu można kształtować określone cechy produktu.

Spośród użytych dodatków założone cele w najwyższym stopniu spełniła maltodekstryna, powodując ochronę witaminy C oraz ograniczając zdolność sorpcji wody.

Brak oczekiwanego efektu ze strony innych dodatków mógł być spowodowany zbyt niską ich zawartością.

LITERATURA

- [1] **BARROS L., A.M CARVALHO, J.S. MORAIS, I.C.F.R. FERREIRA. 2010.** „Strawberry-tree, blackthorn and rose fruits: Detailed characterisation in nutrients and phytochemicals with antioxidant properties”. *Food Chemistry* 120 (1): 247-254.
- [2] **CENDROWSKI A., S. KALISZ, M. MITEK. 2012.** „Właściwości i zastosowanie owoców róży w przetwórstwie spożywczym”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 4 (83): 24-31.
- [3] **DEMIR F., M. ÖZCAN. 2001.** „Chemical and technological properties of rose (*Rosa canina L.*) fruits grown wild in Turkey”. *Journal of Food Engineering* 47: 333-336.
- [4] **DEMIR N., O. YILDIZ, M. ALPASLAN, A.A. HAYALOGLU. 2014.** „Evaluation of volatile phenolic compounds and antioxidant activities of rose hip (*Rosa L.*) fruits in Turkey”. *LWT - Food Science Technology* 57: 126-133.
- [5] **ERCISLI S. 2007.** „Chemical composition of fruits in some rose (*Rosa spp.*) species”. *Food Chemistry* 104: 1379-1384.
- [6] **FAN F., Y. H. ROOS. 2016.** „Crystallization and structural relaxation times in structural strength analysis of amorphous sugar/whey protein systems.” *Food Hydrocolloids* 60: 85-97.
- [7] **HUANG L.-I., M. ZHANG W.-Q., YAN, A.S. MUJUMDAR, D.-F. SUN. 2009.** „Effect of coating on post-drying of freeze-dried strawberry pieces”. *Journal of Food Engineering* 92 (1): 107-111.
- [8] **KAZAZ S., H. BAYDAR, S. ERB. 2009.** „Variations in chemical compositions of *Rosa damascena* Mill. and *Rosa canina L.* Fruits”. *Czech Journal Food Science* 27 (3): 78-184.
- [9] **KOBUS M. 2008.** „Owoce dzikiej róży – właściwości i kierunki wykorzystania”. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo – Warzywny* 5: 19 – 21.
- [10] **LEAHU A., C. DAMIAN, M. OROIAN, S. ROPCIUC, R. ROTARU. 2014.** „Influence of Processing on Vitamin C Content of Rosehip Fruits”. *Journal Animal Science Biotechnology* 47 (1): 116-120.
- [11] **MENDOZA F., P. VERBOVEN, Q.T. HO, G. KERCKHOFS, M. WEVERS, B. NICOLAÏ. 2010.** „Multifractal properties of pore-size distribution in apple tissue using X-ray imaging”. *Journal of Food Engineering* 99 (2): 206-215.
- [12] **NADPAL J.D., M.M. LESJAK, F.S. ŠIBUL, G.T. ANAČKOV, D.D. ČETOJEVIĆ-SIMIN, M.M. MIMICA-DUKIĆ, I.N. BEARA. 2016.** „Comparative study of biological activities and phytochemical composition of two rose hips and their preserves: *Rosa canina L.* and *Rosa arvensis.* Huds”. *Food Chemistry* 192 (1): 907-914.
- [13] **NOWAK R. 2006.** „Badania fitochemiczne wybranych gatunków z rodzaju *Rosa L.* Analiza biologicznie aktywnych składników.” Lublin: Wyd. AM w Lublinie.
- [14] **RÓJ A., P. PRZYBYŁOWSKI. 2012.** „Ocena barwy naturalnych jogurtów”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna* 3: 813-816.
- [15] **RUTKOWSKA J., A. ADAMSKA, M. PIELAT, M. BIAŁEK. 2012.** „Porównanie składu i właściwości owoców dzikiej róży (*Rosa Rugosa*) utrwalanych metodami liofilizacji i suszenia konwekcyjnego.” *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 4 (83): 32 – 43.
- [16] **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.
- [17] **TELESZKO M., A. WOJDYŁO, J. OSZMIAŃSKI. 2012.** „Zawartość kwasu elagowego i spolimeryzowanych proan-tocyjanidyn w pseudoowocach wybranych gatunków róż.” *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 5 (84): 37-46.
- [18] **TIRLEA D., A.B. BEAUDOIN, R.D. VINEBROOKE. 2015.** „Freeze-dried is as good as frozen: Evaluation of differential preservation of pollen grains in stored lake sediments.” *Review of Palaeobotany and Palynology* 215: 46-56.
- [19] **UGGLA M., K.-E. GUSTAVSSON, M.E. OLSSON, H. NYBOM. 2005.** „Changes in colour and sugar content in rose hips (*Rosa dumalis L.* and *Rosa rubiginosa L.*) during ripening.” *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 80 (2): 204-208.
- [20] **WEIDEMA I. 2006.** NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – *Rosa rugosa*. Database of the European Network on Invasive Alien Species 2006: www.nobanis.org. data dostępu 20.12.2016.

Dr hab. inż. Sławomir BAKIER prof. nadzw. PB
Mgr Ewelina BAJKO
Zamiejscowy Wydział Leśny Politechniki Białostockiej w Hajnówce

EFEKTY EKSTRAKЦИИ PYŁKU KWIATOWEGO NADKRYTYCZNYM DITLENKIEM WĘGLA®

The effects of supercritical carbon dioxide treatment on bee pollen®

Badania zostały zrealizowane w ramach pracy nr S/ZWL/1/2014 i sfinansowane ze środków na naukę MNiSW

Słowa kluczowe: ekstrakcja w nadkrytycznym CO₂, pyłek kwiatowy, GC-MS, skaningowy mikroskop elektronowy.

W artykule przedstawiono wyniki badań ekstrakcji pyłku kwiatowego w postaci obnóży za pomocą ditlenku węgla w stanie nadkrytycznym. Badano wpływ sposobu przygotowania surowca na wydajność ekstrakcji oraz strukturę pojedynczych ziaren pyłku. Proces ekstrakcji realizowano przy ciśnieniu 35 MPa, w temperaturze 40°C przy przepływie CO₂ wynoszącym 80 g/min przez 90 minut. Uzyskane wydajności ekstrakcji wynosiły od 0,86% ± 0,25% do 1,52% ± 0,2% masy obnóży przed ekstrakcją. Skład chemiczny uzyskanych ekstraktów zidentyfikowano za pomocą techniki chromatografii gazowej z detektorem masowym (GC-MS). Analiza GC-MS wykazała, że prawie 82 % ekstraktu stanowią związki o charakterze lipidowym, w tym 14,07 % nienasycone kwasy tłuszczowe. Badania z użyciem skaningowego mikroskopu elektronowego wykazały, że w wyniku działania nadkrytycznego ditlenku węgla nastąpiło zniszczenie zewnętrznych osłon ziaren pyłkowych.

Key word: supercritical CO₂ fluid extraction; bee pollen, GC-MS, scanning electron microscope.

This article presents the results of studies on the extraction of components from bee pollen by supercritical dioxide carbon. The influence of the method of bee pollen preparation and process conditions on the extraction yield and the structure of bee pollen grains was investigated. The extraction was performed at the pressure 35 MPa, temperature 40°C, CO₂ flow rate 80 g/min for 90 min. The obtained extraction yields ranged from 0,86% ± 0,25% to 1,52% ± 0,2% mass of bee pollen. The chemical compounds of the extracts obtained from supercritical carbon dioxide extraction were identified by using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). GC-MS analysis of the extract showed that lipids accounted for approximately 82 %, including 14,07 % unsaturated fatty acids. Scanning electron microscopy studies revealed that supercritical dioxide carbon treatment was an effective way to break cell wall of bee pollen.

WSTĘP

Rośliny są źródłem wielu cennych substancji wykorzystywanych do leczenia i w profilaktyce medycznej, jako naturalne środki terapeutyczne oraz dodatki w produkcji suplementów diety i żywności funkcjonalnej [1]. Bardzo dynamicznie rozwija się rynek żywności funkcjonalnej, zawierającej związki bioaktywne, wśród których można wyróżnić: lipidy, w tym nienasycone kwasy tłuszczowe, związki fenolowe, fitosterole, hormony i enzymy, witaminy, a także inne aktywne substancje odżywcze [12]. Metody pozyskiwania tych substancji z materiału roślinnego obejmują zwykle takie procesy, jak obróbkę termiczną, wyłaczanie i ekstrakcję za pomocą różnych rozpuszczalników (woda, chloroform, heksan, toluen, nafta, eter, aceton, etanol itd.) [11]. Konwencjonalne metody ekstrakcji za pomocą ciekłych rozpuszczalników są energochłonne i co ważniejsze, są powodem zanieczyszczenia środowiska bardzo kłopotliwymi substancjami chemicznymi, jakimi są rozpuszczalniki organiczne. Jedną z technik pozwalających uniknąć tych problemów jest proces ekstrakcji nadkrytycznym ditlenkiem węgla [4, 8].

Pozyskiwanie naturalnych substancji z materiału roślinnego na drodze ekstrakcji w płynach w stanie nadkrytycznym (supercritical fluid extraction, SFE) jest stosunkowo nowym procesem [8]. Technika ta cieszy się coraz większym zainteresowaniem ze względu na specyficzne właściwości płynów w stanie nadkrytycznym i możliwości technologiczne, które stwarza. W tabeli 1 zamieszczono charakterystyczne wartości parametrów fizycznych i transportowych płynów nadkrytycznych [7]. Należy podkreślić, że mieszczą się one w przedziale pomiędzy parametrami gazów i cieczy. Istotną cechą płynów nadkrytycznych jest ich wysoka mobilność. Rozpuszczalność w płynie nadkrytycznym jest zbliżona do rozpuszczalności w fazie ciekłej, natomiast zdolność do penetracji stałej matrycy jest zbliżona do własności transportowych gazu. W związku z tym proces ekstrakcji w warunkach nadkrytycznych jest znacznie szybszy w porównaniu z procesami klasycznej ekstrakcji cieczowej [9]. Zdolność rozpuszczania płynu w stanie nadkrytycznym jest zmienna i zależy od gęstości płynu, którą można znacznie zmieniać poprzez zmiany ciśnienia oraz temperatury [4]. Sterowanie

Adres do korespondencji – Corresponding author: Sławomir Bakier, Dziekan Zamiejscowego Wydziału Leśnego Politechniki Białostockiej w Hajnówce, ul. Piłsudskiego 1A, 17-200 Hajnówka, e-mail: s.bakier@pb.edu.pl

tymi parametrami umożliwia selektywne prowadzenie procesu rozpuszczania określonych substancji, a tym samym i całego procesu ekstrakcji. Kolejną szczególną właściwością ekstrakcji w nadkrytycznym ditlenku węgla jest możliwość całkowitego wydzielenia substancji ekstrahowanej poprzez dekompresję do ciśnienia poniżej wartości ciśnienia krytycznego płynu, bez możliwości zanieczyszczenia środowiska.

Tabela 1. Gęstość, lepkość i dyfuzyjność cieczy, gazów i płynów nadkrytycznych [7]

Table 1. Density, viscosity and diffusivity of liquids, gases and supercritical fluids [7]

	Gęstość [kg/m ³]	Lepkość [μPa·s]	Dyfuzyjność [mm ² /s]
Gaz	1	10	1-10
Płyn nadkrytyczny	100-1000	50-100	0,01-0,1
Ciecz	1000	500-1000	0,001

Praktyczne zastosowanie ditlenku węgla w stanie nadkrytycznym (scCO₂) do ekstrakcji materiału roślinnego zostało po raz pierwszy zweryfikowane eksperymentalnie w 1960 roku, kiedy to bardziej czułe metody analityczne wskazały śladowe ilości pozostałości rozpuszczalników organicznych w próbkach żywności, co wywołało obawy o ich wpływ na zdrowie człowieka [10]. Świadomość faktu, że CO₂ w stanie nadkrytycznym lub ciekłym jest nietoksycznym rozpuszczalnikiem, a tym samym nawet jego śladowe ilości pozostawione w ekstraktach nie są szkodliwe, sprawiła, że znalazł on powszechne zastosowanie w przetwórstwie żywności. CO₂ w stanie nadkrytycznym to prawdopodobnie najbardziej bezpieczny dla środowiska i człowieka rozpuszczalnik do ekstrakcji oraz izolacji różnych substancji. Ditlenek węgla posiada jeszcze wiele innych zalet. Jego punkt krytyczny ($t_{kr} = 30,95^{\circ}\text{C}$, $p_{kr} = 7,38 \text{ MPa}$) jest łatwy do osiągnięcia, co pozwala na zastosowanie stosunkowo niskich temperatur pracy. W ten sposób istnieje możliwość ochrony nietrwałych termicznie substancji. Kolejną ogromną zaletą stosowania ekstrakcji w CO₂ jest brak dostępu do surowca powietrza, co umożliwia całkowite wyeliminowanie wszystkich procesów oksydacyjnych. CO₂ jest szczególnie efektywnym rozpuszczalnikiem związków niepolarnych [2].

Pyłek kwiatowy to męskie komórki płciowe roślin, które zawierają cenne substancje chemiczne, m.in.: aminokwasy, lipidy, witaminy, makro- i mikroelementy oraz biologicznie aktywne substancje, takie jak związki fenolowe (flawony, flawonole, antocyjany, kwasy fenolowe, fitosterole) [15]. Pojedyncze ziarno pyłku otoczone jest egzyną i intyną, które stanowią trwałe chemicznie, odporne na kwasy i ługi substancje [3]. Są również odporne na oddziaływanie mechaniczne i wytrzymują znaczne naprężenia. Ziarna pyłku są na tyle trwałe, że potrafią przetrwać w osadach miliony lat. Na bazie tej cechy powstała nauka, zajmująca się odtwarzaniem prehistorycznej szaty roślinnej na podstawie znalezionych ziaren pyłków, zwana palinologią [3]. Wydobywanie substancji znajdujących się wewnątrz ziaren pyłku wymaga zastosowania specjalnych technologii związanych ze sforsowaniem zewnętrznej skorupy w celu wydobywania składników wewnętrznych. Pyłek kwiatowy jest wytwarzany przez rośliny w znacznych ilościach, znacznie większych niż jest to niezbędne do zapylenia roślin. W związku z powyższym jest powszechnie wykorzystywany przez owady jako pokarm. Dla pszczoł jest podstawowym pokarmem białkowym, który

decyduje o rozwoju rodziny pszczołej [5]. Pyłek pszczoły to pyłek zebrany przez pszczoły z pylników kwiatowych i uformowany w małe kulki zwane obnóżami pyłkowymi. Obnóża są pyłkiem kwiatowym zmieszany z nektarem, miodem i śliną pszczoł. Dzięki temu może być on formowany przez pszczoły w grudki i przenoszony do ula na tylnych odnóżach. To właśnie w postaci obnóż pyłek kwiatowy pozyskiwany jest przez człowieka [5]. Właściwości prozdrowotne i odżywcze pyłku znane są od lat, co sprawia, że coraz częściej wykorzystywany jest on do celów medycznych, farmaceutycznych oraz spożywczych [6]. W ostatnich latach rośnie zainteresowanie składem chemicznym oraz możliwością pozyskiwania substancji biologicznie czynnych z pyłku kwiatowego.

Ekstrakcja w nadkrytycznym CO₂ jest obiecującą technologią pozyskiwania cennych związków chemicznych również z pyłku kwiatowego. CO₂ w warunkach nadkrytycznych stosowano do niszczenia struktury ściany pyłku rzepaku w celu ekstrakcji wielonienasyconych kwasów tłuszczowych [14]. Ekstrakcja była prowadzona przy ciśnieniu: 13,2–46,8 MPa, temperaturze: 33,2–66,8°C oraz przepływie CO₂: 6,6–23,4 l/h. Obserwacje wykonane za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego wskazały, że w wyniku procesu nastąpiło przerwanie zewnętrznej ściany komórkowej, co pozwoliło na efektywną ekstrakcję zawartych we wnętrzu komórki kwasów tłuszczowych. Najwyższą wydajność, 5,98 g ekstraktu/100 g pyłku, uzyskano przy 39,2 MPa, 54,7°C i przepływie 17,1 l/h w czasie 2-godzinnej ekstrakcji po uprzednio zadanym przez 10 min ciśnieniu 46 MPa [14]. Porównano ekstrakty otrzymane z pyłku rzepaku za pomocą ekstrakcji eterem naftowym oraz nadkrytycznym CO₂ pod względem zawartości wolnych kwasów tłuszczowych [13]. W ekstraktach otrzymanych przy użyciu eteru naftowego (w temperaturze 70°C i czasie ekstrakcji 12 godzin) uzyskano 7,42% (wagowo) lipidów, natomiast dzięki zoptymalizowanej procedurze ekstrakcji CO₂ w warunkach nadkrytycznych (ciśnienie: 35 MPa, temperatura: 45°C, czas: 90 min) można było pozyskać 6,09% lipidów. Takie wyniki nie stanowiły istotnych statystycznie różnic. Analiza HPLC wykazała, że wśród frakcji lipidów występowały licznie nienasycone kwasy tłuszczowe, w tym kwas linolenowy, oleinowy, linolowy. W porównaniu z ekstrakcją eterem, ilość nienasyconych kwasów tłuszczowych była wyższa w ekstraktach uzyskanych metodą SFE, zachowując ich jakość [13]. Ekstrakcję za pomocą CO₂ w warunkach nadkrytycznych stosowano także do uzyskania substancji biologicznie czynnych i odżywczych z pyłku lotosu [15]. Największe ilości ekstraktu, w których zostały zidentyfikowane karotenoidy, skwalen, sterole oraz wielonienasycone kwasy tłuszczowe, otrzymano podczas procesu przeprowadzonego przy ciśnieniu 38,2 MPa i temperaturze 49,7°C [15].

Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań dotyczących wpływu sposobu przygotowania surowca i warunków realizacji procesu ekstrakcji pyłku kwiatowego nadkrytycznym ditlenkiem węgla na efektywność procesu i skład chemiczny uzyskiwanego ekstraktu.

MATERIAŁY I METODY

Badania realizowano w Centrum Naukowo-Badawczym Zamiejscowego Wydziału Leśnego w Hajnówce w Pracowni Ubocznych Produktów Leśnych, z wykorzystaniem ekstraktora do ekstrakcji nadkrytycznej (Supercritical Fluid



Rys. 1. Fotografia przedstawiająca system do ekstrakcji nadkrytycznej Waters: a) butla z CO₂, b) recyrkulator, c) agregat chłodniczy, d) automatyczny regulator ciśnienia, e) dwa naczynia odbiorcze, f) naczynie ekstrakcyjne, g) komputer, h) podgrzewacz, i) przepływomierz, j) pompa CO₂.

Fig. 1. Waters supercritical fluid extraction system: a) CO₂ tank, b) CO₂ recycler, c) chiller, d) automatic back pressure regulator, e) two collection vessels, f) extraction vessel, g) chiller, h) preheater, i) flow meter, j) CO₂ pump.

Źródło: Fotografia i opracowanie własne

Source: The picture and own study

Extraction – SFE) firmy Waters System (wyprodukowany w USA). Na rysunku 1. zamieszczono fotografię wraz z dokładnym opisem poszczególnych zespołów. Szczególną cechą wykorzystywanego systemu ekstrakcji SFE jest obecność recyrkulatora, który umożliwia wykorzystanie czynnika roboczego w systemie zamkniętym. Dytlenek węgla po przepłynięciu przez ekstraktor i rozprężeniu do ciśnienia o wartości niższej niż krytyczne jest ochładzany i skraplany, a następnie ponownie tłoczony do ekstraktora.

Proces ekstrakcji nadkrytycznej prowadzono przy ciśnieniu w naczyniu ekstrakcyjnym wynoszącym 35 MPa i temperaturze 40°C. Dekompresję realizowano dwuetapowo: w pierwszym odbieralniku zredukowano ciśnienie do wartości 140 MPa, a w drugim do 70 MPa, przy utrzymywaniu temperatury w naczyniach odbiorczych na poziomie 40°C. Przepływ CO₂ we wszystkich doświadczeniach wynosił 80 g/min, przy gęstości czynnika roboczego w ekstraktorze około 0,91 g/cm³.

Materiał badawczy stanowiły obnóża pyłkowe z roślin jesiennych, głównie nawłoci późnej (*Solidago gigantea* Aiton) i macierzanki zwyczajnej (*Thymus pulegioides* L.). Obnóża były wysuszone konwekcyjnie i charakteryzowały się wilgotnością wynoszącą 7,07%. Przeprowadzono cykl trzech niezależnych doświadczeń (A, B, C), w których zastosowano różne metody przygotowania surowca – obnóża pyłkowych do ekstrakcji. W doświadczeniu A ekstrakcji poddano pyłek w postaci wysuszonej o wilgotności 7,07%. Proces ekstrakcji trwał 90 minut, przy czym po 45 minutach przyptył CO₂ był przerywany, a następnie przez 10 minut odbywała się penetracja złoża poprzez utrzymanie ciśnienia 35 MPa. Po czym przepływ był wznawiany i trwał ponownie 45 min.

W doświadczeniu B ekstrakcji poddano pyłek w takiej samej postaci, jak w doświadczeniu A, ale ekstrakcję realizowano w sposób ciągły przez 90 min. Natomiast w doświadczeniu C ekstrakcji poddano pyłek nawilżony do 19,4% i zamrożony w temperaturze minus 24,5°C przez 72 h, a następnie wysuszony w temperaturze 37°C do wilgotności 6,92%. Nawilżanie i mrożenie miało na celu doprowadzenie do otwarcia ziaren pyłkowych poprzez powstający лёd. Ekstrakcję w tym doświadczeniu prowadzono w sposób ciągły przez 90 min.

Analizę jakościowo-ilościową otrzymanych ekstraktów wykonano za pomocą metody GC-MS przy użyciu chromatografu gazowego Agilent 7890A wyposażonego w detektor masowy Agilent 5975C. Próbkę sililowano odczynnikiem BSTFA (*N-O*-bis-(trimetylosilotrifluoroacetamid). Wstrzykiwano 1µl próbki stosując automatyczny podajnik Agilent 7693A. Rozdział prowadzono na kolumnie HP-5MS (30m × 0,25mm × 0,25µm) przy przepływie helu 1ml/min. Temperatura dozownika wynosiła 300°C. Początkowa temperatura kolumny wynosiła 50°C, wzrastając do 320°C z szybkością 3°C/min.; temperaturę końcową utrzymywano przez 10min. Temperatura źródła jonów oraz kwadrupola wynosiły odpowiednio 230°C i 150°C, natomiast energia jonizacji 70eV. Detekcję prowadzono w trybie pełnego skanowania od 41 do

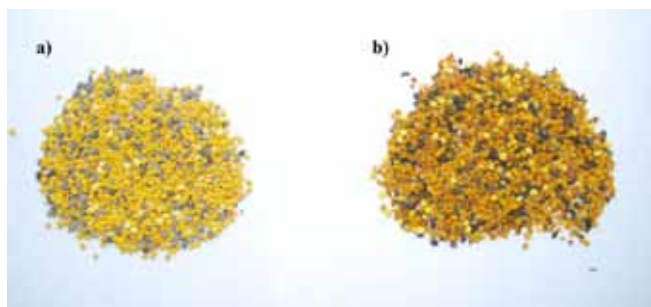
600 amu. Identyfikacji związków dokonywano na podstawie widm masowych poszczególnych substancji, które porównano z widmami masowymi z biblioteki NIST Mass Spectral Database. Przy identyfikacji wykorzystano również wyliczone wartości indeksów retencji (RI). Prowadzono półilościową analizę opartą na pomiarze pola powierzchni pików, odpowiadających poszczególnym związkom chemicznym, przyjmując jako 100% sumę pól powierzchni wszystkich pików na chromatogramie.

Efekty destrukcji osłonek pyłkowych określono na podstawie obserwacji przy użyciu elektronowego mikroskopu skaningowego przy powiększeniach 2000–5000X.

WYNIKI BADAŃ

Na rysunku 2 przedstawiono fotografię obnóży, które w większości miały barwę żółtą o różnych odcieniach (pyłek z nawłoci późnej), nieliczne obnóża charakteryzowały się kolorem ciemnym (głównie pyłek z macierzanki).

W tabeli 2 podano parametry oraz wydajność ekstrakcji w poszczególnych doświadczeniach. Ilość ekstraktu otrzymanego w doświadczeniu A wynosiła 1,52% ±0,2% masy obnóży przed ekstrakcją, w doświadczeniu B: 1,12 % ±0,19%, natomiast w doświadczeniu C: 0,86% ±0,25%. Z podanych wartości wynika, że przerwa przepływu CO₂ w trakcie ekstrakcji (przy utrzymaniu ciśnienia) wpływa korzystnie na wydajność procesu. Przygotowanie obnóży pyłkowych polegające na ich nawilżeniu, zamrożeniu, a następnie wysuszeniu, nie poprawiło wydajności ekstrakcji, a co ciekawe, nawet ją zmniejszyło.



Rys. 2. Obnóża pyłkowe z roślin jesiennych, głównie nawłoci późnej (*Solidago gigantea* Aiton) i macierzanki zwyczajnej (*Thymus pulegioides* L.) po ekstrakcji nadkrytycznym CO₂ (a) i przed ekstrakcją nadkrytycznym CO₂ (b).

Fig. 2. Bee pollen (*Solidago gigantea* Aiton) giant goldenrod and (*Thymus pulegioides* L.) lemon thyme after supercritical CO₂ treatment (a) and before supercritical CO₂ treatment (b).

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Tabela 2. Parametry i wydajność ekstrakcji nadkrytycznym CO₂

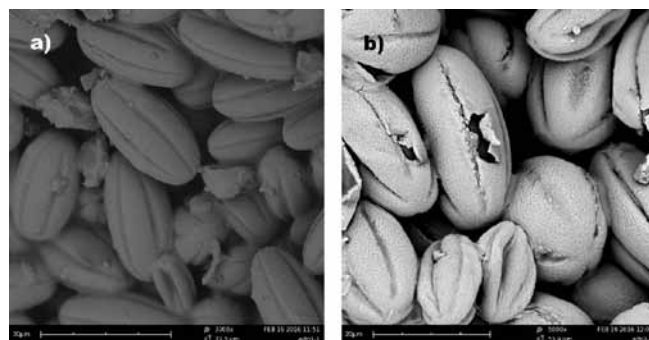
Table 2. Supercritical CO₂ extraction parameters and yield

Parametr	Doświadczenie A	Doświadczenie B	Doświadczenie C
Surowiec	Obnóża pyłkowe wysuszone o wilgotności 7,07%	Obnóża pyłkowe wysuszone o wilgotności 7,07%	Pyłek nawilżony (19,4%), zamrożony (-24,5°C, 72 godz.), wysuszony (6,92%)
Ciśnienie [MPa]	35	35	35
Temperatura [°C]	40	40	40
Przepływ CO ₂ [g/min]	80	80	80
Czas ekstrakcji [min]	90 + 10 (penetracja złoża)	90	90
Wydajność ekstrakcji [%]	1,52 ± 0,2	1,12 ± 0,19	0,86 ± 0,25

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Na rysunku 3a) przedstawiono fotografie ziaren pyłku przed, a na rysunku 3b) ziarna pyłkowe po procesie ekstrakcji. Widać wyraźnie, że zastosowane ciśnienie 35 MPa powoduje zniszczenie egzyny, czyli zewnętrznej ściany, większości ziaren pyłkowych. Jak wynika z literatury zastosowanie ciśnienia 45 MPa powoduje zniszczenie egzyny praktycznie wszystkich ziaren pyłku [14]. Można więc stwierdzić, że aby uzyskać większą wydajność ekstrakcji należy zastosować wyższe ciśnienie, wnoszące ok 45 MPa na początku procesu w celu zniszczenia zewnętrznej struktury ziaren pyłku, a następnie sama ekstrakcja może przebiegać w niższym ciśnieniu, rzędu 35-40 MPa.



Rys. 3. Mikrofotografia z elektronowego mikroskopu skaningowego komórek pyłku przed (a) i po (b) ekstrakcji nadkrytycznym CO₂.

Fig. 3. SEM microphotography of bee pollen cell before (a) and after (b) supercritical CO₂ treatment.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Tabela 3. Skład chemiczny ekstraktu otrzymanego za pomocą nadkrytycznego CO₂

Table 3. Chemical composition of bee pollen extract obtained by supercritical CO₂

Związki chemiczne	Procentowa zawartość w ekstrakcie [%]
Kwasy tłuszczowe nasycone	67,89
w tym kwas palmitynowy	33,38
kwas stearynowy	32,39
kwas mirystynowy	0,97
kwas pentadekanowy	0,41
kwas lignocerynowy	0,21
kwas arachidowy	0,19
kwas margarynowy	0,12
kwas laurynowy	0,11
kwas kaprynowy	0,06
kwas cerotynowy	0,05
Kwasy tłuszczowe nienasycone	14,07
w tym kwas oleinowy	7,25
kwas linolowy	2,88
kwas kalendulowy	2,59
kwas palmitoleinowy	0,93
kwas heptadecenowy	0,13
kwas mirystoleinowy	0,05
Alkany	8,34
Triterpeny	5,62
Alkeny	1,63
Alkohole	0,37
Woski	0,36
Sterole	0,34
Inne związki	1,38

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Skład chemiczny uzyskanych ekstraktów zanalizowano za pomocą metody GC-MS i przedstawiono w tabeli 3. Prawie 82% ekstraktu stanowią związki o charakterze lipidowym, w tym 67,89% to nasycone kwasy tłuszczowe (NKT) oraz 14,07% nienasycone kwasy tłuszczowe (NNKT). Wśród NKT, znaczącą większość (prawie 97%) stanowiły kwasy: palmitynowy i stearynowy. Z grupy NNKT ponad połowę stanowił kwas oleinowy, ponad 20% kwas linolowy oraz ponad 18% kwas kalendulowy. W ekstrakcie pyłku lotosu,

uzyskanym przy użyciu nadkrytycznego CO₂, również dominowały kwasy palmitynowy, stearynowy, oleinowy i linolowy, a dodatkowo także linolenowy [15], którego w ogóle nie zidentyfikowano w ekstrakcie z pyłku nawłoci i macierzanki.

Uzyskane ekstrakty charakteryzowały się silnym kwiatowym aromatem, maziścią – tłustą konsystencją i żółto-pomarańczową barwą. Charakterystyczne jest też to, że po procesie ekstrakcji nastąpiło rozjaśnienie barwy obnóży pyłkowych (rys. 2). Roślinne związki lipidowe w sposób tradycyjny są izolowane za pomocą hydrodestylacji lub też ekstrakcji rozpuszczalnikiem. Metody te charakteryzują się wieloma wadami: utrata lotnych substancji, długi czas ekstrakcji, pozostałość toksycznego rozpuszczalnika oraz niepożądany rozkład związków nienasyconych spowodowany wysoką temperaturą. Te wszystkie wady nie występują podczas procesu ekstrakcji z wykorzystaniem nadkrytycznego CO₂. Niska temperatura, brak toksycznych rozpuszczalników oraz wysoka selektywność ekstrakcji w warunkach nadkrytycznych powoduje otrzymanie substancji najwyższej jakości.

Interesującym efektem uzyskanych badań jest doświadczalne potwierdzenie faktu, że w wyniku zastosowania ekstrakcji w nadkrytycznym ditlenku węgla już przy ciśnieniu 35 MPa następuje zniszczenie ścian komórkowych praktycznie wszystkich ziaren pyłku. Wyniki obserwacji wizualnych (rys. 3) zostały potwierdzone uzyskaną wydajnością w doświadczeniu C. Jest to bardzo cenne, albowiem wewnątrz ziaren znajdują się przede wszystkim substancje białkowe, które stają się w ten sposób łatwiej przyswajalne. Należy uznać, że obnóza pyłkowe po procesie ekstrakcji będą znacznie efektywniej wykorzystywane, np. w trakcie trawienia w organizmie człowieka.

PODSUMOWANIE

W wyniku realizacji pracy zaprezentowanej w artykule można sformułować następujące wnioski:

1. Produktem ekstrakcji obnóży pyłkowych w nadkrytycznym ditlenku węgla jest zarówno ekstrakt, jak i pozostałość poekstrakcyjna. Ekstrakty charakteryzują się przyjemnym i silnym aromatem a głównymi substancjami chemicznymi o znaczeniu bioaktywnym są nienasycone kwasy tłuszczowe (14,07%), triterpeny (5,62%) i sterole (0,34%).
2. Ekstrakcja nadkrytyczna jest efektywnym sposobem niszczenia ścian komórkowych ziaren pyłkowych już przy zastosowaniu ciśnienia o wartości 35 MPa. Pozostałość poekstrakcyjna obnóży pyłkowych jest cennym pokarmem białkowych, który staje się łatwo dostępny.
3. Uzyskane stosunkowo małe wydajności ekstrakcji i specyficzny skład chemiczny wskazują, że jest on zależny od pochodzenia botanicznego zastosowanego materiału – obnóży pyłkowych.
4. Zastosowana technologia wydobycia substancji o charakterze lipidowym wydaje się interesującą alternatywą zagospodarowania pyłku kwiatowego.

LITERATURA

- [1] **AJIKUMAR P.K., K. TYO, S. CARLSEN, O. MUCHA, T.H. PHON, G. STEPHANOPOULOS. 2008.** "Terpenoids: opportunities for biosynthesis of natural product drugs using engineered microorganisms". *Molecular Pharmacology* 5: 167–190.
- [2] **DIONISI F., B. HUG, J.M. AESCHLIMANN, A. HOULEMAR. 1999.** "Supercritical CO₂ extraction for total analysis of food products". *Journal of Food Science and Technology* 64: 612–615.
- [3] **DYBOVA-JACHOWICZ S., A. SADOWSKA (red.) 2003.** *Palinologia*. Kraków: Wydawnictwa Instytutu Botaniki PAN: 411.
- [4] **JANISZEWSKA E., D. WITROWA-RAJCHERT. 2005.** „Ekstrakcja nadkrytyczna w przemyśle spożywczym.” *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2005, 4 (45): 5 – 16.
- [5] **LIPIŃSKI Z. 2014.** *Żywnienie pszczoł miodnych*. Copyright by Zbigniew Lipiński, Wielbork.
- [6] **MÂRGHITAŞ L.A., O.G. STANCIU, D. S. DEZMIREAN, O. BOBIŞ, O. POPESCU, S. BOGDANOV, M.G. CAMPOS. 2009.** „In vitro antioxidant capacity of honeybee-collected pollen of selected floral origin harvested from Romania”. *Food Chemistry* 115(3): 878-883.
- [7] **REID R.C., J.M. PRAUSNITZ, B.E. POLING. 1987.** "The Properties of Gases and Liquids" McGraw-Hill: USA, New York.
- [8] **RÓJ E. (red.) 2014.** *Supercritical CO₂ extraction and its applications*. Polish Foundations of the Opportunities Industrialization Centers "OIC Poland", Lublin: 198.
- [9] **SAPKALE G.N., S.M. PATIL, U.S. SURWASE, P.K. BHATBHAGE. 2010.** "Supercritical fluid extraction. Review". *International Journal of Chemical Sciences* 8(2): 729–743.
- [10] **SOVOVÁ H., R.P. STATEVA. 2011.** "Supercritical fluid extraction from vegetable materials". *Reviews in Chemical Engineering* 27: 79–156.
- [11] **UDDIN M.S, H.M. AHN, H. KISHIMURA, B.S. CHUN. 2009.** „Comparative study of digestive enzymes of squid (*Todarodes pacificus*) viscera after supercritical carbon dioxide and organic solvent extraction". *Biotechnology and Bioprocess Engineering* 14: 338–344.
- [12] **UDDIN M.S., Z. I. SARKER, S. FERDOSH, J.H. AKANDA, S. EASMIN, S.H. SHAMSUDINA, K.B. YUNUS. 2015.** "Phytosterols and their extraction from various plant matrices using supercritical carbon dioxide: a review". *Journal of the Science of Food and Agriculture* 95: 1385–1394.
- [13] **WANG X., H. WANG, Y. LIU, J. YOU, Y. SUO. 2009.** "Extraction of pollen lipids by SFE-CO₂ and determination of free fatty acids by HPLC". *European Journal of Lipid Science and Technology* 111: 155–163.
- [14] **XU X., L. SUN, J. DONG, H. ZHANG. 2009.** "Breaking the cells of rape bee pollen and consecutive extraction of functional oil with supercritical carbon dioxide". *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 10: 42–46.
- [15] **XU X., J. DONG, X. MU, L. SUN. 2011.** "Supercritical CO₂ extraction of oil, carotenoids, squalene and sterols from lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn) bee pollen. *Food and Bioprocess Processing* 89: 47-52.

Dr hab. inż. Katarzyna SZWEDZIAK prof. PO

Mgr inż. Ewa POLAŃCZYK

Dr inż. Monika DĄBROWSKA-MOLENDA

Inż. Anita KAMIŃSKA

Katedra Inżynierii Biosystemów, Wydział Inżynierii Produkcji i Logistyki
Politechnika Opolska

TECHNOLOGIA I TŁOCZENIE SOKÓW OWOCOWYCH W KONTEKŚCIE OCENY JAKOŚCI®

Technology and cooking of fruit juices in the context of quality assessment®

Soki naturalnie mętne w ostatnim czasie przeżywają swój renesans. Przyczynami tego trendu jest wzrost świadomości żywieniowej konsumentów, zmiana trybu życia, profilaktyka dietetyczna, a także dietoterapia w chorobach cywilizacyjnych. Produkcja tego typu soków ogranicza się do podstawowych procesów technologicznych, takich jak m. in. tłoczenie i lekka pasteryzacja, dzięki czemu są one bogate w pożądane składniki odżywcze i pozbawione dodatku cukru oraz innych niechcianych substancji. Uznawane są za zdrowsze od pozostałych produktów tego rodzaju. Polska w Unii Europejskiej produkuje jako producent soków owocowych, głównie poprzez jabłkowe soki zagęszczone. Obecna zachwiana sytuacja zbytu polskich jabłek, przyczyniła się do tego, że bardziej opłacalnym dla polskich producentów jabłek jest przetworzenie ich właśnie na naturalny sok mętny, tzw. sok NFC. Popyt na tego rodzaju produkty ciągle rośnie.

Naturally cloudy juices recently experiencing a renaissance. One of the reasons is the increase in consumer awareness of nutrition, lifestyle changes, preventive diet, as well as diettherapy diseases of civilization. Production of this type of juice is limited to basic processes, such as m. In. pressing and light pasteurization, making it rich in the desired nutrients and without added sugar and other unwanted substances. This causes are considered healthier than other such products. In addition, Poland in the European Union excels as a producer of fruit juices. In the juice industry is highly developed, mainly through the concentrated apple juice. Current quite disrupted sales of Polish apples, contributed to the fact that more profitable for Polish apple producers is to convert them just on natural juice cloudy, so-called. NFC juice. Demand for such products is still growing.

WSTĘP

Przetwórstwo owoców zajmuje się produkowaniem żywności, opierając się na przetwarzaniu owoców, a także na ich utrwalaniu. Przetwarzanie jest rozumiane w szerokiej skali, ponieważ przetwórstwem możemy już nazwać robienie domowych przetworów jak np. dżemy czy konfitury. Przetwórstwem zajmują się również mniejsze zakłady rzemieślnicze, jednak w większości kojarzy się ono z wielkimi zakładami produkcyjnymi, w których przetwarzanie odbywa się na ogromną skalę, a roczna liczba gotowych produktów sięga tysięcy ton. Mamy w nich do czynienia z przetwórstwem owocowym o charakterze przemysłowym. Ten rodzaj branży przemysłu spożywczego jest bardzo wymagający i niełatwy pod względem organizacji, ponieważ trwałość owoców jako surowców do produkcji jest bardzo niska. Ponadto każdego roku zbiory owoców mogą się różnić. Dzieje się tak np. z powodu kłesk urodzaju. Na organizację przemysłu owocowego wpływa również ogromna liczba różnych gatunków i odmian owoców, które charakteryzują się odmienną przydatnością przerobową, a także różne rodzaje przerobu oraz metody technologiczne[2]. Na przetwórstwo owocowe mają wpływ surowce oraz zapotrzebowanie rynkowe. Podstawowym zadaniem branży jest utrwalenie (zakonserwowanie) zebranych

plonów tak, aby można było je spożywać przez cały rok. Poprzez proces technologiczny produkty owocowe osiągają dodatkowe cechy smakowe. Przechowywanie owoców, zwłaszcza to tradycyjne, niekorzystnie wpływa na zawartość składników odżywczych z powodu reakcji oksydacji. Podczas przerobu surowców utrwalone zostają elementarne chemiczne części składowe owoców, głównie dzięki zanikowi zdolności enzymów do rozkładu oraz zmniejszeniu dostępu tlenu. Ma to ogromne znaczenie dietetyczne, gdyż zostają zachowane nie tylko cukry, białka, ale również m.in. witaminy, barwniki, czy błonnik[3]. Przetwarzanie owoców doprowadza surowce do takiej postaci, aby przygotowanie posiłku było dużo łatwiejsze. Często wyklucza obróbkę wstępną surowca i ułatwia sposób przygotowania oraz pozwala na przechowywanie zapasów, co usprawnia pracę kuchenną w domowych warunkach, a także w gastronomii. Należy podkreślić, iż rozwój przemysłu owocowego powoduje rozwój sadownictwa i wzrost eksportu nie tylko owoców świeżych, ale również ich przetworów. Trzeba jednak mieć świadomość istnienia konkurencji dla przetwórstwa owocowego, jaką jest prężne przechowywanie świeżych owoców [4].

W Polskim przemyśle spożywczym soki i nektary owocowe należą do największego i najszybciej rozwijającego

się sektora. Umożliwia to wzrost spożycia tych produktów w polskim społeczeństwie. Spowodowane jest to głównie zmianami zachowań wśród konsumentów wynikającymi ze zmian stylu życia, wzrostu świadomości żywieniowej czy wprowadzenia przez producentów coraz ciekawszych ofert rynkowych i marketingowych [1].

Należy zwrócić uwagę na działanie prozdrowotne tych produktów. Soki owocowe są doskonałym źródłem ważnych składników odżywczych, takich jak witaminy, składniki mineralne, są także bogate w błonnik pokarmowy i flawonoidy. Poleca się je w dietoterapii kamicy nerkowej, zespole jelita drażliwego i innych schorzeniach związanych z układem pokarmowym, ponadto świetnie sprawdzają się w dietach osób odchudzających się oraz rekonwalescentów [6].

Celem artykułu jest omówienie technologii i procesu tłoczenia soków owocowych oraz ocena jakości wybranych soków owocowych naturalnych mętnych, poprzez analizę sensoryczną i analizę wybranych właściwości fizyko-chemicznych. Do badań wykorzystano występujące na polskim rynku soki naturalne mętne różnych producentów.

METODYKA BADAŃ

Do badań wykorzystano jabłkowe soki naturalnie mętne (NFC) trzech różnych producentów, dostępnych na polskim rynku, o pojemności 3 l. Wszystkie soki były zapakowane metodą bag-in-box. Metoda ta polega na rozlewie na gorąco (temp. 80-85°C) tłoczonego soku do wielowarstwowych worków foliowych z wbudowanym korkiem. Worki te charakteryzują się dużą barierowością tlenową, a specjalny mechanizm działania korka zapewnia beztlenowe wypróżnianie podczas nalewania soku. Soki zostały oznaczone numerami 1-3.



Rys. 1. Badane soki.

Fig. 1. Tested juices.

Źródło: Fotografia i opracowanie własne

Source: Photography and own study

Charakterystyka produktu wg producenta

Sok nr 1 – „100% sok jabłkowy”, naturalny, nieklarowany sok, tłoczony z jabłek. Składniki: sok jabłkowy 100%, przeciwutleniacz (witamina C).

Tabela 1. Wartości odżywcze (na 100 ml produktu)

Table 1. Nutritional value (per 100 ml of product)

Wartość energetyczna	206 kJ/ 49 kcal
Tłuszcz	0 g
W tym kwasy tłuszczowe nasycone	0 g
Węglowodany	11 g
W tym cukry	10 g
Białko	0,3 g
Sól	0 g

Źródło: Opakowanie produktu

Source: Product packaging

Sok nr 2 – „100% sok wyciskany ze świeżych owoców”. Sok jabłkowy, wyciskany bezpośrednio z owoców, naturalnie mętny. Nie z koncentratu. Produkt pasteryzowany. Producent nie zaznaczył na opakowaniu składników produktu.

Tabela 2. Wartości odżywcze (na 100 ml produktu)

Table 2. Nutritional information (per 100 ml of product)

Wartość energetyczna	197 kJ/ 47 kcal
Tłuszcz	0 g
W tym kwasy tłuszczowe nasycone	0 g
Węglowodany	11 g
W tym cukry	10 g
Błonnik	<0,5 g
Białko	<0,5 g
Sól	0 g

Źródło: Opakowanie produktu

Source: Product packaging

Sok nr 3 – „Sok jabłkowy mętny, bezpośrednio tłoczony 100%”. Pasteryzowany, zawiera naturalnie występujące w owocach cukry. Nie z soku zagęszczonego. Składniki: sok jabłkowy, witamina C.

Tabela 3. Wartości odżywcze (na 100 ml produktu)

Table 3. Nutritional information (per 100 ml of product)

Wartość energetyczna	176 kJ/ 42 kcal
Tłuszcz	0 g
W tym kwasy tłuszczowe nasycone	0 g
Węglowodany	9,8 g
W tym cukry	9,3 g
Błonnik	0,2 g
Białko	0,2 g
Sól	0 g
Witamina C	12 mg

Źródło: Opakowanie produktu

Source: Product packaging

Ocena jakości i analiza sensoryczna wybranych soków owocowych

Ocena jakości soków opierała się na analizie sensorycznej i wyznaczeniu następujących właściwości fizyko-chemicznych: gęstości, zawartości ekstraktu ogólnego, kwasowości.

Wyznaczenie gęstości – do wyznaczenia gęstości wykorzystano cylinder miarowy o pojemności 1000 ml, do którego wiano 1000 ml badanego soku. Następnie ostrożnie zanurzono w nim odpowiedni areometr i odczytano wynik. Czynność ta została wykonana dla każdego badanego soku, a otrzymano następujące wyniki (Tab. 4):

Tabela 4. Wyniki pomiaru gęstości

Table 4. Density measurement results

Numer próby:	Gęstość względna – $d^{20/4}$ [d/cm ³]
Sok nr 1	1,050 g/cm ³
Sok nr 2	1,052 g/cm ³
Sok nr 3	1,038 g/cm ³

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Wyznaczanie zawartości ekstraktu – zawartość ekstraktu ogólnego wyrażona w procentach, została odczytana na podstawie wyznaczonej gęstości $d^{20/4}$ z tabeli zawartej w normie PN-A-75101-02:1990/Az1:2002. Wyniki przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Zawartość procentowa ekstraktu ogólnego

Table 5. The percentage of total extract

Numer próby:	Zawartość ekstraktu [% wag.]
Sok nr 1	13
Sok nr 2	13,4
Sok nr 3	12,2

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Wyznaczenie kwasowości soku polegało na przygotowaniu roztworu soku i zobojętnieniu w nim ogólnej zawartości kwasów za pomocą miareczkowania roztworem wodorotlenku sodu i fenoloftaleiny. Do 3 zlewek o pojemności 250 cm³ odmierzono pipetą po 25 cm³ badanych próbek soków, po czym do każdej dolano po 100 cm³ wody destylowanej. Tak przygotowane roztwory podgrzano do wrzenia w łaźni wodnej, następnie wychłodzono i każdy przeniesiono do kolb miarowych o pojemności 250 cm³, które wypełniono do kreski wodą destylowaną. Powstałe roztwory po dokładnym wymieszaniu, pozostawiono na 15 min, a następnie przesączono przez sączek filtracyjny do suchych kolb. Tak przygotowany przesącz gotowy był do miareczkowania. Następny etap polegał na odmierzeniu pipetą po 20 cm³ przesączów do kolb o pojemności 100 cm³ i dodanie do każdego 3 kropli roztworu fenoloftaleiny. Tak przygotowany roztwór poddano miareczkowaniu 0,1 – molowym roztworem wodorotlenku sodu, aż do zmiany barwy na jasnorożowy. W tabeli 6 przedstawiono ilość zużytego do miareczkowania roztworu wodorotlenku sodu NaOH.

Tabela 6. Ilość zużytego NaOH do miareczkowania

Table 6. Amount of spent NaOH to be titrated

Numer próby:	NaOH [cm ³]
Sok nr 1	18
Sok nr 2	14
Sok nr 3	12

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Kwasowość ogólną (X) w obliczono wg wzoru:

$$X = \frac{a \times n \times K}{c} \times 100$$

Gdzie: a – ilość roztworu NaOH zużyta do miareczkowania badanego roztworu [cm³],
 n – molowość roztworu NaOH,
 c – masa badanego produktu zawartego w roztworze miareczkowym [g],
 K – współczynnik do przeliczania wyniku na odpowiedni kwas w zależności od rodzaju badanego produktu, K = 0,067

W tabeli 7 przedstawiono wyniki kwasowości ogólnej dla każdej badanej próby, obliczone za pomocą wyżej przedstawionego wzoru.

Tabela 7. Kwasowość ogólna

Table 7. General acidity

Numer próby	Kwasowość ogólna [g/l]
Sok nr 1	4,8
Sok nr 2	3,7
Sok nr 3	2,2

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Analiza sensoryczna soków jabłkowych wykonana była metodą pięciopunktową. Metody punktowe należą do metod skalowania. Pozwalają zakwalifikować produkt do określonej klasy jakościowej. Aby uzyskać poprawny wynik, należy poprawnie zdefiniować poziomy jakości oraz odpowiednio wyszkolić zespół oceniający. Te dwa warunki pozwalają na otrzymanie precyzyjnych wyników i prawidłowe przypisanie produktu do adekwatnej klasy jakości. Do przeprowadzenia oceny jakości sensorycznej należy przygotować skalę punktową, która musi spełniać pewne warunki. Metoda oceny pięciopunktowej została utworzona przez prof. Damazego Tilgnera, który był polskim uczonym. Odnosi się ona do pięciu klas jakości:

- 5 – jakość bardzo dobra,
- 4 – jakość dobra,
- 3 – jakość dostateczna,
- 2 – jakość niedostateczna,
- 1 – jakość zła.

Każdą cechę charakteryzuje odpowiednia definicja, a skala jest skonstruowana na podstawie normy PN-64/A-A-04022. W tym przypadku wykorzystano skalę metody pięciopunktowej dla soku jabłkowego nieklarowanego pochodzącą z materiału dydaktycznego którego autorem jest Janina Gawęcka i Tadeusz Jędryka [4]. Analiza wykonana była przez 6-osobowy zespół. Każdy z oceniających miał przed sobą szklane zlewki z badanymi sokami ponumerowanymi liczbami 1-3.

Ocenię podlegały następujące cechy (wyróżniki jakości):

- Klarowność,
- Barwa,
- Zapach,
- Smak.

Obliczenie klasy jakości polegało na wyliczeniu średniej oceny każdej cechy, którą następnie pomnożono przez odpowiedni dla danej cechy współczynnik jakości. Końcowym etapem było zsumowanie powstałych iloczynów i przyrządowanie wyniku do właściwej klasy jakości. Współczynniki jakości:

- Klarowność – 0,1
- Barwa – 0,2
- Zapach – 0,3
- Smak 0,4.

W tabelach 8,9,10 przedstawiono wyniki oceny pięciopunktowej, wraz z obliczoną średnią i klasą jakości.

Tabela 8. Wyniki analizy sensorycznej soku nr 1
Table 8. Results of sensory analysis of juice No. 1

Oceniający	1	2	3	4	5	6	średnia	4,0 jakość dobra
Klarowność	5	5	5	4	4	5	4,7	
Barwa	3	4	5	4	4	4	4,0	
Zapach	4	5	5	5	3	4	4,3	
Smak	4	3	3	3	5	4	3,7	

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Tabela 9. Wyniki analizy sensorycznej soku nr 2
Table 9. Results of Sensory Analysis of Juice No. 2

Oceniający	1	2	3	4	5	6	średnia	4,2 jakość dobra
Klarowność	5	5	5	5	4	4	4,7	
Barwa	4	5	4	3	4	3	3,8	
Zapach	3	5	4	4	4	5	4,2	
Smak	5	5	5	4	4	3	4,3	

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Tabela 10. Wyniki analizy sensorycznej soku nr 3
Table 10. Results of Sensory Analysis of Juice No. 3

Oceniający	1	2	3	4	5	6	średnia	3,4 jakość dostateczna
Klarowność	5	5	4	5	4	5	4,7	
Barwa	2	3	3	4	4	4	3,3	
Zapach	2	4	2	3	4	3	3,0	
Smak	2	4	4	4	3	3	3,3	

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

ANALIZA WYNIKÓW

Analiza sensoryczna wykonana była na sokach bezpośrednio po otwarciu. Oceniający sprawdzali cechy w następującej kolejności: klarowność, barwa, zapach i smak. Szczegółowe wyniki analizy sensorycznej zestawiono w tabeli 11, a ocenę końcową zobrazowano na wykresie 2. Ogólna

obliczona ocena badanych soków mieściła się w przedziale od 4,02 do 3,37. Klarowność badanych soków oceniający określili na tym samym poziomie, gdyż po uśrednieniu wyników, każdy z soków uzyskał wynik 4,7. Soki były lekko mętne z niewielkim osadem. W przypadku barwy najwyższą notę uzyskał sok nr 1 – 4,0, którego kolor był ciemno-żółty, bardzo intensywny i różnił się naturalnej barwy wykorzystanych owoców. Nie znacznie gorzej wypadł pod tym względem sok nr 2 z wynikiem 3,8, choć jego barwa była jaśniejsza, od próbki nr 1. Barwa soku nr 3 była bardzo jasna, mniej intensywna, znacznie różniła się od pozostałych badanych soków, a jej ocena to 3,3. Kolejną badaną cechą był zapach i tak jak w przypadku klarowności najwyższe, niewiele różniące się wyniki osiągnęły soki nr 1 – 4,3 i nr 2 – 4,2. Zapach tych soków był aromatyczny i zharmonizowany. Najniższy wynik zdobył sok nr 3 – 3,0, którego zapach był słabo wyczuwalny i bardzo znacząco różnił się od pozostałych badanych soków. Ostatnią badaną cechą był smak. W tym aspekcie bezkonkurencyjny był sok nr 2, z wynikiem 4,3. Oceniający zdefiniowali go jako dość intensywny, owocowy i zharmonizowany. Sok nr 1 wg zespołu oceniającego był zdecydowanie za słodki, mało naturalny i uzyskał wynik 3,7. Natomiast sok nr 3 kolejny raz otrzymał najniższą notę – 3,3, jako sok o smaku mało intensywnym i pustym. Tabela 11 oraz wykres 2 przedstawia opisane wyniki.

Tabela 11. Wyniki średniej oceny poszczególnych cech jakościowych

Table 11. Results of the average rating of each quality feature

	Sok nr 1	Sok nr 2	Sok nr 3
Klarowność	4,7	4,7	4,7
Barwa	4,0	3,8	3,3
Zapach	4,3	4,2	3,0
Smak	3,7	4,3	3,3

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study



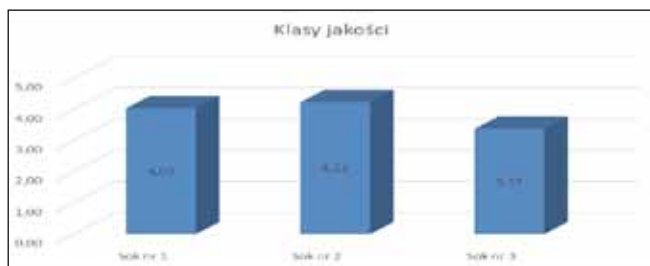
Rys. 2. Średnia ocena poszczególnych cech.

Fig. 2. Average individual characteristics.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Po wykonaniu stosownych obliczeń wyniki przyrównano do skali klas jakości, z których wynikało, że najwyższą jakością sensoryczną wyróżniał się sok nr 2, z wynikiem 4,2, który oznaczał jakość dobrą. Sok nr 1 był również dobrej jakości, a jego wyróżnik jakości wyniósł 4,0. Najniższą jakością w stosunku do pozostałych – dostateczną, prezentował sok nr 3 z wynikiem 3,4. Wykres 3 prezentuje opisane wyniki.

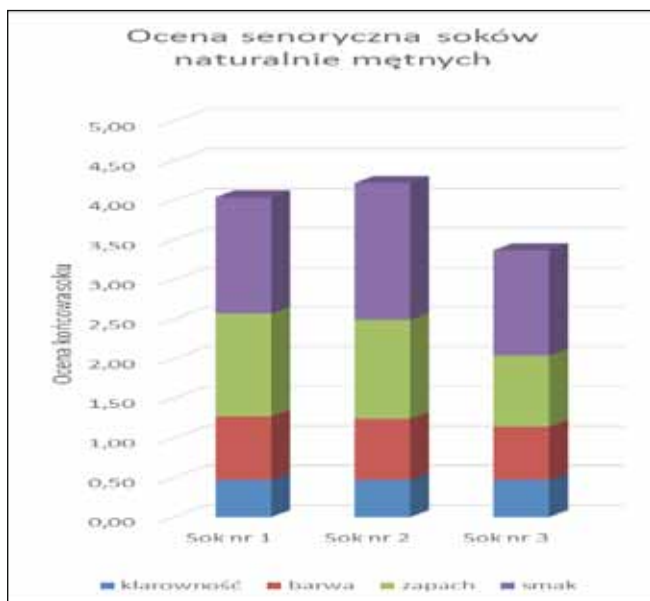


Rys. 3. Klasy jakości.

Fig. 3. Quality classes.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study



Rys. 4. Ocena sensoryczna soków naturalnie mętnych.

Fig. 4. Sensory evaluation of naturally turbid juices.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

W przypadku właściwości fizyko-chemicznych, soki badane były pod względem:

- gęstości,
- zawartości ekstraktu,
- kwasowości.

Według danych literaturowych [5] gęstość soku jabłkowego powinna oscylować wokół liczby 1,040. Najbliższa tej liczbie jest gęstość soku nr. 3 – 1,038 g/cm³. Gęstości pozostałych soków były nieco wyższe: sok nr 1 – 1,50 i sok nr 2 – 1,52, jednak mimo to uznaje się, że gęstość jest na dozwolonym poziomie, zwłaszcza, że są to soki mętne, więc wyższa gęstość w tym przypadku jest pożądana. Wobec soków naturalnie mętnych wymaga się, aby zawartość ekstraktu była co najmniej na poziomie 10% i każdy z badanych soków spełnia ten warunek. Największą zawartość ekstraktu posiadał sok nr 2 – 13,4%. Sok nr 1 miał nieco niższy wynik – 13%. Najmniejszą zawartością ekstraktu wyróżniał się sok nr 3 – 12,2%. Kwasowość ogólna soków jabłkowych powinna mieścić się w granicach 2,2 – 7,5 [g/l]. Kwasowość ogólna badanych soków była mocno zróżnicowana. Najwyższy wynik – 4,8 g/l, należał do soku nr 1. Następny w kolejności

był sok nr 2 z kwasowością wynoszącą 3,7 g/l. Sok nr 3 kolejny raz osiągnął najniższy wynik – 2,2 [g/l], mieszcząc się w dolnej granicy wymagań jakościowych. Podsumowując, jakość soku nr 2 pod względem właściwości fizyko-chemicznych i tym razem była najwyższa. Soki nr 1 i nr 2 są zgodne z danymi literaturowymi, jednak sok nr 3 w tym przypadku również wypadł najgorzej, zwłaszcza biorąc pod uwagę tak niską liczbę kwasowości ogólnej. Wszelkie różnice mogą być spowodowane wykorzystaniem różnych odmian jabłek oraz różnicami w procesie technologicznym, niemniej jednak każdy z producentów spełnia warunki jakościowe odnośnie właściwości fizyko-chemicznych stawiane sokom naturalnie mętym. W poniższej tabeli (Tab.12) zestawiono wszystkie wyniki oceny jakości przeprowadzonych badań.

Tabela 12. Wyniki oceny jakości

Table 12. Results of quality assessment

	Sok nr 1	Sok nr 2	Sok nr 3
OCENA SENSORYCZNA			
Klarowność	0,47	0,47	0,47
Barwa	0,8	0,77	0,67
Zapach	1,3	1,25	0,9
Smak	1,47	1,73	1,33
Współczynnik jakości	4,03	4,22	3,37
Klasa jakości	dobra	dobra	dostateczna
WŁAŚCIWOŚCI FIZYKO-CHEMICZNE			
Gęstość [g/cm ³]	1,050	1,052	1,038
Zawartość ekstraktu [%]	13,0	13,4	12,2
Kwasowość ogólna [g/l]	4,8	3,7	2,2

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych badań analizy sensorycznej i fizykochemicznej można wyciągnąć następujące wnioski:

- Dostępne na polskim rynku soki naturalnie mętne są mocno zróżnicowane pod względem jakości, mimo że wszystkie są zgodne z danymi literaturowymi. Spośród badanych soków tylko jeden sok – nr 2, charakteryzował się wysoką jakością sensoryczną, jak również fizyko-chemiczną. Ocena sensoryczna soku nr 2 była najwyższa, jednak nie była to najwyższa ocena skali.
- Biorąc pod uwagę opakowania jak i deklaracje producentów na etykiecie, każdy z soków posiadał zapis o zawartości wartości odżywczych. Były one na podobnym poziomie. Producenci soków nr 1 i nr 2 zaznaczyli na opakowaniu spis składników, czego nie zrobił producent soku nr 3.

- Proces technologiczny i tłoczenie sprawia, że soki naturalnie mętne posiadają wyższą jakość od pozostałych soków. Przyczynia się do tego lekka pasteryzacja i brak procesu klarowania.
- Wybór soków naturalnie mętnych jest znacznie lepszy pod względem zdrowotnym, dzięki większej ilości cennych wartości odżywczych. Soki naturalnie mętne zawierają tylko naturalny cukier pochodzący z owoców i nie posiadają żadnych syntetycznych dodatków, czy konserwantów.

LITERATURA

- [1] **GÓRECKA-WARSIEWICZ H. 2005.** „Konsument a strategię pozycjonowania na rynku soków, nektarów i napojów niegazowanych”. *Przemysł Spożywczy* 6: 16-19.
- [2] **JARCZYK A. 2007.** *Technologia żywności: Podręcznik dla technikum 3*. Warszawa. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne.
- [3] **JARCZYK A., J. B. BERDOWSKI. 1997.** *Przetwórstwo owoców i warzyw: Podręcznik dla technikum Cz.1*. Warszawa: Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne.
- [4] **PIJANOWSKI E., M. DŁUŻEWSKI, A. DŁUŻEWSKA, A. JARCZYK. 2004.** *Ogólna technologia żywności*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne.
- [5] **TARTANUS M., B. GROELE. 2005.** *Przewodnik Dobrej Praktyki Produkcyjnej dla Przemysłu Sokowniczego*. Warszawa: Stowarzyszenie Krajowa Unia Producentów Soków.
- [6] **Konferencja Prasowa: Jakość soków i nektarów dostępnych na polskim rynku**. Stowarzyszenie Krajowa Unia Producentów Soków, Warszawa 2007.

Dr hab. Krzysztof DASIEWICZ
Prof. dr hab. Mirosław SŁOWIŃSKI
Zakład Technologii Mięsa, Katedra Technologii Żywności
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

PORÓWNANIE PRZYDATNOŚCI PROGRAMÓW „IMAGEJ” I „CARNE 2” DO SZACOWANIA JAKOŚCI KIEŁBASY SALAMI METODĄ KOMPUTEROWEJ ANALIZY OBRAZU®

Comparison of usefulness of programs „ImageJ” and „Carne 2” application
for estimating quality of salami sausages using Video Image Analysis®

Słowa kluczowe: komputerowa analiza obrazu, ImageJ, Carne 2, salami.

Celem pracy przedstawionej w artykule była ocena przydatności dwóch programów komputerowych do szacowania jakości kielbasy salami metodą komputerowej analizy obrazu. Stosując metody odwoławcze oceniono wyróżniki jakości wybranej handlowej kielbasy salami, jednocześnie wykorzystując komputerową analizę obrazu określono udział pól białych i czerwonych oraz składowe barwy R, G i B tłuszczu, mięsa i obrazu. Na podstawie wyników stwierdzono, że między wyróżnikami jakości salami oznaczonymi metodami odwoławczymi a danymi pozyskanymi za pomocą komputerowej analizy obrazu występują istotne zależności, co wskazuje na możliwość stosowania tych programów do szacowania jakości tego typu kielbas. Należy jednak zauważyć, że modele szacowania dla niektórych wyróżników jakości były zróżnicowane w zależności od zastosowanego programu analizującego.

Key words: video image analysis, ImageJ, Carne 2, salami.

The aim of this article was to evaluate usefulness of two different programs for estimating quality of salami using video image analysis. Quality attributes of salami was determined by using reference methods, simultaneously video image analysis was used to determine share of white and red fields and color components R, G and B for fat, meat and whole image. The results showed that there are significant relationships between quality attributes and obtained data, which indicates usefulness of both programs to estimate quality of this type of sausages. However it should be noted, that estimation models for some of the attributes should be developed separately for each type of program.

WPROWADZENIE

Grupa kielbas salami obejmuje szeroką gamę produktów, których technologia produkcji jest zróżnicowana – stosowane dodatki, surowce i przebieg procesu produkcyjnego są często ściśle związane z tradycją, regionem produkcji. Kołczak i Martyński [15] powołując się na prace innych autorów stwierdzili, że ogromna różnorodność wyrobów stwarza problemy z nomenklaturą. Z tych powodów w literaturze nie opisano uniwersalnej technologii produkcji kielbasy salami, natomiast bardzo często zalicza się ją do grupy kielbas surowych dojrzewających. Kielbasy te charakteryzują się specyficznymi walorami smakowo-zapachowymi, marmurkowatym obrazem i czerwoną barwą mięsa na przekroju. Dojrzwienie i suszenie tych wyrobów zapewnia obniżenie pH i aktywności wody zapewniając trwałość produktów. Procesy te są bardzo ważne, gdyż ten rodzaj kielbas nie jest poddawany obróbce termicznej. Kielbasy salami zaliczane są do wyrobów trwałych, więc mogą być przechowywane do sześciu miesięcy i nie wymagają przechowywania w warunkach

chłodniczych [2, 11, 14, 15, 16, 23]. W ocenie tego typu produktów często wykorzystuje się subiektywne metody oceny np. ocenę organoleptyczną. Wyniki takiej oceny zależą jednak w głównej mierze od osobistych preferencji oceniającego. W Polsce, przy sukcesywnie wzrastającym spożyciu salami, istnieje zapotrzebowanie na obiektywną i powtarzalną metodę oceny jakości tego typu kielbas. Taką metodą może być komputerowa analiza obrazu (KAO).

Komputerowa analiza obrazu z powodzeniem stosowana jest obecnie w przemyśle spożywczym na każdym etapie produkcji. Zaletami tej metody są dokładność, powtarzalność i obiektywność. Różne sposoby pozyskiwania obrazu pozwalają badać wiele właściwości surowców, produktów czy nawet kontrolować przebieg procesu produkcyjnego. Obecnie KAO z powodzeniem stosowana jest na dużą skalę w przemyśle mięsnym do klasyfikacji tusz i mięsa. Prowadzonych jest wiele badań mających na celu sprawdzenie zasadności implementacji metody komputerowej analizy obrazu do oceny i szacowania jakości surowców i produktów

Adres do korespondencji – Corresponding author: Krzysztof Dasiewicz, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Katedra Technologii Żywności, Zakład Technologii Mięsa, ul. Nowoursynowska 159C, 02-776 Warszawa, e-mail: krzysztof_dasiewicz@sggw.pl

przetwórstwa mięsnego. Obiecujące wyniki pozwalają przypuszczać, że metoda ta będzie przydatna również w ocenie wyróżników jakości kielbas salami [5, 6].

Obecnie, oprócz specjalistycznego oprogramowania stosowanego do KAO w przemyśle spożywczym, ogólnie dostępnych jest wiele wszechstronnych narzędzi do analizy obrazów cyfrowych. Ze względu na szeroki wachlarz funkcji, programy te mają duży potencjał zastosowań, do których należy ocena jakości produktów spożywczych. Porównanie wyników badania wyróżników jakości kielbasy salami uzyskanych przy pomocy różnych programów z wynikami otrzymanymi przy użyciu metod odwoławczych pozwoli wykazać, który z nich lepiej sprawdzi się przy tego typu zadaniach [4].

Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań dotyczących oceny przydatności programów „ImageJ” i „Carne 2” do szacowania jakości kielbas salami metodą komputerowej analizy obrazu.

METODYKA BADAŃ

Material badawczy

Do badań wykorzystano handlową kielbasę salami. Oznaczenia wykonano analizując 5 batonów kielbasy salami pozyskanych z różnych partii produkcyjnych. Zgodnie z deklaracją producenta na etykiecie badanego produktu został on wytworzony z mięsa i tłuszczu wieprzowego, a do wyprodukowania 100 g produktu użyto 154 g mięsa wieprzowego. Kielbasy cięto na 6 plasterów o grubości 3 cm, łącznie uzyskano 30 próbek poddanych analizie.

Badania chemiczne i fizyczne

Zawartość podstawowych składników chemicznych w badanym próbki salami oznaczano metodami odwoławczymi: tłuszczu – metodą Soxhleta [20], białka – metodą Kjeldahla [17], wody – metodą suszenia [19] oraz zawartości chlorków metodą potencjometryczną zgodną z PN-ISO 9297:1994 [21]. Pomiaru barwy dokonano metodą kolorymetryczną zgodnie z PN-N-01252:1965 [22]. Użyto kolorymetru Minolta CR 200. Teksturę zmierzono badając siłę penetracji przy użyciu maszyny wytrzymałościowej Zwick 1120 używając trzpienia cylindrycznego. Penetracji dokonywano na głębokość 15 mm, prędkość przesuwu głowicy pomiarowej wynosiła 50 mm/min. Pomiar wykonywano w trzech miejscach na każdym plastrze, jako wynik przyjęto wyliczoną z nich średnią. Do oceny sensorycznej zastosowano metodę skalowania. Próbkę oceniano pod względem smaku, zapachu oraz barwy, równomierności rozłożenia i wyglądu kawałków tłuszczu na przekroju. Każdy wyróżnik jakościowy plasterów kielbasy został oceniony w skali punktowej od 1 do 5.

Komputerowa analiza obrazu

Zdjęcia wykonano z wykorzystaniem aparatu cyfrowego Olympus 1400L. Do pozyskania zdjęć i zapewnienia stałych warunków ekspozycji użyto komory do akwizycji zdjęć, w której zastosowano oświetlenie żarowe oraz zielone tło – warunki akwizycji dobrano na podstawie wcześniejszych badań [4, 8, 10]. Czulość ISO ustawiono na poziomie 200, wielkość przysłony na poziomie 4,0.

Komputerowa analiza obrazu została przeprowadzona przy użyciu dwóch różnych programów komputerowych.

„ImageJ” – segmentacja obrazu została przeprowadzona ręcznie metodą progowania przy użyciu opcji Color Threshold. Wydzielono kolejno obraz całego plastru, tłuszczu i mięsa, po czym zmierzono ich powierzchnię w pikselach i składowe R, G i B każdej klasy za pomocą opcji Histogram. Na podstawie pomiaru powierzchni klas wyliczono procentowy udział pól białych i czerwonych [1].

„Carne 2” – segmentacja i pomiar obrazu były przeprowadzone automatycznie. W programie został zastosowany algorytm uczący k-najbliższych sąsiadów (w tym przypadku k=3). Konieczne było wprowadzenie ręcznych danych uczących, czyli określenie kilku pól reprezentujących poszczególne klasy. Program posiada opcję wykluczania wybranych elementów z analizy, natomiast z uwagi na nieregularność krawędzi plastru proces zaznaczania tła znacznie wydłużał i komplikował proces analizy zdjęć. Z tego powodu nie wyznaczono również wartości składowych R, G i B obrazu. Zamiast korzystania z opcji wykluczenia tła dodano kolejną klasę „tło”, po czym otrzymane procentowe wartości udziału pól białych i czerwonych przeliczono tak, aby otrzymać udziały procentowe tych klas w plastrze salami, a nie w całym obrazie [24].

Analiza statystyczna wyników

Analizę statystyczną przeprowadzono przy użyciu programów STATISTICA 12 i Microsoft Office Excel. Obliczono wartości średnich, odchylenia standardowego, wartości minimalne, maksymalne i mediany, występowanie istotnych różnic stwierdzono na podstawie wyników testu T-Studenta, wyliczono też współczynniki korelacji między wartościami uzyskanymi przy pomocy programów komputerowych a wynikami uzyskanymi przy zastosowaniu metod odwoławczych [12].

Dla przypadków o wysokich współczynnikach korelacji wyliczono równania prostych regresji, na podstawie których dokonano dalszych wyliczeń i analiz.

OMÓWIENIE I Dyskusja Wyników

Jakość badanych handlowych kielbas salami była typowa i odpowiadała wymaganiom stawianym dla kielbas drobno rozdrobnionych surowych suszonych zawartych w Polskiej Normie PN-A-82007:1996/Az1:1998 [18], jak również podobna do jakości rynkowych kielbas salami ocenianych przez Inczego [13], Kołczaka i Martyńskiego [15] oraz Małałę [16]. Przedstawione w tabeli 1 wartości określające jakość kielbas zostały następnie wykorzystane w celu przeprowadzenia analizy statystycznej do określenia możliwości wykorzystania KAO do oceny jakości kielbas salami.

Udział pól białych i czerwonych, jak również wartości składowych RGB mięsa tłuszczu i obrazu zostały wyznaczone przy użyciu programów „ImageJ” i „Carne 2”. Otrzymane wyniki zestawiono w tabeli 2. Stosując program „ImageJ” wykazano istotnie większy udział pól czerwonych w stosunku do pól białych, natomiast przy użyciu programu „Carne 2” stwierdzono zależność odwrotną. Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej nie wykazano istotnego różnicowania w oznaczonych wartościach składowych barwy R, G i B dla tłuszczu i mięsa wyznaczonych przy użyciu „ImageJ” i Carne 2”.

Tabela 1. Wybrane wyróżniki jakości badanych kielbas salami
Table 1. Selected quality attributes of investigated sausages of salami

Zawartość podstawowych składników chemicznych

	zawartość wody [%]	zawartość tłuszczu [%]	zawartość białka [%]	zawartość soli [%]
\bar{x}	33,4	36,9	21,4	4,3
s	2,0	4,3	1,9	0,3
min	28,0	28,3	19,2	3,2
max	36,4	45,7	25,3	4,6
med.	33,6	36,9	21,1	4,3

Wartości pomiaru siły penetracji i barwy metodą

	siła penetracji [N]	L*	a*	b*
\bar{x}	39,24	52,35	20,16	3,93
s	5,74	1,48	3,52	1,51
min	29,57	49,52	13,80	1,04
max	51,35	54,59	23,75	5,54
med.	39,92	51,66	22,23	4,45

Wyniki oceny sensorycznej

o	smak	zapach	barwa	równomierność rozłożenia cząstek	widoczność tłuszczu
\bar{x}	5,0	5,0	3,4	3,6	3,0
s	0,0	0,0	1,0	1,0	0,8
min	5,0	5,0	2,0	2,0	2,0
max	5,0	5,0	5,0	5,0	4,0
med.	5,0	5,0	3,0	4,0	3,0

\bar{x} – wartość średnia, s-odchylenie standardowe, min-wartość minimalna, max. – wartość maksymalna, med. – mediana

Źródło: Badania własne
Source: The own study

Tabela 2. Parametry określone metodą komputerowej analizy obrazu w badanych kielbasach salami

Table 2. The parameters determined by computer image analysis in the investigated sausages of salami

Udział pól białych i czerwonych wyznaczony za pomocą programów komputerowych „ImageJ” i „Carne 2”

	„ImageJ”		„Carne 2”	
	% udział pól białych	% udział pól czerwonych	% udział pól białych	% udział pól czerwonych
\bar{x}	47,95	52,37	54,25	45,75
s	5,08	5,25	4,25	4,25
min	40,36	44,13	47,39	36,66
max	55,87	59,64	63,34	52,61
med.	47,74	52,26	52,77	47,23

Składowe barwy RGB każdej z klas otrzymane za pomocą programu Carne2

	R _t	G _t	B _t	R _m	G _m	B _m
\bar{x}	244,57	180,71	140,67	234,52	140,62	100,52
s	10,64	3,64	3,18	17,47	7,38	6,31
min	225	176	136	205	125	87
max	254	188	147	251	149	108
med.	248	181	141	236	143	102

Składowe barwy RGB każdej z klas otrzymane za pomocą programu „ImageJ”

	R _t	G _t	B _t	R _m	G _m	B _m	R _o	G _o	B _o
\bar{x}	244,71	180,95	141,76	234,52	142,00	101,57	240,46	162,01	121,61
s	10,78	4,72	4,37	18,03	8,98	8,05	10,00	7,25	4,07
min	225	173	134	204	124	86	214	146	108
max	254	187	147	251	151	110	256	169	132
med.	247	182	143	237	146	104	249	165	123

\bar{x} - wartość średnia, s-odchylenie standardowe, min-wartość minimalna, max. – wartość maksymalna, med. – mediana

Źródło: Badania własne
Source: The own study

Określenie jakości badanych kielbas salami poprzez oznaczenie podstawowego składu chemicznego i wybranych wyróżników jakości technologicznej oraz wyznaczenie przy użyciu KAO udziałów pól białych i parametrów barwy stanowią podstawę do przeprowadzenia analizy statystycznej. Analiza ta miała na celu określenie możliwości zastosowania metody komputerowej analizy obrazu do oceny jakości kielbas salami, jak również zweryfikowanie, który z zastosowanych programów lepiej nadaje się do przeprowadzania oceny jakości tego typu kielbas.

Wyznaczone współczynniki korelacji dla zależności między wyróżnikami jakości oznaczonymi metodami referencyjnymi, cechami wyznaczonymi przy użyciu programów komputerowych „ImageJ” i „Carne 2” były zróżnicowane (tabela 3). Bezwzględna wartość współczynników korelacji wyliczonych między udziałem pól białych a zawartością tłuszczu dla badanych próbek kielbas wyniosły poniżej 0,3 przy użyciu programu „ImageJ”, co świadczy o słabym stopniu współzależności. Przy zastosowaniu programu „Carne 2” wartości współczynników korelacji zawierały się w przedziale 0,5-0,7; co może wskazywać na silniejszą współzależność. Na podstawie uzyskanych zależności można stwierdzić, że program „Carne 2” stanowi lepsze narzędzie do szacowania zawartości tłuszczu w kielbasie salami.

Siła korelacji (wartość bezwzględna współczynników korelacji) między zawartością tłuszczu a ilością pól białych jest zgodna z danymi występującymi w literaturze opisującej zagadnienie przydatności metody komputerowej analizy obrazu do szacowania jakości mięsa wieprzowego, jednakże wyznaczone w niniejszych badaniach współczynniki korelacji mają wartości ujemne, co jest sprzeczne z założeniami. Dasiewicz i Mierzwińska [7] oceniając przydatność komputerowej analizy obrazu do szacowania zawartości tłuszczu w mięsie drobnym pozyskiwanym z obróbki i wykrawania elementów wieprzowych: schabu, boczku i łopatki otrzymali współczynniki wynoszące odpowiednio: r=0,95; r=0,79 i r=0,72. Również w innych badaniach Dasiewicz i wsp.

[9] badając wpływ krotności mieszania na dokładność szacowania zawartości tłuszczu w drobnym mięsie wieprzowym metodą KAO otrzymali zależność wprost proporcjonalną, a wyliczone współczynniki korelacji kształtowały się na poziomie powyżej $r=0,45$. Dasiewicz [3] oceniając dokładność szacowania zawartości tłuszczu metodą komputerowej analizy obrazu przy wykorzystaniu modelowych mieszanin mięsa i tłuszczu wieprzowego, dla mieszaniny 60% mięsa chudego i 40% słoniny (mieszanina ta ma proporcje zbliżone do farszu na kielbasy salami) otrzymała współczynnik korelacji $r=0,69$. Uzyskanie w niniejszych badaniach ujemnych wysokich współczynników korelacji mogło być związane z faktem, że ilość cząstek tłuszczu na obrazie przekroju plastra mogła nie być reprezentatywna dla ich ilości w całej objętości plastra. Czynnikiem wpływającym na niedokładność szacowania zawartości tłuszczu na podstawie ilości pól białych wyznaczonych metodą KAO mógł też być fakt, iż kielbasy miały białe osłonki, (widoczne na niektórych zdjęciach) oraz wieprzową tkankę łączną (o białokremowej barwie), które to ze względu na kolor były przez programy klasyfikowane jako „pola białe”. Wyznaczenie udziału pól białych i pól czerwonych jest trudne również ze względu na brak jednoznacznych granic między cząstkami mięsa i tłuszczu (rozmycie tłuszczu). Ponadto sformułowanie baz danych dla bardzo wąskiego zakresu zawartości tłuszczu w produkcji powoduje, że są one obciążone dużym błędem. Rozwiązaniem, które potencjalnie wyeliminuje tę niedokładność jest stworzenie bazy danych na podstawie próbek o zróżnicowanej zawartości tłuszczu, np. w zakresie 10-60%, przy zachowaniu podobnego, jak dla salami handlowego przebiegu procesu produkcyjnego.

Na podstawie przeprowadzonej analizy korelacji wykazano również (tabela 3), że między składowymi barwy R, G i B mięsa, tłuszczu i całego obrazu a wybranymi właściwościami fizycznymi, chemicznymi, technologicznymi i sensorycznymi występuje szereg istotnych zależności. Zawartość wody, soli, białka oraz sensoryczna ocena widoczności

tłuszczu wykazywała silną zależność ze składowymi barwy R, G i B tłuszczu, mięsa i całego obrazu. Podobnie niezależnie od rodzaju zastosowanego programu do analizy obrazu wyliczone istotne zależności pomiędzy składowymi barwy L, *a i *b składowymi barwy R, G i B mięsa. W przypadku niektórych z wyróżników jakości, takich jak siła penetracji i ocena sensoryczna barwy istotnych statystycznie zależności nie stwierdzono.

Stosując analizę korelacji wyznaczono równania regresji. Krzywa korelacji pomiędzy udziałem pól białych wyznaczonych za pomocą programu „ImageJ” a zawartością tłuszczu oznaczoną metodą referencyjną w salami przyjęła postać $y = -0,42x + 64,01$, natomiast $y = -0,48x + 67,11$ w przypadku korelacji pomiędzy udziałem pól białych wyznaczonych za pomocą programu „Carne 2” a zawartością tłuszczu oznaczoną metodą referencyjną. Na podstawie wyliczonych równań regresji oszacowano zawartość tłuszczu metodą komputerowej analizy obrazu. Przeprowadzona analiza statystyczna nie wykazała istotnych różnic pomiędzy zawartością tłuszczu oznaczoną metodą odwoławczą a zawartością tłuszczu wyznaczoną metodą KAO przy użyciu programów „ImageJ” i „Carne 2”.

Przeprowadzona analiza wyników wykazała, że obydwa programy mogą znaleźć zastosowanie w ocenie jakości salami metodą KAO. Wyniki otrzymane przy pomocy programu „Carne 2” i „ImageJ” nie odbiegają w znaczący sposób od siebie, natomiast zasada działania i sposób obsługi programów znacznie różnią się między sobą, i to właśnie te aspekty decydują o ich przydatności do wykonania konkretnych oznaczeń. Analiza zdjęć programem „Carne 2” trwa dłużej niż przy użyciu programu „ImageJ”, natomiast jego przewagą jest automatyzacja procesu segmentacji obrazu. Program „ImageJ” posiada możliwość tworzenia makr i wtyczek, które mogłyby wyeliminować tę różnicę. Dodatkowo, program „ImageJ” posiada szeroki wachlarz funkcji, przy użyciu których można dowolnie modyfikować obraz, oraz analizować go pod wieloma aspektami, dlatego też możliwe było całko-

wite pominięcie tła z analizowanego obrazu bez utraty danych i szkody dla samej analizy – w przypadku programu „Carne 2” nie uzyskano składowych RGB obrazu, gdyż usunięcie zielonego tła ze zdjęcia zajmowało zbyt dużo czasu i było zbyt pracochłonne.

PODSUMOWANIE

Celem badań była ocena możliwości zastosowania metody komputerowej analizy obrazu do oceny jakości kielbas salami, jak również ocena i porównanie przydatności programów „ImageJ” i „Carne 2” do szacowania jakości tego typu produktów. W pracy zbadano wybrane właściwości technologiczne, fizyczne, chemiczne oraz jakość sensoryczną wybranej handlowej kielbasy salami metodami odwoławczymi, następnie wyznaczono udział pól białych i składowe barwy RGB metodą KAO przy użyciu programów „ImageJ” i „Carne 2”. Wykorzystując

Tabela 3. Wartości współczynników korelacji wyliczone między wyróżnikami jakości kielbas salami a wartościami uzyskanymi metodą KAO

Table 3. Correlation coefficient values calculated between the quality attributes of sausages salami and the values obtained by CIA

		zawartość tłuszczu	zawartość wody	zawartość białka	zawartość soli	siła penetracji	L	*a	*b	barwa	rozłożenie cząstek	widoczność tłuszczu
ImageJ	udział pól białych	0,138645	-0,197865	-0,121463	0,013222	0,579244	0,152339	-0,612242	-0,468379	0,681649	0,518114	0,435153
	udział pól czerwonych	-0,183811	0,240811	0,198711	0,038456	-0,553709	-0,100166	0,634006	0,503319	-0,686754	-0,513357	-0,425970
	R _t	-0,904294	0,845019	0,596343	0,731561	-0,458690	0,699508	0,917034	0,958421	-0,561446	-0,481530	-0,695727
	G _t	-0,898261	0,790517	0,592339	0,698180	-0,355229	0,763764	0,836405	0,898409	-0,428767	-0,362208	-0,631653
	B _t	-0,896321	0,803548	0,553711	0,713370	-0,406749	0,745533	0,857331	0,914690	-0,477905	-0,434459	-0,636518
	R _m	-0,907829	0,829883	0,621861	0,727491	-0,407056	0,735766	0,894486	0,949424	-0,520845	-0,443083	-0,670451
	G _m	-0,896915	0,845644	0,518190	0,735114	-0,514535	0,636534	0,925630	0,949049	-0,585979	-0,546155	-0,733127
	B _m	-0,911452	0,846636	0,541693	0,734708	-0,490090	0,680973	0,919620	0,954567	-0,578396	-0,519469	-0,721896
	R _o	-0,916882	0,847437	0,615457	0,745294	-0,414292	0,735597	0,894074	0,952475	-0,521787	-0,443233	-0,675027
	G _o	-0,897416	0,810420	0,523274	0,790662	-0,315880	0,771390	0,752428	0,834392	-0,348701	-0,349848	-0,602409
	B _o	-0,894847	0,792369	0,504234	0,777395	-0,292756	0,783158	0,727736	0,819104	-0,326999	-0,339873	-0,578564
	Carne 2	udział pól białych	-0,592967	0,479624	0,280461	0,514204	0,094064	0,693553	0,218300	0,348822	0,161972	0,037239
udział pól czerwonych		0,592967	-0,479624	-0,280461	-0,514204	-0,094064	-0,693553	-0,218300	-0,348822	-0,161972	-0,037239	0,300174
R _t		-0,895570	0,843244	0,580696	0,729649	-0,477682	0,689859	0,925349	0,960800	-0,582021	-0,503777	-0,710069
G _t		-0,791060	0,629828	0,557139	0,618653	-0,152053	0,811021	0,635566	0,757264	-0,202854	-0,148626	-0,490779
B _t		-0,794387	0,628219	0,530852	0,641303	-0,157399	0,788843	0,638651	0,763730	-0,208713	-0,160548	-0,461925
R _m		-0,914297	0,830276	0,633547	0,735760	-0,378217	0,757607	0,877401	0,942967	-0,493511	-0,419129	-0,649073
G _m		-0,898854	0,839591	0,519235	0,755889	-0,502280	0,670438	0,911978	0,939795	-0,578829	-0,536282	-0,712507
B _m		-0,919621	0,850368	0,523147	0,772316	-0,465710	0,697962	0,888394	0,938900	-0,540034	-0,504186	-0,694012

Źródło: Badania własne

Source: The own study

uzyskane wyniki przeprowadzono analizę statystyczną mającą na celu wyznaczenie zależności pomiędzy udziałem pól białych i zawartością tłuszczu oznaczoną metodą referencyjną. Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

1. Stwierdzono istotne różnice między udziałami pól białych wyznaczonymi przy użyciu „ImageJ” i „Carne 2”, natomiast nie stwierdzono istotnych różnic między składowymi barwy RGB wyznaczonymi przy użyciu stosowanych programów.
2. Analiza obrazu przy użyciu programu „Carne 2” wymaga większej mocy obliczeniowej niż w przypadku programu „ImageJ”, przez co w większym stopniu obciąża zasoby pamięci komputera użytego do analizy obrazu. Program „Carne 2” posiada mniej funkcji użytkowych niż program „ImageJ”, co sprawia, że jego obsługa jest łatwiejsza.
3. Między wybranymi właściwościami technologicznymi, fizycznymi, chemicznymi i sensorycznymi a składowymi barwy R, G i B zaobserwowano istotne korelacje, jednak możliwość użycia KAO do szacowania zawartości tłuszczu w salami wymaga dalszych badań w szczególności uwzględniając większą ilość próbek kielbas salami o zróżnicowanej zawartości tłuszczu.
4. Metoda komputerowej analizy obrazu przy użyciu ocenianych programów może być stosowana do szacowania wyróżników jakości kielbas typu salami. Program „ImageJ” jest bardziej wszechstronnym narzędziem do analizy obrazu niż program „Carne 2”. W przeprowadzonych badaniach przy jego użyciu wyznaczono więcej wyróżników oraz uzyskano wyższe współczynniki korelacji w porównaniu z wyróżnikami jakości uzyskanymi przy zastosowaniu metod odwoławczych.

LITERATURA

- [1] **ABRAMOFF M. D., P. J. MAGALHÃES, J. RAM S. 2004.** „Image processing with „ImageJ””. *Biophotonics International* 11(7): 36-42.
- [2] **ĆWIERTNIEWSKI K., H. PRZYBYŁ, K. EGIER-SKI 2004.** „Oznaczanie aktywności wody kielbas typu salami”. *Gospodarka Mięсна* 56(6): 10-12.
- [3] **DASIEWICZ K. 2010.** „Badania nad wpływem rodzaju oświetlenia na dokładność szacowania zawartości tłuszczu metodą komputerowej analizy obrazu w modelowych mieszaninach mięsa i tłuszczu wieprzowego”. *Nauka Przyroda Technologie* 4(5): 8-16.
- [4] **DASIEWICZ K. 2013.** *Studia nad wykorzystaniem komputerowej analizy obrazu do szacowania jakości drobnego mięsa pozyskanego z dużych zwierząt rzeźnych*. Warszawa: Wydawnictwo SGGW.
- [5] **DASIEWICZ K., M. CHMIEL 2011.** „Wykorzystanie komputerowych systemów wizyjnych w technologii żywności. Część I”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 21(1): 127-131.
- [6] **DASIEWICZ K., M. CHMIEL 2011b.** „Komputerowa analiza obrazu w technologii mięsa”. *Magazyn Przemysłu Mięsnego* (3-4): 40-42.
- [7] **DASIEWICZ K., I. MIERZWINSKA 2006.** „The use of a computer digital analysis for evaluating the quality pork trimmings”. *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria* 5(2): 85-92.
- [8] **DASIEWICZ K., A. PISULA, M. SŁOWIŃSKI, A. NOGA 2008.** „Zastosowanie komputerowej analizy obrazu do szacowania jakości peklowanego drobnego mięsa wieprzowego klasy II”. *Żywność Nauka Technologia Jakość* 15(4): 52-60.
- [9] **DASIEWICZ K., M. SŁOWIŃSKI, A. PISULA, M. CHMIEL 2010.** „Wpływ procesu mieszania drobnego mięsa wieprzowego na dokładność szacowania metodą komputerowej analizy obrazu zawartości tłuszczu i wybranych wyróżników jakości technologicznej”. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 552: 47-55.
- [10] **DASIEWICZ K., P. SZYMAŃSKI 2005.** „Optymalizacja warunków szacowania (metodą komputerowej analizy obrazu) tłuszczu w drobnym mięsie wieprzowym klasy II”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 15(2): 44-47.
- [11] **GARRIGA M., T. AYMERICH 2007.** „The Microbiology of Fermentation and Ripening”. W: *Handbook of Fermented Meat and Poultry* (red. Toldra F.). Blackwell Publishing: 125-135.
- [12] **GÓRECKI T. 2011.** „Podstawy statystyki z przykładami w R”. Legionowo: Wydawnictwo BTC: 306-324.
- [13] **INCZE K. 1987.** „Dry The technology and microbiology of Hungarian salami. Tradition and current status”. *Fleischwirtschaft* 67: 445-447.
- [14] **KALINOWSKA-DOHOJDA A., T. BANASZKIEWICZ, A. TYBURCY 2011.** „Charakterystyka wybranych czynników wpływających na jakość kielbas surowych”. *Gospodarka Mięсна* 63(3): 16-20.
- [15] **KOŁCZAK T., M. MARTYŃSKI 2008.** „Jakość kielbas salami na rynku krakowskim”. *Gospodarka Mięсна* 60(9): 8-12.
- [16] **MAKAŁA H. 2008.** „Rynkowe kielbasy typu salami”. *Gospodarka Mięсна* 60(8): 20-26.
- [17] **PN-A-04018:1975.** *Produkty rolniczo-żywnościowe - Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla i przeliczanie na białko.*
- [18] **PN-A-82007:1996/Az1:1998.** *Przetwory mięsne - Wędliny.*
- [19] **PN-ISO 1442:2000.** *Mięso i przetwory mięsne - Oznaczanie zawartości wody.*
- [20] **PN-ISO 1444:2000.** *Mięso i przetwory mięsne - Oznaczanie zawartości tłuszczu wolnego.*
- [21] **PN-ISO 9297:1994.** *Jakość wody – Oznaczanie chlorków – Metoda miareczkowania azotanem srebra w obecności chromianu jako wskaźnika (Metoda Mohra).*
- [22] **PN-N-01252:1965.** *Liczbowe wyrażanie barw.*
- [23] **PYRCZ J. 2000.** „Technologiczne uwarunkowania produkcji fermentowanych kielbas surowych. Część I”. *Gospodarka Mięсна* 52 (4): 34-40.
- [24] **SALWIN M. 2014.** *Wizualna ocena jakościowa mięsa przy użyciu metody k-najbliższych sąsiadów*. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Wydział Zastosowań Informatyki i Matematyki.

Dr hab. inż. Monika JANOWICZ
 Mgr inż. Dominika SIERSZAK
 Mgr inż. Justyna KADZIŃSKA
 Krzysztof KRÓLIKOWSKI

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

HYDROKOLOIDY W KSZTAŁTOWANIU WŁAŚCIWOŚCI ODTWARZANYCH SUSZY OWOCOWYCH NA PRZYKŁADZIE GRUSZEK®

The use of hydrocolloid solutions during the rehydration
 of the dried fruits gives the desired degree of hydration®

Słowa kluczowe: hydrokoloidy, gruszki, właściwości rekonstruktoryjne, liofilizacja.

Wykorzystanie roztworów hydrokoloidów podczas rehydracji suszy pozwala uzyskać pożądany stopień ich uwodnienia. Natomiast dobierając parametry procesu można ograniczyć ubytki cennych rozpuszczalnych składników suchej substancji do otaczającego środowiska oraz kształtować właściwości gotowego produktu poprzez zastosowanie odpowiedniego hydrokoloidu.

Key words: hydrocolloids, pears, reconstructive properties, freeze drying.

While selecting the process parameters, it is possible to reduce the losses of valuable soluble components of dry substance into the surrounding environment and to form the properties of the finished product by using the appropriate hydrocolloid.

WSTĘP

Współcześnie celem wytworzenia innowacyjnych produktów spożywczych oraz poprawy jakości już istniejących artykułów żywnościowych, jest modyfikacja ich właściwości poprzez stosowanie substancji strukturotwórczych, poszukiwanie nowych, naturalnych dodatków oraz wykorzystanie metod biotechnologicznych prowadzących do uzyskania substancji kształtujących strukturę żywności. Nadanie bądź stabilizacja tekstury artykułów spożywczych możliwa jest dzięki dodatkom do żywności pełniącym funkcje: stabilizujące, zagęszczające, żelujące, emulgujące, zapobiegające pienieniu i zbrylaniu, wspomagające pienienie i inne.

Hydrokoloidy, stanowiące grupę stosowanych na szeroką skalę dodatków do żywności, charakteryzują się silnymi właściwościami zagęszczającymi, żelującymi i stabilizującymi. Wśród najczęściej wykorzystywanych w przemyśle spożywczym hydrokoloidów należy wymienić naturalne ekstrakty z nasion – gumę guar i mączkę chleba świętojańskiego oraz uzyskiwany w wyniku syntezy mikrobiologicznej ksantan. Stosując wymienione substancje dodatkowe można nadać żywności pożądane cechy tekstualne. Zastępując roztworami hydrokoloidów wodę, jako środowisko w którym następuje rekonstrukcja suszy, można uzyskać pożądany stopień ich uwodnienia, natomiast dobierając odpowiednio parametry procesu rehydracji można ograniczyć ubytki cennych

rozpuszczalnych składników suchej substancji do otaczającego środowiska.

Celem artykułu jest przedstawienie uzyskanych wyników badań dotyczących przebiegu procesu rehydracji, w roztworach wybranych hydrokoloidów, suszy z gruszek otrzymanych metodą suszenia konwekcyjnego i liofilizacji. Zakres pracy obejmował: rehydrację uzyskanych suszy w roztworach wodnych hydrokoloidów o stężeniu 0,25% oraz w wodzie destylowanej. Analizę właściwości rekonstruktoryjnych suszy gruszkowych przeprowadzono na podstawie analizy wstępnych właściwości obu rodzajów suszy owocowych takich jak aktywność wody i zawartość suchej substancji przed procesem rehydracji oraz zbadania wpływu: temperatury rehydracji (25, 40 i 60°C), rodzaju hydrokoloidu, z którego sporządzono roztwór rehydrujący (ksantan, guma guar i mączka chleba świętojańskiego), metody suszenia poprzedzającej rehydrację (suszenie konwekcyjne, liofilizacja) na wartości przyrostu masy oraz ubytku rozpuszczalnych składników suchej substancji podczas rehydracji.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badany stanowiły gruszki zielone odmiany Pac-kham (kraj pochodzenia: Argentyna). Gruszki przed suszeniem krojono w plastry o grubości 0,7 cm za pomocą

V-hebla (szatkownicy) firmy Börner (Niemcy) oraz mocno w 0,5% roztworze kwasu cytrynowego w celu zachowania barwy. Tak przygotowany materiał poddawano procesowi suszenia. Suszenie konwekcyjne prowadzono w suszarce laboratoryjnej [1], w temperaturze powietrza suszącego 60°C i przy prędkości przepływu powietrza w kierunku równoległym do warstwy materiału wynoszącej 1,5 m/s. Suszenie sublimacyjne prowadzono w liofilizatorze Gamma 1–16 LSC firmy Christ (Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH) pod ciśnieniem 0,520 mbar, przy ciśnieniu bezpieczeństwa 1,370 mbar przez czas 24h. Gruszki były suszone sublimacyjnie przy temperaturze półek grzejnych liofilizatora 10°C oraz dosuszane w temperaturze 30°C. Przed suszeniem próbkę zamrażano w zamrażarce szokowej Irinox (Włochy) do temperatury –40°C przez okres ok. 3h. Otrzymane tymi sposobami susze z gruszek do czasu rozpoczęcia analiz przechowywano w szczelnie zamkniętych opakowaniach z folii polipropylenowej, bez dostępu światła, w temperaturze ok. 25°C.

Aktywność wody w suszach owocowych mierzono za pomocą aparatu Rotronic Hygroskop DT o dokładności $\pm 0,001$, zgodnie z instrukcją załączoną przez producenta, w temperaturze $25 \pm 1^\circ\text{C}$. Oznaczenia wykonywano w czterech powtórzeniach.

Rehydrację suszy owocowych prowadzono w wodzie destylowanej (próba porównawcza) oraz w roztworach trzech wybranych hydrokoloidów: ksantanu, gumy guar oraz mączki chleba świętojańskiego. Guma ksananowa (kraj pochodzenia: Chiny) i guma guar (kraj pochodzenia: Indie) zakupione zostały od dystrybutora – firmy Hortimex, natomiast mączka chleba świętojańskiego (kraj pochodzenia: Hiszpania) od dystrybutora – firmy Agnex. Przygotowanie roztworów hydrokoloidów o stężeniu 0,25% polegało na rozpuszczeniu odważonej porcji proszku (będącego formą handlową hydrokoloidu) w wodzie destylowanej o temperaturze 70°C i mieszaniu za pomocą mieszadła magnetycznego przy 200 obr./min. przez 10 minut. Przygotowany roztwór, po ostygnięciu, przechowywano w temperaturze chłodniczej (5 – 7°C). Proces rehydracji badano w zakresie temperatur: 25, 40 i 60°C oraz po czasie: 1, 5, 10, 15, 30, 45 i 60 minut (w przypadku gruszek suszonych konwekcyjnie rehydrowanych w temperaturze 25°C prowadzono również przez 120 minut). Oznaczenia wykonywane były dla każdego czasu rehydracji w dwóch powtórzeniach.

Zawartość suchej substancji w suszach oraz po każdym etapie rehydracji oznaczano zgodnie z normą PN-ISO 1026:2000 w suszarce konwekcyjnej SUP-65 WG (Wamed, Polska). Oznaczenia wykonywano dla każdego czasu rehydracji w dwóch powtórzeniach.

Analizę przebiegu rehydracji suszy z gruszek przeprowadzono na podstawie: względnego przyrostu masy, względnej zmiany zawartości suchej substancji w czasie ponownego odtwarzania. Uzyskane w eksperymentach zależności przedstawiono w postaci równań kinetycznych, które pozwoliły na interpretację związku pomiędzy otrzymanymi z pomiarów wartościami zmiennych oraz umożliwiły wyznaczenie wartości równowagowych i graficzną interpretację analizowanych zależności.

Zmiany względnego przyrostu masy (1) oraz względnej zawartości suchej substancji (2) w czasie rehydracji suszy z gru-

szek zostały opisane równaniami kinetycznym w postaci [16]:

$$DM = \frac{m_\tau}{m_0} = a + b \cdot \left[1 - \frac{1}{(1+b \cdot c \cdot \tau)}\right] \quad (1)$$

gdzie: DM – względny przyrost masy,
 m_0 – masa początkowa próbki [g],
 m_τ – masa próbki po rehydracji [g],
 τ – czas rehydracji [min.],
 a, b, c – stałe równania.

$$WZ_{ss} = \frac{ss_\tau}{ss_0} = a + \frac{b}{1+b \cdot c \cdot \tau} \quad (2)$$

gdzie: WZ_{ss} – względna zawartość suchej substancji,
 ss_0 – zawartość suchej substancji w próbce analitycznej przed rehydracją [%],
 ss_τ – zawartość suchej substancji w próbce analitycznej po czasie τ rehydracji [%],
 τ – czas rehydracji [min.],
 a, b, c – stałe równania.

Na podstawie równania (1) obliczono wartości równowagowe względnego przyrostu masy $\left(\frac{m_\tau}{m_0}\right)_r = a + b$, współczynniki determinacji oraz błędy standardowe estymacji. Natomiast na podstawie wartości współczynników w przedstawionym równaniu (2) określono standardowe błędy estymacji, współczynniki determinacji oraz obliczono równowagowe względne zawartości suchej substancji $\left(\frac{ss_\tau}{ss_0}\right)_r = a$.

W celu oceny dokładności pomiarów oraz sprawdzenia czy otrzymane podczas badań wyniki różnią się od siebie statystycznie istotnie, przeprowadzono analizę statystyczną. Wykorzystano w tym celu pakiet Statistica 10.0 oraz program Table Curve 2D. Ocenę stopnia dopasowania modelu do punktów doświadczalnych przeprowadzono analizą regresji. Aby zbadać wpływ czynników (temperatury rehydracji, rodzaju mieszaniny rehydracyjnej, sposobu otrzymania suszy oraz czasu trwania rehydracji) na wartości względnego przyrostu masy i ubytku masy suchej substancji wykonano wieloczynnikową analizę wariancji. Zbadano również korelacje między wartościami przyrostu masy i ubytku suchej substancji dla każdego eksperymentu wyznaczając współczynnik korelacji r Pearsona, a zależności przedstawiono na wykresach rozrzutu. Wszystkie testy przeprowadzono przy poziomie istotności $\alpha=0,05$.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Woda stanowi podstawowy składnik żywności, a jej udział w produktach spożywczych waha się w zakresie od ułamka procenta do 98%. Zawartość wody w żywności określa jej właściwości fizyczne, wpływa na okres przydatności do spożycia oraz trwałość. Podczas suszenia znaczna ilość wody zostaje usunięta, co w istotnym stopniu zwiększa stabilność przechowywanej żywności wskutek zahamowania rozwoju drobnoustrojów, spowolnienia szybkości przemian enzymatycznych i nieenzymatycznych oraz zmian fizycznych takich jak zbrzylenie czy krystalizacja. Sucha masa stanowi pozostałość produktu po usunięciu z niego wody poprzez wykorzystanie do tego celu różnych procesów fizycznych, chemicznych i technologicznych [8]. Z przeprowadzonych

oznaczeń wynika, że większymi wartościami zarówno aktywności wody jak i zawartości suchej substancji (%) charakteryzował się susz gruszkowy uzyskany metodą konwekcyjną w porównaniu do liofilizacji. Wartości parametrów wynosiły odpowiednio: $0,359 \pm 0,008$ i $91,39 \pm 0,23\%$ dla suszu konwekcyjnego oraz $0,355 \pm 0,008$ i $89,39 \pm 0,41\%$ dla liofilizatu.

Względny przyrost masy jest miarą intensywności ruchu masy podczas rehydracji i w tym przypadku definiowany jest jako iloraz masy suszu po uwodnieniu i masy początkowej wysuszonego surowca. Suszenie przyczynia się do zmniejszenia zdolności wchłaniania oraz utrzymywania wody w tkance roślinnej. Im większe zmiany zajdą w tkance roślinnej, tym zdolność surowca do rehydracji będzie mniejsza [11]. Zmiany względnego przyrostu masy w czasie rehydracji suszy z gruszek zostały opisane równaniem kinetycznym [4]. Formuła empiryczna, którą aproksymowano uzyskane wyniki względnego przyrostu masy w czasie została odpowiednio dobrana [15], o czym świadczą uzyskane wysokie wartości współczynników determinacji (od 93 do 99%) dla gruszek liofilizowanych (tab. 1) oraz od 97 do 99% dla gruszek suszonych konwekcyjnie (tab. 2) i przebiegi krzywych przedstawione na rysunku 1.

Temperatura w istotny sposób wpływa na ruch masy podczas rehydracji suszonych gruszek. Zjawisko to obserwowane jest niezależnie od metody suszenia (Rys. 1). Największy względny przyrost masy uzyskano podczas rehydracji gruszek w temperaturze 60°C , najmniejszy zaś w przypadku temperatury 25°C . Zakres tych zmian po 60 minutach procesu wahał się odpowiednio dla temperatur od 2,68 do 3,47 $\text{g}/(\text{g}_{\text{ss}})$ i od 2,55 do 3,00 $\text{g}/(\text{g}_{\text{ss}})$. Stwierdzono, że wzrost temperatury rehydracji powoduje w zależności od zastosowanego medium rehydrującego zmianę względnego przyrostu masy próbki od około 5 do ponad 15% w przypadku liofilizatów i od około 21 do ponad 25% dla gruszek suszonych konwekcyjnie. Analizując proces rehydracji zarówno gruszek liofilizowanych, jak i suszonych konwekcyjnie, można stwierdzić, że wzrost temperatury intensyfikuje procesy wymiany masy, w konsekwencji czego szybciej zachodzi rekonstrukcja suszy owocowych. W każdym z eksperymentów zauważono proporcjonalnie szybszy i intensywniejszy przyrost masy próbki wraz ze wzrostem temperatury procesu, co potwierdziło wnioski do jakich doszli Krokida i Marinos-Kouris [5] badając proces rehydracji suszonych warzyw i owoców w temperaturach 40 , 60 i 80°C i potwierdziło tezę o intensyfikującym wpływie podwyższonej temperatury na szybkość transferu masy w uwadnianych suszach postawioną w badaniach Surma i wsp. [14], Kaleta i wsp. [3] oraz Markowski i Zielińska [6].

Ponadto w badaniach rehydracji suszy z gruszek stwierdzono, że, niezależnie od temperatury procesu, największe przyrosty masy charakterystyczne były dla uwadniania w wodzie destylowanej. Dodatek hydrokoloidu zmniejszał ilość dostępnej wody, co spowolniło ruch masy i go w znacznym stopniu ograniczyło, w konsekwencji czego susz nie był w stanie osiągnąć takiego samego stopnia odtworzenia jak w przypadku wody destylowanej.

Przeprowadzone eksperymenty z wykorzystaniem różnych roztworów hydrokoloidów pozwalają sformułować wniosek o istnieniu istotnego wpływu rodzaju medium rehydrującego na wartości względnych przyrostów masy w czasie

Tabela 1. Względny przyrost masy w czasie rehydracji gruszek liofilizowanych

Table 1. The relative mass growth during the rehydration of freeze-dried pears

Roztwór rehydrujący/ Rehydration solution	Temperatura/ Temperature ($^\circ\text{C}$)	Wartość równowagowa/ Equilibrium value (-)	Błąd standardowy estymacji/ Standard error	Współczynnik determinacji R^2 / Coefficient of determination
woda/water	25	2,929	0,126	0,9737
	40	2,935	0,188	0,9346
	60	3,351	0,082	0,9927
0,25% roztwór gumy ksantanowej/xanthan gum solution	25	2,825	0,131	0,9503
	40	2,883	0,093	0,9799
	60	2,888	0,112	0,9731
0,25% roztwór gumy guar/guar gum solution	25	2,671	0,149	0,9380
	40	2,818	0,130	0,9654
	60	3,027	0,075	0,9903
0,25% roztwór mączki chleba świętojańskiego/locust bean gum solution	25	2,839	0,108	0,9724
	40	2,850	0,088	0,9853
	60	2,959	0,090	0,9860

Źródło: Badania własne

Source: The own study

odtworzenia suszy z gruszek. Potwierdzenie powyższej tezy można odnaleźć wśród wielu naukowych publikacji. Mastrocola i wsp. [7] badali proces rehydracji liofilizowanych truskawek w roztworach cukrów o różnych stężeniach. Stwierdzili oni, że wraz ze wzrostem stężenia cukru w mieszaninie rehydrującej, wydłużał się czas niezbędny do uzyskaniażądanego stopnia odtworzenia suszy owocowych. Przyrosty masy wody były odwrotnie proporcjonalne do wartości ubytków rozpuszczalnych składników suchej substancji. Podobne wyniki otrzymali Saguy i wsp. [10], którzy badali proces uwadniania wysuszonej porowatej marchwi. Przeprowadzone badania dowiodły, że największe wartości przyrostu masy charakterystyczne są dla wody, natomiast sporządzenie roztworu cukru powoduje ograniczenie przyrostu masy w czasie proporcjonalnie do wielkości jego stężenia. Współczynnik chłonięcia płynu przez susz maleje ze wzrostem lepkości roztworu.

Reasumując, najintensywniej procesy wymiany masy zachodzą w wodzie destylowanej. Związanie wody w postaci roztworu implikuje spowolnienie dyfuzji wody w głąb wysuszonej tkanki roślinnej, czego efektem jest osłabienie właściwości rekonstrukcyjnych suszy owocowych.

Tabela 2. Względny przyrost masy w czasie rehydracji gruszek suszonych konwekcyjnie

Table 2. The relative mass growth during the rehydration of convective dried pears

Roztwór rehydrujący/ Rehydration solution	Temperatura/ Temperature (°C)	Wartość równowagowa/ Equilibrium value (-)	Błąd standardowy estymacji/ Standard error	Współczynnik determinacji R ² / Coefficient of determination
woda/water	25	4,454	0,096	0,9880
	40	3,465	0,056	0,9950
	60	4,433	0,103	0,9897
0,25% roztwór gumy ksantanowej/xanthan gum solution	25	3,335	0,102	0,9765
	40	3,304	0,093	0,9796
	60	3,703	0,071	0,9926
0,25% roztwór gumy guar/guar gum solution	25	3,812	0,086	0,9866
	40	3,352	0,077	0,9876
	60	3,886	0,088	0,9902
0,25% roztwór mączki chleba świętojańskiego/locust bean gum solution	25	4,167	0,111	0,9808
	40	3,411	0,064	0,9922
	60	3,744	0,078	0,9922

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Przeprowadzone doświadczenia dowiodły również wpływu sposobu suszenia owoców na ruch masy podczas ich rehydracji w temperaturach 25°C oraz 40°C. Wyraźnie zaznaczyła się przewaga właściwości rekonstrykcyjnych gruszek wysuszonych metodą z wykorzystaniem zjawiska sublimacji. W literaturze istnieje szereg publikacji opisujących badania, w których uzyskano podobne rezultaty. Paślawska i Pełka [9] badały właściwości rekonstrykcyjne suszu truskawkowego uzyskując największe wartości względnego przyrostu masy w przypadku suszu sublimacyjnego. Stępień i wsp. badając właściwości rekonstrykcyjne selera [11] i korzenia pietruszki [13] dowiedli, że susze liofilizowane chłonęły wodę intensywniej niż uzyskane metodą suszenia konwekcyjnego oraz mikrofalowo-próżniową. Jak wynika z badań prowadzonych na suszach otrzymanych różnymi metodami, liofilizacja jest korzystniejszą od innych metodą odwadniania płodów rolnych nie tylko w zakresie właściwości odżywczych, ale także rekonstrykcyjnych. Stabilna i krucha struktura, zachowanie objętości i kształtu, stabilność barwy oraz wysoka intensywność i stopień rehydracji przemawiają na korzyść tej metody suszenia.

Tabela 3. Względny ubytek masy suchej substancji w czasie rehydracji gruszek liofilizowanych

Table 3. The relative change of solid content during the rehydration of freeze-dried pears

Roztwór rehydrujący/ The solution of rehydration	Temperatura/ Temperature (°C)	Wartość równowagowa/ The value of the equilibrium	Błąd standardowy estymacji/ Standard error	Współczynnik determinacji R ² / Coefficient of determination
woda/water	25	0,261	0,058	0,9634
	40	0,226	0,054	0,9713
	60	0,186	0,046	0,9812
0,25% roztwór gumy ksantanowej/xanthan gum solution	25	0,321	0,062	0,9449
	40	0,240	0,066	0,9538
	60	0,233	0,053	0,9694
0,25% roztwór gumy guar/guar gum solution	25	0,342	0,074	0,9275
	40	0,263	0,071	0,9466
	60	0,176	0,055	0,9737
0,25% roztwór mączki chleba świętojańskiego/locust bean gum solution	25	0,254	0,069	0,9450
	40	0,229	0,051	0,9753
	60	0,220	0,068	0,9548

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Ubytek masy rozpuszczalnych składników suchej substancji w czasie rehydracji zależy głównie od struktury i składu chemicznego materiału, a także od parametrów prowadzenia procesu jego ponownego uwadniania. Przeprowadzona analiza statystyczna otrzymanych wyników wykazała istotny wpływ temperatury rehydracji na ubytek rozpuszczalnych składników suchej substancji zarówno w przypadku gruszek liofilizowanych jak i suszonych konwekcyjnie.

Wartości równowagowe względnej zmiany zawartości suchej substancji, współczynniki determinacji oraz błędy standardowe estymacji dla każdego z eksperymentów zestawiono w tabeli 3 (dla gruszek liofilizowanych) oraz 4 (dla gruszek suszonych konwekcyjnie). Uzyskano wysoki stopień dopasowania modelu do punktów doświadczalnych, o czym świadczą współczynniki determinacji rzędu 93 – 98% oraz małe standardowe błędy estymacji.

Reasumując można stwierdzić, że podwyższenie temperatury determinuje przebieg procesu uwadniania jedynie w początkowym jego etapie. Ostatecznie uzyskano zbliżone wartości ubytku suchej substancji we wszystkich prowadzonych doświadczeniach – rzędu 80%. W przypadku każdego z omówionych eksperymentów wyznaczono wartości równowagowe względnej zmiany zawartości suchej substancji w czasie rehydracji (tab. 3 i 4). Wszystkie wyznaczone wartości dokładnie odwzorowują przebieg procesu wymiany

Tabela 4. Względny ubytek masy suchej substancji w czasie rehydracji gruszek suszonych konwekcyjnie

Table 4. The relative change of solid content during the rehydration of convective dried pears

Roztwór rehydrujący/ The solution of rehydration	Temperatura/ Temperature (°C)	Wartość równowagowa/ The value of the equilibrium	Błąd standardowy estymacji/ Standard error	Współczynnik determinacji R ² / Coefficient of determination
woda/water	25	0,122	0,056	0,9692
	40	0,102	0,039	0,9877
	60	0,090	0,063	0,9698
0,25% roztwór gumy ksantanowej/ xanthan gum solution	25	0,224	0,057	0,9592
	40	0,191	0,059	0,9622
	60	0,143	0,047	0,9807
0,25% roztwór gumy guar/guar gum solution	25	0,173	0,055	0,9666
	40	0,162	0,054	0,9717
	60	0,091	0,047	0,9830
0,25% roztwór mączki chleba świętojańskiego/ locust bean gum solution	25	0,151	0,044	0,9805
	40	0,136	0,053	0,9747
	60	0,109	0,046	0,9831

Źródło: Badania własne

Source: The own study

masy zilustrowany na wykresach na rysunku 2. Przeprowadzone badania dowiodły również istotnego wpływu temperatury medium rehydrującego na wartości ubytków rozpuszczalnych składników suchej masy podczas trwania rehydracji. Wyraźnie zaznaczył się determinujący wpływ pierwszych minut procesu uwadniania na wielkość utraty składników suchej masy. Podczas rehydracji w temperaturze 25°C zaobserwowano wyraźne zmniejszenie ilości dyfundującej suchej substancji przy zastosowaniu roztworów hydrokolooidów w porównaniu z uwadnianiem prowadzonym w wodzie destylowanej.

Kaleta i wsp. [2] w badaniach nad wpływem parametrów suszenia na ubytek masy suchej substancji podczas rehydracji suszonych jabłek otrzymała analogiczną zależność szybkiej utraty składników suchej masy na początku procesu rehydracji. Intensyfikującego wpływu podwyższonej temperatury na wielkość dyfuzji rozpuszczalnych składników suchej substancji dowiedli między innymi Surma i wsp. [14] podczas rehydracji suszonej sublimacyjnie pietruszki korzeniowej oraz Markowski i Zielińska [6] w badaniach nad kinetyką uwadniania suszonej konwekcyjnie marchwi. W obydwu pracach badawczych proces rehydracji prowadzono w temperaturach 20°C oraz 90°C.

Przeprowadzone eksperymenty dowiodły wpływu rodzaju hydrokolooidu, z którego sporządzono roztwór rehydrujący,

na ilość traconych składników suchej masy suszonych gruszek. Największe ubytki suchej substancji podczas trwania rehydracji charakterystyczne były dla procesu prowadzonego w wodzie destylowanej. Dużą zbieżność parametrów ruchu masy zaobserwowano prowadząc uwadnianie w roztworach gumy guar i mączki chleba świętojańskiego. Natomiast najmniejszy ubytek suchej substancji rozpuszczalnej okazał się być typowy dla roztworu ksantanu. Zastosowanie roztworu hydrokolooidu jako środowiska, w którym następuje rekonstrukcja suszy owocowych, pozwala więc na ograniczenie strat rozpuszczalnych składników suchej substancji.

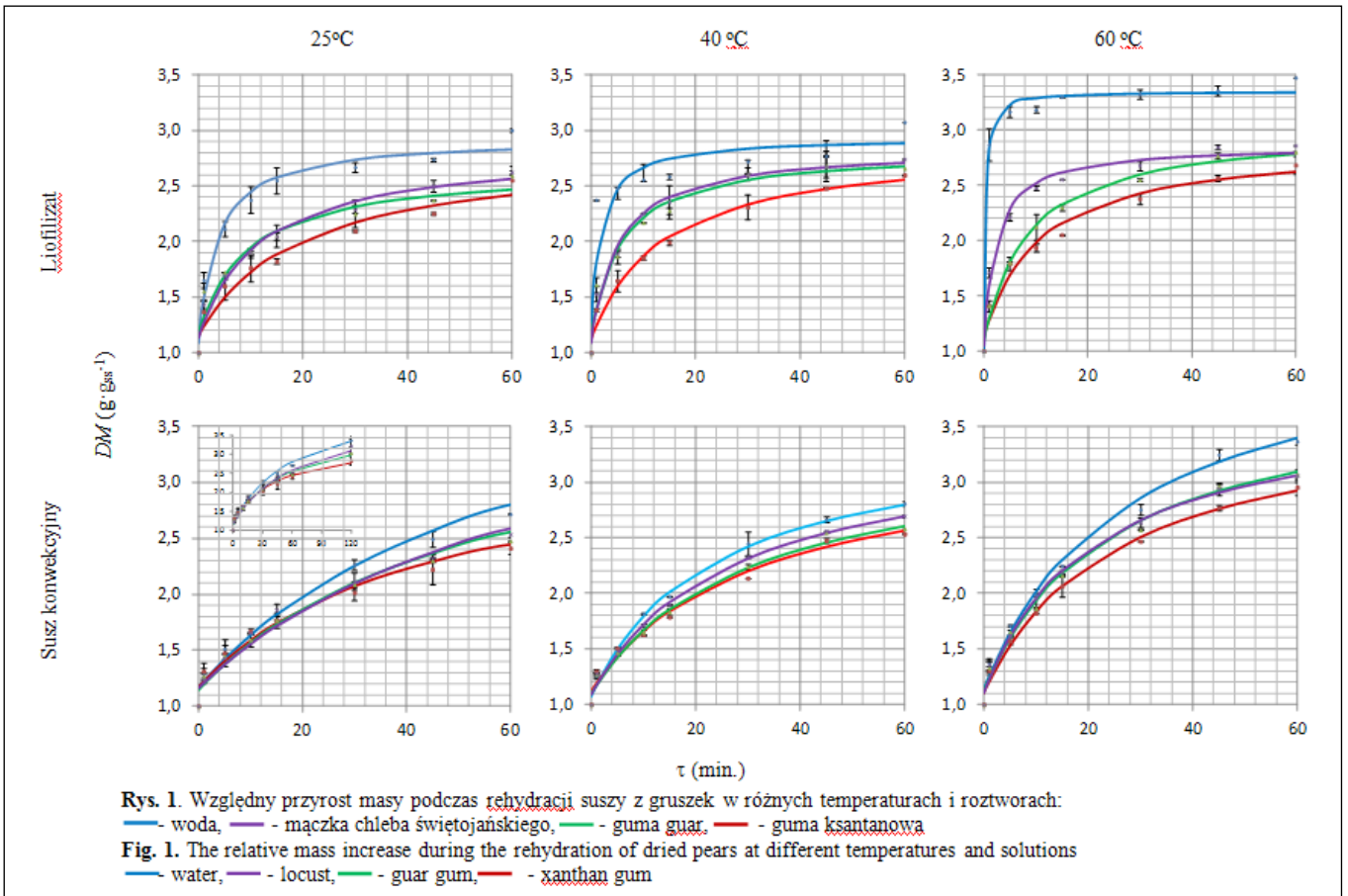
Stwierdzono również istotny wpływ metody suszenia owoców na szybkość transferu masy w suszach podczas uwadniania. Zjawisko to wyraźnie widać na przykładzie doświadczenia prowadzonego w wodzie destylowanej, gdzie transfer masy suchej substancji z gruszek liofilizowanych jest natychmiastowy, a podwyższanie temperatury rehydracji dodatkowo intensyfikuje ten efekt. Podobnych obserwacji nie zaobserwowano w przypadku gruszek suszonych konwekcyjnie, gdzie proces wymiany masy odbywał się każdorazowo równomiernie w ciągu całego czasu trwania doświadczenia. Prowadząc proces rehydracji w roztworach hydrokolooidów nie zaznaczył się wyraźny wpływ metody suszenia na wielkość ubytku masy suchej substancji. Stosując więc zamiast wody roztwór hydrokolooidu, jako mieszaninę rehydrującą, można wyraźnie ograniczyć bądź nawet całkowicie zniwelować wpływ metody suszenia na wielkość utraty składników suchej masy, niezależnie od stosowanej temperatury rehydracji.

W literaturze istnieją publikacje potwierdzające powyższą tezę. Przykładowo, w badaniach nad rehydracją marchwi, nie dowiedziono istotnego wpływu metody suszenia (sublimacyjne, konwekcyjne, mikrofalowe pod obniżonym ciśnieniem) na wielkość strat rozpuszczalnych składników suchej substancji podczas rehydracji [11]. Do podobnych wniosków doszli Kaleta i wsp. [2] badając wpływ parametrów suszenia na ubytek masy suchej substancji w czasie rehydracji suszonych jabłek. W badaniach dowiedziono, że wpływ zastosowanych metod suszenia na finalną wartość utraty suchej masy rozpuszczalnej w wyniku ich uwadniania nie jest statystycznie istotny.

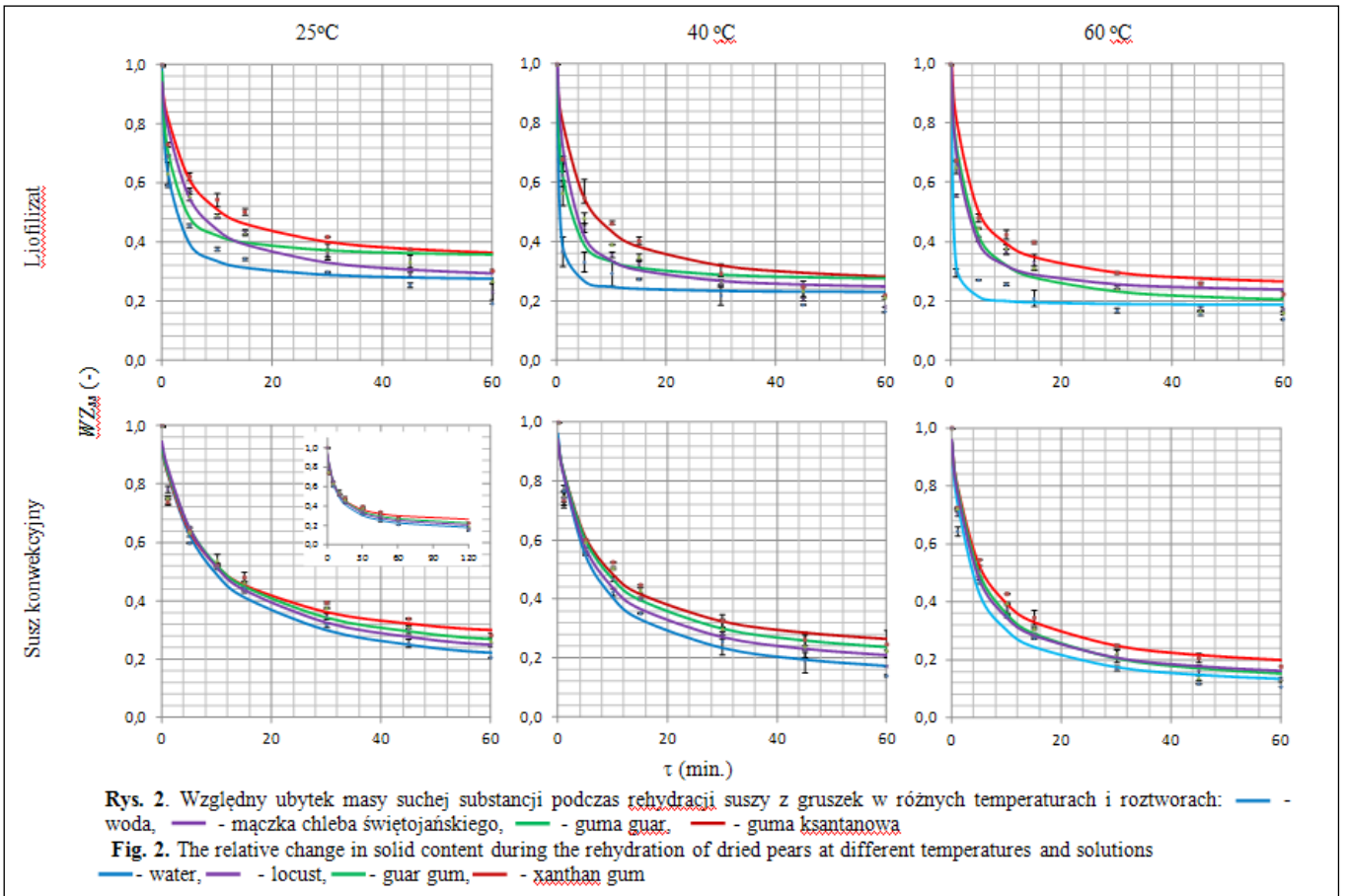
Analiza statystyczna wykazała silną ujemną korelację między wartościami względnego przyrostu masy oraz względnej zmiany zawartości suchej substancji we wszystkich przeprowadzonych eksperymentach. Współczynniki korelacji przyjmują wartości od -0,93 do -0,99. Silna zależność pomiędzy parametrami ruchu masy oznacza, że intensywnemu chłonięciu wody przez susz gruszkowy towarzyszyła równie silna dyfuzja rozpuszczalnych składników suchej substancji do otaczającego roztworu. Podczas modelowania procesu rehydracji suszy owocowych należy więc pamiętać, że wartościom przyrostu ich masy towarzyszy wprost proporcjonalna utrata suchej substancji rozpuszczalnej.

PODSUMOWANIE

Biorąc pod uwagę właściwości surowca, dąży się do ustalenia takich warunków rehydracji, które pozwolą na uzyskanie produktu jak najbardziej zbliżonego do niepoddanego suszeniu wzorca, o wysokiej jakości, odpowiedniej teksturze i właściwościach sensorycznych. Przeprowadzone badania,



Źródło: Badania własne
Source: The own study



Źródło: Badania własne
Source: The own study

mające na celu zbadanie przebiegu procesu rehydracji suszy w obecności roztworów hydrokoloidów, pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. Przebieg procesu rehydracji jest determinowany przez temperaturę, rodzaj zastosowanego medium uwadniającego, oraz rodzaj rehydrowanego suszu. Jednocześnie zaobserwowano, że to temperatura procesu istotnie wpływa na szybkość rehydracji, która w najmniejszym stopniu zależy od rodzaju odtwarzanego suszu.
2. Wzrost temperatury rehydracji w zakresie 25 - 60°C powoduje intensyfikację ruchu masy podczas rehydracji, co skutkuje większymi przyrostami masy suszy oraz powoduje większe ubytki suchej substancji – dla temperatury 40°C i 60°C w porównaniu do 25°C (o 10 - 20 %).
3. Najintensywniejsza dyfuzja wody jak i składników suchej substancji między badanymi suszami, a otaczającym środowiskiem następuje podczas rekonstrukcji prowadzonej w wodzie destylowanej. Zbliżone rezultaty uzyskiwane są dla roztworów gumy guar i mączki chleba świętojańskiego, natomiast w sposób istotny ruch masy ogranicza roztwór ksantanu.
4. Badania przeprowadzone dla suszy liofilizowanych i konwekcyjnych wykazały, że dla suszy gruszkowych otrzymanych metodą liofilizacji rehydracja przebiega najintensywniej w ciągu pierwszych 10 minut trwania procesu. W przypadku suszy gruszkowych otrzymanych metodą konwekcyjną przebieg uwadniania tkanki przebiega równomiernie w całym rozplanowanym czasie rehydracji, co może świadczyć o wpływie struktury otrzymanych suszy z gruszek na przebieg ponownego ich odtwarzania.
5. Zastępując wodę destylowaną roztworami hydrokoloidów można w sposób znaczący ograniczyć proces utraty składników suchej masy podczas odtwarzania suszy owocowych.

Ciekawym zjawiskiem, zaobserwowanym podczas analizowania wyników badań, okazało się przecięcie się krzywych rehydracji suszonych dwoma sposobami gruszek. Prowadząc rekonstrukcję suszy w roztworach hydrokoloidów w temperaturze 60°C, po wstępnym intensywniejszym chłonięciu wody przez liofilizat, po upływie ok. 30 minut szybciej zaczął się rehydrować susz konwekcyjny. Zjawisko to można tłumaczyć uszkodzeniem tkanki roślinnej podczas wysokotemperaturowego suszenia konwekcyjnego. Inną przyczyną może być wysoka temperatura rehydracji powodująca rozluźnienie struktury suszu konwekcyjnego, co w konsekwencji prowadzi do rozwinięcia powierzchni wymiany masy poprzez jej udostępnienie. Podobne zjawisko zaobserwowano analizując krzywe rehydracji obrazujące wartości ubytków suchej substancji.

LITERATURA

- [1] **JANOWICZ M., A. LENART. 2015.** „Selected physical properties of convection dried apples after HHP treatment”. *LWT - Food Science and Technology* 63: 828-836.
- [2] **KALETA A., K. GÓRNICKI, A. CHOIŃSKA, R. WINCZENKO. 2013.** „Wpływ parametrów suszenia na ubytek masy suchej substancji podczas rehydracji suszonych jabłek”. *Inżynieria Rolnicza* 4 (174): 111-120.
- [3] **KALETA A., K. GÓRNICKI, A. WIERZBICKA, S. PACAK-ŻUK. 2008.** „Badanie przebiegu procesu rehydracji suszonych plasterków korzenia pietruszki”. *Acta Agrophysica* 12 (3): 689-698.
- [4] **KORNACKI A., M. WESOŁOWSKA-JANCZAREK. 2010.** „Comparing of coefficients R^2 and RMS used in verifications of correctness mathematical models on basic on experimental data”. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 55 (1): 50-54.
- [5] **KROKIDA M.K., D. MARINOS-KOURIS. 2003.** „Rehydration kinetics of dehydrated products”. *Journal of Food Engineering* 57: 1-7.
- [6] **MARKOWSKI M., ZIELIŃSKA M. 2011.** „Kinetics of water absorption and soluble-solid loss of hot-air-dried carrots during rehydration”. *International Journal of Food Science & Technology* 46: 1122-1128.
- [7] **MASTROCOLA D., M. DALLA ROSA, R. MASINI. 1997.** „Freeze-dried strawberries rehydrated in su gar solutions: mass transfers and characteristics of final products”. *Food Research International* 30 (5): 359-364.
- [8] **PAŁACHA Z. 2008.** „Aktywność wody - ważny parametr trwałości żywności”. *Przemysł Spożywczy* 4: 22-26.
- [9] **PASŁAWSKA M., N. PEŁKA. 2006.** „Właściwości rekonstrukcyjne i barwa suszu truskawkowego”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 1 (46): 93-99.
- [10] **RZAĆA M., D. WITROWA-RAJCHERT. 2007.** „Suszenie żywności w niskiej temperaturze”. *Przemysł Spożywczy* 4: 30-35.
- [11] **SAGUY I.S., A. MARABI, R. WALLACH. 2005.** „Liquid imbibition during rehydration of dry porous food”. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 6 (1): 37-43.
- [12] **STĘPIEŃ B. 2007.** „Wpływ metody suszenia na rehydrację selera”. *Inżynieria Rolnicza* 8 (96): 255-263.
- [13] **STĘPIEŃ B. 2008.** „Rehydration of carrot dried using various methods”. *Acta Agrophysica* 11 (1): 239-251.
- [14] **STĘPIEŃ B., M. PASŁAWSKA, B. JAŻWIEC. 2011.** „Wpływ metody suszenia na zdolność do rehydracji suszonej pietruszki”. *Inżynieria Rolnicza* 4 (129): 251-256.
- [15] **SURMA M., S. PEROŃ, M. KRAJEWSKI 2006.** „Wpływ blanszowania na rehydrację pietruszki korzeniowej suszonej sublimacyjnie”. *Inżynieria Rolnicza* 4: 223-228.
- [16] **WITROWA-RAJCHERT D. 1999.** Rehydracja jako wskaźnik zmian zachodzących w tkance roślinnej w czasie suszenia. Fundacja “Rozwój SGGW”. Warszawa.

Lic. Elżbieta ŚMIAŁEK
 Wydział Nauk Ekonomicznych
 Prof. dr hab. Krystyna GUTKOWSKA
 Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji
 Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

KUCHNIA MOLEKULARNA I JEJ MOŻLIWOŚCI ROZWOJU W POLSCE®

Molecular kitchen development opportunities in Poland®

Słowa kluczowe: historia gastronomii, kuchnia molekularna, gwiazdki Michelin, „nouvelle cuisine”.

Zagadnieniem, które uzyskało ostatnio nowy wymiar i ogromne zainteresowanie jest gastronomia, a dokładniej mówiąc nowy trend „kuchnia molekularna”. Kuchnia molekularna to nowy „koncept gastronomiczno-technologiczny”, który dzięki współpracy naukowców i gastronomów wywiera obecnie ogromny wpływ na nasze kulinarne wybory. Restauracje na całym świecie serwujące dania kuchni molekularnej zdobyły szturmem uznanie konsumentów, a krytycy kulinarni nie szczędzą pochwał i nagród w postaci gwiazdek. Dzięki takim światowym mistrzom patelni jak: Ferran Adrià, Heston Blumental, Pierre Gagnaire poznaliśmy najnowsze trendy kulinarne. Dzięki takim szefom jak: Wojciech Modest Amaro, Adrea Camastra czy Jan Bos, prowadzącym swoje restauracje w Polsce, mamy kuchnię molekularną na najwyższym poziomie (co potwierdzają przyznane gwiazdki Michelin). Mimo tych sukcesów pozostają jednak pytania, czy to chwilowa moda czy trwały trend w rozwoju gastronomii?. Na tak postawione pytania poszukiwano odpowiedzi poprzez badania wśród konsumentów metodą internetową. Uzyskane wyniki dowodzą, że jakkolwiek konsumenci znają pojęcie „kuchni molekularnej”, to nie wszyscy potwierdzający znajomość tego terminu mieli okazję spróbować dań charakterystycznych dla tej kuchni. Również skojarzenia z tym pojęciem są różne, chociaż odwołujące się przede wszystkim do „sztuczności” oraz „chemii”.

Key words: history of gastronomy, molecular gastronomy, Michelin stars, “nouvelle cuisine”.

The discipline that has recently gained new dimension and great interest is gastronomy, more precisely the new trend that has appeared “molecular kitchen”. The highest level so far was the so-called kitchen. “Alta cocina” (literally haute cuisine - literally high-end cuisine, which means culinary art in the most famous restaurants around the world). The molecular kitchen is something more, a new “gastronomic and technological concept”, which, thanks to the cooperation of scientists and gastronomes, now has a huge impact on our culinary choices. Restaurants around the world serving molecular cuisine have won rave reviews from consumers, and culinary critics have been praised for their praise and star awards. Thanks to such world masters of frying pans as Ferran Adrià, Heston Blumental, Pierre Gagnaire we got to know the latest culinary trends. Thanks to such leaders as Wojciech Modest Amaro, Adrea Camastra and Jan Bos, who run their restaurants in Poland, we have a molecular kitchen at the highest level (as confirmed by the Michelin Star).

WPROWADZENIE

Gastronomia jest nauką zajmującą się przemianami fizycznymi i chemicznymi żywności zachodzącymi podczas obróbki termicznej. Ostatnie lata w gastronomii można śmiało nazwać rewolucyjnymi. Takiego zainteresowania kuchnią nie było od początków XX wieku kiedy to pojawił się Augusto Escoffier - francuski gastronom i kucharz, fanatyk reformy kulinarnej, jej organizator i modyfikator – nazywany „królem kucharzy i kucharzem królów”¹

Mniej więcej od 10-ciu lat zainteresowanie kuchnią wróciło ze zdwojoną siłą, zapanowała nowa moda w gastronomii. Nowy styl to nowy sposób myślenia o kuchni związany ze zdrowymi zasadami odżywiania; to powrót do kulinarnych korzeni i używania regionalnych produktów. W znacznym stopniu przyczynił się do tego, słynny już, hiszpański szef Ferran Adrià, który w wywiadzie opublikowanym 11.06.2016 roku² powiedział, że nie można wyjaśnić nikomu historii gastronomii bez znajomości i zrozumienia historii ludzkości „to nie jest wyjście na obiad do restauracji

¹ <http://www.mcncbiografias.com/app-bio/do/show?key=escoffier-george-auguste> [dostęp 2017-05-01]

² <https://www.youtube.com/watch?v=2gqRV...> [dostęp 2017-04-26]

z trzema gwiazdkami Michelin³³. Adrià, nazwany Salvadorem Dalim gastronomii, jest obecnie kojarzony z nową gastronomiczną modą jaką uogólnia wcześniejsze stwierdzenie, że historii sposobu odżywiania nie można zrozumieć bez znajomości historii rozwoju człowieka, czego dowodzi w swojej książce Jan Gawęcki i inni [2].

Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań dotyczących próby odpowiedzi na pytanie czy rozwój kuchni molekularnej w Polsce to chwilowa moda, czy trwały trend w rozwoju gastronomii.

CEL, ZAKRES I METODYKA

Celem pracy przedstawionej w artykule jest wyjaśnienie na czym polega kuchnia molekularna i jakie ma szanse na rozwój w naszym kraju. W artykule czytelnik znajdzie próbę odpowiedzi na takie pytania, jak: Czy konsumenci w Polsce znają termin „kuchnia molekularna”?; Jak konsumenci rozumieją te pojęcie i jakie mają z nim skojarzenia?; Czy mieli okazję odwiedzić restaurację serwującą dania kuchni molekularnej?; Jakie szanse na rozwój kuchni molekularnej dostrzegają w Polsce?, a także na pytania: Czy kuchnia molekularna to tylko sezonowe zainteresowanie nowinkami gastronomicznymi czy też coś bardziej trwałego?; Czy to tylko tymczasowy kaprys kucharzy, którzy wydają fortunę na bawienie się gotowaniem, czy wizja kulinarnej przyszłości?

Próbie odpowiedzi na te pytania, przynajmniej w części, przyniosły badania własne przeprowadzone w wybranej grupie polskich internautów oraz podczas wywiadów bezpośrednich i obserwacji własnych.

TŁO HISTORYCZNE I CHARAKTERYSTYKA KUCHNI MOLEKULARNEJ

„Kuchnia molekularna” jest terminem kojarzonym z rewolucją kulinarną jaka miała miejsce w Hiszpanii, będącej pionierem kuchni nowoczesnej, innowacyjnej oraz częstym gospodarzem imprez kulinarnych (Międzynarodowy Szczyt gastronomii „Madrid Fusion”), a w San Sebastian znajduje się Basque Culinary Center – Uniwersytet Nauk Gastronomicznych dla najmłodszych adeptów sztuki kulinarnej, których uczą najbardziej wpływowi i najlepsi kucharze z całego świata.

Początek tej rewolucji to koniec XX wieku kiedy to węgierski fizyk Nicholas Kurti oraz francuski chemik Herve This, badali m.in. związki chemiczne zawarte w różnych produktach i ich wzajemne oddziaływanie. Hervé This zajmował się niskimi temperaturami oraz wpływem pola elektromagnetycznego na proces wędzenia ryb. Wspólnie z Nicholasem Kurtim stworzył termin „gastronomia molekularna”.

Było to całkiem nowe spojrzenie na żywność, bardziej jak na substancje chemiczne, niż na produkty spożywcze. Przeprowadzali doświadczenia zmieniając skład i strukturę produktów spożywczych za pomocą różnych procesów chemicznych, zmieniali molekuly, rozbierali je na najdrobniejsze

cząsteczki, co legło u podstaw etymologii terminu „kuchnia molekularna”. Publikując wyniki swoich badań znaleźli naśladowców wśród wielu znakomitych kucharzy na całym świecie. Nicholas Kurti był główny motorem serii spotkań, które odbywały się w Erice (Sycylia w 1992) roku pomiędzy naukowcami i szefami kuchni⁴.

Kuchnia molekularna to nic innego jak podstawowa wiedza kucharska poszerzona i udoskonalona przez wiedzę naukową. Myli się ten kto myśli, że gotowanie odbywa się w jakimś laboratorium czy zakładzie chemicznym. To ta sama kuchnia, w której kucharze używają rondli i patelni, z tym tylko, że technika przyrządzania potraw jest odmieniana od tradycyjnej. Określenie szersze – gastronomia molekularna – to wykorzystanie fizyki i chemii do przekształcania smaków i tekstur żywności, na co zwrócił uwagę Herve This podczas swojego wykładu w SGGW w Warszawie w 2016 roku. Co nam to daje, jaki jest tego wynik? Otóż otrzymujemy nowe, niezwykle przeżycia kulinarne, osobliwe połączenia oraz wysublimowane smaki. Kuchnia molekularna to także nowy termin, dzięki któremu opisujemy zapożyczone procedury naukowe, zastosowane do tradycyjnych składników i ich wykorzystania w gastronomii. Nie wszyscy kucharze lubią ten termin, kuchnia molekularna często bywa nazywana „kuchnią modernistyczną”, „kuchnią eksperymentalną” lub „awangardą w kuchni”. Odwołując się ponownie do Herwe Thisa „kuchnia molekularna to technika wytwarzania potraw, podczas gdy gastronomia molekularna to nauka”.

„Strzykawki obok noży, suchy lód obok patelni, a talerze przy wirówce kulinarnej” – tak w rzeczywistości wygląda kuchnia molekularna, przez niektórych nazywana „kuchnią z innej planety”. Czy słusznie? – pyta w swojej książce młody szef kuchni, zwolennik nowego trendu w gastronomii, Łukasz Konik [3].

Możliwości kuchni molekularnej są praktycznie nieograniczone, zaś nowe eksperymenty doprowadziły do powstania innowacyjnych propozycji i pozycji w dzisiejszej karcie dań. Ogromny i niewykorzystany jest jeszcze potencjał tej nauki, która zrewolucjonizowała tradycyjną kuchnię przekształcając wizytę w restauracji w coś zaskakującego i ekscytującego dla naszych zmysłów. Nie ma wątpliwości, że rewolucję w dzisiejszej gastronomii zawdzięczamy fuzji naukowców z kucharzami. Zaplecze kuchni w restauracji, która serwuje dania z wykorzystaniem kuchni molekularnej, wyglądem trochę przypomina laboratorium, gdzie pochyleni nad stołem kucharze kreują swoje małe dzieła sztuki.

Czym różni się restauracja serwująca dania wytwarzane metodami naukowymi od tej tradycyjnej? Przede wszystkim tym, że nie ma tradycyjnego menu tylko menu degustacyjne. Ze względu na długi proces przygotowania niektórych składników nie ma możliwości wyboru, zwykle jest to około 20-30 miniaturowych dań na jeden kęs tzw. testing menu. Wszystko jest z góry określone, nawet trunki odpowiednio dobrane przez sommeliera. Potrawy przygotowywane ze składników najwyższej jakości, są jednak znacznie bardziej „modyfikowane” niż dania kuchni tradycyjnej. Dodaje się do nich odpowiednie substancje, jak lecytyna czy wyciąg z alg morskich, umieszcza się je w różnego rodzaju urządzeniach

3 Najstarszy i najbardziej popularny przewodnik po europejskich hotelach i restauracjach, http://www.michelin.pl/komunikatyprasowe_wiadomosci/Main-Cities-of-Europe-2017, [dostęp 01.05.2017]

4 Juan J. Iruin, „Gastronomía molecular”, SEBBM 166| Diciembre 2010, str. 6, <http://www.sebbm.com/pdf/166/d01166.pdf>, [dostęp 10.11.2017]

jak piece konwekcyjne czy syfony. Dania kuchni molekularnej cechuje kreatywność i innowacyjność. Są to małe dzieła sztuki serwowane w najdziwniejszych naczyniach: małych menzurkach, na łyżeczkach, w probówkach, na drewnie, metalu czy kamieniu. W tradycyjnej restauracji ilość kelnerów jest uzależniona od wielkości lokalu, z reguły jeden kelner przypada na kilka stolików. W kuchni molekularnej ilość kelnerów jest ogromna, zdarza się, że będzie to jeden kelner na jednego gościa. Ponadto tradycyjna restauracja utrzymuje serwis przez określoną ilość godzin w ciągu dnia, gdy tymczasem w restauracji z menu degustacyjnym jest to jeden serwis na cały wieczór, kolacja może trwać ok. 3-4 godzin.

Elitę kuchni molekularnej tworzą: **Ferran Adrià Acosta**⁵ - hiszpański kucharz. W 1986 roku został on szefem restauracji El Bulli znajdującej się na Costa Brava w Hiszpanii, która od tego momentu przeżywa prawdziwy rozkwit i zdobywa uznanie na całym świecie. Pięciokrotnie otrzymała tytuł najlepszej restauracji świata oraz 3 gwiazdki Przewodnika Michelin. Rok później wprowadziła ona własny styl pracy i sposób patrzenia na kuchnię. Stosując nowe techniki, rodzime opracowania i produkty tworzy nową kuchnię, nowy styl „śródziemnomorski”, którym staje się marka El Bulli, wywierająca znaczący wpływ na całą kuchnię nie tylko hiszpańską. Najlepszy kucharz na świecie, uważany za pioniera kuchni molekularnej tj. Ferran Adria twierdzi, że nie można wprowadzać w błąd konsumentów mówiąc, że to nowy rodzaj kuchni, a całe to zamieszanie jest tylko akcją marketingową. W czerwcu 2011 roku Ferran Adrià zamknął restaurację i w 2014 roku otworzył fundację El Bulli Foundation.

Kolejna ikona kuchni molekularnej to **Heston Blumenthal**⁶ – były szef restauracji The Fat Duck mieszczącej się w Londynie, którą w 2004 roku otrzymała 3 gwiazdki Michelin, a rok później została najlepszą restauracją w U.K. Blumenthal zyskał miano alchemika w kuchni ze względu na swoje zainteresowania chemią oraz innowacyjne i unikatowe podejście do gotowania. Ten kulinarny samouk, zafascynowany kuchnią jest kojarzony z nowym trendem w technologii gastronomicznej jakim jest foodpairing. Uważa się, że w dzisiejszych czasach nasze kubki smakowe poszukują coraz to nowych i bardziej wyszukanych smaków. Kucharze zainteresowali się nowymi kombinacjami składników. Wszystko po to by ucieszyć nasze wszystkie zmysły; węch, zapach, dotyk, wzrok⁷. Dzięki takim szefom jak Blumenthal, który złamał wszystkie stereotypy łącząc np. czarny kawior z białą czekoladą, znacznie poszerzył się świat kulinarnych kombinacji, połączeń surowców oraz kompozycji smaków i zapachów. Ze względu na przypadki zatrucia klientów, restauracja „Gruba Kaczka” w roku 2009 została zamknięta. Heston Blumenthal nie zawiesił swojej działalności i nadal pracuje w poszukiwaniu smakowej perfekcji. Jest on autorem kilku książek kucharzskich, pisze do branżowych gazet, a także prowadzi programy kulinarne w telewizji. „Foodpairing jest jednym z elementów składowych cywilizacji kulinarnej, a indywidualności takie jak Blumenthal podnoszą sztukę kulinarną na wyżyny dzięki efektywnemu wykorzystaniu wiedzy naukowej na temat oddziaływania na zmysły konsumentów” [5].

René Redzepi⁸ – duński szef kuchni, współwłaściciel restauracji Nom, która co prawda ma tylko dwie gwiazdki w przewodniku Michelin, ale za to była uznawana wielokrotnie za najlepszą restaurację świata. Młody, zdolny kucharz, któremu lekcji udzielał sam Ferran Adrià, sukces zawdzięcza oparciu swojej kuchni na potencjale lokalnych produktów. René Redzepi twierdzi, że jego największą inspiracją jest natura, znajomość regionu, ziemi, sezonowości, a nade wszystkim pogody. W Nomie można spróbować wielu potraw kuchni nordyckiej w nowoczesnych odsłonach. Kuchnia Redzepiego jest prosta, niepozorna a jednocześnie wydobywa wyjątkowość ze skromnych produktów. Jeana Bosa Redzepi zatrudnia w restauracji naukowca, z którym wspólnie przetwarza produkty tak, aby podczas obróbki zachowały jak najwięcej wartości odżywczych [1].

Heiko Antoniewicz – najbardziej znany niemiecki mistrz kuchni, w 2007 roku przeprowadził w Polsce pierwszy profesjonalny pokaz kuchni molekularnej, jest również autorem najlepszej książki kucharzkiej. W wywiadzie udzielonym po pokazie, Antoniewicz przyznał, że jest zafascynowany kreatywną kuchnią molekularną, która otwiera nowe horyzonty i nowe perspektywy, a zwłaszcza techniką sou-vide i technikami smażenia w wodzie. Przekonuje jednocześnie, że jest to kuchnia zdrowa, wykorzystująca naturalne produkty⁹. Heiko Antoniewicz realizuje swoją pasję kucharzską na równi z prowadzeniem szkoleń i pokazów tej nowatorskiej metody. Doświadczenie zawodowe opisał w kilku książkach, a jedna z nich „*Fingerfood*” stała się biblią kucharzy na całym świecie.

Oprócz wyżej wymienionych szefów kuchni, zajmujących się kuchnią molekularną na uwagę zasługują: Thomas Keller (USA), Grant Achatz (USA), bracia Joan, Josep i Jordi Roca (Hiszpania), Alexa Atala (Brazylia), Massima Bottura (Włochy), Seji Yamamoto (Japonia) oraz „ojcowie” kuchni molekularnej tj. Pierre Gagner wraz z naukowcem Harvé Thisem (Francja).

KUCHNIA MOLEKULARNA I NAJLEPSI KUCHECZE W POLSCE

W Polsce również wzrosło zainteresowanie kuchnią molekularną. Chcemy być na bieżąco z wszelkimi nowinkami, także tymi kulinarnymi. Restauracje, w których gotuje się z naukowym podejściem cieszą się w naszym kraju dużym powodzeniem. Do najbardziej znanych kucharzy stosujących techniki kuchni molekularnej zaliczają się:

Wojciech Modest Amaro – właściciel warszawskiej restauracji „Atelier Amaro”, która w 2013 roku zdobyła uznanie krytyków kulinarnych, a tym samym pierwszą w Polsce gwiazdkę Michelin. Ten jeden z najwybitniejszych kucharzy w Polsce zdobywał doświadczenie pracując z najlepszymi kucharzami na całym świecie. Mówi, że gotowanie jest sztuką bardzo wymagającą, a „pasja tworzenia musi objąć kompozycję smaku, węchu, wzroku, dotyku i niekiedy słuchu” [4]. Pasją Amaro jest kuchnia polska, głęboko zakorzeniona w naszej pamięci, odkrywana teraz na nowo, która dzięki niemu zdobywa uznanie na świecie.

5 http://www.elbulli.com/historia/docs/2003-cocina_molecular_es.pdf [dostęp 18.05.2017]

6 <http://www.thefatduck.co.uk/> [dostęp 05.05.2017]

7 <https://www.foodpairing.com/en/home> [dostęp 05.05.2017]

8 <http://denmark.dk/en/meet-the-danes/great-danes/others/rene-redzepi/> [dostęp 19.05.2017]

9 Wywiad z Heiko Antoniewiczem – http://filmy.gastrona.pl/article_6918.php [dostęp 30.04.2017]

Jean Bos – szef restauracji w Best Hotel Agit w Lublinie - dyplomowany Mistrz Kucharski Belgii i Francji. W roku 2007 założył działającą do dziś Akademię Kuchni Molekularnej w Polsce, prowadzącą szkolenia z technik kulinarnych oraz pokazy¹⁰. W 2006r. otrzymał Dyplom oraz medal „Najlepszy Kucharz Świata”¹¹.

Andrea Camastra – szef warszawskiej restauracji „Senses”, która jako druga w Polsce w roku 2016 otrzymała jedną gwiazdkę Michelin. Były sous-chef w warszawskim Atelier Amaro obecnie spełnia swoje marzenia, „produkuje rzeczy unikalne zarówno pod względem techniki jak i prezentacji”¹². Przepis na sukces według Camastry to: używanie składników o najwyższej jakości, właściwa technika, odrobina kreatywności i trochę wiedzy, a najważniejsze to dobrze gotować.

Lukasz Konik – najmłodszy, niemniej utalentowany szef kuchni, który zdobywał doświadczenie zawodowe w uznanych restauracjach i hotelach w Polsce i zagranicą. Obecnie jest Głównym Szefem Kuchni we wszystkich obiektach hotelowo- restauracyjnych należących do Uzdrowiska Konstancin-Zdrój S.A. Swoją pasję popularyzuje na portalach gastronomicznych oraz prowadząc warsztaty i pokazy „Kulina awangarda” [3].

METODY BADAWCZE, ANALIZA, WYNIKI

Dlaczego podjęto się próby zbadania możliwości rozwoju kuchni molekularnej w Polsce, czy jest to ważny problem badawczy? Odpowiedzi jest wiele, najważniejsza z nich to taka, że o problemie nie wiemy za wiele, a chcielibyśmy poszerzyć wiedzę na ten temat. Kuchnia molekularna stała się częścią współczesnej gastronomicznej rzeczywistości. Jak grzyby po deszczu otwierają się restauracje, które w swojej karcie deklarują dania przyrządzone tą właśnie metodą. Konsumentów chcących spróbować takich dań jest wielu, jednak nie wszyscy wiedzą co to takiego jest.

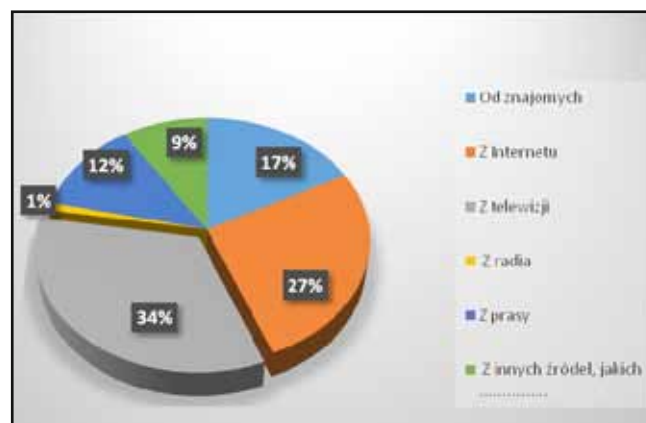
Dlatego w miesiącach kwiecień-maj 2017 roku przeprowadzono Internetową ankietę dotyczącą znajomości tematu. Ponieważ mało jest opracowań na ten temat, nie ma możliwości porównań. Źródłem zebranych opinii (w ilość 152) był bezpośredni link do strony Internetowej (143 osoby) oraz Facebook (9 osób). Ponad 200 osób odwiedziło stronę, jednak z jakiegoś powodu część spośród nich nie ukończyła edycji ankiety (75 % odpowiedzi, 25% nie ukończono, 0% odrzucono). Czas przeznaczony na wypełnienie ankiety to w większości 5-10 minut.

Badanie ankietowe miało za zadanie pokazanie stopnia zainteresowania gotowaniem, oraz znajomości tego nowego trendu, spopularyzowanego przez liczne programy kulinarne i różnego rodzaju konkursy. Podczas przeglądania stron internetowych czy oglądania telewizji, jesteśmy zalewani informacjami na temat jak i co gotować. Przeważającą część ankietowanych stanowiły kobiety (72%) zaś mężczyźni było 28%. Najliczniejszą grupę spośród respondentów (22%)

stanowiły dwie grupy wiekowe w przedziale 21-30 lat oraz 31-40 lat, a także osoby w wieku 51 – 60. Ankietowani w wieku powyżej 60 lat stanowili zdecydowaną mniejszość. Pod względem wykształcenia wyróżniły się dwie grupy: osoby z wyższym wykształceniem licencjackim (32%) oraz z wyższym magisterskim (33%). Ukończone studia podyplomowe miało 20% respondentów, a średnie zawodowe i ogólnokształcące 10%. Najczęściej respondenci byli mieszkańcami aglomeracji.

Ponieważ kuchnia molekularna to dość nowy termin, zapytano respondentów o to, czy jest on im znany. Zdecydowana większość odpowiedziała, że tak (72%), a prawie ¼ osób „słyszała o tym, ale nie wie co to jest”. Tylko 4% badanych przyznało, że nie zna tego terminu.

Źródłem informacji na temat kuchni molekularnej jest telewizja – zapewne za sprawą bardzo ostatnio popularnych programów kulinarnych – 34% respondentów tę właśnie opcję uznało za decydującą. Wszechobecny Internet z 27% odpowiedzi zajął drugie miejsce. Można też dowiedzieć się o kuchni molekularnej od znajomych (17%), z prasy (12%) oraz z innych źródeł (9%), rys. 1.



Rys. 1. Skąd dowiedział/a się Pan/Pani o kuchni molekularnej?

Fig. 1. How did you learn about molecular cuisine?

Źródło: Badania własne

Source: The own study

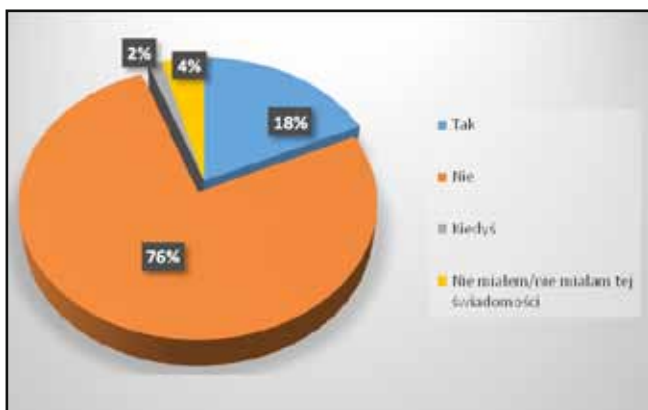
Tak jak się spodziewano, większość badanych nie miała okazji degustowania dania kuchni molekularnej (76%), a tylko 18% próbowała takich dań. Warto dodać, że 6% badanych być może kiedyś próbowała potraw przygotowanych w ten sposób, ale nie miała takiej świadomości, rys. 2.

W nawiązaniu do znajomości i kojarzenia terminu „kuchnia molekularna” zadano pytanie o znane i stosowane metody przygotowywania potraw. Okazało się, że wiedza na ten temat jest duża. Część ankietowanych (19%) zna takie metody jak „zamrażanie” i „wędzenie”. Z nowych metod stosowanych w przyrządzaniu potraw 17% respondentów zna termin „ciekły azot”, a 15% „suchy lód”. Niewiele mniej osób (13%) zadeklarowała znajomość techniki „żelowania”, a 7% „piankowania”. Znacznie mniejszą wiedzę respondenci mieli na temat metody „sou-vide” (6%), a jeszcze mniejszą na temat „sferyfikacji” (4%), rys. 3.

10 <http://agit-hotel.pl/restauracja-eco/>, [dostęp 30.04.2017]

11 <http://www.akademiamolekularna.pl/o-nas/>, [dostęp 30.04.2014]

12 Wywiad z Adrea Camastra - <http://kuchnia.wp.pl/andrea-camastra-i-restauracja-senses-zdobyli-gwiazdke-michelin-6054911701030017a>, [dostęp 03.05.2017 g. 14:20],

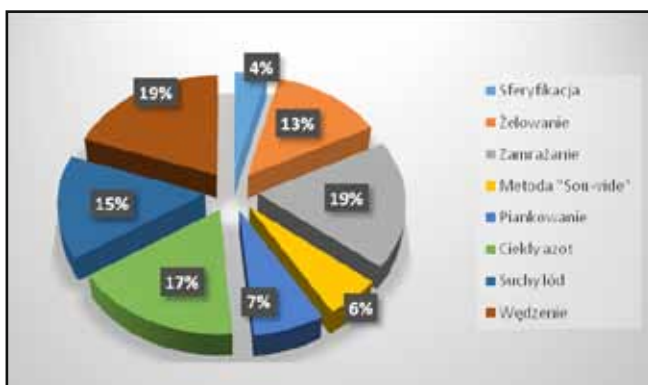


Rys. 2. Czy miał Pan/Pani kiedykolwiek wcześniej możliwość degustacji dań kuchni molekularnej?

Fig. 2. Have you ever had the opportunity to taste the molecular cuisine?

Źródło: Badania własne

Source: The own study

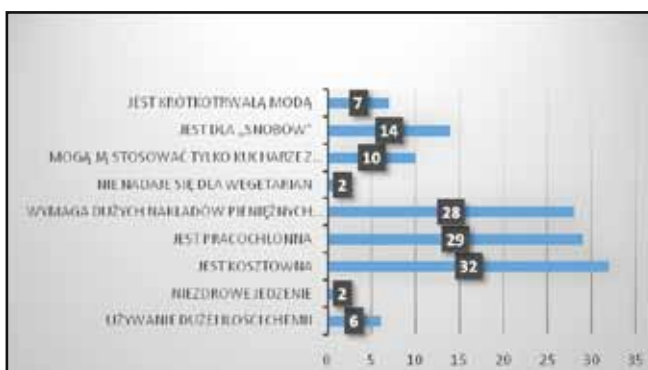


Rys. 3. Które z poniższych terminów są Panu/Pani znane?

Fig. 3. Which of the term are you familiar with?

Źródło: Badania własne

Source: The own study



Rys. 4. Termin „kuchnia molekularna” jest kojarzony z poniższymi stwierdzeniami, proszę zaznaczyć te opcje, które wydają się Panu/Pani najbliższe prawdy.

Fig. 4. The term „molecular cuisine” is associated with the following statements, please select the options that appear to you as a closest to the truth.

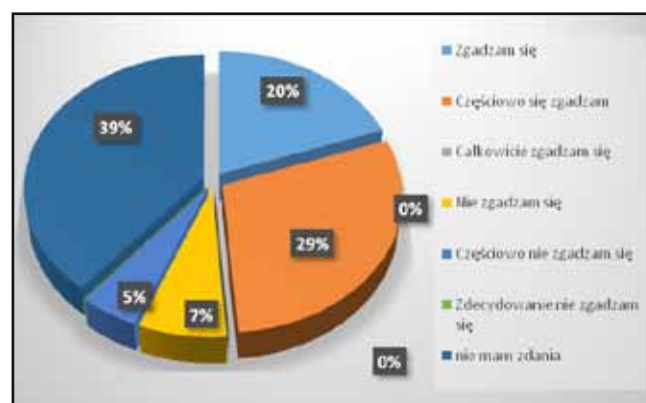
Źródło: Badania własne

Source: The own study

Z uwagi na dowiedziony w badaniach brak wiedzy na temat tego czym jest kuchnia molekularna, zapytano respondentów jakie skojarzenia wywołuje ten termin.

Najwięcej ankietowanych wskazało, że kuchnia molekularna „jest kosztowna” (32%), niewiele mniej osób powiedziało, że jest „pracochłonna”, a częściej niż co 4 badany (28%), stwierdził, że „wymaga dużych nakładów pieniędzy na specjalistyczne urządzenia”. Nieco mniej, bo 14% badanych jest zdania, że jest to kuchnia „dla snobów”, a co 10 badany stwierdził, że „mogą ją stosować tylko kucharze z wiedzą z zakresu chemii i fizyki”. Pozostałe opcje takie jak: „jest krótkotrwałą modą”, „używanie dużej ilości chemii”, uzyskały odpowiednio udział 7% i 6%, rys. 4.

Częściej niż co 3 respondent (39% ogółu ankietowanych) nie umiał odpowiedzieć na pytanie: czy uważa Pan/Pani, że kuchnia molekularna ma szansę na rozwój w Polsce?, a blisko 50% respondentów odpowiedziało, że szanse na rozwój kuchni molekularnej w Polsce istnieją. Warto podkreślić, że nikt z badanych nie odpowiedział zdecydowanie, że brak jest możliwości na ten rozwój, rys. 5.



Rys. 5. Czy uważa Pan/Pani, że kuchnia molekularna ma szansę na rozwój w Polsce?

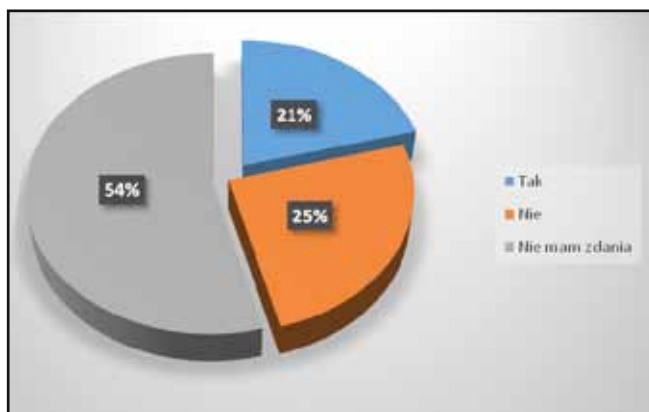
Fig. 5. Do you think that molecular cuisine has a chance to develop in Poland?

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Analiza odpowiedzi na pytanie „Czy Pana/Pani zdaniem kuchnia molekularna jest kuchnią przyszłości?”, pozwala na stwierdzenie, że nieco więcej niż połowa badanych nie miała zdania na ten temat (54%), a 21% respondentów stwierdziło, że jest to kierunek rozwoju polskiej gastronomii, a nieco więcej (25%) badanych osób wyraziło wyraźną negację możliwości rozwoju tego rodzaju kuchni w naszym kraju. Co sprawia, że ponad połowa ankietowanych nie ma zdania na ten temat? Przecież, jak przyznali w innych pytaniach, lubią nowinki w kuchni i znają termin „kuchnia molekularna” dzięki telewizji i Internetowi. Wydaje się, że skromna wiedza na ten temat, nie poparta własnymi doświadczeniami, nie pozwala na konkretne określenie przyszłości rozwoju tego trendu w polskiej gastronomii, rys. 6.

W kolejnym opisowym pytaniu poproszono o odpowiedzi na pytanie: z czym kojarzy się Panu/Pani termin „kuchnia molekularna”? Trudno określić czy były to pierwsze skojarzenia jakie przyszły do głowy respondentom, ale pewne jest, że określenia te są dość zaskakujące. Można je zgrupować



Rys. 6. Czy Pana/Pani zdaniem kuchnia molekularna jest kuchnią przyszłości?

Fig. 6. Do you think molecular cuisine is the cuisine of the future?

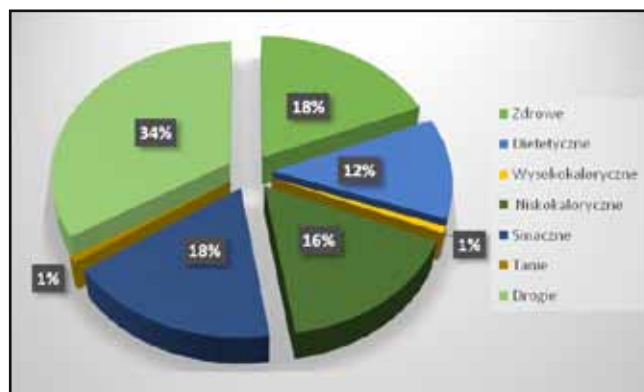
Źródło: Badania własne

Source: The own study

w kilku kategoriach m. in.: w nawiązaniu do nauki i techniki, przyrządzania potraw, wykorzystania nowych substancji oraz wrażeń jakie ona wywołuje. Oto przykłady najczęściej pojawiających się odpowiedzi: „z chemią, z relacjami chemicznymi, użycie nauki w kuchni, fizyka i chemia, modyfikowana genetycznie, połączenie tradycyjnego gotowania z technikami niekoniecznie gastronomicznymi, raczej technicznymi, z nowinkami technologicznymi, cząsteczkowa kuchnia w laboratorium, z reakcjami chemicznymi, np. ciekłym azotem, wykorzystanie ciekłego azotu do tworzenia potraw, z intensywnymi doznaniem smaku i zapachu oraz z jakością składników”.

Z ciekawszych odpowiedzi można zacytować: „serwowanie zwykłych produktów w niezwyklej formie, potrawy które mają zaskakiwać kształtem i konsystencją, porcje które raczej dostarczają estetycznych doznań niż mają zaspokoić głód”, „Niestandardowa obróbka mechaniczna, termiczna dań” czy „ze skomplikowaną technologią przygotowywania potraw, która nie jest możliwa na co dzień i nie sądzę, żeby miała wpływ na smak poszczególnych produktów”. Pojawiły się też takie określenia jak: science-fiction, nowoczesna, potrawy przygotowywane na oczach klientów, z bardzo małymi porcjami jedzenia, zdrowie, z drogimi produktami, czysty smak w bardzo nietypowych zestawieniach, fusion, nowość, eksperyment, z kreatywnością. Nie sposób przytoczyć wszystkich odpowiedzi, większość osób w jakiś sposób wyraziło swoje skojarzenia i trzeba przyznać, że są to opisy zaskakujące, a wiedza na temat kuchni molekularnej nie jest taka skromna. Odnosi się wrażenie, że większość osób wie na czym polega kuchnia molekularna, a tylko 5 osób napisało, że nie wie nic, a jedna stwierdziła, że to „jakiś kosmos”.

Kolejne pytanie miało za zadanie zbadać jaką opinię o potrawach kuchni molekularnej mają respondenci. I tak co trzeci badany (34%) wskazał na opcję „drogie”, w opozycji do nich tylko 1% wskazał, że są to dania „tanie”. Blisko co 5 badany (18%) wyraził pogląd, że potrawy przygotowane tą techniką są „smaczne” i „zdrowe”. Badani zdecydowanie nie uważają by potrawy kuchni molekularnej były „wysokokaloryczne”, bowiem z tą opinią zgodził się tylko 1% respondentów, rys. 7.



Rys. 7. Jak Pan/Pani opisałby/opisałaby potrawy kuchni molekularnej; proszę zaznaczyć maksymalnie 3 odpowiednie określenia.

Fig. 7. How would you describe the molecular cuisine? Please tick up to 3 relevant terms.

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Oddzielną częścią ankiety, z którą ankietowani mieli problem, była seria pytań dotycząca znajomości i pobytu w restauracji „Senses” drugiej w Warszawie, która pod kierownictwem szefa Andrea Camastra otrzymała w 2016 roku gwiazdkę Michelin. Na pytanie: czy był Pan/Pani w restauracji „Senses” w Warszawie?, twierdząco odpowiedzieli tylko dwie (2.8%) spośród 72 ankietowanych (97,2%). Problem polegał na tym, iż mimo odpowiedzi przeczącej część ankietowanych wypełniała tę część ankiety, tym samym zaburząc wyniki. Dla przykładu na pytanie: jak często odwiedza Pan/Pani tę restaurację? 4 osoby odpowiedziały „byłem/byłam pierwszy raz w życiu”(66,7%) natomiast 1 osoba, że „kilkakrotnie w tygodniu” (16,7%) – dla przypomnienia osób, które odwiedziły tę restaurację było tylko 2. Na pytania: co sądzi Pan/Pani o cenach w naszej restauracji oraz czego oczekiwał Pan/Pani po pobycie w tej restauracji odpowiedziało czterech respondentów. Z udzielonych odpowiedzi wyłania się taki obraz: ceny nie „są niskie” lecz „bardzo wysokie” lub „wysokie” jednocześnie są „adekwatne do jakości” lub „akurat”. Uczestnicy kolacji w restauracji „Senses” chwalili „dobre jedzenie” „dobłą obsługę” oraz „miłą atmosferę”. Jednocześnie spodziewając się „nowych doznań kulinarnych” oczekiwali „niskich cen”.

Poproszeni o ocenę poziomu obsługi respondenci (w liczbie pięciu ponieważ odpowiedzi udzieliła dodatkowa osoba) najlepiej ocenili szybkość obsługi oraz uprzejmość kelnerów nie narzucających się gościom. Goście zauważyli, że pracownicy restauracji są kulturalni, mili i całkowicie zaangażowani w obsługę gości. Większość osób po degustacji była zadowolona (oceny 4 i 5) jedna wystawiła bardzo złą za to, że „czekałem/czekałam zbyt długo na serwis”. Reasumując, można stwierdzić, że goście restauracji „Senses” byli zadowoleni, kolacja spełniła ich oczekiwania, a poziom zadowolenia określili na pięć gwiazdek. Ponad 50% z nich zdecydowanie poleciłoby tę restaurację swoim znajomym. Ankietowani wyrazili również opinię co do tego, czy kuchnia molekularna jest sztuką czy ciekawostką kulinarną, według 6 osób (54,5%) „jest sztuką”; według 4 osób (36,4%) „jest ciekawostką”, jedna osoba była niezdecydowana bowiem odpowiedziała, że „ani jednym ani drugim”.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przeprowadzone badania pozwalają stwierdzić, że poziom wiedzy na temat kuchni molekularnej wśród polskich konsumentów jest raczej niski i dość powierzchowny. Badani wiedzę na ten temat opierają głównie na informacjach z Internetu i telewizji, a nie na własnych doświadczeniach. Pomimo deklaracji o korzystaniu z usług w restauracjach, są to wizyty raczej rzadkie i w związku ze specjalnymi okazjami, bądź potrzebą utrzymania kontaktów towarzyskich. Polacy jeszcze nie mają zwyczaju jedzenia na mieście oraz częstszego wychodzenia w tym celu z domu. Prawdopodobnie związane jest to z ich warunkami ekonomicznymi. Większość respondentów przywiązuje wagę do tego co je, podobnie jak ważne jest dla nich ułożenie potrawy na talerzu oraz to jakich użyto produktów celem przygotowania danej potrawy. Prawdopodobnie ze względu na małe porcje stosowane w restauracjach z menu degustacyjnym, kuchnia molekularna nie zdobyła dużego uznania.

Kuchnia molekularna przekształciła gastronomię w atrakcję samą w sobie. Fascynacja tą kuchnią to zasługa kucharzy, którzy biorą udział w jej promowaniu. Połączenie wiedzy kucharza z wiedzą naukową – teoretycznie trudne do pogodzenia – sprawiło, że zainteresowaliśmy się pochodzeniem produktów, ich jakością oraz wpływem na nasze zdrowie, nie zapominając przy tym o przyjemności jaką daje jedzenie. Dzięki nowopowstałym restauracjom mamy przyjemność poznania lokalnej kultury poprzez nowe tekstury, zapachy, kolory i smaki.

Tempo życia i zmiany społeczno-kulturowe jakie dokonują się w ostatnim czasie mają ogromny wpływ na charakter naszych potrzeb. To, iż mamy coraz więcej czasu i jesteśmy coraz bardziej zamożni sprawia, że chcemy zaspokajać potrzeby wyższego rzędu. Na wieczór z kuchnią molekularną trzeba sobie zarezerwować kilka godzin i być cierpliwym, bowiem miejsca w takich restauracjach zamawia się na kilka tygodni a nawet miesięcy wcześniej. Nasza cierpliwość zostanie jednak sowicie nagrodzona. Otrzymamy w zamian, niezapomniany wieczór pełen niesamowitej i wspaniałej przygody dla zmysłów. Odkryjemy nowe zaskakujące smaki, zapachy, kolory a nawet dźwięki. Tę wspaniałą, niezapomnianą atmosferę wieczoru tworzą: wykwinna kuchnia, artystyczna prezentacja dań, precyzyjnie dobrane szlachetne trunki oraz fantastyczna obsługa. Na temat estetyki i prezentacji dania przeprowadzono nawet testy polegające na sprawdzaniu preferencji ułożenia potrawy na talerzu. Jak wynika z badań klienci preferują bardziej usystematyzowane/uporządkowane dania, tradycyjnie usytuowane po środku talerza. Nowy trend kucharzy preferujących ułożenie asymetryczne/chaotyczne odbiega trochę od tendencji większości klientów¹³.

Od surowego kawałka mięsa, do kuchni molekularnej człowiek pokonał ogromną kulinarną podróż, która trwa nadal i pewnie nigdy się nie skończy. Nasza chęć do eksperymentowania sprawi, że powstaną nowe dania i sposoby ich przygotowania. Opracowania o tematyce finansowej wskazują, że inwestycja w gastronomię jest jedną z najlepszych, jakiej możemy dokonać.

Czy kuchnia molekularna jest kuchnią przyszłości? Odpowiedź na to pytanie jest dość trudna. Z jednej strony mamy jej twórców, kucharzy kreujących swoje potrawy niczym dzieła sztuki, którym zależy na sprawianiu swoim gościom przyjemności. Z drugiej zaś konsumenta, świadomego tych wszystkich nowinek i głodnego nowych smaków i doznań. Oba te światy mają inny punkt widzenia, kucharze chcą się rozwijać, eksperymentować i oczywiście zarabiać na tym pieniądze. Konsumenti owszem, chcą nowości i niebanalnych smaków, ale tylko nieliczni mogą sobie na to pozwolić. Wydaje się, że kuchnia molekularna będzie się rozwijać (już pewnie nie w takim szybkim tempie), ale tylko nieliczni będą mogli z jej dobrodziejstwa skorzystać.

„Kuchnia molekularna jest na świecie coraz popularniejsza, choć w Polsce wciąż jest jeszcze wiele w tej materii do zrobienia – mówi Jean Bos, który molekularną kuchnię promuje w kraju od wielu lat. Twierdzi, że potrzeba nam jeszcze ok. 10 lat, żeby dojść do obowiązujących ogólnie standardów”¹⁴.

Czy kuchnia molekularna to tylko sezonowe zainteresowanie nowinkami gastronomicznymi czy też coś bardziej poważnego? Może to tylko czasowy kaprys kucharzy, którzy wydają fortunę na bawienie się gotowaniem? Jak i co będziemy jeść w przyszłości? Czy gastronomia molekularna ma szansę stać się naszą codziennością czy pozostanie tylko marzeniem „przeciętnego zjadacza chleba”? Na odpowiedź przyjdzie nam czekać około 10-ciu lat – prorokuje szef Jean Bos.

LITERATURA

- [1] **BOS J., R. HARNA. 2015.** Kuchnia molekularna. Podstawowe techniki i przepisy, rozpisani.pl: 21.
- [2] **GAWEŃCKI J. 2015.** (red) Ewolucja na talerzu. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.
- [3] **KONIK Ł. 2016.** Gastronomia molekularna. Wyd. Pressto Sp.zo.o., Kraków: 5.
- [4] **STASIAK D.,** Foodpairing, [w:] Technologia gastronomiczna. red. E. Czarniecka-Skubina, SGGW, Warszawa: 2016.
- [5] **MODEST AMARO W. 2014.** Natura kuchni polskiej. Wyd. Zwierciadło Sp. Z o.o., Warszawa: 2.

ŹRÓDŁA INTERNETOWE:

1. <http://www.mcnbiografias.com/app-bio/do/show?key=-escoffier-george-auguste> [dostęp 2017-05-01]
2. <https://www.youtube.com/watch?v=2gqRV...> [dostęp 2017-04-26]
3. Najstarszy i najbardziej popularny przewodnik po europejskich hotelach i restauracjach, http://www.michelin.pl/komunikatyprasowe_wiadomosci/Main-Cities-of-Europe-2017, [dostęp 01.05.2017],

13 C. Velasco et al. „One the importance of balance to aesthetic plating”, International Journal of Gastronomy and Food Science 5-6 (2016) 10–16, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878450X16300397>, [dostęp 03-10-2016 g. 21:06]

14 Jean Bos – pokaz kuchni molekularnej w Radomskiej Szkole Zawodowej – <http://dami24.pl/component/k2/item/9030-lekcja-w-szkole-a-na-niej-makaron-z-soku-i-smazona-oliwa>, [dostęp 18.05.2017, godz. 19:52]

4. Juan J. Iruin, "Gastronomía molecular", SEBBM 166| Diciembre 2010, str. 6, <http://www.sebbm.com/pdf/166/d01166.pdf>, [dostęp 10.11.2017]
5. http://www.elbulli.com/historia/docs/2003-cocina_molecular_es.pdf, [dostęp 18.05.2017]
6. <http://www.thefatduck.co.uk/> [dostęp 05.05.2017]
7. <https://www.foodpairing.com/en/home> [dostęp 05.05.2017]
8. <http://denmark.dk/en/meet-the-danes/great-danes/others/rene-redzepi/> [dostęp 19.05.2017]
9. Wywiad z Heiko Antoniewiczem – http://filmy.gastro-na.pl/art/article_6918.php [dostęp 30.04.2017]
10. <http://agit-hotel.pl/restauracja-eco/>, [dostęp 30.04.2017]
11. <http://www.akademiamolekularna.pl/o-nas/>, [dostęp 30.04.2014]
12. Wywiad z Adrea Camastra – <http://kuchnia.wp.pl/andrea-camastra-i-restauracja-senses-zdobyli-gwiazdke-michelin-6054911701030017a>, [dostęp 03.05.2017 g. 14:20],
13. C. Velasco et al. „One the importance of balance to aesthetic plating”, International Journal of Gastronomy and Food Science 5-6 (2016) 10–16, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878450X16300397>, [dostęp 03-10-2016 g. 21:06]
14. Jean Bos – pokaz kuchni molekularnej w Radomskiej Szkole Zawodowej – <http://dami24.pl/component/k2/item/9030-lekcja-w-szkole-a-na-niej-makaron-z-soku-i-smazona-oliwa>, [dostęp 18.05.2017, godz. 19:52]

Prof. dr hab. Bohdan ACHREMOWICZ
Wydział Biologiczno – Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski
Prof. dr hab. Alicja CEGLIŃSKA
Wydział Nauk o Żywności, SGGW Warszawa
Inż. Monika DARMETKO
Prof. dr hab. Tadeusz HABER
Inż. Joanna JANKOWSKA
Dr Piotr KARPIŃSKI
Prof. dr hab. Mieczysław OBIEDZIŃSKI
Inż. Renata TARASIEWICZ
Instytut Technologii Żywności i Gastronomii
Państwowa Wyższa Szkoła Informatyki i Przedsiębiorczości w Łomży

CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH SUROWCÓW ROŚLINNYCH I MOŻLIWOŚCI ICH WYKORZYSTANIA JAKO DODATKÓW DO CIAST CHLEBOWYCH®

Characteristic of selected plant raw materials and their potential applications
as additives to bread dough®

Słowa kluczowe: Siemię lniane, pestki dyni, pestki słonecznika, skład chemiczny, właściwości prozdrowotne, wzbogacanie pieczywa.

Skład chemiczny i liczne właściwości, w tym prozdrowotne, nasion wielu roślin sprawiają, że są one doskonałym dodatkiem wzbogacającym walory organoleptyczne i wartość odżywczą pieczywa. Pieczywo, spożywane w znacznych ilościach i każdego dnia, przez wszystkie grupy społeczne, jest podstawowym produktem spożywczym, a jednocześnie doskonałym nośnikiem dla wielu niezbędnych składników pokarmowych czy wartości prozdrowotnych. Szczególnie cennymi dodatkami do pieczywa są: nasiona lnu, dyni i słonecznika. Jako dodatki piekarskie wykorzystywane mogą być zarówno całe nasiona jak i mąki z nich uzyskane.

Key words: flaxseed, pumpkin seeds, sunflower seeds, chemical composition, health benefits, enrichment bread.

Seeds of many plants are a great additions enriching the organoleptic and nutritional value of bread. It is the result of their chemical composition and a number of other properties, including health benefits education. Bread a popular daily food consumed by all social groups, is a staple food, and excellent carrier for many essential nutrients and healthy values. Flaxseeds, pumpkin and sunflower rare particularly valuable additions to bread. One may use either whole seed or flour the baking additives.

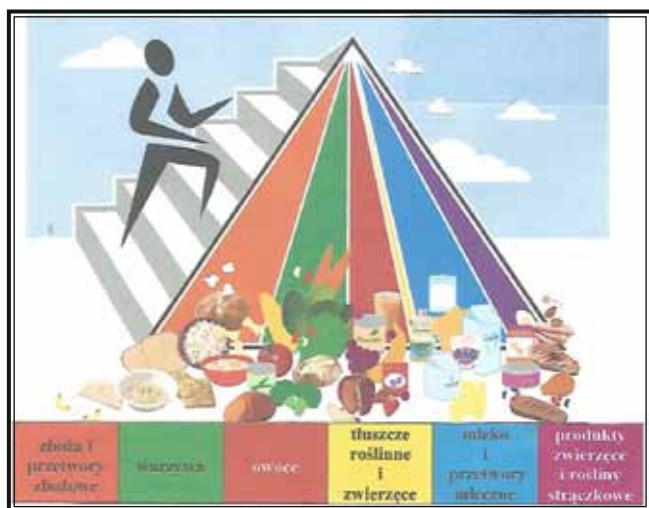
WSTĘP

Podstawą prawidłowego odżywiania się człowieka powinny być produkty zbożowe. Według wielu publikacji naukowych [3, 5, 19] dla osób dorosłych i zdrowych, zaleca się spożywanie od 250 do 600 g produktów zbożowych dziennie, a ilość ta powinna wynikać zarówno z ich zwyczajów żywieniowych jak i z dziennego zapotrzebowania energetycznego. Na rys. 1. przedstawiono „piramidę prawidłowego odżywiania się człowieka” czyli powszechnie uznany i zalecany [19, 26] model żywieniowy, w którym dominującą rolę odgrywają produkty zbożowe, a wśród nich, przede wszystkim pieczywo..

W codziennej diecie, pieczywo jest jednym z głównych źródeł wszystkich niezbędnych składników odżywczych,

pokrywając od 40 do 100% zapotrzebowania na nie [3, 5]. Zwiększenie ilości niektórych, deficytowych składników odżywczych zawartych w pieczywie jest możliwe, a osiągnąć to można różnymi drogami.

Stosunkowo najprostszym sposobem jest stosowanie do wypieku mąki o wyższym wyciągu, najlepiej mąki wysokowyciągowej. Przy produkcji mąki jasnej, niskowyciągowej, wiele cennych naturalnych składników, zawartych w ziarnie zbóż chlebowych, jest traconych, stając się składnikiem ubocznych produktów młynarskich, np. otrąb. Inny sposób wzbogacania pieczywa, to dodawanie do ciast chlebowych różnych preparatów, z tym, że najbardziej wskazane byłyby produkty pochodzenia naturalnego (np. roślinnego).



Rys. 1. Model prawidłowego żywienia zalecany przez USDA [19, 26].

Fig. 1. Model of proper diet recommended by the USDA [19, 26].

Wśród wielu nowych rodzajów pieczywa, wprowadzonych na rynek krajowy w ostatnich latach, szczególną rolę ogywiają te, do wzbogacenia których wykorzystuje się produkty pochodzenia naturalnego [7, 8, 13, 25]. Do wzbogacania pieczywa, a tym samym do istotnej zmiany nie tylko jego cech organoleptycznych, ale także właściwości prozdrowotnych, wykorzystywane są różne dodatki i w różnych ilościach w stosunku do mąki, poczynając od ziarna zbóż niechlebowych [25], poprzez zioła [15] i nasiona roślin oleistych: nieodtłuszczone siemię lniane, pestki dyni czy słonecznika [12, 13, 25], a na suszonych owocach i warzywach kończąc [25].

Wzbogacaniu pieczywa, podobnie jak żywności w ogóle, przyświecają zasadniczo trzy cele które Czerwińska i Gulińska [10] określają jako:

- wyrównawczy,
- interwencyjny,
- polepszający.

Wzbogacanie żywności w celu „wyrównawczym” ma uzupełnić dany produkt w takie składniki odżywcze, które zostały utracone podczas procesów produkcyjnych, np. podczas przemiana ziarna na mąki jasne czyli niskowyciągowe. Wzbogacanie „interwencyjne” ma na celu zwiększenie zawartości składników, które w naturalny sposób występują w żywności, ale w stosunkowo niskim stężeniu, a są niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmu człowieka. Przykładem takiego wzbogacania może być np. jodowanie soli kuchennej [10]. Natomiast wzbogacanie „polepszające” polega ogólnie na zwiększeniu zawartości tych składników odżywczych, które występują w deficycie. W efekcie takiej interwencji ich zawartość w pieczywie, czy ogólnie w żywności, doprowadzana jest do poziomu występującego w produktach naturalnych, nieprzetworzonych [10]. Często, dodatkowym celem wzbogacania żywności jest też zwiększenie jej atrakcyjności, poprzez poprawę np. walorów organoleptycznych (wyglądu, smaku, zapachu).

Takie same cele ma też wzbogacanie pieczywa, gdzie często dąży się do poprawy jego przyswajalności, przy

jednoczesnym podwyższeniu w nim zawartości składników mineralnych czy błonnika pokarmowego, nie mówiąc o uzupełnieniu podstawowych składników odżywczych, np. białek [7].

W wielu wypadkach pieczywo wzbogacone uzyskuje walory prozdrowotne i jest zalecane w różnych stanach chorobowych, nie mówiąc o profilaktyce [3, 5, 8, 25]. Pieczywo, które zostało uzupełnione lub takie, którego receptura została zmodyfikowana, jest artykułem spożywczym wspomagającym leczenie wielu chorób. Pieczywu takiemu przypisuje się znaczenie zapobiegawcze lub lecznicze [6, 7, 8].

W procesie wzbogacania pieczywa, a także ogólnie produktów zbożowych, istotną rolę wykazują surowce naturalne, a szczególnie te, które same posiadają właściwości np. prozdrowotne. Ich zastosowanie automatycznie podnosi wartość prozdrowotną pieczywa, a często jeszcze uatrakcyjnia (poprawia) jego cechy smakowo-zapachowe [19].

Dzięki ogólnym właściwościom i walorom jakie wykazują określone rodzaje i gatunki pieczywa, zalecane jest jego spożywanie, przy wielu stanach chorobowych [25], takich jak:

- cukrzyca (spożywanie pieczywa wysokobiałkowego i wysokobłonnikowego),
- celiakia (spożywanie pieczywa bezglutenowego),
- anemia (spożywanie pieczywa wzbogaconego w żelazo),
- uremia (spożywanie pieczywa skrobiowego i niskosodowego),
- nadciśnienie tętnicze (zalecane spożywanie pieczywa niskosodowego),
- niektóre rodzaje alergii (pieczywo orkiszowe).

Do wzbogacania pieczywa wykorzystuje się różne produkty naturalne, jak np.: ziarno zbóż, zarówno tradycyjnych tych tzw. „chlebowych” jak i tych „niechlebowych”, a także: otręby, drożdże, maślanke, serwatkę oraz owoce i warzywa [7, 8], a ostatnio również nasiona pseudozbóż (szarłat i komosy ryżowej) oraz produktów z nich uzyskanych (mąka, płatki, nasiona ekstrudowane czy ekspandowane) [1, 2]. Podejmowano też próby wykorzystania ziół [15, 25].

W tabeli 1. przedstawiono, za Ambroziakiem [3], zawartość najważniejszych składników odżywczych, znajdujących się w 100 g wybranych naturalnych surowców roślinnych i zwierzęcych. Ze względu na swoje właściwości odżywcze, surowce te już są, albo mogą być wykorzystane do wzbogacania pieczywa.

Zawarte w tabeli 1 dane wskazują wyraźnie na celowość wzbogacania tymi surowcami np. pieczywa, szczególnie dążąc do podwyższenia w nim zawartości żelaza czy wapnia, a także niacyny (witamina PP) i ryboflawiny (witamina B₂) [3].

Bardzo popularnymi, a ostatnio dość szeroko stosowanymi dodatkami do pieczywa są nasiona roślin oleistych: siemienia lnianego, słonecznika i dyni [3, 12, 25]. Za wykorzystaniem nasion tych roślin przemawiają nie tylko ich skład chemiczny i liczne walory prozdrowotne, ale także łatwość ich dostępu w kraju, a także stosunkowo niska cena, co nie jest bez znaczenia.

Tabela 1. Zawartość niektórych składników odżywczych w 100 g wybranych surowców pochodzenia naturalnego [3]
Table 1. The content of some nutrients in 100 g of selected raw materials of natural origin [3]

Składniki: Badany surowiec:	Składniki podstawowe [g]			Składniki mineralne [mg]			Witaminy [µg]		
	Białko	Popiół	Błonnik	Wapń	Żelazo	Magnez	B ₁	B ₂	PP
Chude mleko w proszku	33,1	8,20	– *)	1450	0,6	110,0	320	2400	945
Maślanka płynna	3,3	0,70	0	118	0,1	15,5	40	– *)	100
Drożdże piekarskie susz.	42,6	7,60	1,10	165	54,5	– *)	1690	4380	36900
Zarodki pszenne	30,1	4,32	2,32	48	8,1	247	840	890	5430
Mąka pszenna typ 850	10,8	0,85	0,59	23	1,7	38	330	90	1200
Mąka żytnia typ 800	6,4	0,80	0,65	23	1,6	33	240	110	– *)
Mąka niskoenergetyczna	16,8	4,10	9,4	72	12,1	160	727	401	17850
Mąka sojowa	54,3	7,40	2,3	– *)	– *)	– *)	770	280	2200

*) – brak danych. *) – no data.

Celem artykułu jest przedstawienie ogólnej charakterystyki nasion lnu, dyni i słonecznika z uwzględnieniem ich składników chemicznych, wartości odżywczych, energetycznych oraz właściwości prozdrowotnych. Celem jest także wykazanie możliwości ich wykorzystania jako naturalnych surowców podwyższających wartość odżywczą i prozdrowotną pieczywa.

KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH SUROWCÓW ROŚLINNYCH MOŻLIWYCH DO WZBOGACANIA PIECZYWA

Len zwyczajny (siemię lniane)

Len (*Linum L.*) jest rośliną pochodzącą z Bliskiego Wschodu. Należy do rodziny lnowatych (*Linaceae*), liczącej ponad 200 różnych podgatunków. Są to na ogół rośliny roczne względnie dwuletnie, ale mogą być nawet byliny, rzadko dziczące [4, 11]. Najpopularniejszy, najbardziej rozpowszechniony i tym samym mający największe znaczenie gospodarcze, to len zwyczajny (*Linum usitatissimum L.*). Jest to roślina jednoroczna, obejmująca pięć, następujących odmian botanicznych:

- len pośredni (*var. intermedia*),
- len włóknisty (*var. elongata*),
- len wielkonasienny (*var. macrospermum*),
- len płozący (*var. prostrata*),
- len rozgałęziony, oleisty (*var. brevimulticaulis*).

Len jest rośliną uprawianą praktycznie na całym świecie, z głównym przeznaczeniem na nasiona względnie dla pozyskania bardzo popularnego i poszukiwanego włókna. Najwięksi producenci lnu na świecie [37] to:

- Kanada (zbiory: 368,3 tys. ton),
- Chiny (350,0 tys. t),
- Rosja (230,0 tys. t),

- Indie (147,0 tys. t),
- Wielka Brytania (71,0 tys. t),
- USA (70,9 tys. t).

Len zwyczajny osiąga wysokość od 30 do 70 cm, przy czym, formy nasienne są zwykle niższe, o większej liczbie kwiatów i większym rozgałęzieniu, natomiast formy włókniste – wyższe i mniej rozgałęzione [4, 37]. Nasiona lnu wykorzystywane są, przede wszystkim do pozyskiwania oleju na cele spożywcze. Wykorzystanie na cele włókiennicze, pojawiło się znacznie później [37]. Łodygi lnu są, na ogół, proste i cienkie, w górnej części rozgałęzione, kwiaty drobne, pięciopłatkowe, o jasnoniebieskim zabarwieniu, zebrane w wiechowate kwiatostany o licznych rozgałęzieniach [4, 17], są samopylne i przekwitają po jednej dobie [24].

Owoc lnu ma kształt jajowaty, jest to pięciokomorowa torebka, w której znajduje się zwykle 10 – 12 wydłużonych i spłaszczonych nasion, o żółtym (złocistym) albo czerwono-brązowym zabarwieniu [4]. Pozbawione są zapachu, natomiast ich smak określany jest jako łagodny, z lekko wyczuwalnym posmakiem olejowym. Po rozgryzieniu nasienia wyczuwalna jest jego śluzowatość [18]. Wymiary nasion lnu są dość wyrównane, ich długość wynosi od 4 do 6, szerokość od 2 do 3, a grubość od 0,5 do 2 mm [37]. W warunkach krajowych len zwyczajny dojrzewa od połowy lipca do połowy sierpnia.

Nasiona lnu to bogate źródło wielu składników chemicznych, cennych z punktu widzenia żywienia człowieka, a tym samym technologii żywności (patrz tabela 2).

W największych ilościach występuje w nich tłuszcz, którego zawartość przekracza 40% ogólnego składu chemicznego [6, 11, 12, 13]. Olej lniany jest powszechnie wykorzystywany np. do produkcji farb, lakierów, mydeł, linoleum czy syntetycznych skór (skay). Ostatnio zyskuje coraz większe znaczenie żywieniowe, a także, co jest bardzo istotne, prozdrowotne.

Znaczenie żywieniowe i prozdrowotne siemienia lnianego, wynika, m.in., z wysokiej zawartości w nim kwasów:

Tabela 2. Przeciętna zawartość wybranych składników odżywczych w 100 g siemienia lnianego, pestek dyni i pestek słonecznika [27, 32]

Table 2. The average content of selected nutrients in 100 g of linseed, pump kin seeds and sunflower seeds [27, 32]

Wybrane chemiczne Składniki odżywcze	Jedn.	Siemię lniane całe	Łuskane pestki dyni	Łuskane pestki słonecznika	
				suszone	prażone
Wartość kaloryczna	kJ	2234	753	2508	2435
	kcal	534	180	584	582
Sacharydy ogółem	[g]	28,88	12,70	20,00	24,07
w tym: glukoza	[g]	0,40	11,30	– *)	– *)
sacharoza	[g]	1,15	– *)	– *)	– *)
błonnik	[g]	27,30	5,31	8,60	11,10
Tłuszcze ogółem	[g]	42,20	45,80	51,46	49,80
w tym kwasy: nasycone	[g]	3,66	8,50	4,46	5,22
jedno nienasycone	[g]	7,53	– *)	18,53	9,51
wielo nienasycone	[g]	28,73	– *)	23,14	32,88
omega – 3	[g]	22,81	– *)	0,08	0,06
omega – 6	[g]	5,91	– *)	23,05	32,78
Białko ogółem	[g]	18,29	24,49	20,78	32,78
Magnez	[mg]	392,00	540,00	325,00	129,00
Wapń	[mg]	255,00	66,00	78,00	70,00
Żelazo	[mg]	5,70	15,00	5,25	3,80
Potas	[mg]	813,00	278,00	645,00	850,00
Fosfor	[mg]	642,00	1325,00	660,00	1155,00
Sód	[mg]	30,00	– *)	9,00	3,00
Mangan	[mg]	2,48	6,43	1,95	2,11
Selen	[mg]	0,025	– *)	0,05	0,08
Witamina B ₁ (tiamina)	[μg]	1644,0	210,0	1480,0	106,0
Witamina B ₂ (ryboflawina)	[μg]	161,0	320,0	355,0	246,0
Witamina B ₆	[μg]	473,0	60,00	1345,0	804,0
Witamina PP (niacyna)	[μg]	3080,0	– *)	8355,0	7042,0
Witamina C	[μg]	600,0	– *)	1400,0	1400,0
Witamina E	[μg]	– *)	26,0	35170,0	26100,0
Kwas foliowy	[μg]	87,0	60,0	227,0	227,0
Kwas pantotenowy	[μg]	985,0	– *)	– *)	– *)

*) – brak danych *) – no data

linolenowego (omega – 3) i linolowego (omega – 6) [9]. Oba kwasy, należące do NNKT, mają korzystny wpływ, m.in., na prawidłowe funkcjonowanie mózgu, układu nerwowego, wpływają na utrzymanie odpowiedniego ciśnienia krwi, zapobiegają zakrzepom [14].

Cennym składnikiem siemienia lnianego jest błonnik pokarmowy, w którym znaczny udział mają frakcje rozpuszczalne w wodzie, łatwo żelujące i pęczniejące, dające w efekcie śluzu. Dzięki tym cechom siemię lniane jest zalecane przy wielu schorzeniach żołądka, jelit czy ogólnie mówiąc, przewodu pokarmowego. Wysoka lepkość kleików z siemienia lnianego zmniejsza wchłanianie się cholesterolu [9].

Nie bez znaczenia, dla wartości odżywczej siemienia lnianego, jest wysoka zawartość w nim białek ogółem, a także składników mineralnych (magnezu, wapnia, cynku, żelaza, potasu, miedzi, manganu) oraz witamin (B₁, B₆, PP, E), a także kwasów: foliowego i pantotenowego [27, 30].

Ogólnie przyjmuje się [30], że dzięki związkom chemicznym zawartym w siemieniu, jest ono jednym z najlepszych i najskuteczniejszych środków zmiękczających i łagodzących różne stany zapalne. Siemię lniane wykazuje także działanie przeciwbakteryjne i ogólnie ma właściwości osłaniające. Na organizm człowieka bardzo korzystny wpływ wywiera mąka z siemienia lnianego. Wiązane to jest

bezpośrednio z zawartymi w siemieniu/mące nienasyconymi kwasami tłuszczowymi (omega – 3 i omega – 6), a także z błonnikiem. Siemię lniane i produkty z niego otrzymane (np. mąka) przyczyniają się do obniżenia zawartości triglicerydów i cholesterolu LDL, przy jednoczesnym zwiększaniu cholesterolu HDL [6, 7, 8].

Siemię lniane zawiera także substancje określane ogólnie jako przeciwżywniowe, które są wysoce niepożądane. W niedojrzałych nasionach lnu występuje aminokwas linylny, a jego szkodliwość wynika z tego, że w przewodzie pokarmowym rozkłada się on do silnie toksycznego kwasu cyjanowodorowego [37]. Zatrucia u ludzi, tym związkiem spowodowane, występują jednak bardzo rzadko, częściej mogą zdarzać się u zwierząt, zwłaszcza u koni, karmionych paszami z dodatkiem wyłoków lnianych. Niemniej, ze względów bezpieczeństwa, zalecane jest, aby w celach leczniczych nie stosować większej dawki jednorazowej niż dwie łyżki rozdrobnionego siemienia lnianego [37].

Siemię lniane w coraz większym stopniu wykorzystywane jest w szeroko rozumianej technologii żywności, np. jako dodatek wzbogacający do pieczywa (chlebów i bułek), a także wyrobów ciastkarskich i trwałego pieczywa cukiernicze-go nie mówiąc o licznych koncentratkach spożywczych (np. muesli).

Dynia zwyczajna

Dynia zwyczajna (*Cucurbita pepo* L.), nazywana także dynią olbrzymią lub banią, jest rośliną jednoroczną z rodziny dyniowatych [4, 21]. Wywodzi się z Ameryki Południowej i Środkowej, a także południowych Stanów USA. Obecnie jest bardzo popularna i uprawiana praktycznie na wszystkich kontynentach. Dynia to roślina jednoroczna o długich na kilka, kilkanaście metrów, płożących się, silnie owłosionych i rozgałęzionych łodygach z licznymi wąsami czepnymi [38]. Liście są duże i rozłożyste, pięcioklapowe o sercowatym kształcie. Kwiaty dyni są rozdzielnopłciowe, żeńskie są pojedyncze, natomiast męskie zebrane w pęczki. Owoc dyni to jagoda, która może mieć różny kształt: kulisty, kulisty spłaszczony (dyskowaty), gruszkowaty itp. Na zewnątrz owoc pokryty jest grubą i twardą skorupą, natomiast wewnątrz jest mięsisty i miękki. Dynia ma miąższ włóknisty, o różnym zabarwieniu, co jest cechą odmianową.

Uprawiane odmiany dyni dzieli się [23, 38] na kilka grup, a mianowicie:

- odmiany o dużych, owalnych owocach jadalnych (*Cucurbita pepo* convar. *pepo* L.), w tym:
 - dynia makaronowa,
- odmiany o dużych, silnie wydłużonych, owocach jadalnych. (*Cucurbita pepo* convar. *giromontiana* Greb.), a wśród nich:
 - kabaczek,
 - cukinia, a także odmiana
 - oleista (*Cucurbita pepo* var. *oleifera* Pietsch.),
- odmiany o jadalnych owocach spłaszczonych, czyli tzw. patisony (*Cucurbita pepo* convar. *patissonina* Greb.) oraz
- odmiany ozdobne (*Cucurbita pepo* convar. *microcarpina* Greb.), charakteryzujące się licznymi, ale drobnymi owocami o dość wyszukanych i trudnych do określenia kształtach, a nawet barwach.

Dynię uprawia się zarówno na skalę wielko-produkcyjną jak i amatorsko (np. w ogródkach działkowych) [38]. W Polsce najczęściej uprawiana odmiana to dynia o żółto-pomarańczowym miąższu, która jest zarówno źródłem wartościowego miąższu jak i poszukiwanych nasion (pestek) [29].

Na skalę przemysłową dynia wykorzystywana jest, przede wszystkim, jako warzywo, ale także może być przeznaczana na paszę dla zwierząt. Ma jadalny miąższ uznawany za produkt dietetyczny. Jest źródłem wielu składników mineralnych, w tym, przede wszystkim, potasu, wapnia, magnezu, żelaza, cynku i selenu oraz cennym źródłem β – karotenu, naturalnego przeciwutleniacza, zapobiegającego m.in., chorobom nowotworowym. Dynia zawiera stosunkowo wysokie ilości witamin C, PP, kwasów (pantotenowego i foliowego) oraz innych kwasów organicznych [28].

Po ugotowaniu miąższ dyni wykorzystywany jest np. do sporządzania bardzo cenionych kremów (zup), może być też kandyzowany, względnie służyć jako surowiec do produkcji marmolad (dżemów), dodatków do dań mięsnych, a także dodatku (na surowo) do różnych surówek warzywnych.

W East China Normal University w Szanghaju odkryto [cyt. 33], że zawarty w miąższu dyni figolistnej D-chiroinozytol, może zastępować insulinę i regulować jej aktywność, a tym samym podwyższyć jej poziom we krwi. Zaznaczyć jednak należy, że sama dynia, ze względu na wysoki indeks glikemiczny (IG), nie jest wskazana dla diabetyków [cyt. 33]. Jej IG wynosi 75, co oznacza, że po spożyciu 50 g miąższu dyni, poziom cukru we krwi wzrośnie o 75% i będzie taki sam jak po spożyciu 50 g czystej glukozy [35].

Niektóre odmiany dyni uprawiane są wyłącznie jako rośliny ozdobne. Ich owoce są stosunkowo małe, bardzo kolorowe i posiadają różne charakterystyczne i trudne do zdefiniowania kształty. Do warzyw z rodziny dyniowatych zalicza się także: arbuzy, cukinie, kabaczki, ogórki i tytkwy.

Bardzo cennym i poszukiwanym surowcem są nasiona (pestki) dyni (*Semen Cucurbitae*), od lat wykorzystywane w zielarstwie, czy w medycynie ludowej. Ich wartość wiązana jest z bogatym składem chemicznym (patrz tabela 2.). Pestki (nasiona) dyni przeznaczone są także do bezpośredniego spożycia, względnie do otrzymywania oleju (poprzez tłoczenie).

Coraz większym zainteresowaniem cieszy się mąka uzyskiwana z pestek dyni, którą pozyskuje się po uprzednim odtłuszczeniu nasion [28]. Jest ona produktem o charakterystycznym, zielonkawym zabarwieniu oraz słodkim orzechowym smaku i zapachu. Nie zawiera glutenu, przez co jest atrakcyjnym surowcem do produkcji wyrobów bezglutenowych, poszukiwanych nie tylko przez chorych na celiakię, ale wskazanych także przy wszelkich zaburzeniach żołądkowo-jelitowych.

Sonecznik

Słonecznik zwyczajny (*Heliathus annuus* L.) wywodzi się z Ameryki Północnej, ale obecnie jest rośliną bardzo popularną i wysoce cenioną w wielu regionach świata [36].

Jest gatunkiem jednorocznym, uprawnym, należącym do rodziny astrowatych. Wyrasta na wysokość 2 – 3 m, na wyniesionej, prostej i grubej pojedynczej łodydze. Kwiaty bardzo charakterystyczne, zebrane w duże kwiatostany typu

„koszyczek”, mają średnicę do 30 cm i po przekwitnięciu zwisają do dołu. Kwiaty na obrzeżach koszyczka są stosunkowo duże i zabarwione na żółto, natomiast środkowe znacznie mniejsze i zabarwione na brązowo [36].

Częścią jadalną słonecznika są jego owoce. Jest to niełupka znajdująca się w zdrewniałej łupinie. Cechą odmianową stanowi zabarwienie łupiny (od jasno szarej do prawie czarnej). Dzięki swojemu składowi chemicznemu (patrz tabela 2.) pestki słonecznika mają bardzo wysoką wartość odżywczą, a tym samym i prozdrowotną. Na szczególną uwagę zasługuje zwłaszcza bardzo wysoka zawartość witaminy E, a także witamin z grupy B. Pod względem zawartości witaminy E, pestki słonecznika są jednym z jej najbogatszych źródeł w przyrodzie [31, 34]. Wysoka zawartość obu tych witamin wspomaga leczenie wszelkich zaburzeń układu nerwowego.

Dodatkowo pestki słonecznika zawierają znaczne ilości fitosteroli, czyli steroli roślinnych, związków będących głównym składnikiem strukturotwórczym komórek roślinnych. Fitosterole, pod względem budowy i właściwości, są podobne do cholesterolu, występującego u ludzi i zwierząt. Dostarczone do organizmu fitosterole obniżają poziom cholesterolu we krwi, a także zmniejszają ryzyko chorób serca i nowotworów.

Dzięki składowi chemicznemu (patrz tabela 2.) pestki słonecznika mają bardzo wysoką wartość odżywczą, a tym samym i prozdrowotną, chociażby ze względu na zawartość, wspomnianych już, witaminy E czy fitosteroli [33].

Pestki słonecznika są dobrym źródłem NNKT, zwłaszcza tych z grupy omega – 6. Ale jednocześnie ich mankamentem jest stosunkowo niska zawartość kwasów omega – 3. Zarówno kwasy omega – 3 jak i omega – 6, są niezbędne do odbudowywania błon komórkowych wszystkich komórek ciała ludzkiego [34].

Pestki słonecznika to jeden z najważniejszych surowców olejarskich. Na masową skalę są one wykorzystywane do otrzymywania bardzo popularnego i poszukiwanego oleju słonecznikowego.

WYKORZYSTANIE NASION LNU, DYNI I SŁONECZNIKA W PIEKARSTWIE

Z licznych doniesień naukowych [5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 19, 20, 32] wynika, że nasiona lnu, dyni i słonecznika, od dawna były wykorzystywane do wzbogacania różnych rodzajów i gatunków pieczywa. Stosowano je jako tzw. surowce pomocnicze, a ich dodatek do ciasta miał różne cele, z których najważniejsze, to:

- podwyższenie wartości odżywczej pieczywa,
- podniesienie zawartości składników niezbędnych z żywieniowego punktu widzenia,
- nadanie pieczywu wielu nowych cech, w tym także prozdrowotnych,

a przy okazji

- podjęcie produkcji nowych asortymentów, bardziej atrakcyjnych od wyrobów tradycyjnych,
- wyrównanie strat wielu cennych składników występujących naturalnie w ziarnie zbożowym, ale utrac-

nych w wyniku procesów technologicznych (np. w wyniku przemiału ziarna na mąki jasne, niskowyciągowe),

względnie

- osiągnięcie powyższych celów równolegle.

Za wykorzystaniem nasion lnu, dyni czy słonecznika przemawiały i przemawiają nadal, liczne i bardzo istotne argumenty:

- wysoka zawartość, korzystny skład chemiczny i wysoka wartość biologiczna przede wszystkim białek i tłuszczów,
- wysoka zawartość błonnika, a także soli mineralnych oraz witamin,
- ogólnie dobra plenność,

a tym samym

- łatwość pozyskania nasion,
- stosunkowo niska ich cena (nie jest bez znaczenia dla większości piekarń i piekarzy).

Prowadzone dotychczas badania nad wykorzystaniem nasion lnu, dyni i słonecznika jako dodatków do ciast chlebowych, dotyczyły przede wszystkim poprawy wartości prozdrowotnej pieczywa oraz jego cech organoleptycznych. Efekt uboczny tych badań to wprowadzone nowe asortymenty pieczywa.

Stosunkowo mało było badań dotyczących wpływu stosowanych dodatków na cechy ciasta czy cechy fizyczne używanego pieczywa.

Czerwińska [8] powołuje się na badania, w których jako dodatek do pieczywa stosowano zmielone siemię lniane, w ilościach od 5 do 20%, w stosunku do mąki pszennej. Przytoczone przez tę Autorkę [8] badania farinograficzne, wykazały, między innymi, że pod wpływem dodatku mąki z siemienia lnianego, następował/następowało:

- wzrost wodochłonności mieszanki mąka pszenna/mąka z siemienia lnianego, wodochłonność rosła w miarę wzrostu ilości tej drugiej w mieszance,
- wydłużenie czasu rozwoju ciasta,
- czas stałości (czyli stabilność) uzyskanego ciasta nie zmieniał się.

Czerwińska [8] nie podaje szczegółów przeprowadzonych badań, na które się powołuje, niemniej pewnym jest, że stwierdzony wzrost wodochłonności, to następstwo wprowadzenia do ciasta nowych składników, a przede wszystkim białek i skrobi. Jednocześnie wprowadzone składniki wolniej wchłaniały wodę, w porównaniu z mąką pszenną (w porównaniu z białkami glutenowymi w niej zawartymi), stąd dłuższy czas rozwoju ciasta. Zarówno wzrost wodochłonności jak i wydłużenie czasu rozwoju to zmiany korzystne z punktu widzenia procesu przygotowania ciasta jak i jakości otrzymanego pieczywa.

Dłuższy czas rozwoju ciasta miał bezpośredni wpływ na czas jego stałości (stabilności), stąd stwierdzona [8] zmienność tej cechy pod wpływem stosowanych dodatków. Dodatek każdej ilości mąki z siemienia lnianego, podobnie jak dodatek mąki z pestek dyni czy słonecznika, musi prowadzić do osłabienia struktury ciasta pszenne-

a w efekcie do skrócenia jego czasu stałości, ponieważ w dodatkach tych nie ma strukturotwórczych białek glutenowych (glutenu). Ich brak jest też bezpośrednią przyczyną zmniejszenia objętości pieczywa z dodatkiem nasion/mąki siemienia lnianego, dyni czy słonecznika, co zostało stwierdzone w badaniach przeprowadzonych w Instytucie Technologii Żywności i Gastronomii PWSliP w Łomży [12].

Chcąc uzyskać poprawę objętości chleba z takimi dodatkami, a także poprawić strukturę jego miękiszu, zaleca się równoczesny dodatek do ciasta glutenu witalnego [20].

W świetle powyższych informacji zastanawiające jest, jak wygląda struktura np. „Chleba saskiego”, albo czym była/jest ona poprawiana, skoro dodane do ciasta siemię lniane i pestki słonecznika stanowiły/stanowią łącznie, aż ok. 80% powstałej mieszanki: mąki chlebowej i dodatków wzbogacających [25].

Wielkość dodatków do ciasta zarówno siemienia lnianego, pestek dyni czy pestek słonecznika, lub mąki z nich uzyskanej, jest ograniczona. Wynika ona nie tylko ze składu chemicznego i właściwości (ogólnie mówiąc cech) samych stosowanych dodatków, ale także z jakości, wartości wypiekowej, użytej do wypieku mąki pszennej czy żytniej. Im użyte do wypieku mąki są słabsze, im mają niższą wartość wypiekową, tym większe będą niekorzystne zmiany cech ciasta i gorsze cechy uzyskanego z takiego ciasta pieczywa.

Jak podaje Brümer [cyt. 20] optymalne dodatki omawianych nasion do ciasta powinny wynosić:

- siemienia lnianego – 8 – 12%,
- nasion słonecznika – 12 – 20%
- nasion dyni – 15 – 20% w stosunku do użytej mąki.

Stosując podane wyżej optymalne dodatki nasion tych roślin do ciast chlebowych powinno się uzyskać istotną, a jednocześnie bardzo korzystną z żywieniowego punktu widzenia, zmianę składu chemicznego i wartości energetycznej pieczywa. Potwierdził to Seibel [cyt.20], który badając wpływ dodatku siemienia lnianego i pestek słonecznika na zmiany zawartości białek, węglowodanów (głównie skrobi) i tłuszczu w chlebie mieszanym (żytnio-pszenным) oraz jego wartości kalorycznej stwierdził, że:

- nastąpił istotny wzrost zawartości białka ogółem i tłuszczu w badanym chlebie,
- zmniejszyła się zawartość sacharydów, należy przypuszczać, że dotyczyło to przede wszystkim skrobi,
- nastąpił tylko nieznaczny wzrost wartości kalorycznej 100 g chleba.

Tabela 3. Zmiany wybranych składników chemicznych i wartości energetycznej pieczywa pod wpływem dodatku nasion lnu, dyni i słonecznika [Seibel, cyt. 20]

Table 3. Changes in selected chemical components and the energy value of bread after adding of flaxseeds, pumpkin and sunflower [Seibel, cit. 20]

Próba	Zawartość wybranych składników chemicznych [%]			Wartość energetyczna, [kcal/100g]
	białka	sacharydów	tłuszczu	
Chleb żytnio-pszenny	6,5	47,9	1,7	220
+ siemię lniane	7,3 (wzrost ●12,3%)	45,0 (spadek ●6,1%)	3,4 (wzrost ●100,0%)	227 (wzrost ●3,2%)
+ pestki słonecznika	9,1 (wzrost ●40,0%)	44,0 (spadek ●8,1%)	4,4 (wzrost ●158,8%)	242 (wzrost ●10,0%)

* Kolorem zielonym (●) zaznaczono zmiany korzystne,

* kolorem czerwonym (●) zaznaczono zmiany niekorzystne.

* Beneficial changes marked the color green (●) indicated,

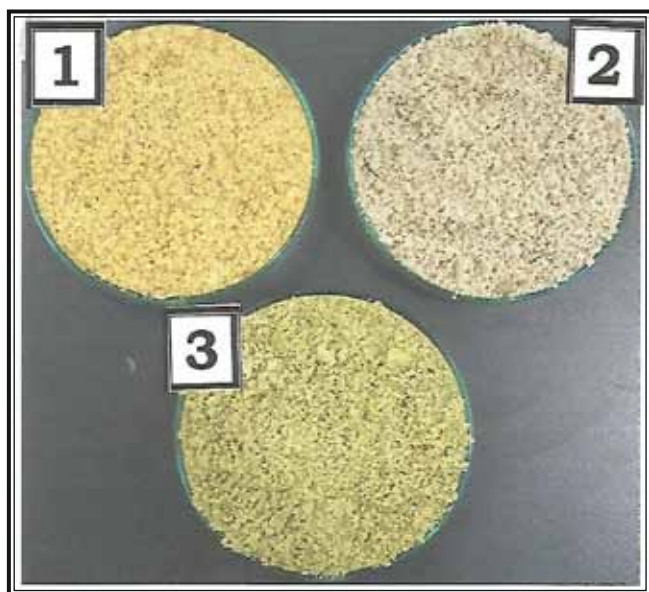
* the red color (●) unbeneficial changes.

Szczegółowe zmiany zawartości białek, węglowodanów i tłuszczu oraz zmiany kaloryczności chleba stwierdzone przez Seibla [cyt. 20] przedstawiono w tabeli 3. Nie podlega dyskusji, że wysoce korzystny jest wzrost zawartości w uzyskanych chlebach, białek i tłuszczu. Wysoce korzystne jest także równoczesne obniżenie zawartości węglowodanów (szczególnie skrobi), a także tylko niewielkie (3 – 10%), podwyższenie kaloryczności uzyskanego pieczywa (zwłaszcza przy obecnych tendencjach do odchudzania się).



Rys. 2. Siemię lniane (1), pestki słonecznika (2) i pestki dyni (3) użyte jako dodatki do pieczywa pszennego w badaniach przeprowadzonych w Instytucie Technologii Żywności i Gastronomii PWSliP w Łomży [12].

Fig. 2. Linseed (1), sunflower seed (2) and pumpkin seed (3) used as additives for bread wheat studies in Institute of Food Technology and Gastronomy PWSliP in Lomza research project [12].



Rys. 3. Mąka z siemienia lnianego (1), pestek słonecznika (2) i pestek z dyni (3) użyte jako dodatki do pieczywa pszennego w badaniach przeprowadzonych w Instytucie Technologii Żywności i Gastronomii PWSliP w Łomży [12].

Fig. 3. Flour linseed (1), sunflower seeds (2) and pumpkin seeds (3) used as additives for bread wheat used at the Institute of Food Technology and Gastronomy PWSliP in Lomza research project [12].

Tabela 4. Zawartość białka ogółem i tłuszczu w zmielonych nasionach lnu, dyni zwyczajnej i słonecznika użytych w badaniach przeprowadzonych w Instytucie Technologii Żywności i Gastronomii w PWSliP w Łomży [12] (wyniki średnie z trzech powtórzeń)

Table 4. The content of total protein and fat content in milled seeds flax, squash and sunflower used during the research project at the Institute of Food Technology and Gastronomy PWSliP in Lomza [12] (results are average from three trials)

Zawartość: Badana mąka:	Białko ogółem [%]	Tłuszcz ogółem [%]
Mąka z siemienia lnianego	21,78	44,22
Mąka z pestek dyni zwyczajnej	26,99	42,08
Mąka z pestek słonecznika	20,40	44,54

W badaniach przeprowadzonych w Instytucie Technologii Żywności i Gastronomii PWSliP w Łomży [12], określono wpływ całych nasion siemienia lnianego, pestek dyni i pestek słonecznika, na podstawowe cechy fizyczne uzyskanego pieczywa pszennego. Do ciasta chlebowego, przygotowanego metodą bezpośrednią (jednofazową) [16], z handlowej mąki pszennej „Luksusowa” typ 550 dodawano 5 lub 10% w stosunku do mąki, całych nasion trzech wymienionych roślin oleistych lub uzyskaną z nich mąkę, przy czym po

Tabela 5. Zmiany straty wypiekowej oraz porowatości pieczywa pod wpływem dodatku całych lub mielonych nasion lnu, dyni i słonecznika [12]

Table 5. Changes in loss of porosity and baking bread under the influence addition of whole or ground flaxseeds, pumpkin and sunflower [12]

Badana cecha: Próby z dodatkiem:	Strata piecowa (upiek) [%]	Zmiany (+/-) w stos. do próby kontrol. [%]	Strata wypiekowa całkowita [%]	Zmiany (+/-) w stos. do próby kontrol. [%]	Współczynnik porowatości wg. Dallmanna	Ocena konsumencka pieczywa (ocena punkt.) [pkt.]
Kontrolna – bez dodatków	10,9	-----	16,0	-----	40	33,9
Próby z dodatkiem nieodtłuszczonych, całych lub mielonych, nasion lnu (siemienia lnianego).						
5% całego siemienia lnianego	10,4	- 4,6 ●	15,1	- 5,6 ●	70	33,8 ●
10% całego siemienia lnianego	11,3	+ 3,7 ●	15,4	- 3,8 ●	60	30,9 ●
5% mielonego siemienia lnianego	11,0	+ 0,9 ●	15,4	- 3,8 ●	50	34,3 ●
10% mielonego siemienia lnianego	11,1	+ 1,8 ●	15,8	- 1,3 ●	70	33,2 ●
Próby z dodatkiem tłuskanych, całych lub mielonych, nasion (pestek) dyni.						
5% całych pestek z dyni	10,9	0	15,8	- 1,3 ●	70	33,8 ●
10% całych pestek z dyni	11,5	+ 5,5 ●	15,7	- 1,9 ●	60	35,7 ●
5% mielonych pestek z dyni	11,3	+ 3,7 ●	15,7	- 1,9 ●	70	33,4 ●
10% mielonych pestek z dyni	11,0	+ 0,9 ●	15,1	- 5,6 ●	80	35,9 ●
Próby z dodatkiem tłuskanych, całych lub mielonych, nasion (pestek) słonecznika.						
5% całych pestek słonecznika	9,9	- 9,2 ●	14,8	- 7,5 ●	70	31,7 ●
10% całych pestek słonecznika	11,2	+ 2,8 ●	16,9	+ 5,6 ●	90	33,2 ●
5% mielonych pestek słoneczn.	10,3	- 5,5 ●	15,0	- 6,3 ●	40	33,5 ●
10% mielonych pestek słoneczn.	10,8	- 0,9 ●	15,5	- 3,1 ●	90	34,7 ●

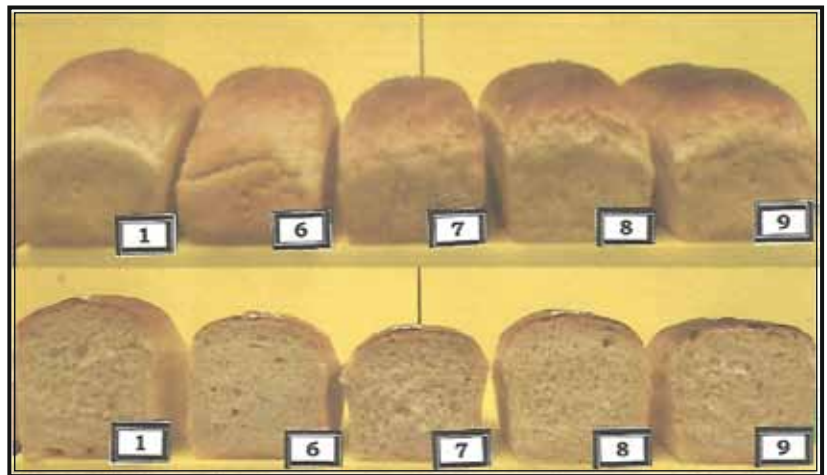
* Kolorem zielonym (●) zaznaczono zmiany korzystne, / * kolorem czerwonym (●) zaznaczono zmiany niekorzystne.

* Beneficial changes marked the color green (●) indicated, / * the red color (●) unbeneficial changes.

zmieleniu nasion z uzyskanych mąk nie wydzielano żadnych produktów odpadowych (ubocznych). Użyte w badaniach nasiona jak i uzyskane z nich mąki przedstawiono, odpowiednio, na rys. 2. i 3. W mąkach uzyskanych z siemienia lnianego oraz pestek dyni i pestek słonecznika, określono zawartość białka ogółem i tłuszczu, a stwierdzone ilości tych związków przedstawiono w tabeli 4.

W wyniku przeprowadzonych badań i oceny uzyskanego pieczywa stwierdzono, że:

- Stosowane dodatki w różnicowany, nie zawsze jednoznaczny i korzystny sposób wpływały na upiek (stratę piecową), stratę wypiekową całkowitą oraz porowatość miększu uzyskanych chlebów, a także ich ocenę organoleptyczną (patrz: tabela 5. oraz rys. 4. – 6. i 7. – 9.).
- Dodatek siemienia lnianego jak i pestek dyni do ciasta, zarówno całych jak i mielonych, był niekorzystny z punktu widzenia upieku, czyli straty masy ciasta/pieczycwa w procesie wypieku. Jedynie przy najniższym (5%) dodatku obu nasion, wyniki były takie same lub tylko nieco lepsze niż w próbie kontrolnej. Przy dodatku pestek słonecznika, niekorzystny był tylko 10%-owy dodatek całych pestek. Pozostałe dodatki miały wpływ korzystny, a upiek był mniejszy niż w próbie kontrolnej (patrz tabela 5.).
- Zdecydowanie korzystniejsze były wszystkie stosowane dodatki pod względem straty wypiekowej całkowitej pieczywa. Uzyskano wyniki lepsze niż w próbie kontrolnej od 1,3 do nawet 7,5%. Niekorzystny był tylko dodatek 10% całych nasion słonecznika. Dlaczego? Trudno jednoznacznie stwierdzić.
- Porównując uzyskane wyniki upieku i straty wypiekowej całkowitej, można, z dużym prawdopodobieństwem przyjąć, że stosowane dodatki wpływały na większy ubytek wody w czasie wypieku i wolniejsze oddawanie wody po wypieku, tym samym przyczyniały się do przedłużenia świeżości pieczywa i jego przydatności konsumpcyjnej. Podobne zależności stwierdzali także inni autorzy [7, 8, 20]. Można przyjąć, że przyczyniła się do tego zwiększona zawartość białek ogółem w cieście, ale przede wszystkim znacznie zwiększona zawartość tłuszczu wprowadzona wraz z nasionami lnu, dyni i słonecznika.
- Na podstawie oceny struktury miększów uzyskanych w badaniach chlebów (współczynnik porowatości Dallmanna – patrz: tabela 5., kolumna 6 oraz rys. 7. – 9.), wszystkie stosowane dodatki, bez względu na ich ilość jak i formę (całe nasiona czy mąka), powodowały zmniejszenie wielkości porów, które stawały się drobniejsze, bardziej grubościenne i jednocześnie bardziej zbite. Przynajmniej zmniejszenie wielkości porów miększów i pogorszenie ich struktury, było też jednym z powodów zmniejszenia się objętości wszystkich uzyskanych w badaniach chlebów.

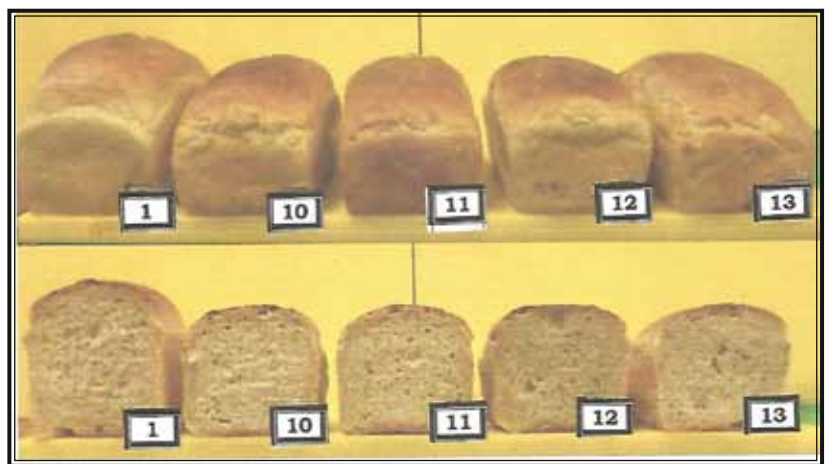


Rys. 4. Wygląd zewnętrzny i przekroje chlebów z dodatkiem siemienia lnianego.

- 1 – próba kontrolna (bez dodatków),
 6 – próba z dodatkiem 5% siemienia lnianego całego,
 7 – próba z dodatkiem 10% całego siemienia lnianego,
 8 – próba z dodatkiem 5% mąki uzyskanej z siemienia lnianego,
 9 – próba z dodatkiem 10% mąki uzyskanej z siemienia lnianego [12].

Fig. 4. External view and the cross section – bread with flaxseed added.

- 1 – a control (no additives),
 6 – attempt with 5% of whole flaxseed,
 7 – attempt with 10% of whole flaxseed,
 8 – attempt with 5% of flour with flaxseed,
 9 – attempt with 10% of flour with flaxseed [12].

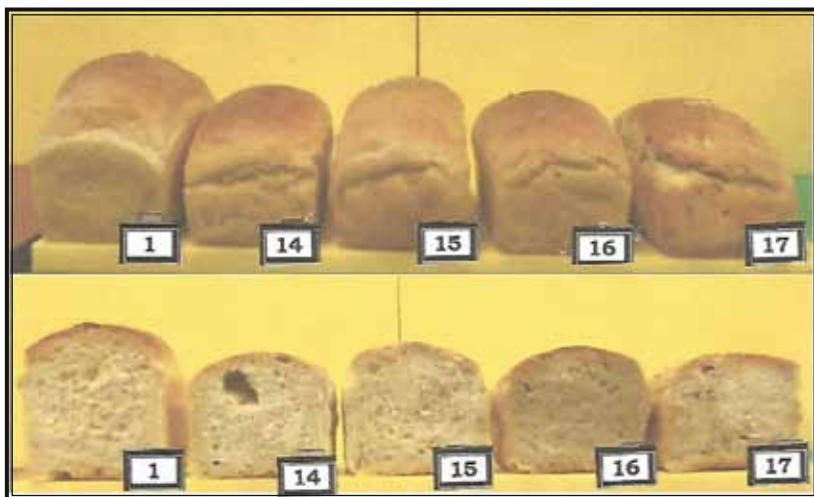


Rys. 5. Wygląd zewnętrzny i przekroje chlebów z dodatkiem nasion (pestek) dyni.

- 1 – próba kontrolna (bez dodatków),
 10 – próba z dodatkiem 5% całych pestek dyni,
 11 – próba z dodatkiem 10% całych pestek dyni,
 12 – próba z dodatkiem 5% mąki z pestek dyni,
 13 – próba z dodatkiem 10% mąki z pestek dyni [12].

Fig. 5. External view and the cross sections – bread with pumpkin seeds (pips) added.

- 1 – a control (no additives),
 10 – attempt with 5% of whole pumpkin seeds,
 11 – attempt with 10% of whole pumpkin seeds,
 12 – attempt with 5% of flour with pumpkin seeds,
 13 – attempt with 10% of flour with pumpkin seeds [12].



Rys. 6. Wygląd zewnętrzny i przekroje chlebów z dodatkiem nasion (pestek) słonecznika. 1 – próba kontrolna (bez dodatków), 14 – próba z dodatkiem 5% całych nasion słonecznika, 15 – próba z dodatkiem 10% całych nasion słonecznika, 16 – próba z dodatkiem 5% mąki z nasion słonecznika, 17 – próba z dodatkiem 10% mąki z nasion słonecznika [12].

Fig. 6. External view and cross section – bread with sunflower seeds added. 1 – a control (no additives), 14 – attempt with 5% whole sunflower seeds, 15 – attempt with 10% of whole sunflower seeds, 16 – attempt with 5% of flour with sunflower seeds, 17 – attempt with 10% of flour with sunflower seeds [12].

Wszystkie stosowane w omawianych badaniach [12] dodatki do ciast powodowały zmniejszenie objętości całkowitej, objętości 100g chleba i objętości chleba uzyskanego ze 100g mąki (patrz tabela 6.). Stosując 5. lub 10%-owe dodatki nasion lnu, dyni lub słonecznika do ciast, automatycznie zmniejszono w nim, o tyle samo procent, zawartość glutenu. Na jego miejsce wprowadzono różne cenne składniki zawarte w dodatkach, w tym białka, ale nie były to białka glutenowe, strukturotwórcze.

• Zmniejszenie objętości uzyskanego pieczywa było wyraźnie widoczne (patrz: rys. 4. – 6. i 7. – 9.) i potwierdzone badaniami przy użyciu objętościomierza laserowego firmy Perten AB (rys. 10.). Stwierdzone spadki objętości mieściły się w granicach od 2. do prawie 19%, w stosunku do próby kontrolnej, przyjętej za 100%. Mniejsze spadki powodowały dodatki mąki (od 2. do 14%), a zdecydowanie większe, dodatki całych nasion (od 11. do 19%). Biorąc pod uwagę zmiany objętości pieczywa, stosunkowo najkorzystniejsze były dodatki siemienia lnianego, zarówno całego (spadek objętości: 11 – 17%) jak i mielonego (spadek objętości: 2 – 3,5%). Wpływ dodatku pestek dyni i słonecznika (całych i mielonych) był bardzo podobny, ale mniej korzystny niż dodatek siemienia lnianego.

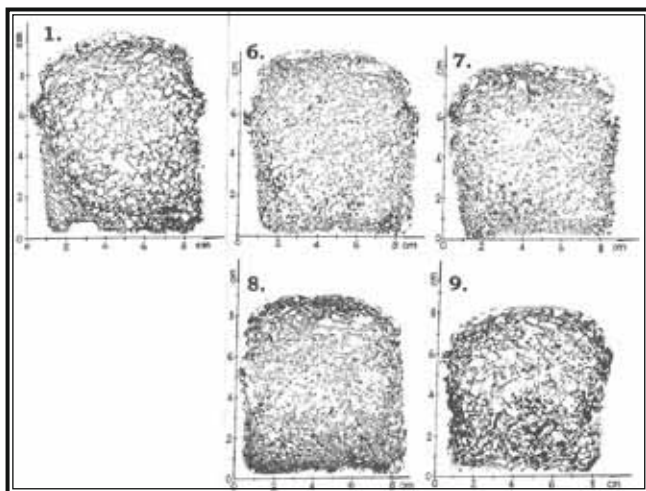
Tabela 6. Wpływ dodatku nieodtłuszczonego siemienia lnianego, łuskanych pestek dyni i łuskanych pestek słonecznika na objętość pieczywa pszennego [12] (wyniki średnie z czterech serii badań)

Table 6. The effect of addition of skimmed flaxseed, pumpkin seeds, shelled and unshelled sunflower seeds on the volume of wheat bread [12] (Results of the average of the four test series)

Stosowane dodatki, ich wielkość i forma	Objętość całkowita pieczywa [cm ³]	Zmiany (+/-) w stosunku do próby kontrolnej [%]	Objętość 100g pieczywa [cm ³]	Objętość pieczywa uzyskanego ze 100g mąki [cm ³]
Próba kontrolna – bez dodatków	982,4	---	292,3	408,2
Próby z dodatkiem nieodtłuszczonego, całego lub mielonego, siemienia lnianego.				
5% całego siemienia lnianego	873,1	- 11,1 ●	257,2	363,2
10% całego siemienia lnianego	815,8	- 17,0 ●	241,1	336,5
5% mielonego siemienia lnianego	960,7	- 2,2 ●	283,9	403,0
10% mielonego siemienia lnianego	949,0	- 3,4 ●	282,0	387,2
Próby z dodatkiem łuskanych, całych lub mielonych, nasion (pestek) dyni.				
5% całych pestek dyni	859,6	- 12,5 ●	253,6	356,5
10% całych pestek dyni	823,8	- 16,1 ●	244,2	340,8
5% zmielonych pestek dyni	858,3	- 12,6 ●	254,7	356,2
10% zmielonych pestek dyni	860,2	- 12,4 ●	253,4	353,4
Próby z dodatkiem łuskanych, całych lub mielonych, nasion (pestek) słonecznika.				
5% całych pestek słonecznika	831,4	- 15,4 ●	244,0	346,7
10% całych pestek słonecznika	798,9	- 18,7 ●	240,5	327,9
5% zmielonych pestek słonecz.	841,7	- 14,3 ●	247,6	347,6
10% zmielonych pestek słonecz.	858,3	- 12,6 ●	253,9	351,0

* Kolorem zielonym (●) zaznaczono zmiany korzystne, a kolorem czerwonym (●) zaznaczono zmiany niekorzystne.

* Beneficial changes marked the color green (●) indicated, the red color (●) unbeneficial changes.

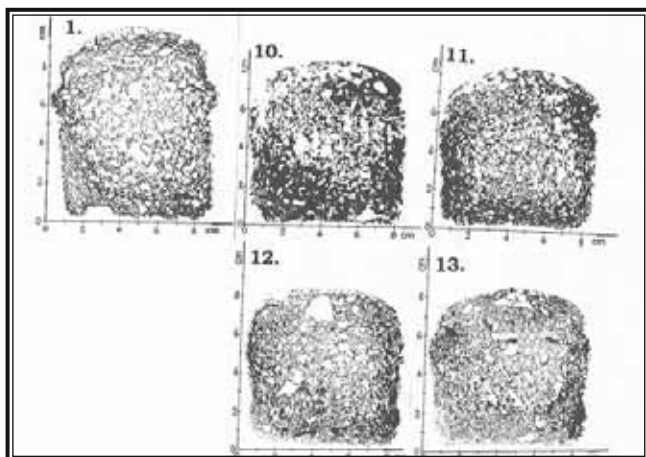


Rys. 7. Struktura (porowatość) miększu chlebów z dodatkiem siemienia lnianego.

1 – próba kontrolna (bez dodatków), 6 – próba z dodatkiem 5% siemienia lnianego całego, 7 – próba z dodatkiem 10% całego siemienia lnianego, 8 – próba z dodatkiem 5% mąki z siemienia lnianego, 9 – próba z dodatkiem 10% mąki z siemienia lnianego [12].

Fig. 7. The structure (porosity) of bread crumb with flaxseed.

1 – a control (no additives), 6 – attempt with 5% of all flaxseed, 7 – attempt with 10% of all flaxseed, 8 – attempt with 5% of flour with flaxseed, 9 – attempt with 10% of flour with flaxseed [12].

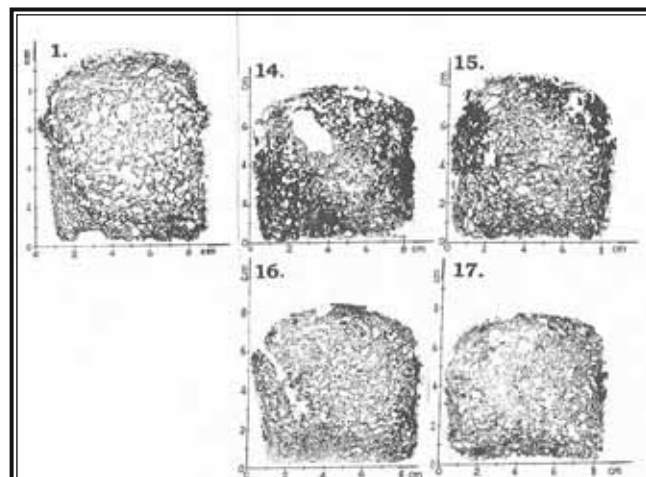


Rys. 8. Struktura (porowatość) miększu chlebów z dodatkiem nasion pestek dyni.

1 – próba kontrolna (bez dodatków), 10 – próba z dodatkiem 5% całych obłuszczonych nasion dyni, 11 – próba z dodatkiem 10% całych obłuszczonych nasion dyni, 12 – próba z dodatkiem 5% mąki z nasion dyni, 13 – próba z dodatkiem 10% mąki z nasion dyni [12].

Fig. 8. The structure (porosity) of bread crumb with the addition of pumpkin seeds.

1 – a control (no additives), 10 – attempt with 5% of all pumpkin seeds, 11 – attempt with 10% of all pumpkin seeds, 12 – attempt with 5% of flour with pumpkin seeds, 13 – attempt with 10% of flour with pumpkin seeds [12].



Rys. 9. Struktura (porowatość) miększu chlebów z dodatkiem nasion (pestek) słonecznika.

1 – próba kontrolna (bez dodatków), 14 – próba z dodatkiem 5% całych nasion słonecznika, 15 – próba z dodatkiem 10% całych nasion słonecznika, 16 – próba z dodatkiem 5% mielonych nasion słonecznika, 17 – próba z dodatkiem 10% mielonych nasion słonecznika [12].

Fig. 9. The structure (porosity) of bread crumb with added sunflower seeds.

1 – a control (no additives), 14 – attempt with 5% of all sunflower seeds, 15 – attempt with 10% of all sunflower seeds, 16 – attempt with 5% of flour with sunflower seeds, 17 – attempt with 10% of flour with sunflower seeds [12].



Rys. 10. Obiętościomierz laserowy TexVolBVM – L190LC Firmy Perten Instruments AB [12].

Fig. 10. The laser volumeter TexVolBVM – L190LC Firms Perten Instruments AB [12].

- Spadkom objętości chleba pod wpływem różnych dodatków (całych lub mielonych nasion lnu, dyni czy słonecznika) można zapobiec, dodając do ciasta także gluten witalny. Jest to rozwiązanie pociągające za sobą wyższe koszty produkcji, ale jest skuteczne, sugerowane także przez innych autorów [20].

Ostatnim aspektem omawianych badań, była ocena konsumencka otrzymanego pieczywa wg zaleceń Polskich Norm [22]. Przeprowadził ją 10-cio osobowy zespół pracowników i studentów Instytutu Technologii Żywności i Gastronomii PWSiP w Łomży. Wyniki tej oceny zebrano w tabeli 5. – kolumna 7. Wszystkie badane chleby, łącznie z próbą kontrolną, uzyskały podobne łączne oceny, od 31. do 36. punktów, co kwalifikowało je do II klasy jakości pieczywa [22]. Ogólnie wyżej oceniono chleby, do których dodano pestki dyni lub pestki słonecznika. Niżej oceniono chleby z dodatkiem siemienia lnianego. Oceniający chleby, największe zastrzeżenia zgłaszali do porowatości i struktury ich mięksiszów.

PODSUMOWANIE

Zarówno siemię lniane jak pestki dyni czy pestki słonecznika, są cennym źródłem wielu składników chemicznych, koniecznych do prawidłowego funkcjonowania organizmu człowieka.

Siemię lniane to przede wszystkim, bogate źródło tłuszczu, którego zawartość przekracza 40% ogólnego składu chemicznego nasion. Olej lniany jest powszechnie wykorzystywany przemysłowo, ale ostatnio zyskuje także coraz większe znaczenie żywieniowe, ponieważ wykazuje duże właściwości prozdrowotne. Znaczenie żywieniowe i prozdrowotne siemienia lnianego wynika także, z wysokiej zawartości kwasów: linolenowego (omega – 3) i linolowego (omega – 6) należących do NNKT i mających wysoce korzystny wpływ, m.in. na prawidłowe funkcjonowanie mózgu czy układu nerwowego, na utrzymanie odpowiedniego ciśnienia krwi i zapobieganie zakrzepom. Cennym składnikiem siemienia jest błonnik pokarmowy, w którym znaczny udział mają frakcje rozpuszczalne w wodzie, łatwo żelujące i pęczniące, dające w efekcie śluzu. Dzięki temu siemię lniane jest zalecane przy wielu schorzeniach przewodu pokarmowego. O jego wysokiej wartości odżywczej świadczy wysoka zawartość w nim białek ogółem, a także składników mineralnych oraz witamin.

Bardzo cennym i poszukiwanym surowcem są nasiona (pestki) dyni. Od dawna są one wykorzystywane w ziołarstwie i w medycynie ludowej. Ich wartość związana jest z wysoką zawartością tłuszczów i białek, witamin oraz składników mineralnych. Coraz większym zainteresowaniem cieszy się mąka z pestek dyni, wykorzystywana w różnorodny sposób, np. w koncentratkach spożywczych. Jest to produkt o charakterystycznym, zielonkawym zabarwieniu oraz słodkim orzechowym smaku i zapachu. Nie zawiera glutenu, przez co jest atrakcyjnym surowcem do produkcji wyrobów bezglutenowych. Pestki (nasiona) dyni przeznaczone są także do bezpośredniego spożycia, względnie do otrzymywania oleju.

Wysoką wartością charakteryzują się także nasiona (pestki) słonecznika. Dzięki swojemu składowi chemicznemu mają one bardzo wysoką wartość odżywczą, a tym samym

i prozdrowotną. Są jednym z najbogatszych źródeł witaminy E w przyrodzie. Podobnie jest także z witaminami z grupy B. Wysoka zawartość obu tych witamin wspomaga leczenie wielu zaburzeń układu nerwowego. Pestki słonecznika zawierają znaczne ilości fitosteroli, które pod względem budowy i właściwości, są podobne do cholesterolu w organizmie człowieka i zwierząt. Dostarczone do organizmu fitosterole obniżają poziom cholesterolu we krwi, a także zmniejszają ryzyko chorób serca i nowotworów. Pestki słonecznika to jeden z najważniejszych surowców olejarskich i na masową skalę są wykorzystywane do otrzymywania bardzo popularnego oleju słonecznikowego.

Nasiona lnu, dyni i słonecznika, od dawna były i są używane do wzbogacania różnych rodzajów i gatunków pieczywa jako surowce pomocnicze. Ich wykorzystanie do tego celu prowadzi do podwyższenia wartości odżywczej pieczywa, podwyższenia w nim zawartości wielu cennych składników niezbędnych z żywieniowego punktu widzenia, nadanie pieczywu wielu nowych cech, nie osiągniętych dotychczas, w tym także prozdrowotnych, wreszcie pozwala na wprowadzenie na rynek nowych asortymentów, bardziej atrakcyjnych od wyrobów tradycyjnych.

Trzeba jednak być świadomym tego, że nie wszystkie cechy pieczywa wzbogacanego przez dodatek nasion lnu, dyni czy słonecznika ulegają korzystnym zmianom. Wiele z nich, jak np. objętość pieczywa, czy struktura jego mięksiszu ulega pogorszeniu. Na szczęście tym niekorzystnym zmianom można przeciwdziałać i poprawiać je poprzez dodanie glutenu witalnego.

LITERATURA

- [1] **ACHREMOWICZ B., A. CEGLIŃSKA, M. DARMETKO, T. HABER, P. KARPIŃSKI, M. OBIEDZIŃSKI, M. TRUSZKOWSKA M. 2016.** „Ogólna charakterystyka komosy ryżowej oraz możliwości jej wykorzystania w przetwórstwie żywności”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 26/48(1): 68 – 77.
- [2] **ACHREMOWICZ B., A. CEGLIŃSKA, T. HABER, J. HOŁOWNIA, K. JUST, M. OBIEDZIŃSKI. 2015.** „Charakterystyka i i technologiczne wykorzystanie nasion szarłat”. Cz. II. „Technologiczne wykorzystanie nasion szarłat”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 25/46(1): 118 – 125.
- [3] **AMBROZIAK Z. 1998.** *Produkcja piekarsko-ciastkarska*. Warszawa: WSiP: 34 – 49.
- [4] **ARNAL – SCHNELEU B., P. GOETZ, M. PARIS (red.). 2003.** „Lecnicze dary natury”. W-wa: Reader’s Digest Przegląd Sp. z o.o.: 66, 126.
- [5] **BARTNIKOWSKA E. 2007.** „Dodatki do pieczywa o działaniu prozdrowotnym”. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy* 55(8): 4 – 9.
- [6] **CZERWIŃSKA D. 2010a.** „Wartość odżywcza pieczywa wzbogacanego produktami naturalnymi”. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 53(2): 12 – 13.
- [7] **CZERWIŃSKA D. 2010b.** „Walory żywieniowo – zdrowotne wzbogacanego pieczywa”. *Przegląd Zbożowo – Młynarski* 53(3): 2 – 3.

- [8] **CZERWIŃSKA D. 2010c.** „Charakterystyka i zastosowanie mąki z nasion roślin oleistych”. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 53(7): 16 – 17.
- [9] **CZERWIŃSKA D. 2014.** „Właściwości i wykorzystanie lnu w piekarstwie”. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 57(8): 8 – 9.
- [10] **CZERWIŃSKA D., E. GULIŃSKA. 2005.** *Podstawy żywienia człowieka*. W-wa: WSiP.
- [11] **CZIKOW P., J. ŁAPTIEW. 1982.** *Rośliny lecznicze i bogate w witaminy*. W-wa: PWRiL.
- [12] **DARMETKO M., T. HABER, J. JANKOWSKA, P. KARPIŃSKI, M. OBIEDZIŃSKI, R. TARASIEWICZ: 2015.** „Niepublikowane wyniki badań”. Instytut Technologii Żywności i Gastronomii, Państwowa Wyższa Szkoła Informatyki i Przedsiębiorczości w Łomży.
- [13] **GAMBUŚ H. 2005.** „Nasiona lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L) jako źródło składników odżywczych w chlebie bezglutenowym”. *Żywność. Nauka – Technologia – Jakość*. 4(45) Supl.: 61 – 74.
- [14] **GURSCHE S. 2002.** „Fantastic Flax”. *Alive Books*. Tennessee, USA.
- [15] **HABER T., H. HABEROWA, J. LEWCZUK, K. SIWOSZEK: 1993.** „Zioła jako dodatki do chleba o obniżonej zawartości soli”. *Przemysł Spożywczy* 47(1): 17 – 19.
- [16] **JAKUBCZYK T., T. HABER (red.). 1983.** *Analiza zbóż i przetworów zbożowych*. W-wa: Wyd. SGGW – AR. 268 – 278, 291 – 309.
- [17] **JASNOWSKA J., J. RADOMSKI. 1986.** *Botanika*. W-wa: PWN.
- [18] **JIRÁSEK V., F. STARY F. 1982.** *Rośliny lecznicze*. W-wa: PWRiL.
- [19] **KAWKA A. 2009.** „Przetwory zbożowe – aspekty wzbogacania wartości odżywczej”. *Przegląd Zbożowo – Młynarski* 52(10): 2 – 7.
- [20] **KOT M. 2007.** „Pieczywo prozdrowotne – wykorzystanie zbóż niechlebowych oraz nasion roślin oleistych”. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy* 55(9): 11 – 13.
- [21] **NIEMIROWICZ – SZCZYT K. 1993.** *Hodowla dyniowatych*. W: **PRACA ZBIOROWA: Hodowla roślin warzywnych**. W-wa: Wyd. SGGW: 215 – 231, 235.
- [22] **POLSKA NORMA: 1996. PN – A – 74108:1996.** *Pieczywo – Metody badań*.
- [23] **PODBIELKOWSKI Z. 1989.** *Słownik roślin użytkowych*. W-wa: PWRiL.
- [24] **RADOMSKI J., S. TOŁPA. 1980.** *Botanika*. W-wa: PWRiL.
- [25] **SOBCZYK A., B. ACHREM–ACHREMOWICZ. 2009.** „Chleb – produkt tradycyjny o nowej jakości”. *Przegląd Zbożowo – Młynarski* 52(9): 6 – 8.
- [26] <http://en.wikipedia.org/wiki/MyPyramid>
- [27] http://pl.wikipedia.org/wiki/Siemi%C4%99_iniane
- [28] <http://test.twojaharmonia.pl/shared/data/uploads/elfinder/PDF/Twoja%20Harmonia20nr%20mniejszy.pdf>
- [29] <http://trener.lechaa.pl/pracewalas/prezentacja.pdf>
- [30] <http://www.odzywianie.info.pl/przyda...ciekawostki-i-wartosci-odzywcze.html>
- [31] <http://www.odzywianie.info.pl/przyda...wartosci-odzywcze-i-ciekawostki.html>
- [32] http://www.poradnikzdrowie.pl/zywien...cze-wlasciwosci-lecznicze_43703.html
- [33] http://www.poradnikzdrowie.pl/zywienie/co-jesz/dynia-wartosci-odzywcze-iwlasciwosci-lecznicze-dyni_40037.html
- [34] http://www.poradnikzdrowie.pl/zywienie/co-jesz/pestki-slonecznika-wartosci-odzywcze-wlasciwosci-lecznicze_43703.html
- [35] <http://zdrowezywienie.edu.pl/glikemiczny.htm>
- [36] https://pl.wikipedia.org/wiki/S%C5%82onecznik_zwyczajny
- [37] https://pl.wikipedia.org/wiki/Len_zwyczajny
- [38] https://wikipedia.org/Dynia_olbrzymia

Mgr inż. Kinga CZAJKOWSKA

Dr hab. inż. Hanna KOWALSKA

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

METODY WYTWARZANIA PRZEKĄSEK OWOCOWYCH WZBOGACANYCH W SKŁADNIKI NATURALNE®

Methods of manufacturing fruit snacks enriched in natural ingredients®

Słowa kluczowe: przekąski owocowe, odwadnianie osmotyczne, metody suszenia.

Celem artykułu jest przedstawienie metod umożliwiających otrzymywanie suszy owocowych wzbogaconych w składniki naturalne. Odwadnianie osmotyczne jest dość często stosowane do wytwarzania produktów o wysokich walorach odżywczych i sensorycznych. Istotną zaletą tego procesu jest możliwość wzbogacania tkanki roślinnej w dodatkowe składniki, np. w wyniku dodawania soków owocowych do roztworu osmotycznego. Przedstawiono i porównano wybrane metody suszenia (konwekcyjne, hybrydowe, liofilizacyjne). W ostatnich latach technika suszenia hybrydowego będąca połączeniem kilku metod znajduje zainteresowanie ze względu na właściwości suszu podobne do suszy liofilizacyjnych.

Key words: fruit snack, osmotic dehydration, drying methods.

The aim of this study article was to present methods which permit to obtain dried fruit enriched in natural ingredients. Osmotic dehydration is a method which allows to obtain products characterised by valuable nutritional and sensory properties. An important advantage of the process is the possibility of enriching the plant tissue with additional ingredients, e.g. by adding fruit juices to the osmotic solution. The article presents and compares chosen methods of drying such as convective-, hybrid- and freeze-drying. Recently hybrid technique as a combination of several methods, is interesting because of the droughts are similar to lyophilisation properties.

WSTĘP

Racjonalnie skomponowana dieta skutecznie ogranicza ryzyko zapadalności na tzw. choroby niezakaźne, w tym schorzenia układu sercowo-naczyniowego, stanowiące obecnie główną przyczynę zgonów Europejczyków. W celu zapobiegania m.in. chorobom dietozależnym w Polsce uruchomiono Narodowy Program Zdrowia obejmujący lata 2016-2020, którego podstawowe zadania strategiczne skupiają się na czynnikach wpływających na wydłużenie życia, poprawę zdrowia i jakość życia [28]. W związku z aktualnymi trendami asortyment produktów wysokiej jakości, mający zastosowanie w profilaktyce, ulega stopniowemu rozszerzeniu i stanowi alternatywę dla produktów wysokokalorycznych.

Trendy w dążeniu do zdrowego stylu życia wpływają na rozwój światowego przemysłu spożywczego, w tym sektora owoców. Obecnie niewiele firm wytwarza przekąski w postaci suszy owocowych. Najczęściej susze owocowe są wykorzystywane jako składniki innych produktów. Tradycyjną metodą ich otrzymywania jest suszenie konwekcyjne, często poprzedzone zabiegami chemicznymi, jak np. sulfatacja. Proces suszenia konwekcyjnego zachodzi w podwyższonej temperaturze (60-70°C) przy silnym napowietrzaniu materiału. W konsekwencji następuje obniżenie wartości żywieniowej suszy [32]. Konsumenci coraz częściej zwracając uwagę

na jakość i wartość odżywczą żywności, wybierają produkty mniej przetworzone, bardziej naturalne, jak np. przekąski z suszonych owoców. Wśród obiecujących technik w wytwarzaniu żywności można wyróżnić te, które zapewniają otrzymanie wygodnych i wartościowych żywieniowo produktów typu premium. Poszukuje się sposobów przetwarzania owoców, które pozwolą uzyskać atrakcyjne produkty wzbogacone w wybrane bioskładniki. Ponadto produkty powinny być atrakcyjne pod względem barwy, smaku, zapachu i tekstury.

Zastosowanie odwadniania osmotycznego i wzbogacania w bioskładniki (obróbka wstępna) oraz odpowiednich metod suszenia może wpływać na zwiększenie wartości odżywczej, poprawę cech sensorycznych i funkcjonalnych produktów suszonych w porównaniu do metod tradycyjnych.

Ze względu na czołowe miejsce polskich producentów jabłek na świecie, owoce te wydają się być najlepszym surowcem do produkcji atrakcyjnych przekąsek w postaci suszu. Obecnie cena jabłek jest relatywnie niska, a problemy z eksportem skłaniają do poszukiwania sposobów na jak najszerzej wykorzystanie tego surowca w przemyśle i gospodarstwach domowych [30]. Jabłka, jak i inne owoce, mogą być również przetwarzane na soki, koncentraty lub ekstrakty z wytlóków i wykorzystywane jako składniki roztworów osmotycznych do wzbogacania suszy w naturalne bioskładniki [34].

Celem artykułu jest omówienie możliwości wytwarzania przekąsek z owoców wzbogacanych w naturalne składniki bioaktywne z wykorzystaniem wstępnej obróbki osmotycznej połączonej ze wzbogacaniem oraz wybranymi metodami suszenia.

ODWADNIANIE OSMOTYCZNE

Odwadnianie osmotyczne jest przeciwprądowym procesem przenoszenia masy w wyniku zanurzenia tkanki roślinnej w roztworze hipertonicznym. Jego zasadniczym celem jest podwyższenie trwałości żywności o budowie tkankowej przez częściowe usunięcie wody z surowca w postaci nie związanej lub zmiana składu chemicznego odwadnianego materiału. Proces ten pozwala usunąć wodę bez przemiany fazowej, co ogranicza niepożądane zmiany w surowcu. Różnica ciśnienia osmotycznego pomiędzy odwadnianym materiałem (sokiem komórkowym) a roztworem zapewnia niezbędną siłę napędową do usunięcia wody z tkanki roślinnej. W porównaniu do termicznych metod usuwania wody, odwadnianie osmotyczne owoców lub warzyw w umiarkowanych temperaturach pozwala uzyskać produkt zachowujący walory surowca. Rosnąca popularność odwadniania osmotycznego w przetwarzaniu żywności wynika z polepszenia cech jakościowych produktów, jak również skrócenia czasu i zwiększenia wydajności procesów końcowego utrwalania, m.in. suszenia i mrożenia [1, 15].

Analizując mechanizm odwadniania osmotycznego, intensywność wymiany masy podczas tego procesu zależy od przepuszczalności błon komórkowych i struktury komórkowej [2]. Przepływ wody z odwadnianego materiału powoduje kurczenie się tkanki utrudniając przepływ masy, który zachodzi od warstw powierzchniowych materiału w kierunku jego centrum. Krótki czas odwadniania (60-120 minut) powoduje, że komórki znajdujące się bliżej powierzchni różnią się zawartością substancji osmotycznej i wody od komórek znajdujących się w środku materiału. Po dłuższym czasie, trwającym niekiedy nawet kilkanaście godzin, wymiana masy może osiągnąć stan równowagi [16]. W celu osiągnięcia pożądanego efektu wymiany masy i ewentualnego skrócenia czasu trwania, można modyfikować warunki procesu. Do najważniejszych czynników w tym zakresie należy rodzaj surowca oraz zastosowanie odpowiedniego składu i stężenia roztworu osmotycznego a także temperatury.

Dzięki półprzepuszczalnym właściwościom błon komórkowych, które mogą być tracone w wysokiej temperaturze, odwadnianie osmotyczne tkanki roślinnej powoduje, że substancje rozpuszczone w wodzie będące składnikami soku komórkowego, tj. kwasy organiczne, związki mineralne, substancje zapachowe i barwniki przenikają z tkanki do roztworu hipertonicznego. W ten sposób mogą być tracone cenne bioskładniki. Transfer ten jest nieistotny ilościowo, ale ważny pod względem składu chemicznego produktu [24, 38]. Jednocześnie odpowiedni skład roztworu osmotycznego, zawierający przykładowo związki mineralne, witaminy, umożliwia zmianę składu chemicznego żywności przez wzbogacenie produktu nie tylko w substancję osmotyczną, ale także inne substancje celowo dodane do roztworu hipertonicznego. Stężenie a także rodzaj substancji osmotycznej ma kluczowy wpływ na odwadnianie osmotyczne oraz końcowe cechy produktu. Ze względu na efektywność, wygodę użycia oraz

pożądany smak i zapach sacharoza stała się najczęściej stosowaną substancją do osmotycznego odwadniania tkanki roślinnej, zarówno w badaniach naukowych jak i w przetwórstwie przemysłowym. Sacharoza przyczynia się do lepszego zachowania substancji zapachowych zawartych w surowcu, jest inhibitorem enzymów polifenolowej oksydacji, a także zapobiega fermentacji prowadzonej przez drożdże i pleśnie [19]. Wielu konsumentów poszukuje na rynku produktów o obniżonej zawartości cukru, dlatego ciekawym rozwiązaniem jest komponowanie roztworów osmotycznych zawierających soki owocowe, ich koncentraty a nawet ekstrakty pochodzące z wyłoków owocowych [9, 10, 17, 22]. Taki sposób pozwala wzbogacać żywność w dodatkowe składniki bioaktywne, kształtować lub stabilizować barwę i smak produktu. Umożliwia to jednocześnie zwiększenie atrakcyjności produktu pod względem jakości sensorycznej i odżywczej [3]. Inną zaletą takich działań jest możliwość zagospodarowania okresowej nadprodukcji owoców poprzez przetwarzanie ich na soki lub koncentraty soków, które mogą być wykorzystywane jako substancja osmotyczna [9, 10, 17, 22]. Skład zastosowanego roztworu musi być optymalny, również ze względu na możliwość prowadzenia dalszych operacji przetwarzania [15, 19]. W ten sposób możliwe jest kreowanie smaku, barwy, struktury, a także wartości odżywczych produktu, co czyni go bardziej przydatnym do dalszego przetwarzania [37].

Wykazano różnorodne uwarunkowania związane z odwadnianiem osmotycznym tkanki roślinnej w połączeniu z wzbogacaniem. Piasecka i wsp. [25] odwadniali osmotycznie mrożone owoce wiśni i czarnych porzeczek w roztworach sacharozy zawierających fruktooligosacharydy (wzorcowy prebiotyki). Analizując zawartość fruktooligosacharydów (FOS) w odwadnianych owocach najlepszy efekt uzyskano stosując roztwór FOS o stężeniu 60% bez udziału sacharozy (3,2-14,1 g FOS/100 g). Stwierdzono, że efektywność procesu odwadniania osmotycznego w dużym stopniu zależy od rodzaju surowca poddanego obróbce. W porównaniu do wiśni, mrożone porzeczki były odporne na odwadnianie osmotyczne i wymagały zastosowania temperatury $\geq 60^{\circ}\text{C}$ [25]. W powyższych badaniach wykazano również, że zbyt wysoka temperatura nie może być stosowana ze względu na hydrolizę fruktooligosacharydów. Innowacyjne badania pod kątem wzbogacania jabłek, m.in. w szczepie *Lactobacillus casei*, przeprowadzili Betoret i wsp. [4]. Dotychczas bakterie były wykorzystywane głównie w przetwórstwie mleczarskim, ale jak wykazały badania, mogą być one z powodzeniem zastosowane również w branży owocowej. Czajkowska i wsp. [10] prowadząc osmotyczne odwadnianie jabłek, do bazowego roztworu sacharozy zastosowali dodatek inuliny, będącej również prebiotykiem. W literaturze opisane są różne eksperymenty związane ze zwiększaniem zawartości witamin i związków mineralnych w odwadnianych surowcach roślinnych [33]. Kowalska i Gierada [18] odwadnianiu osmotycznemu poddali jabłka z równoczesnym nasycaniem ich witaminą C (kwasem askorbinowym). Wykazano, że wraz z wydłużaniem procesu i podwyższaniem temperatury z 20 do 40°C obserwowano większą zawartość kwasu askorbinoowego w owocach. Dodatek witaminy C do roztworu osmotycznego umożliwił modyfikację składu chemicznego jabłek. Podwyższenie temperatury wpływało na obniżenie lepkości roztworu oraz zwiększenie wymiany masy w odwadnianym

materiale roślinnym [15, 19]. Wyższa temperatura może intensyfikować zjawiska związane z osmozą i dyfuzją, ale też wpływać niekorzystnie na zmiany struktury, utratę selektywności i niszczenie błon komórkowych oraz obniżenie zawartości składników odżywczych, np. witaminy C [16]. Przenikanie masy można zintensyfikować poprzez częściową denaturację błon komórkowych stosując temperaturę w zakresie 55-75°C. Wzrost temperatury powyżej 75°C powoduje przechodzenie protopektyn w pektynę, a tym samym mięknięcie ścian komórkowych, w wyniku czego szybkość procesu i wymiana masy może zostać zakłócona [16].

SOKI I KONCENTRATY OWOCOWE JAKO SUBSTANCJE OSMOTYCZNE

Zainteresowanie konsumentów przetworami z owoców oraz korzystnym oddziaływaniem zawartych w nich związków biologicznie aktywnych wpływa na zwiększenie asortymentu tego rodzaju produktów [13]. Potencjał bioaktywny owoców oraz innych surowców roślinnych wykorzystuje się w produkcji żywności funkcjonalnej w wielu krajach Europy i na świecie. W Polsce dostępność i rozpoznawalność tego typu przetworów jest niewielka, pomimo, że w warunkach rodzimego klimatu występuje wiele gatunków roślin uprawnych i dzikorosnących, które mogłyby stanowić składnik żywności wartościowej pod względem odżywczym i zdrowotnym. Przykładowo, owoce borówki czarnej wydają się być idealnym surowcem do wzbogacania innych produktów. Świadczy o tym ich skład chemiczny, w tym zawartość barwników i składników nadających charakterystyczny aromat [26]. Wywary z owoców borówki czernicy stosowane są jako środek przeciwbiegunkowy, przeciwzapalny i przeciwwrzodowy. Owoce borówki czarnej wykorzystuje się w przemyśle spożywczym jako barwniki do soków, win, wyrobu konfitur, dżemów i barwienia deserów [26]. Wśród owoców jagodowych na szczególną uwagę zasługuje aronia czarnoowocowa, która charakteryzuje się wysoką zawartością antocyjanów i innych związków polifenolowych. Substancje te wykazują silne właściwości antyoksydacyjne. Wykazano, że antocyjany zawarte w owocach aronii czarnoowocowej korzystnie wpływają na układ krążenia ze względu na zdolność uszczelniania naczyń krwionośnych. Mięsz dojrzałych owoców aronii jest prawie czarny, a wyciśnięty rubinowy sok jest silnie barwiący [26].

Nowicka i wsp. [22] odwadniali osmotycznie wiśnie przy użyciu koncentratów soków z jabłek, czarnych porzeczek, aronii, wiśni, malin i pigwy. Następnie wiśnie były suszone metodą hybrydową (konwekcyjno-mikrofalowo-próżniową). Zastosowanie koncentratu soku z wiśni i aronii spowodowało wzrost zawartości polifenoli w suszonych wiśniach odpowiednio o 6,4 i 22,4%. Czajkowska i wsp. [9] odwadniali osmotycznie jabłka w koncentracie soku z aronii w zakresie temperatury 30-60°C. Odwadnianie owoców w temperaturze 45°C przez 240 minut pozwoliło na uzyskanie około 2,5-krotnie wyższej zawartości polifenoli w tkance jabłek odwadnianych w porównaniu do surowca. Wykazano również, że podwyższenie temperatury z 30 do 45°C i wydłużenie czasu odwadniania z 120 do 240 min wpłynęło istotnie na zwiększenie zawartości polifenoli. Natomiast przy podwyższeniu temperatury z 45 do 60°C zaobserwowano zmniejszenie zawartości analizowanych związków w badanych jabłkach.

SUSZENIE KONWEKCYJNE

Suszenie owoców jest dobrze znaną metodą konserwacji umożliwiającą obniżenie kosztów magazynowania i transportu. Suszone owoce są powszechnie stosowane jako składniki wielu produktów spożywczych, jak wyroby cukiernicze, lody, desery i jogurty [20]. W ostatnich latach wiele uwagi poświęca się doborowi metody suszenia i optymalizacji procesu w kierunku uzyskania suszy wysokiej jakości.

Suszenie konwekcyjne należy do najpopularniejszych i najczęściej wykorzystywanych metod suszenia żywności. Polega na dostarczaniu do materiału ciepła za pomocą czynnika grzejącego, którym jest na ogół powietrze [36]. Ciepło dostarczane jest do powierzchni materiału na drodze konwekcji. W początkowym okresie procesu powierzchnia suszonego materiału ma temperaturę wyższą niż partie wewnętrzne. Dzięki dostarczaniu ciepła wilgoć przechodzi w stan gazowy, początkowo na powierzchni materiału, następnie dyfundując z wnętrza ku powierzchni, skąd jest usuwana za pomocą czynnika grzejącego. Wzrost zawartości suchej substancji jest skutkiem odparowania wody. Zagęszczenie składników może wpływać na intensyfikację przebiegu reakcji enzymatycznych i chemicznych w materiale [36]. Wśród zalet tej metody wymienia się możliwość uzyskania stosunkowo taniego produktu, jednakże o obniżonej jakości [34]. Proces ten jest też czas- i energochłonny. Główną niekorzystną zmianą fizyczną występującą po procesie suszenia jest skurcz, który wpływa na zmianę tekstury, zależną od właściwości materiału, jego składu chemicznego i porowatości. Zastosowana wysoka temperatura oraz czas suszenia wpływają negatywnie na właściwości fizyko-chemiczne (utrata witamin, odkształcenie kształtu oraz utwardzenie materiału, zwłaszcza warstw powierzchniowych) i organoleptyczne, m.in. barwę (degradacja pigmentów), smak i zapach. Z tego powodu temperatura i czas suszenia są najbardziej istotne i najczęściej optymalizowane [39]. Suszenie konwekcyjne truskawek w temperaturze 60°C przez 220 minut do końcowej zawartości wody na poziomie 0,05 kg / kg suchego produktu wpłynęło na obniżenie całkowitej zawartości związków polifenolowych o około 28% [5]. Analizując wpływ temperatury suszenia konwekcyjnego aronii w temperaturze 50 i 70°C stwierdzono, że owoce suszone w wyższej temperaturze charakteryzowały się większą zawartością antocyjanów i zdolnością przeciwutleniającą niż owoce suszone w temperaturze 50°C. Zastosowanie niższej temperatury spowodowało ponad dwukrotne wydłużenie czasu suszenia, a tym samym przełożyło się na spadek właściwości antyoksydacyjnych suszu [32]. Suszone konwekcyjnie owoce w dużym stopniu pozbawione są m.in. aktywnych biologicznie polifenoli. Prawdopodobnie oprócz działania temperatury, przyczyną obniżenia ich zawartości jest działanie oksydazy polifenolowej, która uczestniczy w utlenianiu substancji zawierających związki polifenolowe. Optymalne działanie tego enzymu stwierdza się w temperaturze 40°C. W celu zmniejszenia negatywnego efektu suszenia konwekcyjnego rekomendowane jest prowadzenie procesu w warunkach okresowo zmiennych, tj. przy zmiennej szybkości przepływu powietrza o zmiennej temperaturze. Zastosowane zmienne warunki mogą poprawić jakość końcową produktu oraz zmniejszyć energochłonność procesu [35]. Wielu badaczy opowiada się za użyciem suszenia konwekcyjnego po

procesie odwadniania osmotycznego [3]. Prosapio i Norton [27] badając wpływ odwadniania osmotycznego na przebieg suszenia konwekcyjnego wykazali, że zastosowanie wstępnej obróbki osmotycznej pozwala na znaczne skrócenie czasu suszenia, zachowanie właściwości mechanicznych i rehydracyjnych truskawek. Zastosowanie odwadniania osmotycznego gruszek przed procesem suszenia konwekcyjnego (60°C) pozwoliło na redukcję czasu suszenia o 42% oraz wpłynęło na większą ich akceptowalność [8].

Jakość produktów suszonych ma kluczowe znaczenie, dlatego poszukuje się nowych technik suszenia. Pożądanym relatywnie niskim kosztem wytwarzania suszy jest jednym z czynników wpływających na stosowanie suszenia konwekcyjnego w połączeniu z innymi metodami. Jednocześnie należy dostosować parametry suszenia, które zapewnią odpowiednią szybkość procesu i wysoką jakość produktu [3].

LIOFILIZACJA

Liofilizacja polega na usunięciu wody z zamrożonego produktu na drodze sublimacji. Zamrażanie tkanki roślinnej powinno przebiegać szybko, warunkując wytworzenie małych kryształów lodu, które w mniejszym stopniu niż duże niszczą strukturę tkanki. Proces sublimacji zachodzi pod ciśnieniem poniżej 200 Pa [14]. Niska temperatura suszenia (najczęściej 20 - 30°C), obniżone ciśnienie i brak fazy ciekłej powoduje ograniczenie negatywnego wpływu powietrza i zahamowanie większości niepożądanych reakcji, zwłaszcza procesów utleniania. Te czynniki w dużym stopniu przekładają się na wysoką jakość suszu. Owoce suszone liofilizacyjne zachowują barwę, smak i wartości odżywcze [11]. Możliwe jest także suszenie tkanki roślinnej zawierającej składniki termolabilne. Suszenie sublimacyjne wyłoków aronii umożliwiło uzyskanie o 22% mniejszych strat witaminy C niż podczas suszenia konwekcyjnego [31]. Maliny suszone liofilizacyjne charakteryzowały się większą chrupkością, brakiem skurczu w porównaniu do owoców suszonych konwekcyjnie, ale także wyższą higroskopijnością [31]. Podczas liofilizacji woda w stanie stałym chroni strukturę i kształt produktu. W porównaniu z suszeniem konwekcyjnym, skurcz materiału suszonego sublimacyjnie jest nieznaczny a wskaźnik rehydracji 4-6 razy wyższy. Liofilizaty odznaczają się strukturą porowatą i dobrymi właściwościami sorpcyjnymi [31]. Suszenie liofilizacyjne aceroli i guawy spowodowało otrzymanie bardzo higroskopijnego produktu. Zmiana struktury krystalicznej rozpuszczalnych węglowodanów (cukrów) obecnych w tkance roślinnej do bezpostaciowej powoduje mięknienie tych suszy przy jednoczesnym zachowaniu pozostałych właściwości produktu. Na podstawie analizy składu suszy (witamina C, wapń i fosfor) wykazano, że liofilizacja suszonych owoców tropikalnych dostarcza produktów o wysokiej wartości odżywczej [11]. Zastosowanie odwadniania osmotycznego przed procesem suszenia wpłynęło na ograniczenie higroskopijności produktu [32]. Ciurzyńska i Lenart [7] wykazali, że barwa truskawek poddanych suszeniu sublimacyjnemu jest bardziej zbliżona do surowca niż barwa suszy otrzymanych innymi metodami. Liofilizacja umożliwia zachowanie związków zapachowych oraz barwy produktów również podczas przechowywania w odpowiednich warunkach. Wzrost temperatury wpływa na obniżenie ich stabilności. Zmieszenie żurawiny przed procesem

lioofilizacji zmniejszało o połowę czas suszenia a otrzymany produkt charakteryzował się wyższym udziałem barwy czerwonej oraz wyższą zdolnością przeciwutleniającą w porównaniu do owoców suszonych w całości. Dodatek zarówno kwasu L-askorbinowego, jak i kwasu cytrynowego do zmielonej żurawiny wpłynął na zmniejszenie lepkości i zwiększenie intensywności barwy (koloru czerwonego) suszonej żurawiny [29]. Pomimo niekwestionowanych zalet suszenia sublimacyjnego, jest ono stosunkowo rzadko wykorzystywane w przemyśle spożywczym. Czynnikiem decydującym jest koszt wytwarzania suszy tą metodą przez 1-2 doby, który jest 4-8 razy wyższy niż suszenia konwekcyjnego w wysokiej temperaturze [23, 31]. Przy rosnących kosztach energii, wysoka cena suszy liofilizowanych jest przyczyną ich małej konkurencyjności na rynku. Wymusza to konieczność poszukiwania takich metod suszenia, które pozwolą na wytwarzanie produktów podobnej jakości, o wysokiej wartości odżywczej, ale przy odpowiednio niskich kosztach produkcji.

SUSZENIE HYBRYDOWE

Interesującym rozwiązaniem w technologii wytwarzania przekąsek owocowych, wykazującym duży potencjał związany ze skróceniem czasu wytwarzania produktu, jest suszenie hybrydowe (kombinowane). Technologia ta polega na stosowaniu kilku metod suszenia. W literaturze przedstawiane są techniki kilkietapowe polegające na usunięciu wody z materiału do pewnej wilgotności przy użyciu jednej metody, np. konwekcyjnej, a następnie dosuszeniu przy użyciu innych technik, np. mikrofalowo-próżniowo. Działania tego typu umożliwiają kształtowanie właściwości fizykochemicznych suszy (suszonych przekąsek), ale także wpływają pozytywnie na rachunek ekonomiczny związany z ich wytwarzaniem. Zastosowanie kilku metod suszenia może prowadzić do wyeliminowania wad niektórych metod suszenia, a także umożliwić kreowanie żywności o określonych cechach. Przykładowo, w celu dosuszenia materiału, zastosowanie energii mikrofalowej zamiast suszenia konwekcyjnego znacząco skraca czas wytwarzania suszy i wpływa na wysoką jakość produktu [21].

Suszenie mikrofalowo-próżniowe jest metodą, która łączy w sobie zalety suszenia mikrofalowego i próżniowego. Fale elektromagnetyczne o częstotliwości 300 MHz – 30 GHz wykorzystywane w suszeniu mikrofalowym inicjują intensywny ruch dipoli wody i powstanie energii cieplnej w suszonym materiale, a w konsekwencji wysokie ciśnienie i szybki przepływ wilgoci. Dodatkowo zastosowanie obniżonego ciśnienia umożliwia prowadzenie procesu w niższej temperaturze, ale z podobną intensywnością jak w wysokiej temperaturze przy ciśnieniu atmosferycznym. Woda wrze w niższej temperaturze niż przy ciśnieniu atmosferycznym, a tym samym szybciej następuje jej przemiana fazowa w parę wodną. Jednocześnie następuje zwiększenie intensywności usuwania wody z całej objętości materiału biologicznego. Proces ogranicza również kontakt surowca z powietrzem i skraca czas suszenia mikrofalowo-próżniowego [12]. Zaletą tej techniki jest również możliwość zmiany parametrów w trakcie suszenia, co pozwala kontrolować proces a nawet zwiększyć jego wydajność [6].

Zastosowanie suszenia kombinowanego łączącego zalety suszenia konwekcyjnego, mikrofalowego i pod obniżonym

ciśnieniem gwarantuje otrzymanie stabilnego mikrobiologicznie suszu wysokiej jakości [22]. Badania wpływu różnych sposobów suszenia (konwekcyjnego, liofilizacyjnego, próżniowego, mikrofalowego i kombinowanego) na zawartość związków polifenolowych przeprowadzone przez Samotichę i wsp. [32] wykazały, że proces liofilizacji był najlepszym rozwiązaniem zapobiegającym degradacji związków biologicznie czynnych w aronii. Badacze zaobserwowali, że dobrą metodą suszenia zapobiegającą degradacji związków polifenolowych jest również suszenie konwekcyjno-mikrofalowo-próżniowe, które ekonomicznie jest metodą bardziej opłacalną w porównaniu z liofilizacją. Skuteczność tej metody suszenia potwierdzają również inni badacze. Przykładowo połączenie wstępnego odwadniania osmotycznego wiśni w soku pigwowca i pigwy z suszeniem kombinowanym (konwekcyjno-mikrofalowo-próżniowym) przyczyniło się do wzbogacenia produktu finalnego we flawanole, tj. (-)epikatechinę, procyjanidy B1 i B2 oraz procyjanidy C1 [22]. Otrzymane susze charakteryzowały się wysoką jakością, zbliżoną do produktów otrzymanych na drodze liofilizacji. Zachowały one naturalną barwę oraz porowatą strukturę [32].

PODSUMOWANIE

Do wytwarzania przekąsek w postaci suszy owocowych wysokiej jakości i wartości odżywczej korzystne jest stosowanie wstępnego odwadniania osmotycznego w roztworach zawierających bioskładniki poprzez dodatek soków, koncentratów lub ekstraktów owocowych. Kształtowanie końcowych cech produktu pod względem składu chemicznego i właściwości sensorycznych zależy od metod suszenia i zabiegów wstępnych. Ośrodki naukowe i producenci żywności wciąż poszukują coraz doskonalszych metod utrwalania żywności. Głównym celem tych zabiegów jest usatysfakcjonowanie zarówno samych producentów, gwarantując wytworzenie produktu w sposób ekonomiczny, jak i konsumentów oferując im żywność bezpieczną o pożądanym cechach sensorycznych i wartości odżywczej. Suszenie hybrydowe będące połączeniem różnych technik suszenia, w tym wstępne odwadnianie osmotyczne i wzbogacanie, wykazuje duży potencjał związany z redukcją czasu suszenia, eliminowaniem wad niektórych metod suszenia, a także kreowaniem żywności o określonych właściwościach.

LITERATURA

- [1] AHMED I., I. M. QAZI, S. JAMAL. 2016. „Developments in osmotic dehydration technique for the preservation of fruits and vegetables”. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 34: 29-43.
- [2] AMAMI E., A. FERSI, L. KHEZAMI, E. VOROBIEV, N. KECHAOU. 2007. „Centrifugal osmotic dehydration and rehydration of carrot tissue pre-treated by pulsed electric field”. *LWT Food Science and Technology* 40: 1156-1166.
- [3] BCHIR B., S. BESBES, R. KAROUI, H. ATTIA, M. PAQUOT, C. BLECKER. 2012. „Effect of air-drying conditions on physico-chemical properties of osmotically pre-treated pomegranate seeds”. *Food and Bioprocess Technology* 5: 1840-1852.
- [4] BETORET N., L. PUENTE, M. J. DIAZ, M. J. PAGAÁN, M. J. GARCIA, M. L. GRAS, J. MARTÍNEZ-MONZÓ, P. FITO. 2003. „Development of probiotic-enriched dried fruits by vacuum impregnation”. *Journal of Food Engineering* 56(2): 273-277.
- [5] BÖHM V., S. KÜHNERT, H. ROHM, G. SCHOLZE. 2006. „Improving the nutritional quality of microwave-vacuum dried strawberries: a preliminary study”. *Food Science and Technology International* 12(1): 67-75.
- [6] BÓRQUEZ R. M., E. R. CANALES, J. P. REDON. 2010. „Osmotic dehydration of raspberries with vacuum pretreatment followed by microwave-vacuum drying”. *Journal of Food Engineering* 99: 121-127.
- [7] CIURZYŃSKA A., A. LENART. 2007. „Wpływ rodzaju substancji osmotycznej na adsorpcję pary wodnej przez liofilizowane truskawki”. *Inżynieria Rolnicza* 5(93): 53-62.
- [8] COSTA RIBEIRO A. S., E. AGUIAR-OLIVEIRA, R. RESENDE MALDONADO. 2016. „Optimization of osmotic dehydration of pear followed by conventional drying and their sensory quality”. *LWT – Food Science and Technology* 72: 407-415.
- [9] CZAJKOWSKA K., H. KOWALSKA, J. CICHOWSKA, M. WOJNOWSKI. 2016. „Odwadnianie osmotyczne jabłek w koncentracji soku z aronii”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 2: 5-11.
- [10] CZAJKOWSKA K., H. KOWALSKA, M. WOJNOWSKI. 2014. „Zastosowanie inuliny do odwadniania osmotycznego jabłek”. *Nauki Inżynierskie i Technologie* 3(14): 9-21.
- [11] FERNANDES F. A. N., S. RODRIGUES, C.L. LAW, A. S. MUJUMDAR. 2011. „Drying of Exotic Tropical Fruits: A Comprehensive Review”. *Food and Bioprocess Technology* 4: 163-185.
- [12] FIGIEL A., M. SZARYCZ, B. ŚWIERK. 2006. „Suszenie jabłek metodą mikrofalową w warunkach obniżonego ciśnienia”. *Inżynieria Rolnicza* 10: 293-298.
- [13] GWÓDŹ E., P. GĘBCZYŃSKI. 2015. „Prozdrowotne właściwości owoców, warzyw i ich przetworów”. *Post Fitoter* 16(4): 268-271.
- [14] KONDRATOWICZ J., E. BURCZYK. 2010. „Technologiczne aspekty procesu liofilizacji”. *Chłodnictwo: organ Naczelnej Organizacji Technicznej* 45(4): 54-59.
- [15] KOWALSKA H. 2006. „Owoce i warzywa jako żywność minimalnie przetworzona”. *Przemysł Spożywczy* 6: 24-27.
- [16] KOWALSKA H. 2013. *Wybrane aspekty odwadniania osmotycznego jabłek w roztworze sacharozy z dodatkiem kwasu askorbinowego i soli wapnia*. Warszawa: Wydawnictwo SGGW.
- [17] KOWALSKA H., A. MARZEC, J. KOWALSKA, A. CIURZYŃSKA, K. CZAJKOWSKA, J. CICHOWSKA, K. RYBAK, A. LENART. 2017. „Osmotic dehydration of Honeoye strawberries in solution enriched with natural nutrients”. *LWT – Food Science and Technology*: DOI 10.1016/j.lwt.2017.03.044.

- [18] **KOWALSKA H., K. GIERADA. 2005.** „Nasywanie jabłek w celu otrzymania żywności wzbogaconej witaminą C”. *Inżynieria Rolnicza* 11(71): 267-274.
- [19] **LENART A. 1990.** „Osmotyczne odwadnianie jako obróbka wstępna przed suszeniem konwekcyjnym owoców i warzyw”. *Przemysł Spożywczy* 44(12): 307-309.
- [20] **MANDALA I. G., E. F. ANAGNOSTARAS, C. K. OIKONOMOU. 2005.** „Influence of osmotic dehydration conditions on apple air-drying kinetics and their quality characteristics”. *Journal of Food Engineering* 69: 307-316.
- [21] **MEN'SHUTINA N. V., M. G. GORDIENKO, A. A. VOINOVSKII, T. KUDRA. 2005.** „Dynamic criteria for evaluating the energy consumption efficiency of drying equipment”. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering* 39(2): 158-162.
- [22] **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.
- [23] **PASŁAWSKA M., B. STĘPIEŃ, K. JAŁOSZYŃSKI. 2010.** „Zmiany parametrów barwy owoców jagodowych wywołane suszeniem, przechowywaniem i rehydracją”. *Inżynieria Rolnicza* 2(120): 95-102.
- [24] **PHISUT N. 2012.** „Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits”. *International Food Research Journal* 19(1): 7-18.
- [25] **PIASECKA E., M. UCZCIWEK, R. KLEWICKI. 2009.** „Odwadnianie osmotyczne owoców w roztworach zawierających fruktooligosacharydy”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2(63): 138-153.
- [26] **PIĄTKOWSKA E., A. KOPEĆ, T. LESZCZYŃSKA. 2011.** „Antocyjany – charakterystyka, występowanie i oddziaływanie na organizm człowieka”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 4 (77): 24-35.
- [27] **PROSAPIO V. I. NORTON. 2017.** „Influence of osmotic dehydration pre-treatment on oven drying and freeze drying performance”. *LWT – Food Science and Technology* 80: 401-408.
- [28] **ROZPORZĄDZENIE RADY MINISTRÓW z dnia 4 sierpnia 2016 r. w sprawie Narodowego Programu Zdrowia na lata 2016–2020.** *Dz.U.* 2016 poz. 1492.
- [29] **RUDY S., D. DZIKI, A. KRZYKOWSKI, U. GAWLIK-DZIKI, R. POLAK, R. RÓŻYŁO, R. KULIG. 2015.** „Influence of pre-treatments and freeze-drying temperature on the process kinetics and selected physico-chemical properties of cranberries (*Vaccinium macrocarpon* Ait.)”. *LWT – Food Science and Technology* 63: 497-503.
- [30] **RUSZKOWSKA M., B. TKACZ. 2015.** „Ocena suszu owocowego na przykładzie chipsów jabłkowych - charakterystyka właściwości higroskopijnych”. *Inż. Ap. Chem.* 54(5): 279-280.
- [31] **RZĄCA M., D. WITROWA-RAJCHERT. 2007.** „Suszenie żywności w niskiej temperaturze”. *Przemysł Spożywczy* 4: 30-35.
- [32] **SAMOTICHA J., A. WOJDYŁO, K. LECH. 2016.** „The influence of different the drying methods on chemical composition and antioxidant activity in chokeberries”. *LWT – Food Science and Technology* 66: 484-489.
- [33] **SETTE P., D. SALVATORI, C. SCHEBOR. 2016.** „Physical and mechanical properties of raspberries subjected to osmotic dehydration and further dehydration by air- and freeze-drying”. *Food and Bioprocess Processing* 100: 156-171.
- [34] **STĘPIEŃ B. 2006.** „Zmiany wytrzymałości na ściskanie pietruszki suszonej różnymi metodami”. *Inżynieria Rolnicza* 10(4): 191-198.
- [35] **SZADZIŃSKA J. 2014.** „Efektywność suszenia konwekcyjnego w warunkach okresowo zmiennych”. Praca doktorska. Dostęp w dniu 07.04.2017. <http://repozytorium.put.poznan.pl/dlibra/docmetadata?id=374134&from=latest>
- [36] **SZARYCZ M., K. JAŁOSZYŃSKI, A. PEŁKA, M. OSTROWSKA, B. ŚWIERK. 2006.** „Wpływ parametrów mikrofalowo-próżniowego suszenia truskawek na przebieg procesu i skurcz suszarniczy”. *Inżynieria Rolnicza* 4 (79): 229-237.
- [37] **TORREGGIANI D., G. BERTOLO. 2001.** „Osmotic pre-treatments in fruit processing: Chemical, physical and structural effects”. *Journal of Food Engineering* 49(2-3): 247-253.
- [38] **TORTOE C. 2010.** „A review of osmodehydration for food industry”. *African Journal of Food Science* 4(6): 303-324.
- [39] **ZIELIŃSKA M., P. SADOWSKI, W. BŁASZCZAK. 2016.** „Combined hot air convective drying and microwave vacuum drying of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.): Drying kinetics and quality characteristics”. *Drying Technology* 34(6): 665-684.

Dr inż. Jarosław MAJEWSKI
Zakład Inżynierii Procesowej i Maszynoznawstwa
Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

TŁUSZCZ EMU, STRUSI I NANDU – MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA I PROFIL KWASÓW TŁUSZCZOWYCH®

Emu, ostrich and nandu fat – the potential use and profile of fatty acids®

Słowa kluczowe: emu, struś, nandu, kwasy tłuszczowe, olej.

Celem niniejszego artykułu przeglądowego jest przedstawienie możliwości wykorzystania tłuszczu bezgrzebieniowców w różnych gałęziach przemysłu oraz porównanie, na podstawie zebranej literatury profilu kwasów tłuszczowych zawartych w tym surowcu. Ze względu na udokumentowane działanie przeciwzapalne najbardziej rekomendowany do wykorzystania w medycynie niekonwencjonalnej i tradycyjnej jest olej ekstrahowany z tłuszczu emu. Niedostatek danych literaturowych na temat profilu kwasów tłuszczowych i wykorzystania oleju pochodzącego z tłuszczu nandu skłania do dalszych badań w tym kierunku.

Key words: emu, ostrich, rhea, fatty acids, oil.

The purpose of this review paper was to present the possibility of using Ratite fat in different industries and to compare the fatty acid profile of this raw material. Due to the documented anti-inflammatory effect most recommended for use in unconventional and traditional medicine is the oil extracted from emu fat. The lack of bibliographic information on the fatty acid profile and the use of fat derived from nandu fuels further research in this direction.

WSTĘP

W wielu krajach świata obserwuje się wzrost zainteresowania chowem bezgrzebieniowców, z których największe znaczenie gospodarcze mają strusie (*Struthio camelus*) i emu (*Dromaius novaehollandiae*). Surowce pozyskiwane od tych ptaków – głównie mięso, tłuszcz i ekstrahowany z niego olej cieszą się od pewnego czasu coraz większym zainteresowaniem technologów, naukowców i konsumentów [13, 14, 15, 18, 24, 28, 32, 38, 44]. Ptaki te ubijają się najczęściej w wieku około 12 miesięcy, gdy masa ciała w przypadku emu wynosi około 40 kilogramów zaś strusi około 95 kg. Wydajność rzeźna emu wynosi 66,9 % [41] i jest znacznie wyższa, niż u strusi – 58,6 % [29] i nandu – 61,4 % [39]. Dla współczesnego konsumenta ważna jest jednak wartość odżywcza mięsa. Mięso bezgrzebieniowców odznacza się wysoką zawartością białka, przy niskiej zawartości tłuszczu i cholesterolu. Ma również korzystny profil kwasów tłuszczowych i jest bogate w składniki mineralne, witaminy i kreatynę [19, 30, 33]. Średnia zawartość białka w świeżym mięsie emu wynosi 22 – 23 %, zaś tłuszczu 0,8 – 1,7 % [30, 36]. W zbliżonym zakresie mieści się zawartość tych składników w strusinie [25, 34]. Na podkreślenie zasługuje niewielka kaloryczność (113 – 127 kcal/100 g) oraz niska zawartość cholesterolu (39 – 48 mg/100 g) w mięsie emu [11]. Średnia zawartość tego steroidu w strusim tłuszczu śródmięśniowym wynosi ok. 55 – 68 mg/100 g [17, 22] zaś kaloryczność mięsa

92 kcal/100g [16]. Wysokie walory smakowe mięsa emu potwierdzono w badaniach porównawczych i stwierdzono, iż pod względem kruchości, smakowitości i zapachu nie ustępuje ono najcenniejszym elementom tuszy wołowej, do których podobne jest także pod względem zabarwienia.

W ostatnich latach obserwuje się również intensywne poszukiwania naturalnych surowców do produkcji biofarmaceutyków i kosmetyków, dlatego wiele badań poświęcono właściwościom prozdrowotnym oleju ekstrahowanego z tłuszczu bezgrzebieniowców [1, 3, 6, 9, 21, 23, 35, 42, 43, 45, 46].

Konsumentom cenią surowce pozyskiwane od bezgrzebieniowców nie tylko ze względu na walory odżywcze i dietetyczne, ale także ze względu na sposób utrzymania tych ptaków. Strusie i emu pochodzą z gospodarstw gdzie stosuje się metody zbliżone do ekologicznego chowu zwierząt, bowiem ptaki te utrzymywane są sposobem otwartym z możliwością korzystania z wybiegów bez względu na warunki atmosferyczne i porę roku. System ten zapewnia ptakom lepszy dobrostan (małe zagęszczenie, naturalne oświetlenie, możliwość swobodnego ruchu). Zainteresowanie konsumentów surowcami pochodzącym od ptaków korzystających z wybiegów lub z produkcji ekologicznej stale rośnie i tendencja ta jest szczególnie widoczna w krajach rozwiniętych Europy oraz w Stanach Zjednoczonych.

Adres do korespondencji – Corresponding author: Jarosław Majewski, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa, Zakład Inżynierii Procesowej i Maszynoznawstwa, ul. Papieża Pawła VI/3, 71-459 Szczecin, e – mail: jaroslaw.majewski@zut.edu.pl

TŁUSZCZ BEZGRZEBIENIOWCÓW – WYKORZYSTANIE W PRZEMYSŁE FARMACEUTYCZNYM, KOSMETYCZNYM I SPOŻYWCZYM

Na rynku szczególnie ceniony jest tłuszcz emu oraz strusi. Olej jest ekstrahowany z tłuszczu, który u bezgrzebieniowców gromadzi się pod skórą na grzbiecie i w okolicy mostka oraz wokół narządów wewnętrznych. Do ekstrakcji oleju wykorzystywany jest tłuszcz brzuszny. W zależności od wieku, płci i kondycji od jednego emu można uzyskać od 4 do 15 kilogramów tłuszczu. Natomiast od strusi pozyskuje się po uboju około 5 – 7 kg tłuszczu [29], zaś od południowoamerykańskiego nandu około 2 kg [13]. Adameczak i wsp., [2] donoszą, iż od strusi rzeźnych pogłowia krajowego można pozyskać średnio około 11 kg tłuszczu. Natomiast wybrakowane strusie hodowlane o masie ciała 130 – 160 kg mogą po uboju dostarczać nawet 25 kg tkanki tłuszczowej [20].

Olej strusi był wykorzystywany od wieków przez kultury egipskie, rzymskie i afrykańskie w leczeniu drobnych uszkodzeń skóry skaleczeń, zadrapań, oparzeń słonecznych, kontaktowego zapalenia skóry, egzemy, łuszczycy, bólów mięśni czy odleżyn [32]. Aborygeni wykorzystywali tłuszcz emu jako środek zmiękczający i nawilżający skórę oraz łagodzący dolegliwości reumatyczne, bóle stawów, mięśni i przypadłości dermatologiczne. Pierwsze wzmianki o skuteczności oleju emu pochodzą z roku 1800 [42].

Od wielu lat te zalety oleju wykorzystują także lekarze weterynarii. Mc Millan [27] donosi, że zaaplikowanie oleju na rany u koni minimalizuje narastanie wybijanej ziarniny, a u bydła, w połączeniu z innymi środkami przeciwwgrzybicznymi jest pomocny w leczeniu liszaja obrączkowego. W Australii, Kanadzie, USA i Chinach opatentowano farmaceutyki sporządzane na bazie oleju pochodzącego od bezgrzebieniowców.

W ostatnich latach liczne prace farmakologiczne (prowadzone głównie na modelach zwierzęcych) udokumentowały przydatność oleju z emu w leczeniu wielu schorzeń. Działanie przeciwzapalne zaobserwowano u szczurów z powierzchniowym oparzeniem II stopnia, reumatoidalnym zapaleniem stawów, wrzodziejącym zapaleniem jelita grubego, chorobą Cohna, toczniem rumieniowatym [1, 7, 21, 23].

Olej pochodzący z tłuszczu strusi, emu i nandu jest powszechnie wykorzystywany w kosmetyce, jako składnik mydeł, kremów szamponów, balsamów, jako składnik aktywny lub też olej bazowy. Za najskuteczniejszy uchodzi jednak dziewiczy olej z emu. Olej pełniąc funkcję bazy kosmetyku zapobiega transepidermalnej utracie wody, zmiękcza warstwę rogową naskórka, a w stanach zapalnych zmniejsza napięcie skóry i osłabia odczucie bólu [46]. Prawie w 100 % olej jest złożony z trójglicerydów, jest neutralnym lipidem i może być łączony z innymi składnikami (w maściach lub kremach) nie wywołując reakcji negatywnych.

Brakuje badań naukowych wyjaśniających terapeutyczny mechanizm działania oleju z emu. Przypuszcza się, że właściwości przeciwzapalne oleju są związane ze współdziałaniem kilku wielonienasyconych kwasów tłuszczowych.

W ostatnich latach prowadzone są badania nad wykorzystaniem oleju strusiego również w przemyśle spożywczym.

Fracja stearynowa pozyskana ze strusiego oleju może być wykorzystywana do produkcji tłuszczów piekarskich. Basuny i wsp., [4] wykazali, iż ciasto przygotowane z wykorzystaniem strusiej stearyny miało lepsze właściwości sensoryczne. Natomiast frakcja oleinowa w mieszaninie z olejem słonecznikowym poprawiała ich stabilność oksydacyjną.

Przemysł spożywczy wykorzystuje ponadto tłuszcz strusi w procesie produkcji przetworów mięsnych dla oraz jako dodatek do karm mokrych i suchych dla zwierząt domowych, głównie dla psów i kotów.

CENNE KWASY

Tłuszcze zwierzęce są źródłem nasyconych kwasów tłuszczowych i cholesterolu. Należy jednak dodać, iż w odróżnieniu od olejów roślinnych tłuszcze zwierzęce wpływają korzystnie na homeostazę pro i antyoksydacyjną. Są bowiem źródłem wielu bioaktywnych komponentów o dużej aktywności antyoksydacyjnej [8]. Ważnym czynnikiem, określającym jakość surowców zwierzęcych, jest profil kwasów tłuszczowych, który zależy od wielu czynników, m. in. wieku, genotypu ptaków, płci, składu kwasów tłuszczowych dawki pokarmowej i lokalizacji anatomicznej tkanki tłuszczowej. Z danych przedstawionych w tabeli 1 i 2 wynika, iż nasycone kwasy tłuszczowe (SFA) w tłuszczu brzuszonym pozyskanym od omawianych gatunków ptaków mogą stanowić od 30 do 49 % ogólnej sumy kwasów.

W wielu badaniach udowodniono, iż profil kwasów tłuszczowych występujących w tłuszczu strusi był uzależniony od umiejscowienia tkanki tłuszczowej w organizmie ptaka. Majewska i wsp., [26] wykazali, iż tłuszcz strusi z okolicy grzbietu i mostka zawierał istotnie więcej kwasów nasyconych niż brzuszny, odpowiednio 48,2 – 49,1 i 41,2 %. Podobne tendencje wystąpiły w badaniach Frontczak i wsp., [12], którzy analizowali strusi tłuszcz brzuszny (SFA – 31,2 %) i grzbietowy (40,3 %). Z kolei Hoffman i wsp., [16] wykazali, iż tłuszcz strusi afrykańskich czarnych zawierał mniej SFA niż niebieskoszytych. W badaniach Horbańczuka i wsp., [18] oraz Majewskiej i wsp., [26] prowadzonych na strusiach rzeźnych stwierdzono, iż tkanka tłuszczowa z okolicy grzbietu i mostka miała zbliżony profil kwasów tłuszczowych. Natomiast Grompone i wsp., [14] nie stwierdzili istotnych różnic w składzie oleju wyekstrahowanego z tłuszczu podskórnego i brzuszno-nandu. Z kolei Backerbauer i wsp., [5] odnotowali istotne zwiększenie zawartości nienasyconych kwasów tłuszczowych głównie linolowego i linolenowego w tłuszczu emu po wprowadzeniu do diety tych ptaków 8 % oleju sojowego. W badaniach Poławskiej i wsp., [34] wykazano, iż suplementacja diety strusi siemieniem lnianym wpływa bardzo korzystnie na profil kwasów tłuszczowych w tłuszczu podskórnym zwiększając zawartość PUFA przy jednoczesnym zmniejszeniu zawartości mniej pożądaných nasyconych kwasów tłuszczowych.

Z danych przedstawionych w tabeli 1 wynika, iż wśród nasyconych kwasów tłuszczowych w największej ilości występują kwasy palmitynowy (C16: 0) i stearynowy (C18: 0), odpowiednio 22,4 – 30,4 i 5,6 – 8,2 %. Głównym atutem omawianego surowca jest duże stężenie nienasyconych kwasów tłuszczowych. Jak wynika z tabeli 2 w tłuszczu emu, strusi i nandu UFA stanowiły około 65; 51 – 68 i 58 – 64 % ogólnej sumy wszystkich kwasów. Pod względem ilościowym

zasadniczą pozycję w grupie kwasów nienasyconych stanowiły jednonienasycone kwasy tłuszczowe (MUFA). Kwasy monoenowe (głównie oleinowy) blokują wchłanianie cholesterolu pokarmowego, obniżają zawartość LDL cholesterolu, zmniejszają lepkość krwi i wpływają na obniżenie ciśnienia krwi. Kwas oleinowy pełni funkcję pobudzającą regenerację naskórka oraz niweluje stany zapalne [47]. W analizowanych surowcach dominującymi kwasami jednonasyconymi były oleinowy (C18:1n9c) i palmitoleinowy (C16:1n7). Największą zawartość kwasu oleinowego stwierdzono w tłuszczu emu (około 48 %) (tabela 1). Oleje o dużej zawartości kwasu oleinowego korzystnego ze względów żywieniowych, cechują się bardzo dobrymi właściwościami przechowalniczymi oraz odpornością na wysoką temperaturę. Dzięki temu mogą być szeroko stosowane w wielu gałęziach przemysłu spożywczego, a także w gastronomii [31].

Wśród bioaktywnych składników olejów roślinnych i zwierzęcych znaczące miejsce, z powodu ich istotnej roli w profilaktyce cywilizacyjnych chorób metabolicznych, zajmują polienowe kwasy tłuszczowe (PUFA). Kwasy te są składnikami wielu preparatów do pielęgnacji, a także leczenia niektórych schorzeń skóry. Zawartość PUFA w omawianej tkance tłuszczowej wahała się od 13,4 do 24,5 %, przy czym kwasem występującym w największej ilości był kwas linolowy (C18:2n6c). Związek ten odgrywa znaczącą rolę w skórze m. in. poprawia barierę lipidową naskórka, chroni przed transepidermalną utratą wody i normalizuje metabolizm skóry [47]. Najbogatszym źródłem tego kwasu jest tłuszcz nandu (22,5 %), natomiast u emu stwierdzono go o połowę mniej (tabela 1). Zawartość C18:2n6c w tłuszczu strusim może się wahać od 7,4 % [24] do 21,2 % [40].

W prawidłowym rozwoju i funkcjonowaniu organizmu człowieka istotną rolę pełnią długołańcuchowe kwasy tłuszczowe takie, jak arachidonowy (C20:4n-6), eikozapentaenowy (EPA, C20:5n-3) i dokozaheksaenowy (DHA, C22:6n-3). W dostępnej literaturze brakuje badań dotyczących zawartości tych kwasów w tłuszczu nandu i emu, natomiast w tłuszczu strusim kwasy te stanowią zaledwie 0,32 % w ogólnym składzie (tabela 1). Udokumentowane właściwości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 zostały potwierdzone przez dopuszczenie do stosowania oświadczeń zdrowotnych do żywności, podających, że kwasy EPA i DHA przyczyniają się do prawidłowego funkcjonowania serca i mózgu, ze wskazaniem, że korzystne działanie wielonienasyconych kwasów n-3 pojawia się przy spożywaniu 250 mg dziennie [10, 37]. W żywieniu człowieka stosunek ilości nienasyconych do nasyconych kwasów tłuszczowych powinien osiągać wartość zbliżoną do liczby 2. Proporcja Σ UFA/ Σ SFA w tłuszczu brzuszonym analizowanych gatunków wahała się od około 1,6 u nandu do 1,9 u emu (tabela 2).

PODSUMOWANIE

Tłuszcz emu, strusi i nandu stanowi bogate źródło wartościowych z punktu widzenia żywieniowego kwasów tłuszczowych. Badania dotyczące jakości tego surowca winny być nadal prowadzone ze zwróceniem uwagi na strategię żywienia ukierunkowaną na zwiększenie zawartości kwasów PUFA, szczególnie serii n-3. Ze względu na udokumentowane działanie przeciwzapalne najbardziej rekomendowany do wykorzystania w medycynie niekonwencjonalnej i trady-

Tabela 1. Zawartość kwasów tłuszczowych * [%] w tłuszczu brzuszonym emu, strusi i nandu

Table 1. Fatty acid composition* [%] of emu, ostrich and nandu fat depots from abdominal region
[$\bar{x} \pm SD$]

Kwasy	Emu	Struś	Nandu
C10:0	nd	0,02±0,014	nd
C12:0	nd	0,06±0,042	nd
C14:0	0,45±0,02	1,09±0,075	nd
C16:0	22,40±0,44	30,40±0,79	22,70±3,6
C18:0	8,25±0,28	5,60±0,27	7,9±1,4
C20:0	nd	0,05±0,007	nd
C22:0	nd	0,02±0,007	nd
C24:0	nd	0,33±0,28	nd
C14:1	nd	0,14±0,02	nd
C16:1n7	4,37±0,32	9,2±1,17	2,5±0,6
C18:1n9t	nd	0,22±0,01	nd
C18:1n9c	48,31±0,44	33,70±0,60	40,5±5,3
C18:1n7	2,35±0,09	nd	nd
C20:1	0,54±0,04	0,24±0,03	nd
C22:1n9	nd	0,02±0,00001	nd
C24:1n9	nd	0,30±0,13	nd
C18:2n6c	11,38±0,54	14,30±1,28	22,5±3,5
C18:2n6t	nd	0,04±0,03	nd
C18:3n3	1,86±0,13	2,80±1,54	2,3±0,6
C20:2	nd	0,12±0,03	nd
C20:3n6	nd	0,09±0,04	nd
C20:3n3	nd	0,18±0,08	nd
C20:4n6	nd	0,09±0,12	nd
C22:2	nd	0,20±0,36	nd
C22:5n3	nd	0,10±0,08	nd
C20:5n3	nd	0,03±0,01	nd
C22:6n3	nd	0,20±0,34	nd
SFA	31,20±0,57	37,90±0,68	30,6
MUFA	56,00±0,56	43,90±0,70	43,0
PUFA	13,45±0,65	18,20±1,00	24,5

Nd – ang. not detected

* [% sumy kwasów]
[% of total acids]

Źródło: Grompone i wsp., [14], Hoffman i wsp., [15], Wang wsp., [43]

Source: Grompone et al., [14], Hoffman et al., [15], Wang et al., [43]

cyjnej jest olej ekstrahowany z tłuszczu emu. Niedostatek danych literaturowych na temat profilu kwasów tłuszczowych i wykorzystania oleju z tłuszczu nandu skłania do dalszych badań w tym kierunku.

LITERATURA

- [1] ABIMOSLEH S. M., C. D. TRAN, G.S. HOWARTH. 2012. "Emu Oil: A novel therapeutic for disorders of the gastrointestinal tract?" J. Gastro. Hepatol. 27(5): 857–61.
- [2] ADAMCZAK L., T. FLOROWSKI, M. CHMIEL, D. PIETRZAK. 2013. „Wydajność rzeźna strusi i uzysk wybranych elementów kulinarnych”. Zeszyty Problematyczne Postępów Nauk Rolniczych 575: 3–11.

Tabela 2. Udział kwasów tłuszczowych i proporcje między kwasami w tłuszczu emu, strusi i nandu

Table 2. Proportions of fatty acids and rations between acids in the emu, ostrich and nandu fat

	Źródło	SFA	UFA	MUFA	PUFA	PUFA/SFA	UFA/SFA
Emu	Benett i wsp., [7]	34,6	65,0	58,0	7,0	0,20	1,87
	Jeengar i wsp., [21]	32,5	64,0	53,4	10,6	0,32	1,96
Struś	Belichowska i wsp., [6]	34,8	65,3	34,8	26,9	0,77	1,87
	Horbańczuk i wsp., [18]	31,78–32,15	67,84–68,22	29,60–32,83	35,01–38,62	1,09–1,22	2,12–2,13
	Frontczak i wsp., [12]	31,25–40,33	59,5–68,65	49,8–51,53	9,72–17,4	0,24–0,54	1,47–2,19
	Majewska i wsp., [26]	41,28–49,12	50,87–58,7	35,07–40,72	15,80–17,98	0,32–0,43	1,03–1,42
Nandu	Benett i wsp., [7]	34,1	64,4	58	6,4	0,18	1,88
	Craig-Smith i wsp., [9]	41,1	58,0	35,1	22,9	0,55	1,40

- [3] AKRAM M., S.B.S. NAQVI, A. KHAN. 2013. „Design and development of insulin emu gel formulation for transdermal drug delivery and its evaluation”. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences* 26: 323–332.
- [4] BASUNY A. M. A., S. M. ARAFAT, S. L. NASEF. 2011. „Utilization of ostrich oil in foods”. *International Research Journal of Biochemistry and Bioinformatics* 2 (8): 199–208.
- [5] BECKERBAUER L. M. 2001. „Influence of two dietary fats on the composition of emu oil and meat”. *Poultry Science* 80: 187–194.
- [6] BELICHOVSKA D., Z. HAJRULAI-MUSLIU, R. UZUNOV, K. BELICHOVSKA, M. ARAPCHESKA. 2015. „Fatty acid composition of ostrich (*Struthio camelus*) abdominal adipose tissue”. *Mac. Vet. Rev.* 38 (1): 53–59.
- [7] BENNETT D. C., G. LEUNG, E. WANG, S. MA, B. K. LO, K. J. MCELWEE, K. M. CHENG. 2015. „Ratite oils promote keratinocyte cell growth and inhibit leukocyte activation”. *Poultry Science* 94(9): 2288–2296.
- [8] CICHOSZ G., H. CZECZOT. 2011. „Rzekomo niezdrowe tłuszcze zwierzęce”. *Polski Merkuriusz Lekarski XXXI*. 185: 318–322.
- [9] CRAIG-SCHMIDT M. C. 1999. „Ratite oils: composition and claimed beneficial effects”. *Lipid Technology Newsletter* 5: 80–83.
- [10] EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA), Scientific Opinion on the Tolerable Upper Intake Level of eicosapentaenoic acid (EPA), docosahexaenoic acid (DHA) and docosapentaenoic acid (DPA). *EFSA Journal* 2012. 10 (7): 2815.
- [11] FRAPPLE P. 1994. „Preparing emu meat for the commercial market”. *AEA Nevs* 4/7:1.
- [12] FRONTCZAK M., K. KRYSZTOFIAK, A. BILSKA, W. UCHMAN. 2008. „Characteristics of fat from African ostrich *Struthio camelus*”. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities* 11(4), Available Online: <http://www.ejpau.media.pl/volume11/issue4/art-11.html>
- [13] GROMPONE M. A., B. IRIGARAY, M. GIL. 2005. „Composition and thermal properties of Rhea oil and its fractions”. *European Journal of Lipid Science and Technology* 107: 762–766.
- [14] GROMPONE M. A., B. IRIGARAY, M. GIL. 2005. „Uruguayan nandu (*Rhea americana*) oil: A comparison with emu and ostrich oils.” *Journal of the American Oil Chemists’ Society* 82(9): 687–689.
- [15] HOFFMAN L.C., M.M. BRAND, S.W.P. CLOETE, M. MULLER. 2012. „The fatty acid composition of muscles and fat depots of ostriches as influenced by genotype”. *South African Journal of Animal Science* 42 (3): 256–265.
- [16] HOFFMAN L.C., M. JOUBERT, T.S. BRAND, M. MANLEY. 2005. „The effect of dietary fish oil rich in n-3 fatty acids on the organoleptic fatty acid and physicochemical characteristics of ostrich meat”. *Meat Science* 70: 45–53.
- [17] HORBAŃCZUK J., J. SALES, T. CELEDA, A. KONECKA, G. ZIĘBA, M. KAWKA. 1998. „Cholesterol content and fatty acid composition of ostrich meat as influenced by subspecies”. *Meat Science* 50 (3): 385–388.
- [18] HORBAŃCZUK J.O., I. MALECKI, R.G. COOPER, A. JÓŻWIK, J. KLEWIEC, J. KRZYŻEWSKI, H. KALIFA, W. CHYLIŃSKI, A. WÓJCIK, M. KAWKA. 2004. „Cholesterol content and fatty acid composition of two fat depots from slaughter ostriches (*Struthio camelus*) aged 14 months”. *Animal Science Papers and Reports* 22: 247–251.
- [19] HORBAŃCZUK O. K., A. WIERZBICKA. 2016. „Technological and nutritional properties of ostrich, emu, and rhea meat quality”. *Journal of Veterinary Research* 60(3): 279–286.
- [20] HORBAŃCZUK J.O., R.G. COOPER, A. JÓŻWIK, J. KLEWIEC, J. KRZYŻEWSKI, I. MALECKI. 2003. „Cholesterol content and fatty acid composition of fat from culled breeding ostriches (*Struthio camelus*)”. *Animal Science Papers and Reports* 21: 271–275.
- [21] JEENGAR M. K., P. S. KUMAR, D. THUMMURI, S. SHRIVASTAVA, L. GUNTUKU, S. RAMAKRISHNA. 2015. „Review on emu products for use as complementary and alternative medicine”. *Nutrition* 31:21–27.
- [22] KRUSIŃSKI R. 2006. „Ocena walorów dietetycznych mięsa pozyskiwanego od strusia afrykańskiego (*Struthio camelus*)”. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska Sect. EE* 24: 377–382.

- [23] LINDSAY R. J., M. S. GEIER, R. YAZBECK, R. N. BULLER, G. S. HOWARTH. 2010. "Orally administered emu oil decreases acute inflammation and alters selected small intestinal parameters in a rat model of mucositis". *Br. J. Nutr.* 104: 513–519.
- [24] LIU X., F. WANG, X. LIU, Y. CHEN, L. WANG. 2011. "Fatty acid composition and physicochemical properties of ostrich fat extracted by supercritical fluid extraction". *European Journal of Lipid Science and Technology* 113: 775–779.
- [25] MAJEWSKA D., M. JAKUBOWSKA, M. LIGOCKI, Z. TARASEWICZ, D. SZCZERBIŃSKA, T. KARAMUCKI, J. SALES. 2009. „Physicochemical characteristics, proximate analysis and mineral composition of ostrich meat as influence by muscle”. *Food Chemistry* 117: 207–211.
- [26] MAJEWSKA D., D. SZCZERBIŃSKA, Z. TARASEWICZ, M. LIGOCKI, J. MAJEWSKI, A. SAMMEL, K. ROMANISZYN. 2014. „Fatty acid profile of three fat depots from slaughter ostriches (*Struthio camelus*)”. *Veterinarija ir Zootechnika* 68 (90): 43–47.
- [27] MC MILLAN. 1996. "Emu Oil is Going to the Dogs... and Horses... and..." *Emu Today and Tomorrow* 2: 69–71.
- [28] MÉNDEZ-LAGUNAS L. L., A. M. PINEDA REYES, L. R. HERNÁNDEZ OCHOA, J. R. RAMÍREZ. 2011. "Evaluation of emu oil extraction methods and their effects on physical and rheological behavior". *European Journal of Lipid Science and Technology* 113(6): 780–785.
- [29] MORRIS C.A., S.D. HARRIS, S.G. MAY, T.C. JACKSON, D.S. HALE, R.K. MILLER, J.T. KEETON, G.R. ACUFF, L.M. LUCIA, J.W. SAVELL. 1995. "Ostrich slaughter and fabrication: 1. Slaughter yields of carcasses and effects of electrical stimulation on post-mortem Ph". *Poultry Science* 74(10): 1683–1687.
- [30] NAVEENA B.M., A.R. SEN, P.S. MUTHUKUMAR, P.S. GIRISH, Y. PRAVEEN KUMAR, M. KIRAN. 2013. "Carcass characteristics. Composition, physicochemical, microbial and sensory quality of emu meat". *Brit. Poult Sci.* 54: 329–336.
- [31] ONACIK-GÜR S., A. ŻBIKOWSKA, K. MARCINIAK-LUKASIAK. 2014. „Pochodzenie, metody otrzymywania i trwałość oksydacyjna tłuszczów wysokooleinowych”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 6 (97): 18–28.
- [32] PALANISAMY U.D., M. SIVANATHAN, A.K. RADHAKRISHNAN, N. HALEAGRAHARA, T. SUBRAMANIAM, G.S. CHIEW. 2011. „An effective ostrich oil bleaching technique using peroxide value as an indicator”. *Molecules* 16: 5709–5719.
- [33] PEGG R.B., R. AMAROWICZ, W.E. CODE. 2006. „Nutritional characteristics of emu (*Dromaius novaehollandiae*) meat and its value-added products”. *Food Chem.* 97: 193–202.
- [34] POŁAWSKA E., D. LISIAK, A. JÓŻWIK, M. PIERZCHAŁA, N. STRZĄLKOWSKA, J. POMIANOWSKI, A. WÓJCIK. 2012. „The influence of the dietary linseed and rapeseed supplementation on the physico-chemical and sensory characteristics of ostrich meat”. *Animal Science Papers and Reports* 30 (1): 65–72.
- [35] POLITIS M. J., A. DMYTROWICH. 1998. "Promotion of second intention wound healing by emu oil lotion: comparative results with furasin, polysporin, and cortisone". *Plast. Recon. Surg.* 102: 2404–2407.
- [36] RAUT S.S., D.P SHARMA, S. YADAV. 2016. "Studies on assessment of emu carcass characteristics and composition of lean meat". *Haryana Vet.* 55 (1): 59–61.
- [37] Rozporządzenie Komisji (UE) nr 432/2012 z dnia 16 maja 2012 r. ustanawiające wykaz dopuszczonych oświadczeń zdrowotnych dotyczących żywności, innych niż oświadczenia odnoszące się do zmniejszenia ryzyka choroby oraz rozwoju i zdrowia dzieci (Dz. Urz. UE 2012 L 136/1).
- [38] SALES J. 1996. "Histological, biophysical, physical and chemical characteristics of different ostrich muscles". *Journal of the Science of Food and Agriculture* 70: 109–114.
- [39] SALES J., J.L. NAVARRO, L. BELLIS, A. MANERO, M. LIZURUME M.B. MARTELLA. 1997. "Carcase and component yields of rheas". *Brit. Poult. Sci.* 38: 378–380.
- [40] SHAHRYAR H. A., A. ALIREZA LOTFI. 2012. "Fatty acid composition of fat depot in 11 month old slaughtered ostriches *Struthio camelus L.*". *Current Biotica* 6(2):246–250.
- [41] SMETANA P. 1993. *Emu Farming*. West Australia Department of Agriculture Publication 38/9.
- [42] SNOWDEN J. M., M. W. WHITEHOUSE. 1997. "Anti-inflammatory activity of emu oils in rats". *Inflammopharmacology* 5: 127–132.
- [43] WANG Y.W., H. SUNWOO, J.S. SIM. 2000. "Lipid characteristics of emu meat and tissues". *Journal of Food Lipids* 7: 71–82.
- [44] WILSON T.A., R.J. NICOLOSI, G. HANDELMAN, S. YOGANATHAN, T. KOTYLA, F. ORTHOEFER, P. BINFORD. 2004. "Comparative effects of emu and olive oil on aortic early atherosclerosis and associated risk factors in hypercholesterolemic hamsters". *Nutrition Research* 24: 395–406.
- [45] YOGANATHAN S., R. NICOLOSI, T. WILSON, G. HANDELMAN., P. SCOLLIN, R. TAO, P. BINFORD, F. ORTHOEFER. 2003. "Antagonism of croton oil inflammation by topical emu oil in CD-1 mice". *Lipids* 38: 603–607.
- [46] ZEMTSOV A., M. GADDIS, V.M. MONTALVO-LUGO. 1996. "Moisturizing and cosmetic properties of emu oil: a pilot double blind study". *Australas. J. Dermatol.* 37:159–161.
- [47] ZIELIŃSKA A., I. NOWAK. 2014. "Kwasy tłuszczowe w olejach roślinnych i ich znaczenie w kosmetyce". *Chemik* 68 (2): 103–110.

Dr inż. Krzysztof KUCHARCZYK
Prof. dr hab. inż. Tadeusz TUSZYŃSKI
Krakowska Wyższa Szkoła Promocji Zdrowia w Krakowie

REGULACJA TEMPERATURY W PROCESACH FERMENTACJI I DOJRZEWANIA PIWA W TANKOFERMENTORZE®

Temperature control in processes fermentation and maturation of beer in
fermentation tank®

Słowa kluczowe: tankofermentor, chłodzenie, proces fermentacji i dojrzwania.

Do produkcji piwa używa się tankofermentory, tzw. tanki cylindryczno-koniczne (CKT) lub unitanki. To nowoczesne zbiorniki o różnorodnej wielkości, dostosowanej do zdolności wytwórczej browaru, które zapewniają ułatwiony przebieg procesu - wytwarzanie piwa w sterylnych warunkach.

Uzyskiwanie optymalnych parametrów technologicznych wymaga zastosowania nowoczesnej techniki zwłaszcza w obszarze sterowania temperaturą.

Jednym z ważnych elementów wyposażenia tankofermentorów są instalacje chłodnicze, zapewniające właściwą temperaturę wewnątrz zbiornika. Do regulacji temperatury stosowane są zewnętrzne płaszcze chłodzące z automatycznym sterowaniem.

Tankofermentory w zależności od sposobu zabudowy są odpowiednio izolowane w celu eliminacji wpływu czynników zewnętrznych na przebieg procesu technologicznego.

Nowoczesna technika w połączeniu z zastosowaniem optymalnych parametrów przebiegu fermentacji i dojrzwania, stwarza możliwość wyprodukowania piwa wysokiej jakości.

Key words: fermentation tank, temperature control, cooling, fermentation and maturation process.

In the most of the breweries to produce beer used tankfermenters, conical-cylindrical tanks (CKT). It is a modern fermentation tank of various sizes, adapted to the capacity of the brewery to facilitate the manufacturing process and to ensure the production of beer in a sterile conditions.

Obtaining optimal technological parameters requires the use of modern technology especially in the field of temperature control.

One of the important pieces of equipment fermentation tank is refrigeration systems, ensuring the proper conduct of process temperature inside the tank.

Adjusting the temperature of the fermenting wort, forced manufacturers to use high-technology cooling and automatic control of the process. For temperature control are used external cooling jackets.

Fermentation tank depending on the type of installation is properly insulated in order to eliminate the influence of the external temperature on the course of the process. Modern technology in combination with the use of optimum technological parameters of the processes of fermentation and maturation makes it possible to produce high quality of beer.

WPROWADZENIE

Obecnie prawie cały proces fermentacji brzojki i dojrzwania piwa w browarach przebiega w tankofermentorach zwanych unitankami lub skrótowo CKT (cylindryczno-koniczny tank, rys.1). Na rysunku zaznaczone są strefy chłodnicze zlokalizowane na stożkowej i cylindrycznej części tankofermentora.

Zasada tej metody polega na pionowym ustawieniu cylindrycznego zbiornika zakończonego u dołu stożkiem, w którym po fermentacji głównej osiadają drożdże. Można je usunąć bez jego opróżniania, co sprawia, że proces dojrzwania piwa przebiega w tym samym tankofermentorze, przy udziale komórek drożdży pozostających jeszcze w odfermentowanej brzojce [4, 7, 9, 11].

Pojemności tanków są różne i wahają się najczęściej od kilkudziesięciu do kilkunastu tysięcy hektolitrów. Charakteryzują się stosunkowo dużą wysokością od kilku do ponad 20 metrów i średnicą proporcjonalnie mniejszą (3-4 razy). Ważną cechą tych zbiorników jest stożkowe dno o odpowiednim kącie rozwarcia, zapewniającym ułatwiony proces oddzielenia drożdży i osadów od piwa.

Na zewnętrznej, cylindrycznej i stożkowej części zbiornika zamontowane są strefowe płaszcze chłodnicze, w postaci półrupek.

Do regulacji temperatury służy odpowiedni czynnik chłodzący (amoniak lub ergolid), który doprowadzony jest do poszczególnych stref chłodniczych [8].

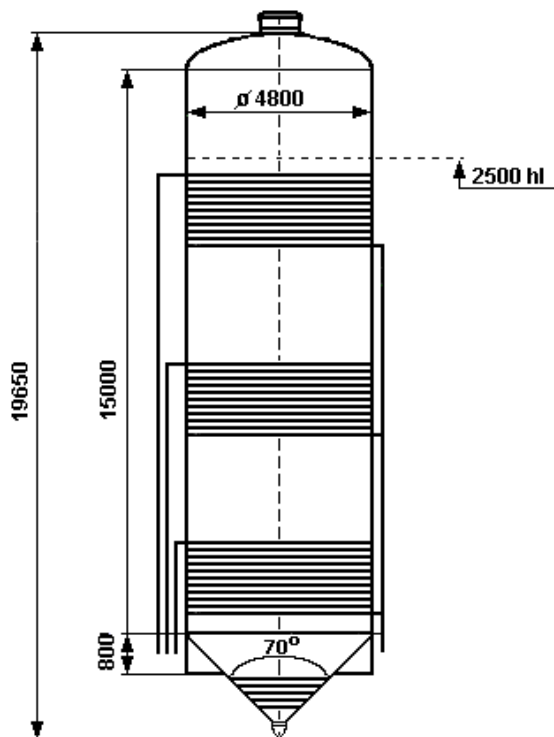
Podczas procesu fermentacji wyzwala się energia cieplna, którą należy odprowadzić. Ponadto w fazie zimnego leżakowania, piwo powinno być schłodzone do temperatury od 0 do -1°C . Na ilość ciepła, które należy odprowadzić, składa się:

- ciepło powstające podczas fermentacji i przenikające z otoczenia
- ciepło, które trzeba odprowadzić przy chłodzeniu piwa do temperatury leżakowania.

Przenoszenie ciepła zachodzi za pośrednictwem segmentów rur i różnych form płaszczy chłodzących. Instalacje powinny być tak skonstruowane, aby na danym odcinku jak największa powierzchnia ściany tanku była poddawana chłodzeniu. Przy chłodzeniu systemem bezpośredniego odparowania, powierzchnie chłodzenia tanku podlegają okresowej kontroli, gdyż ciśnienie par czynnika chłodzącego może okresowo dochodzić do około 11 bar [12].

W celu ochrony przed wpływem wysokich i niskich temperatur otoczenia, tankofermentory są zaizolowane. Szczególnie solidnej izolacji wymagają zbiorniki wolnostojące, które mogą być narażone na zmienne warunki atmosferyczne. Jako materiał izolacyjny stosuje się najczęściej twardą piankę poliuretanową, która nakładana jest w warstwach o grubości 100 do 150 mm. Twarda pianka poliuretanowa ma bardzo dobre właściwości izolujące - nawet bardzo niskie temperatury otoczenia nie mają istotnego wpływu na przebieg procesów w tanku. Izolacja jest od zewnątrz chroniona blachą aluminiową lub ze stali nierdzewnej [11, 12].

Celem artykułu jest przedstawienie opisów i rozważań dotyczących regulacji temperatury w procesach fermentacji brzożki i dojrzewania piwa.



Rys. 1. Przykładowy schemat tankofermentora (ZKT).
Fig. 1. Exemplary scheme of fermentation tank (ZKT).

Źródło: Kucharczyk K. 2005 [10]

Source: Kucharczyk K. 2005 [10]

OPIS REGULACJI TEMPERATURY W CYLINDRYCZNO-STOŻKOWYM TANKOFERMENTORZE

Chłodzenie tanku

W czasie fermentacji piwa, należy zapewnić optymalny przebieg temperatur i w tym celu stosuje się odpowiednie chłodzenie, które wynika z zapotrzebowania zimna.

Ilość ciepła powstająca podczas fermentacji każdego kilograma ekstraktu wynosi około 140 kcal.

$$587 \text{ kJ} = 140 \text{ kcal} = 0,16 \text{ kWh}$$

Podczas fermentacji brzożek o zawartości ekstraktu od 11,5 do 12% i odfermentowaniu pozornym od 75 do 85%, z każdego hektolitra odfermentowuje od 7 do 8,3 kg cukrów, z jednoczesnym wytworzeniem od 4300 do 4600 kJ ciepła na 1 hl piwa.

Z kolei ochłodzenie piwa z 9°C do -1°C (tj. o 10 stopni), wymaga około 4200 kJ, tzn. że zapotrzebowanie zimna w tym celu jest niemal tak duże, jak na chłodzenie w czasie fermentacji głównej [10, 12].

Ciepło z otoczenia przenika do tanku drogą promienienia i konwekcji. Straty energii z tego tytułu można obecnie zmniejszać dzięki doskonałym materiałom izolacyjnym oraz odpowiedniej obudowie tanków.

Całkowite zapotrzebowanie chłodu wynosi najczęściej od 8600 do 9200 kJ/hl. Ta ilość ciepła powstaje jednak nierównomiernie podczas procesu fermentacji i dojrzewania, i powinna być w podobny sposób odprowadzana. Czas i zakres odprowadzania ciepła zależy od:

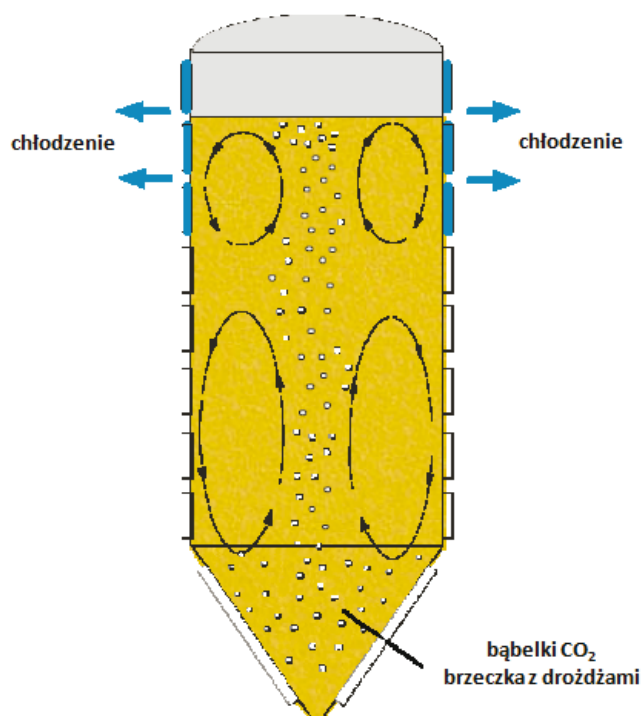
- metody fermentacji i dojrzewania piwa,
- czasu i szybkości chłodzenia,
- rozkładu temperatury w całej objętości piwa.

Istotną kwestią jest homogeniczność rozkładu temperatury w dużych objętościach piwa w tankofermentorach. W wyniku wewnętrznych strumieni konwekcyjnych (rys. 2 i 3), występują zaburzenia w jednorodności temperatury piwa w poszczególnych częściach zbiorników fermentacyjnych [6, 13, 14].

Największe zapotrzebowanie zimna istnieje przy chłodzeniu piwa w ciągu od 24 do 48 godzin po zakończeniu fermentacji głównej.

Do chłodzenia zbiorników fermentacyjnych, stosowany jest obieg sprężarkowy, w którym czynnikiem chłodniczym jest zwykle amoniak. Dopływa on do parownika (płaszcz chłodniczego) jako ciecz i tam wrze w temperaturze ok. -4°C , pobierając ciepło z otoczenia. Sprężarka zasysa zimne pary amoniaku z parownika i podwyższa ich ciśnienie o ok. 0,6 MPa. Ze sprężarki sprężone gorące pary amoniaku o temperaturze ok. 90°C są tłoczone do skraplacza, w którym oddają ciepło do otoczenia, ulegając skropleniu. Ze skraplacza roztwór amoniaku, poprzez zawór redukujący ciśnienie, ponownie wpływa do parownika. Cykl przemiany fazowej czynnika chłodniczego obecnego w obiegu zamkniętym powtarza się.

Ciepło parowania amoniaku wynosi 1374,3 kJ/kg i jest bardzo duże w porównaniu do innych czynników chłodzą-



Rys. 2. Charakterystyka przepływów piwa w tankofermentorze podczas fermentacji głównej.

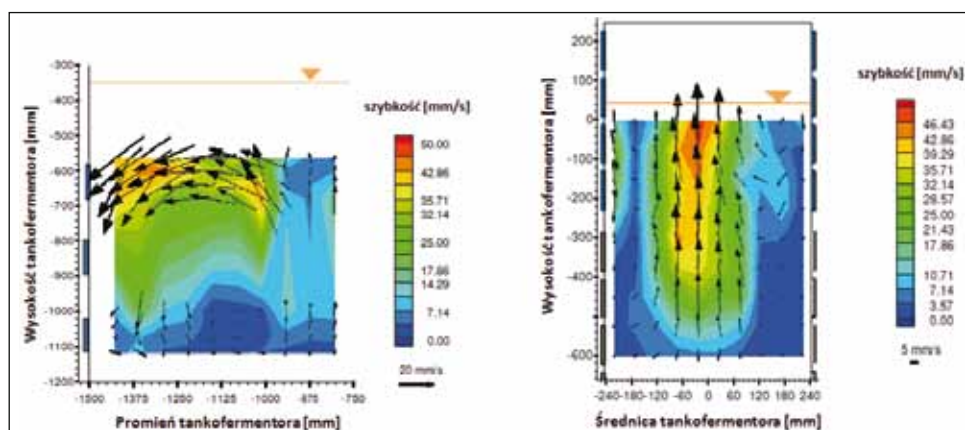
Fig. 2. Abstract illustration of fluid and flow characteristics during the primary fermentation.

Źródło: Meironke H. 2014 [13]

Source: Meironke H. 2014 [13]

cych, takich jak dwutlenek węgla, freon oraz dwutlenek siarki [2, 15].

Amoniak jest w normalnych warunkach atmosferycznych bezbarwnym gazem, lżejszym od powietrza, o charakterystycznej woni pozwalającej na stwierdzenie jego obecności nawet w minimalnych ilościach rzędu 0,02%. Temperatura wrzenia w warunkach normalnych wynosi -33°C i można ją obniżyć lub podwyższyć poprzez zmianę ciśnienia.



Rys. 3. Średnie przepływy piwa w przemysłowym (rysunek z lewej strony; stosunek wysokości do średnicy = 0,82) i laboratoryjnym (rysunek z prawej) tankofermentorze w ostatnim dniu fermentacji głównej.

Fig. 3. Average velocity field in the industrial (left; h/d ratio = 0,82) and laboratory (right) tank on the last day of primary fermentation.

Źródło: Meironke H., Böttcher K. 2014 [14]

Source: Meironke H., Böttcher K. 2014 [14]

Dolna granica temperatury czynnika chłodzącego powinna wynosić około -4°C , uwarunkowane jest to punktem zamrzania piwa. Jeżeli temperatura ta zostanie obniżona, to po zaprzestaniu intensywnej konwekcji dochodzi do tworzenia się lodu w zbiorniku, który nie tylko negatywnie może wpływać na jakość piwa, ale również na odprowadzanie ciepła.

W przypadku najbardziej rozpowszechnionych wersji ZKT, amoniak odparowuje bezpośrednio w płaszczu chłodzącym – chłodzenie przez bezpośrednie odparowanie.

Chłodzenie przez bezpośrednie odparowanie

Zaletą bezpośredniego odparowania jest przede wszystkim mniejsze zużycie energii elektrycznej i mniejsze koszty procesu. W porównaniu z chłodzeniem pośrednim, za pomocą glikolu, chłodzenie bezpośrednie ma m.in. następujące zalety [2, 3, 12]:

- brak konieczności instalowania urządzeń do chłodzenia czynnika pośredniego,
- możliwość pracy przy wyższych temperaturach odparowania (około -5 do -6°C),
- pompy o znacznie niższej wydajności, ponieważ mniej jest cieczy do przesyłania,
- przewody i połączenia o mniejszej średnicy,
- mniejsze wydatki na izolację i montaż,
- precyzyjny i elastyczny system sterowania temperaturą,
- istotna oszczędność energii (od 15 do 20%).

Do głównych wad chłodzenia bezpośredniego można zaliczyć [12]:

- kosztowniejsze instalacje z uwagi na występowanie wyższych ciśnień,
- temperatury odparowania nie są stałe i instalacja powinna być w ciągłym ruchu,
- koszty armatury ze względów bezpieczeństwa są istotnie wyższe,
- większe ryzyko wycieku czynnika chłodzącego,
- brak możliwości akumulacji energii chłodniczej.

Płaszczowe chłodzenie tankofermentora

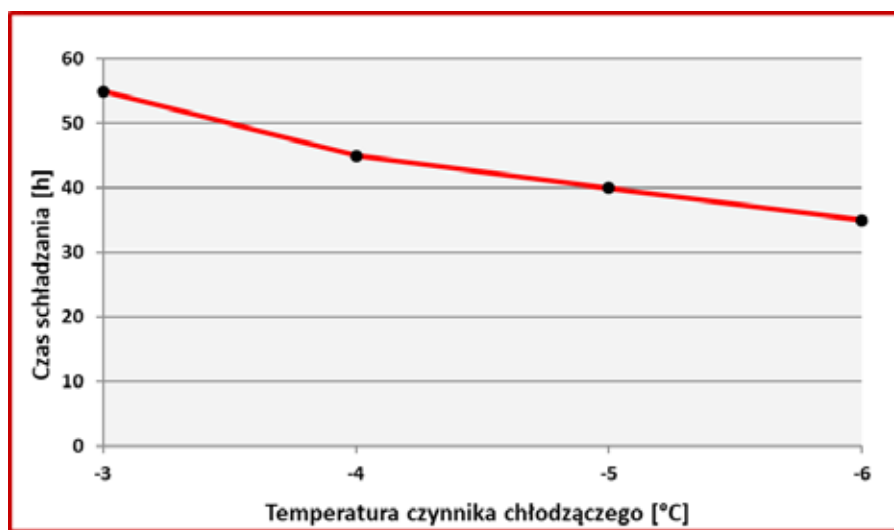
Tank podzielony jest na kilka stref chłodzenia, dzięki czemu można kierować procesem stosownie do bieżących potrzeb.

Płaszcz chłodzący powinien obniżyć temperaturę z szybkością około $1^{\circ}\text{C}/\text{godzinę}$, jednak w większych zbiornikach jest trudno uzyskać więcej niż połowę tej wartości.

Utrzymanie wymaganej temperatury procesu polega na chłodzeniu zawartości fermentora, gdy temperatura przekroczy założoną wartość. W zależności od wymaganej intensywności chłodzenia, wielkości i liczby płaszczów chłodzących – odpowiednie

dobranie algorytmu chłodzenia umożliwia, w zależności od potrzeb, automatyczną regulację dopływu określonej ilości czynnika chłodzącego. Procesem tym sterują odpowiednio dobrane sterowniki monitorowane przez obsługę [5]. Wzrost temperatury już o $0,1^{\circ}\text{C}$ powyżej wymaganej, wywołuje uruchomienie chłodzenia przez odpowiedni płaszcz chłodzący. Obniżenie temperatury do właściwej wartości powoduje wyłączenie chłodzenia.

W uproszczonym modelu można przyjąć, że ilość dostarczanego czynnika chłodzącego niezbędnego do utrzymania wymaganej temperatury jest proporcjonalna do ilości wytwarzanego ciepła. Na tej podstawie opracowano i zastosowano program komputerowy sumujący i uśredniający czasy otwarcia zaworów przepływu czynnika chłodzącego [5].

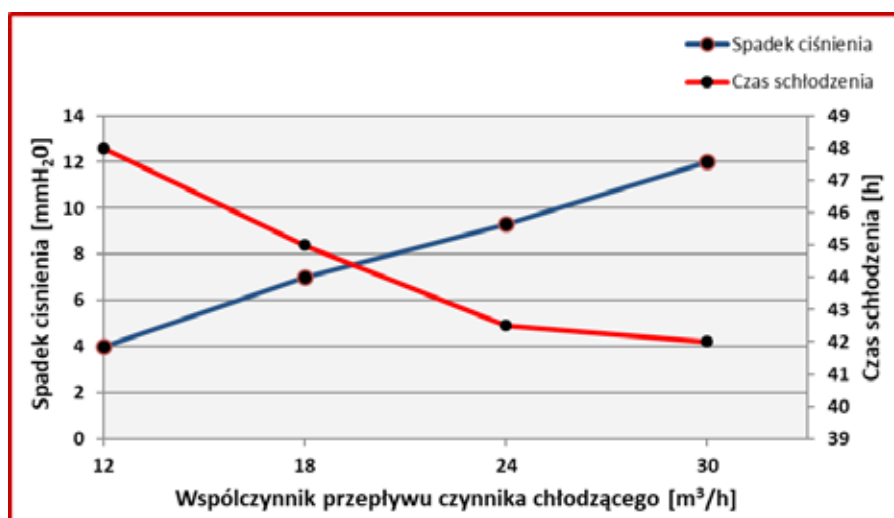


Rys. 4. Wpływ temperatury czynnika chłodzącego na czas schłodzenia.

Fig. 4. The effect of the coolant temperature on the cooling time.

Źródło: Varma R. 1999 [18]

Source: Varma R. 1999 [18]



Rys. 5. Zależność między wskaźnikiem przepływu, spadkiem ciśnienia i czasem wymaganym do schłodzenia piwa.

Fig. 5. The relationship between flow rate, pressure drop and time required to cool the beer.

Źródło: Varma R. 1999 [18]

Source: Varma R. 1999 [18]

Płaszczki zewnętrzne zamontowane na tankofermentorze są to segmenty rur z poziomym obiegiem chłodziwa. Przy bezpośrednim chłodzeniu amoniakiem, czynnik chłodzący wprowadza się do odpowiedniej strefy od góry. W takim układzie 4 do 6 nawrotów rur w strefie chłodzenia połączona jest w jeden segment, co zapewnia bardziej równomierne przenoszenie ciepła.

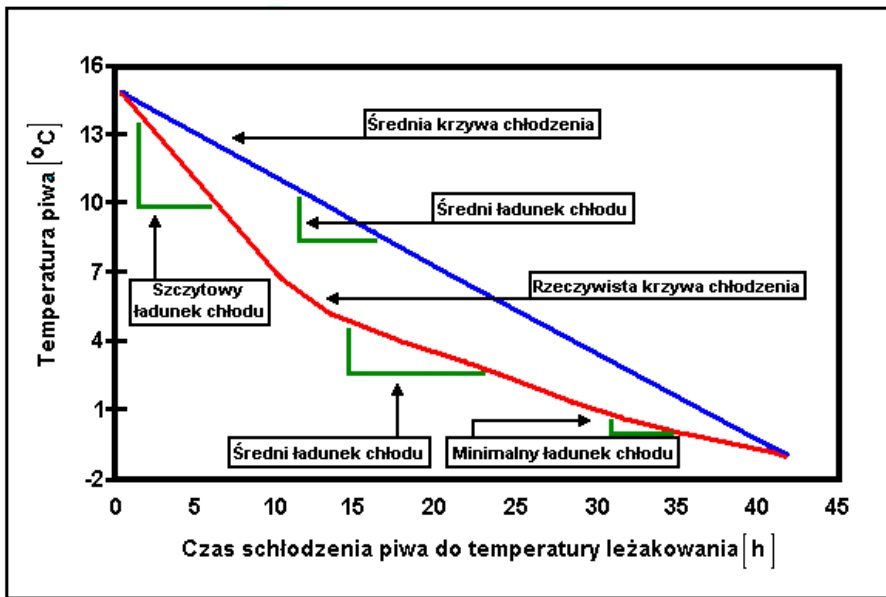
Ze względów ekonomicznych dąży się do tego, aby w układzie była jak najmniejsza objętość amoniaku – mniejszy skraplacz, mniejszy stopień odparowania.

Większość browarów stosuje zwykle dwu-etapowe cykle chłodzenia. Typowe chłodzenie od końcowej temperatury fermentacji pomiędzy 18 a 12°C do 4 lub 5°C wymaga 16 do 20 godzin, przy założeniu, że wskaźnik chłodzenia mieści się w zakresie $0,5$ do $0,8^{\circ}\text{C}/\text{h}$. W drugim etapie i później, chłodzimy od powyższych temperatur do około -1°C , w ciągu 24 do 48 godzin [1].

Szybkość schładzania zależy m.in. od powierzchni chłodzącej. Przy założeniu, że czynnik chłodzący ma temp. -6°C , każde zwiększenie powierzchni powoduje większą szybkość schładzania, zwłaszcza od temperatury 4°C do -1°C . Duży wpływ na czas chłodzenia, ma temperatura czynnika chłodzącego (rys. 4). Z wykresu wynika, że obniżenie temperatury czynnika chłodzącego z -3°C do -6°C powoduje ponad prawie dwukrotne skrócenie czasu potrzebnego do schłodzenia.

Relacja pomiędzy wskaźnikiem przepływu medium chłodniczego i spadkiem ciśnienia, a wymaganym czasem do schłodzenia piwa przedstawiona jest na rysunku 5. Krzywe wskazują, że wraz ze wzrostem szybkości przepływu medium, skraca się czas chłodzenia piwa i jednocześnie zwiększa się spadek ciśnienia w instalacji chłodniczej.

Charakterystykę czasu chłodzenia w stosunku do temperatury, przedstawia rys. 6. Widoczna jest zależność między wartością przepływu, spadkiem ciśnienia i czasem niezbędnym do schłodzenia piwa, do zadanej temperatury. W zależności od przepływu czynnika chłodzącego, występują zmienne spadki ciśnienia w instalacji chłodniczej oraz wydajności chłodzenia. Ponad dwukrotny wzrost przepływu cieczy chłodzącej w płaszczach chłodniczych tankofermentorów powoduje skrócenie czasu chłodzenia piwa o około 10%.



Rys. 6. Zapotrzebowanie na „chłód” w zależności od czasu i temperatury.

Fig. 6. The demand for „cold” depending on time and temperature.

Źródło: Varma R. 1999 [18]

Source: Varma R. 1999 [18]

Regulacja zapotrzebowania na chłód

Największe zapotrzebowanie na chłodziwo występuje po fermentacji i dojrzeniu, gdy piwo należy szybko schłodzić do temperatury leżakowania. Dla sprawnego przebiegu chłodzenia metodą bezpośredniego odparowania, przy konstrukcji tanku powinny być przewidziane następujące powierzchnie:

- 3,4 m² powierzchni chłodzonej / 100 hl przy temperaturze odparowania 1°C,
- 1,6 m² powierzchni / 100hl przy temperaturze odparowania -4°C [12].

Całkowita wydajność tłoczenia pomp obiegowych NH₃ podzielona jest na kilka jednostek. Wystarczającym jest, aby wszystkie płaszcze chłodzenia były zasilane przy co najmniej 2,5 - krotnym obiegu NH₃.

Każde z tych urządzeń ma zawór przelewowy, który jest jednocześnie dodatkowym zabezpieczeniem przed nadciśnieniem. Z punktu widzenia techniki chłodniczej, każdy zbiornik można traktować jako oddzielnie pracujące naczynie ciśnieniowe i dlatego powinno być wyposażone we własne zawory bezpieczeństwa.

Aspekty techniczne i technologiczne przebiegu procesu

Jednym z mankamentów prowadzenia produkcji piwa w unitankach, zwłaszcza o dużych objętościach (> 1000 hl), jest różny rozkład temperatury (rys. 7), związany z nierównomiernym rozmieszczeniem drożdży – większa koncentracja komórek drożdży w dolnych poziomach.

Celem ujednoczenia temperatury fermentującej brzezki stosuje się wysokosprawne techniki chłodzenia z automatycznym sterowaniem tym procesem. Podstawowe znaczenie w regulacji temperatury mają płaszcze chłodzące, które mogą być pojedyncze, podwójne lub nawet poczwórne, umieszczone jeden nad drugim, na zewnętrznych ścianach zbiornika [5].

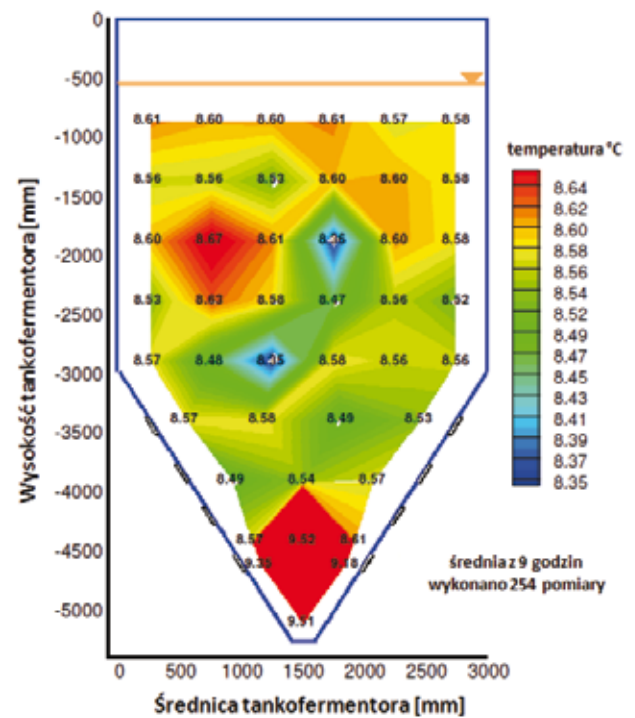
Regulacja temperatury

Każdy zbiornik ZKT wyposażony jest w system regulacji temperatury, który spełnia następujące wymagania [16]:

- utrzymanie zadanej temperatury,
- liniowe, bezstopniowe obniżanie wartości zadanej (bez gradientu),
- utrzymanie uprzednio nastawionej temperatury końcowej,
- możliwość automatycznej regulacji temperatury odparowania z -4°C na -2°C, niezależnie od wartości zadanej,
- wskazanie wartości zadanej i wartości rzeczywistej o rozdzielczości 0,1°C dla każdego stanu roboczego.

W czasie fermentacji burzliwej, na skutek wydzielania się CO₂ następuje intensywne mieszanie zawartości tanku.

Ponadto działają prądy konwekcyjne, powodujące unoszenie się cieplejszego piwa ku górze, a chłodniejsze strumienie, wychłodzone przez działanie płaszcza chłodzącego w górnej części tanku, przemieszczają się ku dołowi (rys. 8A). W tej fazie fermentacji ruch piwa przy ściankach tanku



Rys. 7. Rozkład temperatur po 146-155 godzinach od napełnienia tankofermentora (fermentacja główna).

Fig. 7. Average of temperature field 146-155 h after the filling (primary fermentation process).

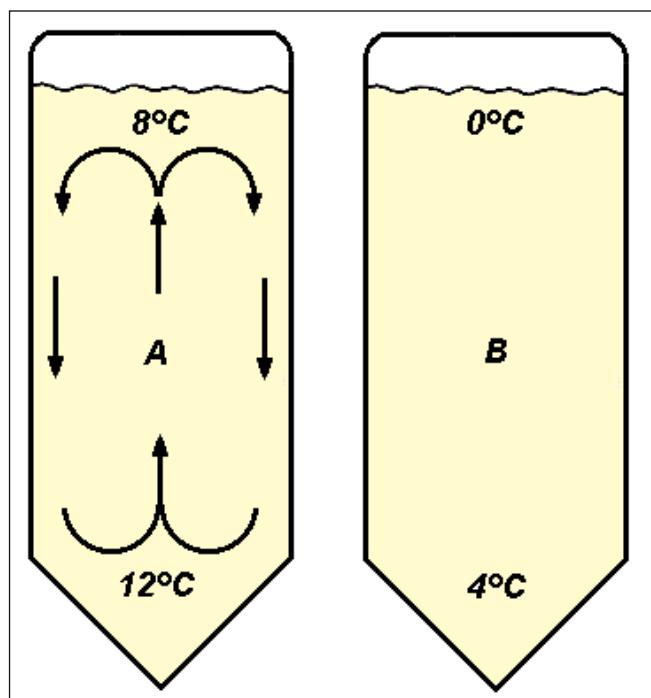
Źródło: Meironke H. 2014 [13]

Source: Meironke H. 2014 [13]

jest skierowany do strefy dolnej, a w części środkowej występują prądy skierowane do górnych części zbiornika [12].

Niezależnie od metody fermentacji i dojrzewania, w końcowym etapie procesu obniża się temperaturę leżakowania do około 0, a nawet -2°C , i w tej temperaturze utrzymuje się piwo w ciągu co najmniej tygodnia, aby umożliwić wytrącenie się i osadzenie cząstek tak zwanego, zimnego zmętnienia oraz reszty komórek drożdży przed filtracją.

Piwa pełne i lekkie mają największą gęstość w temperaturze od $2,5$ do 3°C , a piwa mocne przy około $+1^{\circ}\text{C}$. Dla przykładu, jeśli chłodzi się piwo pełne do temperatury -1°C , to w dolnej strefie tanku (w stożku), będzie najwyższa jego gęstość i temperatura ok. $2,5^{\circ}\text{C}$, a w górnej części tanku piwo jest coraz zimniejsze (rys. 8B), i przy dalszym chłodzeniu może dojść do wytworzenia lodu [12].



Rys. 8. Wpływ różnicy temperatury na zjawisko konwekcji z uwzględnieniem specyficznej właściwości wody.

A – zachodzi konwekcja, B – brak konwekcji

Fig. 8. The influence of temperature difference on the convection taking into account specific water properties.

A – there is convection, B – lack of convection

Źródło: Kucharczyk K. 2005 [10]

Source: Kucharczyk K. 2005 [10]

Krytyczne temperatury piwa

Podczas zimnego leżakowania piwa w ZKT, należy uwzględniać dwie krytyczne temperatury, które w danym przypadku zależne są od zawartości alkoholu i ekstraktu piwa. Temperaturę zamarzania / G / piwa w $^{\circ}\text{C}$ oraz temperaturę maksymalnej gęstości (TMG) można obliczyć według następujących wzorów [19]:

$$G = - / 0,42 \cdot A + 0,04 \cdot p + 0,2 / \quad (1)$$

gdzie: A – % wag. alkoholu

p – % wag. brzeczki podstawowej.

$$\text{TMG}^* / ^{\circ}\text{C} / = 4 - / 0,65 \cdot E - 0,24 \cdot A / \quad (2)$$

gdzie: E – % wag. ekstraktu rzeczywistego

A – % wag. Alkoholu

* – w odniesieniu do gęstości wody w $+4^{\circ}\text{C}$.

Należy podkreślić, że temperatura zamarzania piwa jest funkcją zawartości alkoholu i ekstraktu, np. piwo pełne zamarza w temperaturze ok. -2°C , a piwo mocne porterowe dopiero w temperaturze ok. -3°C . Te wartości stanowią dolne granice dla procesu chłodzenia, gdyż tworzenie lodu wpływa negatywnie na jakość piwa.

Zamarzanie piwa jest procesem powolnym. Lód tworzy się najpierw przy ściankach zbiornika, podczas gdy alkohol i rozpuszczone w piwie składniki ekstraktu koncentrują się głównie w części niezamrożonej. Stożek tanku wyposażony jest w płaszcz chłodzący, co zapewnia schłodzenia piwa do 0°C lub nawet do -2°C w dolnej części zbiornika.

Chłodzenie stożka jest szczególnie ważne dla jakości drożdży zbieranych po fermentacji. Biomasa drożdży sedymentuje w końcowej fazie fermentacji, w części stożkowej zbiornika. Ponieważ piwo nie zawiera już prawie żadnych składników odżywczych dla drożdży, ich przemiana materii powinna być ograniczona do minimum, tymczasem wyższa temperatura pobudza przemiany biochemiczne i prowadzi do wzmoczonego zużycia substancji zapasowych komórek, jak glikogen, mannan i lipidy. Osłabione komórki drożdży zaczynają rozkładać również inne grupy związków, przemiana materii staje się nieuporządkowana i biomasa ulega autolizie. Ściana komórkowa zostaje zniszczona i składniki cytoplazmy, jak białka, enzymy, nienasycone kwasy tłuszczowe i inne, rozpuszczają się powoli w piwie. Wynikiem tego procesu jest podwyższenie wartości pH, pogorszenie smaku i zapachu piwa oraz obniżenie trwałości mikrobiologicznej i witalności biomasy [3, 12].

PODSUMOWANIE

Tankofermentor to nowoczesny zbiornik w różnym stopniu zautomatyzowany i najczęściej sterowany programem komputerowym, służący do fermentacji, dojrzewania i leżakowania piwa.

W pierwszej części opracowania przedstawiono ogólny opis tankofermentora oraz zalety technologiczne charakterystycznego kształtu zbiornika. We wprowadzeniu wymieniono również czynniki chłodnicze stosowane w strefach chłodzących tankofermentora oraz metody izolacji zbiorników przed wpływem zewnętrznych temperatur.

Kolejne informacje zawarte w tekście, przedstawiają techniczne i technologiczne aspekty użytkowania tankofermentorów, głównie w zakresie kontroli i regulacji temperatury w procesach fermentacji i dojrzewania piwa.

Publikacja przybliży tematykę ilości energii cieplnej wytwarzanej przez drożdże podczas biochemicznych przemian procesu fermentacji. W tekście przedstawione są dokładne informacje na temat ilości powstającego ciepła oraz znajdują się pomocne formuły kalkulacyjne do oznaczania temperatury zamarzania oraz maksymalnej gęstości piwa.

Opracowany materiał ukazuje czytelnikowi informacje na temat złożonego zagadnienia konwekcji piwa w zbiorniku

fermentacyjnym, które mają istotny wpływ na zróżnicowany rozkład temperatur piwa w poszczególnych strefach tankofermentora.

W opisie tankofermentora jednym z ważniejszych elementów wyposażenia jest armatura chłodnicza, zamontowana na zewnętrznej, cylindrycznej i stożkowej części zbiornika. Zapewnienie właściwej regulacji temperatury procesów technologicznych w tankofermentorze jest niezbędne do wyprodukowania piwa wysokiej i powtarzalnej jakości.

W zależności od wielkości tankofermentora, parametrów medium chłodzącego, wskaźnika przepływu i geometrii płaszczy chłodniczych, na końcowy wynik regulacji temperatury ma wpływ odpowiednia i właściwa równowaga tych wszystkich czynników.

W końcowej części publikacji zawarte są informacje podkreślające duże znaczenie właściwie prowadzonego procesu chłodzenia na wysoką jakość piwa poprzez zapewnienie wysokiej żywotności drożdży. Tekst wyjaśnia konieczność instalowania strefy chłodzącej w stożkowej części tankofermentora, której celem jest schłodzenie piwa wraz z osadzonymi drożdżami w tej części zbiornika.

Prawie doskonała już konstrukcja tankofermentorów i ich wyposażenia, a szczególnie powszechnie już stosowane elektroniczne systemy regulacji i komputerowego obrazowania, dają dobre podstawy do optymalizacji przebiegu fermentacji i dojrzewania piwa, a szczególnie chłodzenia tankofermentora z uwzględnieniem ekonomiki procesów.

LITERATURA

- [1] **ALFA LAVAL SP. Z O.O. 1996.** „CIP - stacja mycia”. Brewery Course, 28 - 31.10.1996: 10-11.
- [2] **ANNEMULLER G., H. J. MANGER. 2009.** Gärung und Reifung des Bieres, VLB Berlin.
- [3] **ANNEMULLER G., H. J. MANGER, P. LIETZ. 2005.** Die Hefe in der Brauerei, VLB Berlin.
- [4] **ANTKIEWICZ P., A. CAPIK. 2002.** Nowoczesne metody fermentacji brzoeczki, Wydawnictwo VII Szkoły Technologii Fermentacji, Łódź: 104-105.
- [5] **BEDNARSKI W., A. TOMASZEWSKI, J. TOMASIK. 2000.** „Aspekty bioenergetyczne fermentacji piwa w unitankach”. Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny 7: 32-34.
- [6] **BOULTON CH. 2010.** “An investigation into the distribution of viable yeast mass and temperature variation in cylindroconical vessels during fermentation”. Scandinavian Brewer’s Review 67: 16-22.
- [7] **ESLINGER H. 2009.** Handbook of Brewing – Processes, Technology, Markets, Wiley-VCH Verlag GmbH&Co.
- [8] **HOUGH J., D. BRIGGS, R. STEVENS, T. YOUNG. 1982.** Malting and Brewing Science – Volume 2 Hopped Wort and Beer, An Aspen Publication.
- [9] **KUCHARCZYK K. 2013.** Wpływ fermentacji i dojrzewania piwa w tankofermentorach na zawartość aldehydu octowego i innych komponentów lotnych. Praca doktorska wykonana w Katedrze Technologii Fermentacji i Mikrobiologii Technicznej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie: 62-63.
- [10] **KUCHARCZYK K. 2005.** Zalety i wady prowadzenia procesu fermentacji, dojrzewania i leżakowania piwa w tankofermentorze. Praca magisterska wykonana w Katedrze Technologii Fermentacji i Mikrobiologii Technicznej, Akademia Rolnicza w Krakowie: 84-108.
- [11] **KUCHARCZYK K., T. TUSZYŃSKI, T. KUCHARCIK, P. ANTKIEWICZ. 2016.** „Opis nowoczesnego zbiornika (tankofermentora) stosowanego do fermentacji i dojrzewania piwa”. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego 2: 108-111.
- [12] **KUNZE W. 1999.** Technology Brewing and Malting, VLB Berlin.
- [13] **MEIRONKE H. 2014.** “Thermofluidynamics of the multiphase flow inside cylindroconical fermenters with different scales”. MATEC Web of Conferences, published by EDP Sciences.
- [14] **MEIRONKE H., K. BÖTTCHER. 2014.** “Experimental investigation of parameters, influencing velocity fields during beer fermentation.” Progress in Mechanical Engineering and Technology 597: 37-44.
- [15] **PAZERA T., T. RZEMIENIUK. 1998.** Browarnictwo – podręcznik dla technikum, WSiP Warszawa.
- [16] **SMAGOŃ W. 1995.** Opis i produkcja piwa w tankofermentorach. Praca dyplomowa wykonana w Technikum Przemysłu Browarniczego w Tychach.
- [17] **SPEERS R., S. STOKES. 2009.** “Effects of vessel geometry, fermenting volume and yeast repitching on fermenting beer”. Journal of the Institute of Brewing 115: 148-150.
- [18] **VARMA R. 1999.** “Heat transfer in Unitanks”. Brauwelt International 2: 124-127.
- [19] **VERLOG H. C. 1995.** Handbuch der Brauerei – Praxis, VLB Berlin.

Dr inż. Katarzyna ŚWIĄDER
Dr inż. Anna PIOTROWSKA
Dr inż. Joanna RACHTAN-JANICKA
Prof. dr hab. Ewa REMBIAŁKOWSKA
Dr inż. Eliza KOSTYRA
Dr inż. Ewa DYBKOWSKA
Mgr inż. Sylwester WILK

Katedra Żywności Funkcjonalnej, Ekologicznej i Towaroznawstwa
Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

MOŻLIWOŚCI OTRZYMYWANIA FUNKCJONALNYCH PRODUKTÓW Z MIĘSA WIEPRZOWEGO POPRZECZ MODYFIKOWANIE TECHNOLOGII ICH WYTWARZANIA®

The possibility of obtaining functional products from pork meat by modifying the production technology®

Słowa kluczowe: przetwory z mięsa wieprzowego, żywność funkcjonalna, redukcja tłuszczu, soli.

Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom konsumentów, na rynku pojawia się coraz więcej nowych technologii i receptur umożliwiających produkcję wyrobów o cechach żywności funkcjonalnej. Modyfikacja technologii produkcji przetworów pozwala uzyskać produkty niskotłuszczowe, poprzez zastosowanie preparatów błonnikowych w tym inuliny oraz o zredukowanej zawartości soli, azotynów czy azotanów, jak również wzbogacone w ekstrakty roślinne o silnych właściwościach neutralizujących wolne rodniki. W tym celu stosuje się ekstrakty z oregano, rozmarynu, goździków, zielonej herbaty czy czosnku, których dodatek do produktu wpływa na zmniejszenie stopnia utleniania lipidów oraz wydłużenie okresu przechowalniczego.

Key words: pork meat products, functional food, fat and salt reduction.

There is growing number of new recipes on the market, that enable the production of products with characteristics of functional food. This is to meet the expectations of consumers. Modification of pork meat products technology allows to obtain the low-fat products that are received through the use of fiber preparations including inulin and reduced salt content, nitrites or nitrates, as well as enriched with plant extracts strongly neutralizing the free radicals. For this purpose, extracts of oregano, rosemary, cloves, green tea or garlic are used. Their addition to the product reduces lipid oxidation and prolongs the storage period.

WSTĘP

Mięso wieprzowe, jest najczęściej spożywanym rodzajem mięsa w Polsce. Jego konsumpcja stanowi ok. 60% całkowitego spożycia mięsa w naszym kraju. To cenny surowiec spożywczy. Ze względu na zawartość pełnowartościowego białka zawierającego wszystkie egzogenne aminokwasy jest bardzo ważnym elementem diety człowieka. Jest nie tylko skumulowanym źródłem energii pochodzącym z tłuszczu, ale także wielu składników mineralnych, czy też witamin z grupy B. Mięso to również źródło składników, które wykazują wysoką aktywność biologiczną. Przetwory mięsne takie jak wędliny to sposób na zwiększenie użytecznych form mięsa wieprzowego, możliwość wykorzystania większej liczby elementów tuszy zwierząt, ale również zwiększenie wygody użycia mięsa. Często zawierają one wysoki poziom tłuszczu, a zastosowane procesy produkcyjne powodują

wzrost zawartości soli, azotynów, czy też wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, wpływających negatywnie na zdrowie człowieka. Dlatego też istnieje konieczność opracowywania nowych technologii tworzenia funkcjonalnych przetworów mięsnych, które będą charakteryzować się prozdrowotnymi właściwościami. Jest to obecnie możliwe m.in. dzięki modyfikacji technologii wytwarzania przetworów mięsnych w celu obniżenia w nich zawartości tłuszczu, zawartości soli, azotanów i azotynów, czy też zmiany profilu kwasów tłuszczowych, w kierunku zwiększenia zawartości kwasów z rodziny n-3 i n-6, które wykazują pozytywne działanie na nasz organizm.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie możliwości otrzymywania funkcjonalnych produktów z mięsa wieprzowego poprzez modyfikowanie technologii ich wytwarzania.

Adres do korespondencji – Corresponding author: Katarzyna Świąder, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Katedra Żywności Funkcjonalnej, Ekologicznej i Towaroznawstwa, ul. Nowoursynowska 159c, 02-776 Warszawa, e-mail: katarzyna_swieder@sggw.pl

REDUKCJA ZAWARTOŚCI SOLI

W krajach uprzemysłowionych spożycie sodu przekracza zalecenia żywieniowe. Nadmierne spożycie sodu prowadzi do zwiększenia ryzyka wystąpienia chorób układu krążenia, a także udaru mózgu. Głównym źródłem sodu w diecie jest chlorek sodu, szeroko stosowany w przemyśle mięsny [39] jako środek konserwujący. Dodanie soli powoduje zmniejszenie aktywności wody. Wpływa to na wzrost przydatności produktów poprzez hamowanie rozwoju mikroorganizmów, a także na rozpuszczalność białek – aktyny i miozyny, co wiąże się ze zdolnością wiązania wody. Ponadto sól nadaje charakterystyczny smak produktom mięsnym i odgrywa kluczową rolę w uzyskaniu pożądanej tekstury przetworzonego produktu mięsnego [47].

Obniżenie zawartości soli w produktach mięsnych najczęściej uzyskuje się poprzez:

- ❖ zastąpienie chlorku sodu przez chlorek potasu,
- ❖ zmianę struktury cząstek chlorku sodu co powoduje odczucie bardziej słonego smaku w ustach,
- ❖ dodanie wzmacniaczy smaku – same w sobie nie są słone, jednak w połączeniu powodują wzrost zasolenia produktu; przykładowo, karboksymetylocelulozy i karagen w połączeniu z cytrynianem sodu wykazywały zwiększenie zasolenia w parówkach. Ponadto od dawna znanym potencjatorem smaku jest glutaminian sodu. Właściwość wpływania na smak ma czysty L – glutaminian sodu. Jego stosowanie jest łatwe gdyż nie ulega rozkładowi w warunkach produkcyjnych, nie jest higroskopijny, a wzmagając słony smak pozwala na zastosowanie mniejszych ilości NaCl. Do przetworów dodawany jest przeważnie w ilości poniżej 0,1% [13, 26, 40].

Armenteros i wsp. [4] badali biochemiczne i sensoryczne zmiany jakie zaszły w dojrzewającej szynce, w której częściowo zastąpiono chlorek sodu innymi solami. Zastosowano następujące mieszanki: I – próba kontrolna 100% NaCl; II - 50% NaCl i 50% KCl; III - 5% NaCl, 25% KCl, 15% CaCl₂ i 5% MgCl₂. Nie stwierdzono istotnych różnic w odniesieniu do zapachu, twardości i soczystości pomiędzy szynką kontrolną, a szynką w której zastosowano mieszankę II, niemniej jednak próba kontrolna była bardziej smakowita – nie charakteryzowała się gorzkim smakiem, który był spowodowany obecnością potasu w mieszance II. Mieszanka III wpłynęła znacząco na obniżenie wszystkich cech sensorycznych produktu, który charakteryzował się gorzkim posmakiem. Mieszanka ta spowodowała powstanie metalicznego, ściągającego i drażniącego wrażenia w ustach. Sól to jeden z jeden z głównych składników w suchych fermentowanych kielbasach. Odgrywa kluczową rolę w zapewnieniu mikrobiologicznej stabilności, ale także ma istotny wpływ na ostateczny smak i konsystencję. Guardia i wsp. (2008) [24] podają, że możliwe jest stworzenia akceptowanych przez niektórych konsumentów fermentowanych kielbas o małej średnicy, w których zastosowano wysoki poziom zastąpienia (50%) NaCl. Badanie preferencji nie wykazało różnic w ocenie pomiędzy próbką kontrolną, która zawierała 22 g NaCl/kg, a partią z 50% KCl i 40% KCl + 10% mleczanem potasu. Devlieghere i wsp. (2009) [14] badali wpływ dodatku mieszanki diocyanu sodu i mleczanu potasu do gotowanej

i pakowanej szynki, w której obniżona została zawartość soli o 20% i 40%, na jej trwałość przechowalniczą. Stwierdzono, że 2% i 3% dodatek mieszanki diocyanu sodu i mleczanu potasu do produktu o zredukowanej o 40% zawartości soli, powodował zwiększenie jego trwałości przechowalniczej, dzięki hamowaniu rozwoju bakterii *Leuconostoc mesenteroides* i *Lactobacillus casei*. Istnieje konieczność przeprowadzenia badań dotyczących trwałości mikrobiologicznej produktu przed ustaleniem poziomu do jakiego obniża się w nim zawartość soli lub też zamienia się NaCl inną substancją.

REDUKCJA ZAWARTOŚCI TŁUSZCZU ZMIANA PROFILU KWASÓW TŁUSZCZOWYCH

Zmniejszenie zawartości tłuszczu w produkcie prowadzi do otrzymania wyrobów o obniżonej wartości energetycznej. Najprostszym sposobem ograniczenia ilości tłuszczu w produkcie, jest rozcieńczenie go z wodą. W sytuacji kiedy nie jest to możliwe stosowane są zamienniki tłuszczu, które ze względu na ich charakterystyczne właściwości można podzielić na analogi tłuszczu, substytuty tłuszczu, wypełniacze i mimetyki tłuszczu [2].

Stworzenie niskotłuszczowych produktów mięsnych nie jest łatwym zadaniem dla przemysłu spożywczego, głównie ze względu na wygląd, teksturę i smak produktu finalnego, który musi być w pełni akceptowany przez konsumenta. Badania przeprowadzone przez Dolata i wsp. (2002) [16], w których badano wpływ częściowego zastąpienia tłuszczu w drobno rozdrobnionych przetworach mięsnych błonnikiem, na kształtowanie jakości farszów, wykazały pogorszenie tekstury i zwiększenie wycieku cieplnego farszów, zarówno dla poziomu substytucji 1% jak i 3%. Dodatek błonnika ziemniaczanego spowodował obniżenie zawartości soli w produkcie z 1,61% do 1,31%.

Tłuszcz odgrywa ważną rolę w tworzeniu cech organoleptycznych produktów mięsnych (43, 3]. W zależności od miejsca występowania, tłuszcz można klasyfikować jako: pozawłókienny znajdujący się zwłaszcza w tkance łącznej (tłuszcz zapasowy), który stanowią głównie triacyloglicerole oraz śródwłókienny – wewnątrz włókienek mięśniowych składający się z fosfolipidów a także w niewielkim stopniu z triacylogliceroli. Części tuszy spożywanych tuczników, zawierają około 23% tłuszczu. Jego wartość odżywcza determinowana jest nie tylko składem kwasów tłuszczowych, ale także związkami chemicznymi związanymi z tłuszczem – dotyczy to cholesterolu i witamin rozpuszczalnych w tłuszczach.

Jak podaje Weiss i wsp. (2010) [47] zwiększenie zawartości mięsa w kielbasach gotowanych, mające na celu rekompensację zawartości tłuszczu, powoduje zwiększenie czerwonej barwy, twardości oraz spadek siły wiązania wody w produkcie. Badania przeprowadzone przez Garcia – Garcia i Totosaus (2008) [22] oceniały możliwość zastosowania karagenu, gumy ksantanowej, pochodnych celulozy, pektyn, mączki chleba świętojańskiego i skrobii jako substancji spełniających rolę zamienników tłuszczu. Wykazano, zdolność mieszaniny karagenu i mączki chleba świętojańskiego (karob) do zwiększonej retencji wody i poprawy tekstury produktu. Świadczy to o możliwości zastosowania powyżej

wymienionych substancji w tym celu. W większości, składniki stosowane jako zamienniki tłuszczu przy produkcji przetworów mięsnych, same w sobie nie przynoszą żadnych fizjologicznych korzyści dla organizmu ludzkiego, poza tym, że zmniejszają kaloryczność produktu [37]. Istnieją jednak takie, które posiadają właściwości prozdrowotne. Jak podaje Karwowska i Dolatowski (2008) [32] dostępna literatura dostarcza informacji, że jako zamienniki tłuszczu stosowane są elementy ziarna zbóż gryki, czy też owsa. Gryka charakteryzuje się specyficznymi cechami organoleptycznymi i żywieniowymi. Posiada ona dużą ilość egzogennych aminokwasów – lizyny, dużą zawartość błonnika pokarmowego, ale także związek wykazujący aktywność biologiczną rutynę – należący do grupy flawonoidów. Gryka charakteryzuje się działaniem przeciwzapalnym i przeciwutleniającym. Co więcej jest też dobrym źródłem witamin z grupy B, PP, magnezu, wapnia, seleniu, potasu, czy kobaltu. Badania przeprowadzone z wykorzystaniem gryki jako zamiennika tłuszczu przyniosły pozytywny efekt. Możliwe jest stworzenie mięsnego produktu o obniżonej zawartości tłuszczu, dodatkowo wzbogaconego o cenne składniki – błonnik, a do tego akceptowanego przez konsumentów. Dodatek 5% ekstraktu gryczanego do mięsnego farszu nie powodował znaczących zmian jakościowych w porównaniu do produktu bez dodatku. Dodatek w ilości 30% powodował znaczną zmianę cech sensorycznych i generował najniższe oceny cech sensorycznych [17].

Błonnik stosowany jako zamiennik tłuszczu może być różnego pochodzenia: owies, burak cukrowy, migdały, soja. Błonnik owsiany jest dobrym źródłem beta – glukanu, posiadającego właściwości obniżania poziomu cholesterolu we krwi [37]. W badaniach przeprowadzonych przez Caceres i wsp. (2004) [8] udowodniono, że zastosowanie dodatku błonnika pozwala uzyskać produkt o obniżonej kaloryczności. Dieta bogata w błonnik pokarmowy zmniejsza ponadto ryzyko zachorowania na raka jelita grubego, choroby układu krążenia, chorobę wieńcową, zmniejsza ryzyko otyłości, a także obniża poziom cholesterolu we krwi. Babio i wsp. (2010) [5] podają, że przekrojowe badania przeprowadzone w Szwajcarii na 3452 osobach dorosłych, pozwoliły wykazać pozytywną zależność pomiędzy spożyciem błonnika z dietą, a profilem lipidowym. Zdrowa dieta bogata w błonnik wiązała się z niższymi wskaźnikami triglicerydów w surowicy i wyższym stężeniem HDL.

Jako inne zamienniki tłuszczu podawane są fruktooligosacharydy (FOS), a także inulina [29]. Badania przeprowadzone przez Russo i wsp. (2008) [38] na włoskich wolontariuszach miało na celu zbadanie wpływu inuliny dodanej do makaronu na profil lipidowy krwi. Do badań wykorzystano 22 osoby płci męskiej w wieku 18 lat. Biorący udział w badaniu przez określony czas spożywali dietę z wyłączeniem makaronu, następnie dietę z makaronem bez dodatków, w dalszej kolejności makaron z 11% dodatkiem inuliny. Wyniki badania pozwoliły stwierdzić, że dodatek inuliny w znacznym stopniu obniżył poziom poszczególnych wskaźników lipidowych w porównaniu do osób, których dieta nie zawierała inuliny. Ogólny cholesterol był niższy o 15 mg/dl przy diecie z dodatkiem inuliny, aniżeli przy diecie ze zwykłym makaronem, podobnie było z LDL, który był niższy o 15,6 mg/dl, natomiast poziom HDL wzrósł o 9,6 mg/dl.

Florowski i wsp. (2010) [21] badali wpływ różnych poziomów substytucji tłuszczu inuliną w kiełbasach drobno rozdrobnionych, na wybrane wyróżniki jakościowe. W przygotowanych próbkach zamieniono odpowiednio 1/3, 2/3, oraz cały tłuszcz 25% roztworem inuliny. Przy każdym poziomie substytucji nie obserwowano istotnych zmian spistości, sprężystości oraz barwy produktu. Przechowywanie w warunkach chłodniczych nie miało wpływu na wyciek wyrobów. 100% zastąpienie tłuszczu spowodowało obniżenie wydajności podczas obróbki wędzarniczej, jak również zmniejszenie twardości i znaczne pogorszenie ogólnej pożądalności produktu w zestawieniu z próbką kontrolną. Zastąpienie tłuszczu inuliną w ilości 2/3 jego całkowitej zawartości, powodowało obniżenie zawartości tłuszczu w produkcie gotowym z 29,4% do 15,9%. Z kolei z badania przeprowadzonego przez Mendoza i wsp. (2001) [35] wynika, że dodatek inuliny w ilości od 7,5% do 12,5% do fermentowanych kiełbas wpłynął na wytworzenie bardziej miękkiej tekstury, oraz na kruchość, sprężystość i lepkość na poziomie podobnym jak w kiełbasach konwencjonalnych. Otrzymanie kiełbasy zachowującej 30% początkowej zawartości tłuszczu, możliwe było przy użyciu około 10% inuliny.

Inulina stosowana w produkcji wędlin, nie tylko ułatwia stworzenie produktu o obniżonej zawartości tłuszczu, ale także wzbogaca go o składniki prozdrowotne, gdyż należy do grupy prebiotyków [21]. Badania prowadzone przez Gibsona [31] pozwoliły udowodnić prebiotyczny efekt działania inuliny. Dodatek inuliny do diety powodował zmianę flory jelitowej poprzez stymulowanie wzrostu *Bifidobacterii*, które hamowały rozwój szkodliwych bakterii (wydzielających bakteriocyny). Profil kwasów tłuszczowych w przetworach z mięsa wieprzowego możliwy jest do zmiany już na poziomie gospodarstwa poprzez skarmianie zwierząt odpowiednimi paszami. W przetworach mięsnych, aby tego dokonać, można część tłuszczu zwierzęcego zastępować innym. Może to być tłuszcz bogatszy w jednonienasycone, czy też wielonienasycone kwasy tłuszczowe, tłuszcze nie zawierające cholesterolu, bądź też te, które w swoim składzie mają mniej nasyconych kwasów tłuszczowych. Głównie są to oleje rybne, czy też roślinne. Innym sposobem może być zmniejszenie koncentracji tłuszczu poprzez wykorzystanie białek roślinnych np. z soi, owsa czy kukurydzy [29]. Obniżenie zawartości nasyconych kwasów tłuszczowych niesie ze sobą wiele korzyści. Kwas mirystynowy (14:0) i palmitynowy (16:0) do nich należące mają wpływ na podwyższenie cholesterolu ogólnego i frakcji LDL w surowicy krwi, ponadto nasilają tendencję do agregacji płytek krwi, co zwiększa ryzyko zakrzepów [33, 45].

Większa zawartość kwasów MUFA (ang. monounsaturated fatty acids) i PUFA (ang. polyunsaturated fatty acids) wiąże się z mniejszym ryzykiem chorób układu krwionośnego. Oleje rybne są źródłem kwasu eikozapentaenowego (EPA-C 20:5) oraz dokozaheksaenowego (DHA – C 22:6) należących do rodziny polienowych kwasów n-3. Natomiast oleje roślinne (sojowy, lniany, rzepakowy) są źródłem kwasów linolenowego i α – linolenowego. Związki zawarte w tych olejach obniżają poziom cholesterolu, ciśnienie krwi, triacylogliceroles, wpływają na odpowiedni poziom frakcji cholesterolu HDL, a także zapobiegają wieńcowym chorobom serca. Ponadto przeprowadzone badania wykazały, że suplementacja

diety kwasem EPA i DHA (0,4%) nie wpływa na zmiany smaku spożywanych produktów [1].

Jelińska (2005) [30] podaje, że prowadzone na zwierzętach badania potwierdziły obserwacje przeprowadzone na ludziach, dotyczące wpływu kwasów n-3 na proces karcinogenezy. Kwasy n-3 hamują procesy nowotworowe. Zaobserwowano brak dalszego wzrostu guza sutka po transplantacji u szczurów, które wcześniej otrzymały EPA i DHA.

Delgado-Pando i wsp. (2010) [11] w swoich pracach skupili się na możliwości poprawy profilu kwasów tłuszczowych w kielbasach typu frankfurterki. Wykorzystano do tego mieszanek oleju lnianego i rybiego stabilizowaną przez kompleksy białkowe. Wyniki badań wskazują, że dodatek mieszanki pozwolił uzyskać korzystniejszy profil kwasów tłuszczowych – większą zawartość EPA i DHA oraz nie wpłynął na zmiany struktury i smaku kielbas. Późniejsze badania tej samej grupy Delgado-Pando i wsp. (2011) [12] wykazały, że zastosowanie emulsji typu olej w wodzie stabilizowanej różnymi systemami przygotowanymi z użyciem białka sojowego czy też kazeinianu sodu nie ma wpływu na późniejsze przechowywanie i trwałość produktu. Zaobserwowano jedynie niewielki stopień wzrostu utleniania lipidów. Może to być zatem doskonała strategia do tworzenia mięsnych produktów funkcjonalnych.

REDUKCJA ZAWARTOŚCI AZOTANÓW I AZOTYNÓW

Azotany dodawane najczęściej w postaci soli potasu lub sodu do produktów mięsnych są wykorzystywane w produkcji dojrzewających przetworów mięsnych. Nadają one charakterystyczny kolor, wpływają na smak, aromat, ale również hamują rozwój mikroorganizmów w tym patogennych. Azotan ma jednak związek z methemoglobinemią i z powstawaniem nitrozoamin, które wykazują działanie teratogenne, mutagenne oraz kancerogenne. Ilość powstających nitrozoamin zależy od pozostałości azotynów w danym produkcie. Istnieją dwie najważniejsze strategie stosowane w celu obniżenia zawartości azotynów w produktach mięsnych: stosowanie inhibitorów N – nitrozoamin oraz obniżanie bądź całkowita eliminacja ich dodatku [29].

Yilmaz i Zorba (2010) [51] badali możliwość redukcji zawartości azotynów przez glukono – d – lakton i kwas askorbinowy w fermentowanych kielbasach „sucuk”. Stwierdzono, że kwas askorbinowy wykazywał zdolność do znacznej redukcji pozostałości azotynów. Powodował jednak w połączeniu z nimi zmiany smaku i tekstury. Ponadto zarówno w miarę zwiększania zawartości kwasu askorbinowego, jak i glukono – d – laktonu zmniejszała się wydajność produkcji kielbas.

Podczas wybierania produktu konsument w dużej mierze kieruje się jego barwą. W szynce dojrzewającej redukcja azotanów do azotynów wiąże się z przeciwdziałaniem potencjalnej obecności *Clostridium botulinum*, ale również formowaniem typowego czerwonego koloru. Badania przeprowadzone przez Benedinia i wsp. (2008) [6] podają, iż istnieje możliwość stworzenia szynki parmeńskiej bez dodatku azotanów lub azotynów. Za tworzenie barwy może odpowiadać tu pigment Zn – protoporfiryna IX. Powstaje on za sprawą aktywności Zn – chelatazy. Efekt działania jest wzmacniany

przy wysokim poziomie chlorku sodu, w mniejszym stopniu w obecności kwasu askorbinowego. Preferowane są pH 5,5 – 6,0 i temperatura 10°C – 25°C, czyli temperatura stosowana w fazie dojrzewania. Autorzy podają, że możliwe jest stworzenie produktu bezpiecznego, bez wpływu na jego cechy.

W badaniach wpływu dodatku koncentratu pomidorowego na poziom azotynów i jakość frankfurterek prowadzonych przez Deda i wsp. (2007) [10] uzyskane wyniki pozwoliły stwierdzić, że dodatek 12% koncentratu może być zastosowany jako skuteczny środek do obniżenia poziomu azotynów o 33,3% (ze 150 mg/kg do 100 mg/kg) bez negatywnego wpływu na przetwarzanie i jakość produktu w trakcie jego przechowywania. Przygotowany w ten sposób produkt może być bardzo pożądany przez konsumenta nie tylko z powodu obniżonej zawartości azotynów, ale również ze względu na zawartość w nim likopenu.

Zasadniczo owoce cytrusowe są przeznaczone do produkcji soków, natomiast generowana podczas ich produkcji duża ilość produktów ubocznych takich jak dietetyczne włókna, czy skórki mogą znaleźć zastosowanie w przemyśle mięsnym. Badania przeprowadzone przez Yalinkilic i wsp. (2011) [49] z wykorzystaniem fermentowanej kielbasy „sucuk”, pozwoliły stwierdzić, że dodatek włókna pomarańczowego spowodował spadek poziomu azotynów. Wykorzystanie włókna zmniejszyło straty podczas gotowania, a jego 2% dodatek nie spowodował istotnych różnic pod względem smaku, koloru, struktury i zapachu w odniesieniu do próbek kontrolnej. Niekorzystnym efektem okazał się wpływ włókna pomarańczy na zwiększenie zawartości produktów peroksydacji lipidów - TBARS w produkcie. Również Fernandez – Lopez i wsp. (2008) [20] badali wpływ dodatku włókna z pomarańczy na cechy fermentowanych kielbas. Stwierdzono, że zastosowanie włókien pomarańczy daje dwie korzyści: wpływa na spadek zawartości pozostałości azotynów, co może zapobiec tworzeniu szkodliwych nitrozoamin oraz wpływa na tempo wzrostu bakterii co może być związane ze spowolnieniem psucia się produktu. Dodatek włókna w ilości 2% wpłynął jednak na zmiany cech sensorycznych (koloru, smaku, soczystości) pogarszając akceptowalność produktu.

DODATEK PRZYPRAW I ZIOŁ ZAWIERAJĄCYCH BIOAKTYWNE SKŁADNIKI

Jedną z głównych zmian, jakie zachodzą w mięsie i produktach mięsnych jest utlenienie lipidów. W ten sposób powstaje wiele związków, które powodują zmianę smaku, czy też zapachu pogarszając akceptowalność produktu przez konsumenta. Aby ograniczyć te zmiany stosuje się różnego rodzaju przeciwutleniacze, które wychwytyują, bądź redukują wolne rodniki, zapobiegają reakcjom z tlenem. Do przeciwutleniaczy zalicza się syntetyczny BHT (di-tert-butylhydroksytoluen), witaminy A, C czy też E. Stosuje się również kwasy spożywcze i ich sole. Fosforany o różnym stopniu kondensacji wykazują zdolność wiązania jonów metali na przykład Fe (są one jednym z głównych prooksydantów mających znaczenie w ogrzewanym mięsie), jonów Cu, czy też Pb [28]. Syntetyczne antyoksydanty, takie jak wspomniane BHT nie są w pełni akceptowane przez konsumentów,

dlatego też rozpoczęto badania nad możliwością wykorzystania jako przeciwutleniaczy składników naturalnie występujących w przyprawach i ziołach. Obecne w ziołach i przyprawach flawonoidy, garbniki, czy też kwasy fenolowe charakteryzują się właściwościami nie tylko antyoksydacyjnymi, ale też przeciwzapalnymi, czy przeciwnowotworowymi. W żywności mogą poprawiać smak, opóźniać oksydację lipidów, jak również hamować rozwój mikroorganizmów [53].

Oregano to tradycyjna śródziemnomorska przyprawa. W swoim składzie zawiera związki o właściwościach antyoksydacyjnych. Prace dotyczące możliwości wykorzystania ekstraktów roślinnych, w tym oregano, prowadzone są nie tylko na etapie modyfikacji procesu technologicznego wytwarzania produktów, ale także już na etapie skarmiania zwierząt. Na przykład Simitzis i wsp. (2010) [44] prowadzili badania dotyczące wpływu suplementacji pasz tuczników olejkami z oregano (0,25 ml; 0,5 ml; 1 ml/kg paszy) na cechy jakościowe mięsa. W tym eksperymencie nie wykazano wpływu dodatku oregano na parametry jakości mięsa wieprzowego. Prawdopodobnie składniki olejku oregano nie zostały wprowadzone do błon fosfolipidowych komórek mięśni tuczników. Jak wykazano, karwakrol, główny składnik olejku oregano, nie gromadził się w tkankach zwierzęcych, tylko był wydalany z moczem w ciągu 24 godzin. Inne wyniki badań uzyskano na etapie przygotowywania produktu. Dodatek [19] 3% oregano do wieprzowiny i wołowiny wpłynął na niższy poziom utleniania lipidów po 12 dniowym przechowywaniu mięsa w warunkach chłodniczych, w porównaniu do próby bez dodatku i do próby z dodatkiem 3% szałwii. W innych badaniach, których celem [27] była ocena zawartości karnozolu, kwasu rozmarynowego i karnozynowego w liściach rozmarynu i oregano, a także ocena wpływu tych dwóch przypraw na utlenianie lipidów i zachowanie koloru w wieprzowym farszu, wykazano, że rozmaryn cechował się większą aktywnością antyoksydacyjną, niżeli oregano. Ponadto większa zawartość fenoli – głównie kwasu rozmarynowego w rozmarynie, pomogła również skutecznie uniknąć pogorszenia barwy produktu.

Otrzymywany z rozmarynu ekstrakt, zawiera dużo związków fenolowych, dzięki temu rozmaryn charakteryzuje się znaczącą aktywnością przeciwutleniającą. Wśród obecnych w rozmarynie związków zidentyfikowano między innymi karnozol i kwas karnozynowy o właściwościach przeciwbakteryjnych, przeciwwirusowych, przeciwbólowych. Ponadto zmniejszają one ryzyko wystąpienia nowotworów, chorób układu krążenia, cukrzycy, mają właściwości przeciwalergiczne oraz stymulują krążenie krwi. Stosuje się je również w artretyzmie i reumatyzmie [48]. Estevez i Cava (2006) [18] wykazali, że dodatek w ilości 300 ppm i 600 ppm ekstraktu z rozmarynu do parówek, przechowywanych przez 60 dni, pochodzących z iberyjskiej świni znacznie obniżał ilość wydzielanych produktów peroksydacji lipidów (TBARS). Dodatek rozmarynu w ilości 600 ppm wpłynął na zmniejszenie generacji heksanal. Zupełnie inny wynik uzyskano dla parówek z mięsa ze świni białej. Dodatek 150 ppm ekstraktu skutecznie hamował procesy oksydacyjne podczas całego okresu przechowywania. Nieoczekiwanie, 300 ppm i 600 ppm ekstraktu z rozmarynu nie miało wpływu na stabilność utleniania lipidów. Inne badania wskazują, że [42] dodatek ekstraktu z rozmarynu w ilości 2500 ppm do mrożonej

kielbasy wieprzowej wpłynął na niższą zawartość TBARS w porównaniu do zawierającej 100 ppm BHA/100 ppm BHT. Ponadto ekstrakt rozmarynu wpłynął ochronnie na kolor i świeżość wieprzowych kielbas. Georgantelis i wsp. (2007) [23] udowodnili iż ekstrakt z rozmarynu dodany w ilości 260 mg/kg do świeżych kielbas wieprzowych, pozwolił zwiększyć okres przechowalniczy (temperatura 4°C) z maksymalnie 10 dni dla próbki kontrolnej, do 18 dni dla kielbasy z dodatkiem ekstraktu z rozmarynu. Ponadto dodatek rozmarynu spowodował niższy stopień utleniania lipidów w porównaniu do próbki kontrolnej.

Inną rośliną zawierającą składniki bioaktywne jest czosnek. Jednym z głównych składników czosnku, jest allicyna, która wykazuje działanie przeciwbakteryjne, hamuje rozwój wielu patogenów takich jak na przykład *Staphylococcus aureus*, czy też *Listeria monocytogenes* [53]. Czosnek posiada również właściwości antyoksydacyjne, a wpływ aktywnych związków czosnku na różne szlaki metaboliczne, sugeruje jego działanie przeciwnowotworowe [15]. Yang i wsp. (2011) [50] po przeprowadzonych badaniach stwierdzili, że 0,1% dodatek czosnku powoduje zamaskowanie zapachu powstającego po napromieniowaniu mielonego mięsa wołowego. Sugeruje to, wykorzystanie produktów pochodzenia roślinnego w celu zamaskowania lub zmniejszenia niekorzystnych zmian zachodzących w trakcie przygotowywania produktów mięsnych. W celu zapobiegania wystąpienia niepożądanego smaku, czy też zapachu mięsa, czosnek dodaje się bezpośrednio do mięsa lub też stosuje suplementację diety zwierząt. Leong i wsp. (2010) [34], wykazali że dodatek olejku czosnkowego bezpośrednio przed gotowaniem mielonej wieprzowiny w ilości 125 ppm, powoduje zamaskowanie smaku baraniego (mięsnego) i pojawienie się smaku czosnkowego. Co więcej, aby uzyskać podobny efekt suplementując paszę, należy zastosować około 20 razy większą dawkę olejku czosnkowego. Czosnek może być wykorzystywany do wydłużenia okresu przechowywania produktów mięsnych. W badaniu przeprowadzonym przez Sallam i wsp. (2004) [41] stwierdzono, że czosnek świeży, w proszku i olejek czosnkowy posiadają właściwości antyoksydacyjne i przeciwbakteryjne w drobiowych kielbasach, przechowywanych w temperaturze 3°C. Świeży czosnek w stężeniu 50 g/kg kielbasy wykazał najsilniejszy wpływ, jednak ze względu na występowanie silnego czosnkowego smaku, nie był zaakceptowany przez większość konsumentów. 30g/kg świeżego czosnku lub czosnek w proszku w ilości 9 g/kg, nie powodowały tak intensywnego smaku przy uzyskaniu znaczącego efektu antyoksydacyjnego i antybakteryjnego.

Do skutecznych przeciwutleniaczy należy również olejek goździkowy, który zapobiega utlenianiu lipidów w żywności i produktach farmaceutycznych. Goździk (*Eugenia caryophyllus*) zawiera w sobie aktywny składnik eugenol. Opóźnia on powstawanie toksycznych produktów utleniania, utrzymuje odżywczą jakość i przedłuża trwałość żywności [25]. Olejek goździkowy dodany do drobiowych parówek na poziomie 1% i 2% hamował wzrost *Listeria monocytogenes* w czasie przechowywania w temperaturze 5°C i 15°C [36]. Również Zhang i wsp. (2009) [52] wskazują na właściwości antimikrobiologiczne ekstraktu z goździków w stosunku do *Listeria monocytogenes* w mięsie wieprzowym w trakcie przechowywania. Ponadto połączenie ekstraktu z goździków

i lukrecji działało hamująco na rozwój *Listeria monocytogenes*, ale także *Escherichia coli*, *Pseudomonas fluorescens* i *Lactobacillus sake*.

Katechiny są dominującą grupą polifenoli obecnych w zielonej herbacie. Są silnymi antyoksydantami, zapobiegają utlenianiu cholesterolu (LDL), miążdżycy i zakrzepom. Wykazują również działanie przeciwbakteryjne, przeciwwirusowe, a także spowalniają procesy starzenia się. Obserwuje się, że dodanie do produktów mięsnych katechin zawartych w herbacie znacznie zmniejszało utlenianie lipidów. Badania przeprowadzone przez Tang i wsp. (2006) [46] dowodzą, że katechiny obniżały utlenianie lipidów w mielonym mięsie wołowym w ciągu 7 dni przechowywania w warunkach chłodniczych, w warunkach tlenowych i MAP. Co więcej dodatek katechin do mięsa w ilości 200 mg/kg produktu poprawiał stabilność koloru. Poziom dodatek katechin 600 mg/kg, 800 mg/kg i 1000 mg/kg nie wykazywał efektu stabilizującego kolor. Naturalne antyoksydanty mogą być bardziej skuteczne niż syntetyczne. Badania przeprowadzone przez Bozkurt (2006) [7], wykazały, że dodatek zielonej herbaty zmniejszał zawartość TBARS, putrescyny i tyraminy w fermentowanych kielbasach znacznie bardziej efektywniej niż BHT, nie powodując zmian w ogólnej jakości sensorycznej i pH produktu. Jak podaje Choi i wsp. (2003) [9] dodatek do kielbas sproszkowanej zielonej herbaty wpływał na obniżenie zawartości TBARS, ale również na obniżenie zawartości azotanów. Zauważono również wpływ dodatku herbaty na zmniejszenie intensywności barwy czerwonej (wskaźnik barwy a) i jasności produktu (wskaźnik L), natomiast zwiększeniu uległ wskaźnik barwy b – barwa żółta.

PODSUMOWANIE

Modyfikacja technologii produkcji przetworów pozwala uzyskać produkty niskotłuszczowe, o zredukowanej zawartości soli, azotanów czy azotanów, jak również wzbogacone w ekstrakty roślinne o silnych właściwościach neutralizujących wolne rodniki.

W celu otrzymania produktów niskokalorycznych, o obniżonej zawartości tłuszczu używa się błonników różnego pochodzenia, dzięki czemu przy odpowiedniej substytucji można osiągnąć produkt akceptowany przez konsumentów. Zastąpienie tłuszczu inuliną w ilości 2/3 jego całkowitej zawartości, powodowało obniżenie zawartości tłuszczu w produkcie gotowym z 29,4% do 15,9%. Z innych badań wynika, że dodatek inuliny w ilości od 7,5% do 12,5% do fermentowanych kielbas wpłynął na wytworzenie bardziej miękkiej tekstury, oraz kruchości, sprężystości na poziomie podobnym jak w kielbasach konwencjonalnych.

W mięsnych produktach funkcjonalnych ważne jest także obniżanie poziomu soli, azotanów i azotanów. Zastosowanie 12% koncentratu pomidorowego w produkcji wędlin umożliwiło redukcję azotanów o 33,3%, bez negatywnego wpływu na ich jakość. Większa ilość powodowała natomiast zmiany barwy i smaku wędlin. Ważne jest zachowanie równowagi pomiędzy stosowanymi poszczególnymi składnikami produktu, gdyż ma to wpływ na ostateczną akceptację produktu przez konsumenta.

W produkcji wędlin stosowane są również ekstrakty roślinne takie jak: ekstrakt z oregano, rozmarynu, goździków,

zielonej herbaty czy czosnku. Zawarte w nich składniki posiadają silne właściwości przeciwutleniające. Ich dodatek do produktu wpływał na zmniejszenie stopnia utleniania lipidów, wydłużenie okresu przechowalniczego produktu poprzez hamowanie rozwoju drobnoustrojów, obniżenie poziomu azotanów w produkcie, czy też ochronny wpływ na kolor i świeżość produktu.

Zwiększające się oczekiwania konsumentów względem żywności powodują konieczność prowadzenia dalszych badań mających na celu opracowanie coraz większego asortymentu funkcjonalnych przetworów mięsnych.

LITERATURA

- [1] **ACHREMOWICZ K., K. SZARY – SWORST. 2005.** „Wielonienasycone kwasy tłuszczowe czynnikiem poprawy stanu zdrowia człowieka”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 3, 44: 23 – 35.
- [2] **ADA REPORTS 2005.** „Position of the American Dietetic Association: Fat Replacers”. *Journal of the American Dietetic Association* 105, 2: 266 – 275.
- [3] **ADAMCZAK L., M. SŁOWIŃSKI, M. RUCIŃSKI. 2003.** „The effect of κ -carrageenan, soya protein isolate and wheat fibre on quality characteristics of low-fat comminuted sausages”. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria* 2, 2: 85 – 93.
- [4] **ARMENTEROS M., M. C. ARISTOY, J. M. BARAT, F. TOLDRÁ. 2012.** “Biochemical and sensory changes in dry-cured ham salted with partial replacements of NaCl by other chloride salts”. *Meat Science* 90, 2: 361 – 367.
- [5] **BABIO N., R. BALANZA, J. BASULTO, M. BULLO, J. SALAS – SALVADO. 2010.** “Dietary fibre: influence on body weight, glycemic control and plasma cholesterol profile”. *Nutr. Hosp.* 25, 3: 327 – 340.
- [6] **BENEDINIA R., V. RAJAA, G. PAROLARI. 2008.** “Zinc-protoporphyrin IX promoting activity in pork muscle”. *LWT*, 41, 7: 1160 – 1166.
- [7] **BOZKURT H. 2006.** “Utilization of natural antioxidants: Green tea extract and Thymbra spicata oil in Turkish dry-fermented sausage”. *Meat Science* 73, 3: 442 – 450.
- [8] **CACERES E., M. L. GARCIA, J. TORO, M. D. SELGAS. 2004.** “The effect of fructooligosaccharides on the sensory characteristics of cooked sausages”. *Meat Science* 68, 1: 87 – 96.
- [9] **CHOI S. H., H. C. KWON, D. J. AN, J. R. PARK, D. H. OH. 2003.** “Nitrite contents and storage properties of sausage added with green tea powder”. *Korean J. Food Sci. Animal Resources* 23, 4: 299 – 308.
- [10] **DEDA M. S., J. G. BLOUKAS, G. A. FISTA. 2007.** “Effect of tomato paste and nitrite level on processing and quality characteristics of frankfurters”. *Meat Science* 76, 3: 501 – 508.
- [11] **DELGADO – PANDO G., S. COFRADES, C. RUIZ-CAPILLAS, F. JIMENEZ-COLMENERO. 2010.** “Healthier lipid combination as functional ingredient influencing sensory and technological properties of low-fat frankfurters”. *European Journal of Lipid Sci-*

- ence and Technology 112, 8: 859 – 870.
- [12] **DELGADO – PANDO G., S. COFRADES, C. RUIZ-CAPILLAS, M. T. SOLAS, M. TRIKI, F. JIMÉNEZ-COLMENERO. 2011.** “Low-fat frankfurters formulated with a healthier lipid combination as functional ingredient: Microstructure, lipid oxidation, nitrite content, microbiological changes and biogenic amine formation”. *Meat Science* 89, 1: 65–71.
- [13] **DESMOND E. 2006.** “Reducing salt: A challenge for the meat industry”. *Meat Science* 74, 1: 188 – 196.
- [14] **DEVLIEGHIERE F., L. VERMEIREN, E. BONTENBAL, P. P. LAMERS, J. DEBEVERE. 2009.** “Reducing salt intake from meat products by combined use of lactate and diacetate salts without affecting microbial stability”. *International Journal of Food Science and Technology* 44, 2: 337 – 341.
- [15] **DĘBSKI B., J. A. MILNER. 2007.** „Molekularne mechanizmy przeciwnowotworowego działania czosnku; rola reaktywnych form tlenu”. *Bromatologia Chematologia Toksykologia* 40, 3: 223 – 228.
- [16] **DOLATA W., E. PIOTROWSKA, H. MAKALA, M. KRZYWDZIŃSKA-BARTKOWIAK, M. OLKIEWICZ. 2002.** “The partial replacement of fat with the potato fiber preparation on the quality of model batters and finely comminuted meat products”. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 1, 2: 5 – 12.
- [17] **DOLATOWSKI Z. J., M. DUDEK, M. BUDORAN. 2004.** „Nasiona gryki w produkcji dietetycznych wyrobów mięsnych”. *Annales UMCS, Sectio E* 59, 4: 1607 – 1612.
- [18] **ESTEVEZ M., R. CAVA. 2006.** “Effectiveness of rosemary essential oil as an inhibitor of lipid and protein oxidation: Contradictory effects in different types of frankfurters”. *Meat Science* 72, 2: 348 – 355.
- [19] **FASSEASA M. K., K. C. MOUNTZOURISA, P. A. TARANTILISB, M. POLISSIOUB, G. ZERVASA. 2008.** “Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils”. *Food Chemistry* 106, 3: 1188 – 1194.
- [20] **FERNANDEZ – LOPEZ J., E. SENDRA, E. SAYAS – BARBERA, C. NAVARRO, J. A. PEREZ – ALVAREZ. 2008.** “Physico-chemical and microbiological profiles of “salchichon”(Spanish dry-fermented sausage) enriched with orange fiber” *Meat Science* 80, 2: 410 – 417.
- [21] **FLOROWSKI T., L. ADAMCZAK, I. HERNANDEZ, M. BELON, F. MORENO, A. TYBURCY. 2010.** „Ocena wpływu stopnia substytucji tłuszczu inuliną na wybrane wyróżniki jakości modelowych kiełbas”. *Nauka Przyroda Technologie* 4, 5: 1 – 9.
- [22] **GARCIA – GARCIA E., A. TOTOSAUS. 2008.** “Low-fat sodium-reduced sausages: Effect of the interaction between locust bean gum, potato starch and k-carrageenan by a mixture design approach”. *Meat Science* 78, 1: 406 – 413.
- [23] **GEORGANTELIS D., I. AMBROSIADIS, P. KATIKOU, G. BLEKAS, S. A. GEORGAKIS. 2007.** “Effect of rosemary extract, chitosan and α – tocopherol on microbiological parameters and lipid oxidation of fresh pork sausages stored at 4°C”. *Meat Science* 76, 1: 172 – 181.
- [24] **GUARDIA M. D., L. GUERRERO, J. GELABERT, P. GOU, J. ARNAU. 2008.** “Sensory characterisation and consumer acceptability of small calibre fermented sausages with 50% substitution of NaCl by mixtures of KCl and potassium lactate”. *Meat Science* 80, 4: 1225 – 1230.
- [25] **GULCIN I., M. ELMASTAS, H. Y. ABOUL-EN-EIN. 2010.** “Antioxidant activity of clove oil – A powerful antioxidant source”. *Arabian Journal of Chemistry* 4, 3: 1 – 11.
- [26] **GWIAZDA S., K. DĄBROWSKI, A. RUTKOWSKI. 2011.** Surowce do produkcji przetworów mięsnych, [W]: *Mięso – podstawy nauki i technologii*, red. Pisula A. i Pospiech E., wyd. SGGW, Warszawa: 295 – 305.
- [27] **HERNANDEZ – HERNANDEZ E., E. PONCE – ALQUICIRA, M. E. JARAMILLO – FLORES, I. GUERRERO LEGARRETA. 2009.** „Antioxidant effect rosemary (*Rosmarinus officinalis L.*) and oregano (*Origanum vulgare L.*) extracts on TBARS and colour of model raw pork batters”. *Meat Science* 81, 2: 410 – 417.
- [28] **HEŚ M., J. KORCZAK. 2007.** „Wpływ różnych czynników na szybkość utleniania się lipidów mięsa”. *Nauka Przyroda Technologie* 1, 1: 1 – 11.
- [29] **HOFFMANN M., B. WASZKIEWICZ – ROBAK, F. ŚWIDERSKI. 2010.** „Functional food of Animal origin. Meat and meat products”. *Nauka Przyroda Technologie* 4, 5: 1 – 13.
- [30] **JELIŃSKA M. 2005.** „Kwasy tłuszczowe - czynnik modyfikujący procesy nowotworowe”. *Biul. Wyzd. Farm. AMW* 1, 1: 1 – 9.
- [31] **KALYANI NAIR K., S. KHARB, D. K. THOMPSON. 2010.** “Inulin Dietary Fiber with Functional and Health Attributes—A Review”. *Food Reviews International* 26, 2: 189 – 203.
- [32] **KARWOWSKA M., Z. J. DOLATOWSKI. 2008.** “Physicochemical and sensory characteristics of meat products with buckwheat and oat extrudates, starch and soy bean protein addition”. *Polish Journal of Natural Sciences* 23, 1: 219 – 231.
- [33] **KOCHAN Z., J. KARBOWSKA, E. BABICZ – ZIELIŃSKA. 2010.** “Trans-kwasy tłuszczowe w diecie – rola w rozwoju zespołu metabolicznego”. *Postępy Hig. ed. Dośw. (online)* 64, 1: 650 – 658.
- [34] **LEONG J., P. C. H. MOREL, R. W. PURCHAS, B. H. P. WILKINSON. 2010.** “The production of pork with garlic flavour notes using garlic essential oil”. *Meat Science* 84, 4: 699 – 705.
- [35] **MENDOZA E., M. L. GARCÍA, C. CASAS, M. D. SELGAS. 2001.** “Inulin as fat substitute in low fat, dry fermented sausages”. *Meat Science* 57, 4: 387 – 393.
- [36] **MYTLE N., G. L. ANDERSON, M. P. DOYLE, M. A. SMITH. 2006.** “Antimicrobial activity of clove (*Syzygium aromaticum*) oil in inhibiting *Listeria mono-*

- cytogenes* on chicken frankfurters". Food Control 17, 2: 102 – 107.
- [37] **ROLLER S., S. A. JONES. 1996.** Handbook of fat replacers, CRC Press LLC: 17 – 19.
- [38] **RUSSO F., G. CHIMIENTI, G. RIEZZO, G. PEPE, G. PETROSILLO, M. CHILOIRO, E. MARCONI. 2008.** "Inulin-enriched pasta affects lipid profile and Lp(a) concentrations in Italian young healthy male volunteers". Eur J Nutr. 47, 8: 453 – 459.
- [39] **RUUSUNEN M., E. PUOLANNE. 2005.** "Review: Reducing sodium intake from meat products". Meat Science 70, 3: 531 – 541.
- [40] **RUUSUNEN M., J. VAINIONPAA, E. PUOLANNE, M. LYLÄ, L. LAHTEENMAKI, M. NIEMISTO, R. AHVENAINEN. 2003.** "Effect of sodium citrate, carboxymethyl cellulose and carrageenan levels on quality characteristics of low-salt and low-fat bologna type sausages". Meat Science 64, 4: 371–381.
- [41] **SALLAM K. I., M. ISHIOROSHI, K. SAMEJIMA. 2004.** "Antioxidant and antimicrobial effects of garlic in chicken sausage", Lebenswiss Technol. 37, 8: 849 – 855.
- [42] **SEBRANEK J. G., V. J. H. SEWALT, K. L. ROBBINS, T. A. HOUSER. 2005.** "Comparison of a natural rosemary extract and BHA/BHT for relative antioxidant effectiveness in pork sausage". Meat Science 69, 2: 289 – 296.
- [43] **SERDAROGLU M. 2006.** "The characteristics of beef patties containing different levels of fat and oat flour". Int. J. Food. Sci. Tech. 41, 2: 147 – 153.
- [44] **SIMITZIS P. E., G. K. SYMEON, M. A. CHARISMIADOU, J. A. BIZELIS, S. G. DELIGEORGIS. 2010.** "The effects of dietary oregano oil supplementation on pig meat characteristics". Meat Science 84, 4: 670 – 676.
- [45] **SZOSTAK-WĘGIEREK D. 2001.** "Nasycone kwasy tłuszczowe i izomery trans a patogenezę i profilaktykę miażdżycy". Pediatria Współczesna. Gastroenterologia, Hepatologia i Żywnienie Dziecka 3, 1: 19 – 20.
- [46] **TANG S. Z., S. Y. OU, X. S. HUANG, W. LI, J. P. KERRY, D. J. BUCKLEY. 2006.** "Effects of added tea catechins on colour stability and lipid oxidation in minced beef patties held under aerobic and modified atmospheric packaging conditions". Journal of Food Engineering 77, 2: 248 – 253.
- [47] **WEISS J., M. GIBIS, V. SCHUH, H. SALMINEN. 2010.** "Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products". Meat Science, 86, 1: 196 – 213.
- [48] **WOŹNIAK M., K. OSTROWSKA, L. SZYMAŃSKI, K. WYBIERALSKA, R. ZIELIŃSKI. 2009.** "Aktywność przeciwnadkwasowa ekstraktów z szałwii i rozmarynu". Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 4, 65: 133 – 141.
- [49] **YALINKILIC B., G. KABAN, M. KAYA. 2011.** "The effects of different levels of orange fiber and fat on microbiological, physical, chemical and sensorial properties of sucuk". Food Microbiology 2, 29: 255 – 259.
- [50] **YANG H. S., E. J. LEE, S. H. MOON, H. D. PAIK, K. NAM, D. U. AHN. 2011.** "Effect of garlic, onion, and their combination on the quality and sensory characteristics of irradiated raw ground beef". Meat Science 89, 2: 202 – 208.
- [51] **YILMAZ M. T., O. ZORBA. 2010.** "Response surface methodology study on the possibility of reduction by glucono-d- lactone and ascorbic acid in Turkish type fermented sausage (sucuk)". Journal of Muscle Foods 21, 1: 15 – 30.
- [52] **ZHANG H., B. KONG, Y. L. XIONG, X. SUN. 2009.** "Antimicrobial activities of spice extracts against pathogenic and spoilage bacteria in modified atmosphere packaged fresh pork and vacuum packaged ham slices stored at 4°C". Meat Science 81, 4: 686 – 692.
- [53] **ZHANG W., S. XIAO, H. SAMARAWEERA, E. J. LEE, U. DONG, D. U. AHN. 2010.** "Improving functional value of meat products". Meat Science 86, 1: 15 – 31.

Prof. dr hab.inż. Henryk KOMSTA
Wydział Mechaniczny
Politechnika Lubelska

TRANSPORT ŻYWNOŚCI A ŚRODOWISKO®

Food transport and the environment®

Coraz szybsza urbanizacja, powstawanie coraz większych aglomeracji miejskich skutkuje m.in. zwiększaniem drogi przebytej przez surowce i produkty rolnicze oraz artykuły żywnościowe od miejsca wytwarzania do miejsca ich konsumpcji. Zwiększa się rola transportu tych materiałów i produktów do punktów ich dystrybucji (sklepów, centr handlowych). **W artykule przeanalizowane zostały zagadnienia transportu do domu żywności zakupionej przez indywidualnego klienta jako jednego z czynników wpływających na stan środowiska.** Powszechnie wykorzystywanie samochodów osobowych, zwłaszcza przy zakupach realizowanych w centrach handlowych, usytuowanych na obrzeżach osiedli mieszkaniowych, przyczynia się do wzrostu emisji spalin i cząstek stałych. Jednym ze sposobów ograniczania tego zjawiska może być tworzenie systemów sieci kurierskich dostarczających do domu zamówionych przez klienta (np. drogą internetową, telefoniczną itp.), produktów spożywczych. Należy kontynuować działania mające na celu zwiększenie takich metod dostaw artykułów spożywczych do klienta.

The ever-increasing urbanization and the subsequent development of metropolitan areas result, amongst others, in the increased distance between the place of production of raw materials, agricultural products, and foodstuffs and the place of consumption. The role of transportation between these materials and product to distribution points (shops, shopping centres) is also increased.

The article examines the process of transporting food by individual customers to their households as one of the factors that have a significant environmental effect. The widespread use of cars, particularly regarding the purchases made in shopping centres situated in the suburban areas, contributes to the increase of vehicle emissions and solid particles in vehicle exhaust. In order to reduce this process, a system of interconnected courier services should be established, based on delivering food products purchased online or by phone. It is suggested that such methods of food transportation should be effectively implemented and assisted in broadening their range.

WPROWADZENIE

Zachodzące coraz szybciej procesy urbanizacji doprowadziły do tego, że od roku 2008 w zdecydowanej większości krajów świata w miastach mieszka więcej niż 50% mieszkańców danego kraju. Wg danych ONZ w 2050 r. obszary miejskie będą miejscami życia przeszło 2/3 ludności świata. Szacuje się, że w 2050 roku mieszkańcy miast stanowią będą 87% ludności Ameryki Północnej i 82% ludności Europy[6]. Zaspokajanie rosnących potrzeb żywnościowych miast stwarza nowe wyzwania dla organizatorów i uczestników istniejących oraz nowo powstających systemów dostaw/transportu i dystrybucji żywności do i wewnątrz coraz większych aglomeracji miejskich. Transport, jego organizacja i środki techniczne, będą w coraz większym stopniu kształtowały kierunki rozwoju systemów dystrybucji żywności. Powstawanie metropolii czy też megalopolis będzie wpływać na kształtowanie się i rozwój nowego, coraz bardziej istotnego ogniw w całym łańcuchu dostaw – jakim jest transport/dostawa żywności ze sklepu/centrum handlowego do domu klienta. Sposób kształtowania tego procesu, jego organizacja, w tym dobór metod transportu wpływają nie tylko na jego efektywność funkcjonowania, wyrażaną często poziomem satysfakcji klienta, ale także będą określać stopień oddziaływania transportu na środowisko. Szeroko rozumiany

transport w roku 2014 odpowiadał za ok. 15% emisji CO₂, będącego jednym z głównych przyczyn efektu cieplarnianego oraz za 44% emisji tlenków azotu i 22% całkowitej emisji pyłów [3]. Za 64% emisji CO i 69% emisji NO_x odpowiada kongestia naszych dróg.

TRANSPORT ŻYWNOŚCI

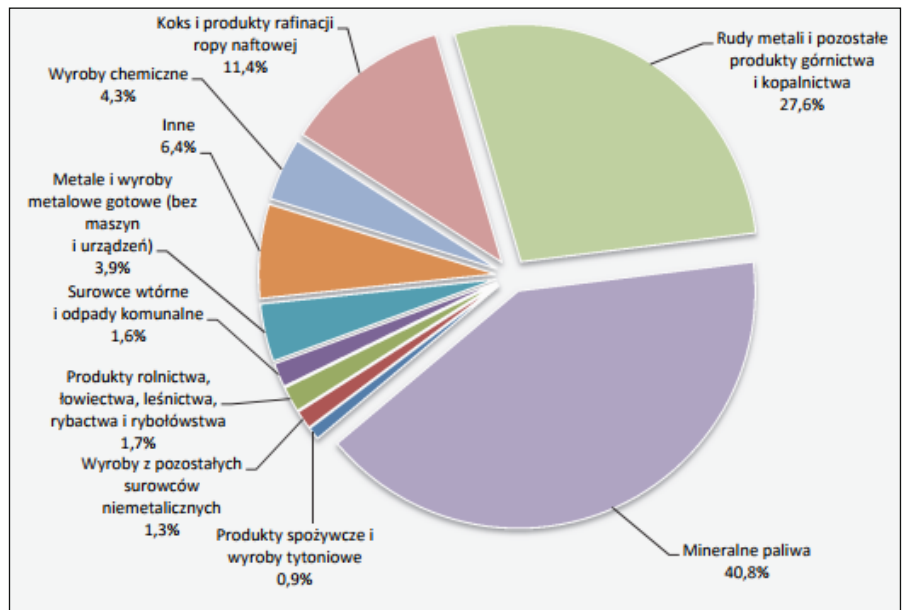
Transport produktów i surowców żywnościowych należy do jednych z ważniejszych, ale także nie do końca docenianych procesów występujących w całym łańcuchu żywnościowym. Postęp w doskonaleniu i wprowadzeniu nowych rozwiązań technicznych i organizacyjnych w transporcie jest jednym z głównych czynników zapewniających dostawę produktów spożywczych, na pożądanym poziomie ilościowym i jakościowym (z rejonów predysponowanych do jego wytwarzania), do finalnego odbiorcy. Transport i jego organizacja staje się istotnym ogniwem w tak rozumianym łańcuchu żywnościowym. W systemie transportu „door to door” wzrasta znaczenie funkcji „just in time”, wyrazem czego jest wzrost częstotliwości i ilości dostaw mniejszych partii towaru. Przyczyną tego są m.in. zmiany w strukturze zagospodarowania powierzchni sklepowych, w wyniku których następuje wzrost powierzchni handlowej kosztem ograniczania części magazynowej sklepu. Jest to także widoczne w handlu

produktami spożywczymi, zwłaszcza łatwo psującymi się, w przypadku których bardzo często dostarczany do sklepu produkt umieszcza się bezpośrednio na półkach sklepowych.

TRANSPORT KOLEJOWY I SAMOCHODOWY

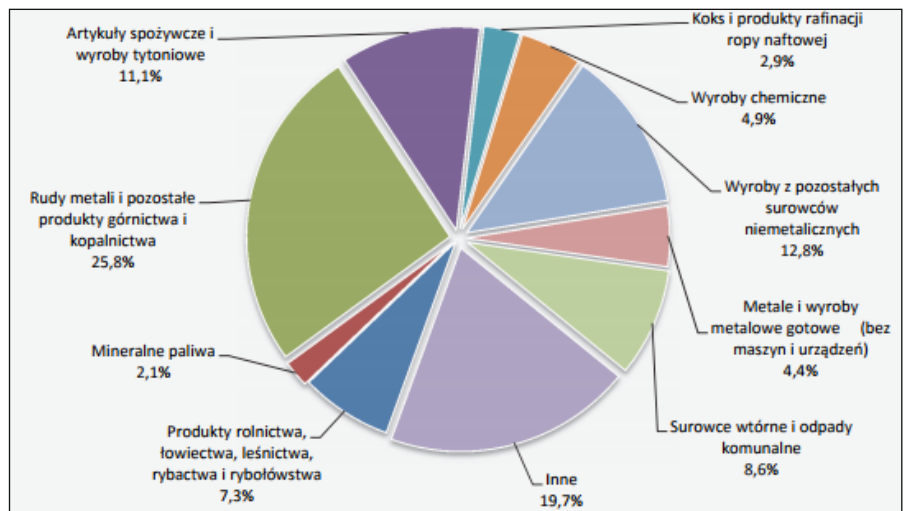
W procesie transportu żywności, a zwłaszcza żywności łatwo psującej się, jednym z istotnych kryteriów jest czas przewożenia produktu. W transporcie samochodowym, zwłaszcza na duże odległości, czas transportu musi uwzględniać, określone w odpowiednich przepisach prawnych, wymagania dotyczące czasu pracy kierowcy [8]. Czas pracy kierowcy na terenie UE regulują przepisy dotyczące warunków socjalnych pracowników transportu drogowego zawarte w rozporządzeniu (WE) 561/2006 z dnia 11 kwietnia 2006 r [4]. Maksymalny czas prowadzenia pojazdu pomiędzy każdymi dwoma okresami dziennego odpoczynku lub między okresem dziennego i tygodniowego odpoczynku nie może przekraczać 9 godzin, z możliwością przedłużenia do 10 godzin, nie więcej niż dwukrotnie w każdym tygodniu i nie częściej niż trzykrotnie w ciągu jednego tygodnia. Wydłużanie czasu przewozu produktów spożywczych łatwo psujących się, pociąga za sobą także (oprócz zwiększenia kosztów transportu) wzrost strat spowodowanych psuciem się lub zniszczeniem przewożonych produktów spożywczych. Szacuje się, że corocznie tylko w USA w całym łańcuchu dostaw żywności, 23-25% przewożonych produktów ulega zniszczeniu lub zepsuciu [1]. Dlatego też poszukiwane są i wdrażane nowe bardziej ekonomiczne i poprawiające bezpieczeństwo przewożonych towarów, systemy transportowe. Jednym z takich sposobów jest coraz szersze wprowadzanie transportu intermodalnego do przewozu szybko psujących się produktów spożywczych. W literaturze można spotkać różne definicje transportu intermodalnego. Wg dokumentu „Terminology on combined transport” (z 2001 roku) powstałego z inicjatywy Europejskiej Konferencji Ministrów Transportu, przy pomocy Europejskiej Komisji Gospodarczej ONZ oraz Komisji Europejskiej [5], transport intermodalny to „przewóz towarów w jednej i tej samej jednostce ładunkowej lub w pojeździe samochodowym, w czasie którego są używane sukcesywnie środki dwóch lub więcej gałęzi transportu, bez dokonywania przeładunku samego towaru przy zmianie rodzaju środka transportu”.

W Polsce w 2015 r. transportem kolejowym przewieziono ogółem 224,3 mln ton ładunków, o 1,5% mniej niż



Rys. 1. Struktura przewozów ładunków transportem kolejowym wg grup ładunków (w tonach) w 2015 r. [7].

Fig. 1. The structure of goods carried by railway transport by group of goods (tonnes) in 2015 [7].



Rys. 2. Struktura przewozów ładunków transportem samochodowym wg grup ładunków (w tonach) w 2015 r. [7].

Fig. 2. The structure of road freight transport by group of goods (tonnes) in 2015 [7].

w 2014 roku, a praca przewozowa osiągnęła poziom 50,6 mld tonokilometrów i była większa o 1,1%. Jak wynika z danych zobrazowanych na rysunku 1, w 2015 roku udział produktów rolnictwa, łowiectwa, leśnictwa, rybactwa i rybołówstwa wynosił 1,7%, a produktów spożywczych i wyrobów tytoniowych 0,9% ogółu ładunków przewożonych w Polsce transportem kolejowym [7].

Transportem samochodowym w 2015 r. przewieziono w Polsce 1505,7 mln ton ładunków, o 2,7% mniej niż w 2014 r. i wykonano pracę przewozową w tonokilometrach większą o 3,9% [7]. Udział artykułów spożywczych i wyrobów tytoniowych wynosił 11,1% zaś produktów rolnictwa, łowiectwa, leśnictwa, rybactwa i rybołówstwa 7,3% w ładunkach przewożonych transportem drogowym w Polsce (rys. 2.).

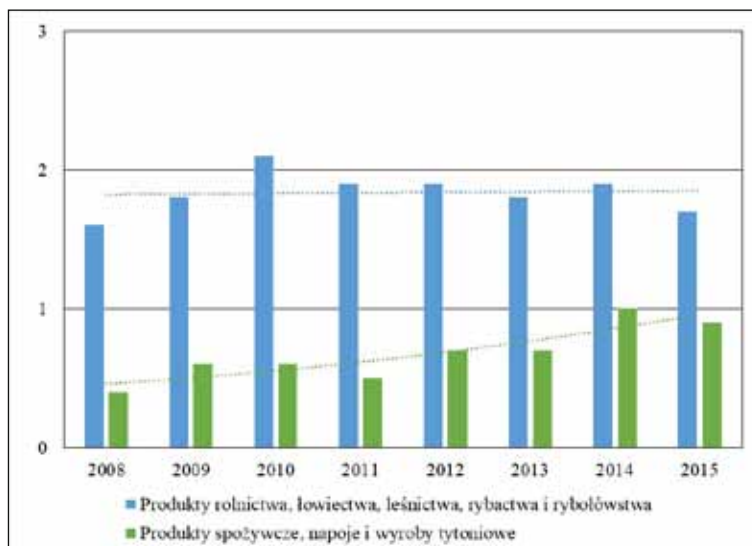
Na rysunku 3 przedstawiono kształtowanie się struktury przewozów produktów rolnictwa, łowiectwa, leśnictwa, rybactwa i rybołówstwa oraz produktów spożywczych, napojów i wyrobów tytoniowych w transporcie kolejowym w Polsce.

Udział ładunków z grup: produkty rolnictwa, łowiectwa, leśnictwa, rybactwa i rybołówstwa oraz produkty spożywcze, napoje i wyroby tytoniowe w transporcie samochodowym w Polsce przedstawiono na rysunku 4.

W przewozach krajowych w transporcie kolejowym średnia odległość przewozu 1 tony ładunku w km, w 2015 roku wynosiła 183 km (w komunikacji międzynarodowej 321 km). W przypadku produktów rolnictwa, łowiectwa, leśnictwa, rybactwa i rybołówstwa średnia odległość przewozu 1 tony ładunku to 393 km (w komunikacji międzynarodowej 354 km) zaś dla produktów spożywczych, napojów i wyrobów tytoniowych 409 km (w komunikacji międzynarodowej 213 km). W krajowym transporcie samochodowym średnia odległość przewozu 1 tony ładunku w 2015 roku wynosiła 99 km (w transporcie międzynarodowym 762 km). Dla produktów rolnictwa, łowiectwa, leśnictwa, rybactwa i rybołówstwa wartość ta to 113 km a dla produktów spożywczych, napojów i wyrobów tytoniowych odpowiednio 167 km (w transporcie międzynarodowym odpowiednio po 794 km). Na rysunkach 5 i 6 przedstawiono jak w Polsce kształtowała się średnia odległość przewozu 1 tony ładunku z grup: produkty rolnictwa oraz produkty spożywcze odpowiednio dla transportu kolejowego i samochodowego.

DOSTAWCY LOKALNI

W przypadku produktów spożywczych, zaliczanych do grupy łatwo psujących się, należy dążyć do minimalizacji czasu transportu, co w wielu przypadkach oznacza poszukiwanie producentów żywności zlokalizowanych jak najbliżej finalnego odbiorcy – lokalni dostawcy. Krótsza droga transportu to nie tylko mniejsze ryzyko pogorszenia jakości przewożonego towaru ale także mniejsze zagrożenia środowiska. „Rynek lokalny – lokalny dostawca” w połączeniu z koncepcją śladu węglowego wyrażaną w przypadku transportu żywności określeniem „Food Miles” wykorzystywany jest w rozważaniach dotyczących zrównoważonego rolnictwa i alternatywnych systemów dystrybucji żywności [2]. Coley i in. w swoich badaniach podjęli się próby określenia maksymalnej odległości jaką może przebyć, swoim samochodem osobowym, indywidualny klient na trasie dom – lokalny producent/sprzedawca – dom, aby poziom emisji spalin jego pojazdu nie był większy od emisji występującej w systemie dostaw e-zakupy z dostawą do domu odbiorcy [8]. Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że poziom emisji CO₂ pojazdu klienta, przy pokonywaniu drogi, z domu do lokalnego dostawcy/sprzedawcy i z powrotem, większej niż 7,4 km, jest wyższy niż w przypadku dystrybucji w ramach zorganizowanego systemu e-zakupów. Autorzy tych badań, podkreślają jednocześnie, że koncepcja „Food Miles” w praktycznych

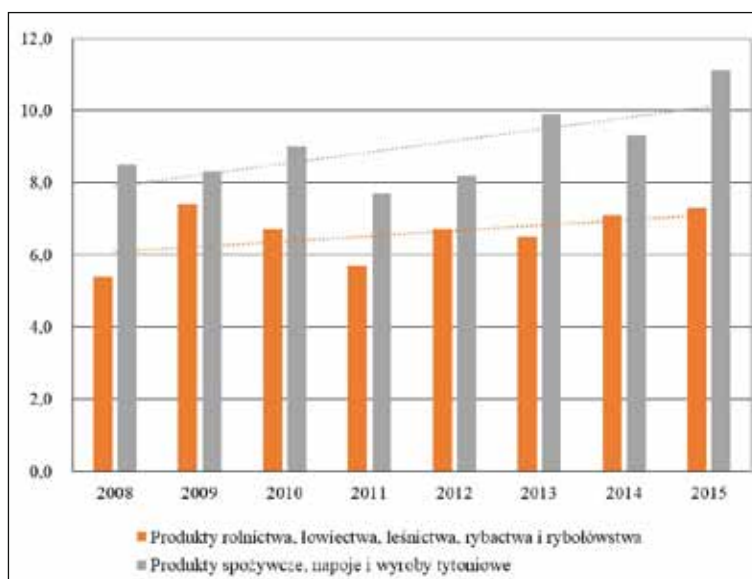


Rys. 3. Struktura przewozów ładunków w transporcie kolejowym wg grup ładunków %.

Fig. 3. Structure of goods carried by railway transport by groups of goods, %.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS z lat 2008-2015

Source: The own study based on GUS data from 2008-2015



Rys. 4. Struktura przewozów ładunków w transporcie samochodowym wg grup ładunków %.

Fig. 4. Structure of road freight transport by groups of goods, %.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS z lat 2008-2015

Source: The own study based on GUS data from 2008-2015

zastosowaniach ma małą wartość i że naprawdę należy brać pod uwagę poziom emisji na jednostkę produktu w całym łańcuchu dostaw [2].

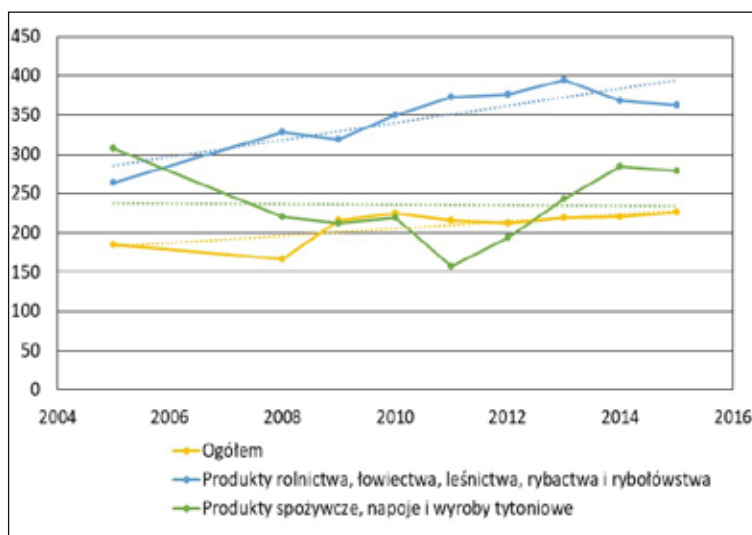
WNIOSKI

Postępująca urbanizacja, prowadząca do powstawania wielkich metropolii oraz megalopolis, nakazuje organizatorom życia publicznego i gospodarczo-społecznego rozważać i poszukiwać różnorodnych form działań mających m.in. na celu zaspokajanie ilościowych i jakościowych potrzeb

żywnościowych mieszkańców. W działaniach tych będzie wzrastała rola transportu zarówno długodystansowego jak i lokalnego. Jest to coraz bardziej widoczne, zwłaszcza przy obecnie występującej tendencji lokalizacji wielkich centrów handlowych na obrzeżach miast. Fakt ten wymusza konieczność przemieszczania się indywidualnych klientów nawet na takie odległości, których przejście pieszo z różnych powodów jest nieracjonalne czy też niemożliwe. Zwiększone wykorzystanie prywatnych środków motoryzacyjnych powoduje dodatkowe obciążenie dróg – kongestię, a tym samym jest przyczyną dalszego wzrostu poziomu emisji spalin a zatem pogarszania ekologicznego stanu środowiska. Rozwój systemu dostaw do domu klienta, w ramach np. e-handlu, w przypadku produktów żywnościowych wymaga podjęcia długofalowych działań mających na celu pokazanie zalet takiego podejścia zarówno dla klienta jak i otaczającego go środowiska. Związane to jest m.in. z przewyższeniem, nawet wielowiekowych przyzwyczajęń i nawyków towarzyszących tradycyjnej formie zakupu (dotknięcie towaru, dyskusje i wymiany uwag, rad w trakcie zakupu itp.). Aby taka forma realizacji zakupów znalazła aprobatę kupujących muszą oni mieć pewność, że to co zamówią w ramach e-handlu i otrzymają do domu, będzie jakościowo i ilościowo zgodne z ich oczekiwaniami i zamówieniami.

LITERATURA

- [1] **Best practices for shipping perishable goods coast-to-coast. 2014.** w <http://railex.com/wp-content/themes/railex/files/Railex-Shipping-Practices-Whitepaper.pdf>
- [2] **Coley D., M. Howard, M. Winter. 2009.** „Local food, miles and carbon emissions: A comparison of farm shop and mass distribution approaches. *Food Policy*. 34 (2009), 150-155.
- [3] **Ochrona środowiska. 2016.** GUS, Warszawa: w <http://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/srodowisko/ochrona-srodowiska-2016,1,17.html>
- [4] **Rozporządzenie (WE) nr 561/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 15 marca 2006 r.** w http://www.gitd.gov.pl/_data/assets/pdf_file/0017/42443/rozporzadzenie-we-nr-561.pdf
- [5] **Terminology on combined transport. 2001.** w <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/wp24/documents/term.pdf>
- [6] **The Development of Green City Index in International Community.** International Conference on Learning Cities. Beijing: Siemens AG. 2013. http://learningcities.uil.unesco.org/fileadmin/content/Publications/Conference_presentations/PresentationsBeijing/S3-3%20ZhouZheng.pdf.

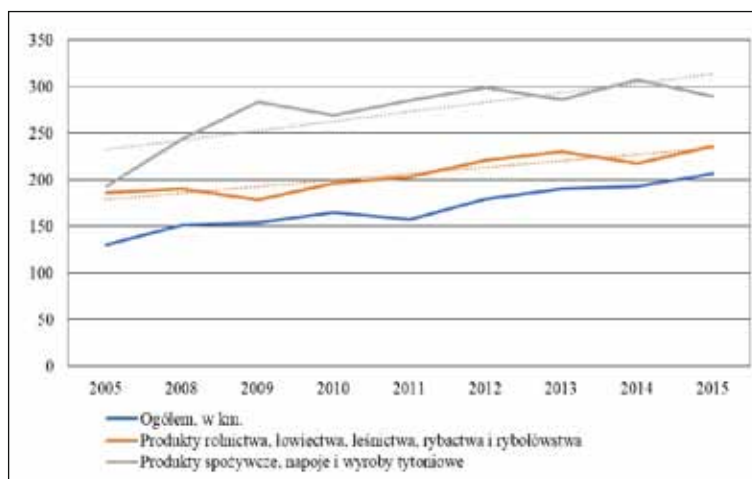


Rys. 5. Średnia odległość przewozu 1 tony ładunku transportem kolejowym, w km.

Fig.5. Average distance travelled by 1 tone of goods by railway transport, kilometers.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS

Source: The own study based on GUS data from 2008-2015



Rys. 6. Średnia odległość przewozu 1 tony ładunku transportem kolejowym, w km.

Fig. 6. Average distance travelled by 1 tone of goods by railway transport, kilometers.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS

Source: The own study based on GUS data from 2008-2015

- [7] **Transport. Wyniki działalności w 2015 r. 2016.** Warszawa: GUS. w <http://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/transport-i-laczynosc/transport/transport-wyniki-dzialalnosci-w-2015-r-,9,15.html>

- [8] **Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 o czasie pracy kierowców.** Dz.U. 2004 nr 92 poz. 879 w <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20040920879>.

Doc. dr hab. Marek GRUCHELSKI
Wyższa Szkoła Menedżerska w Warszawie, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie
Dr Józef NIEMCZYK
Instytut Badań Rynku, Konsumpcji i Koniunktur w Warszawie

NIEZBĘDNOŚĆ POGŁĘBIANIA SWOBODY GOSPODAROWANIA W POLSKIM ROLNICTWIE NA WZÓR WDRAŻANEGO USTAWODAWSTWA DOTYCZĄCEGO DZIAŁALNOŚCI PRZEDSIĘBIORSTW POZAROLNICZYCH

Część I – ZAGADNIENIA WSTĘPNE[®]

The necessity of deepening the freedom of management in polish
agriculture based on the implemented activities of non-agricultural
businesses legislation

Part I – Preliminary issues.[®]

*Autorzy dziękują Panu Marcinowi Gruchelskiemu za wydatną pomoc edytorską
w przygotowaniu tekstu niniejszego artykułu.*

Celem artykułu jest podjęcie bardzo ważnego problemu pogłębienia swobody gospodarowania w polskim rolnictwie na wzór wdrażanego ustawodawstwa dotyczącego głównie działalności przedsiębiorstw pozarolniczych.

Problem zwiększenia swobody gospodarowania w każdym sektorze gospodarki jest ważny zarówno dla aktywizacji działalności gospodarczej jak i poprawy efektywności gospodarowania.

W artykule omówiono ww. problematykę w oparciu o następujące dokumenty Ministerstwa Rozwoju:

1. „Plan na rzecz odpowiedzialnego rozwoju”;
2. „Strategia na rzecz odpowiedzialnego rozwoju” – SOR;
3. „Konstytucja biznesu”;
4. „Pakiet 100 zmian dla firm”.

W artykule zwrócono uwagę, że samo zredukowanie zakresu decyzji administracyjnych i ułatwienia w ich wdrażaniu, chociaż ma bardzo duże znaczenie dla prowadzenia działalności gospodarczej, to jednak nie jest w stanie spowodować przyspieszenia wzrostu gospodarczego. Do czynników, które mogą stymulować dynamikę wzrostu należy zaliczyć: równoczesne ograniczenie barier administracyjnych dla pomiotów gospodarczych oraz wzrost popytu inwestycyjnego i konsumpcyjnego. Zwiększenie popytu może być wywołane poprzez wdrożenie ogólnokrajowego programu inwestycyjnego, jak również poprzez wprowadzenie zmian w polityce makroekonomicznej (zarówno fiskalnej jak i monetarnej).

The article touches on a very important issue of deepening the freedom of management in Polish agriculture, following the model of legislation concerning mainly the activity of non-agricultural enterprises.

The problem of increasing the freedom of management in each economy sector is important both for the activation of economic activity and the improvement of the management efficiency.

This article discusses the aforementioned issues based on the following documents of the Ministry of Development:

1. „Plan for responsible development”;
2. „Strategy for responsible development”;
3. „Business Constitution”;
4. „100 Business Changes Package”.

The article emphasizes that reducing the scope of administrative decisions and facilitating their implementation, although very important for doing business, is not capable of accelerating economic growth. The factors that can stimulate growth dynamics include: simultaneous reduction of administrative barriers for economic entities and increase in investment and consumption demand. Demand growth may be triggered through the implementation of a nationwide investment program as well as through changes in macroeconomic policies (both fiscal and monetary).

After a preliminary analysis of the above documents, it turned out that the scope of the material exceeded the volume limit accepted for one article, and therefore it was divided

Po wstępnej analizie powyższych dokumentów okazało się, że zakres materiału przekracza przyjęty dla jednego artykułu limit objętości, dlatego też został on podzielony na dwie części. Część pierwsza, dotycząca zagadnień wstępnych, obejmuje problemy związane z omówieniem rozwiązań przyjętych w ww. dokumentach a dotyczących redukcji ograniczeń administracyjnych oraz pobudzania wzrostu produkcji zarówno w skali mikro jak i makro. Ta część obejmuje również propozycje stymulowania wzrostu zatrudnienia oraz redukcji bezrobocia w gospodarce ze szczególnym uwzględnieniem obszarów wiejskich. Część druga będzie dotyczyć pogłębienia swobody gospodarowania w polskim rolnictwie z uwzględnieniem problemów neutralizacji kosztów oraz ograniczenia uciążliwości (wprowadzonych w polskim sektorze rolno żywnościowym) rygorów administracyjno-weterynaryjnych, głównie w odniesieniu do małych i średnich gospodarstw rolnych.

WSTĘP

W poprzednich publikacjach autorzy niniejszego artykułu podejmowali szereg tematów istotnych dla rozwoju wsi ze szczególnym uwzględnieniem problemów rozwoju gospodarstw indywidualnych [3, 4, 6, 22, 23]. Nadmienić należy, że obszary wiejskie zajmują w Polsce powierzchnie 290,0 tys.km km², co stanowi 93% obszaru kraju. Na obszarach wiejskich w 2015 roku mieszkało 15 244,7 tysięcy osób, tj. 39,6% ogółu ludności. Zgodnie z danymi GUS, w ogólnej powierzchni kraju wynoszącej 31,3 mln ha, gospodarstwa rolne zajmowały 16,3 mln ha gruntów. W ocenie GUS, w gospodarstwach indywidualnych znajdowało się 14,9 mln ha gruntów, z kolei gospodarstwa rolne należące do osób prawnych i jednostek niemających osobowości prawnej posiadały 1,4 mln ha łącznego areалу gruntów. Sytuacja produkcyjna i ekonomiczno-społeczna właścicieli gospodarstw indywidualnych ma więc kluczowe znaczenie dla realizacji idei rozwoju zrównoważonego w całej gospodarce [5, 7, 8, 9, 13].

Problem zwiększenia swobody gospodarowania w każdym sektorze gospodarki jest ważny zarówno z punktu widzenia aktywizacji działalności gospodarczej jak i poprawy efektywności gospodarowania.

Powyższa problematyka bezpośrednio poruszona została w dokumentach Ministerstwa Rozwoju, tj.: „Konstytucji biznesu” oraz „Pakiecie 100 zmian dla firm”. Samo zredukowanie zakresu decyzji administracyjnych i ułatwienia w ich wdrażaniu, chociaż ma bardzo duże znaczenie dla prowadzenia działalności gospodarczej, to jednak nie jest w stanie spowodować przyspieszenia wzrostu gospodarczego. Do czynników, które mogą stymulować dynamikę wzrostu należy zaliczyć równoczesne ograniczenie barier administracyjnych dla pomiotów gospodarczych oraz wzrost popytu inwestycyjnego i konsumpcyjnego. Oprócz powyższych dokumentów, w których przedstawiono metody bezpośredniego oddziaływania na swobodę gospodarowania, konieczne jest więc uwzględnienie dwóch kolejnych dokumentów Ministerstwa Rozwoju tj.: „Planu na rzecz odpowiedzialnego rozwoju”¹ oraz „Strategii na rzecz odpowiedzialnego rozwoju”

into two parts. The first part, dealing with preliminary issues, covers the problems of discussing issues of the solutions adopted in the aforementioned documents and reducing administrative restrictions and stimulating growth in both micro and macro production. This section also includes proposals to stimulate employment growth and reduce unemployment in the economy with particular focus on rural areas.

The second part deals with deepening the freedom of farming in Polish agriculture, taking into account the problems of cost neutralisation and reducing the nuisance of the administrative and veterinary regulations introduced in the Polish agri-food sector, mainly for small and medium-sized farms.

– SOR. Przedstawiono w nich podstawowe metody oddziaływania państwa na gospodarkę, w tym czynniki pośrednio gwarantujące, że wprowadzana liberalizacja przepisów przyniesie wzrost dochodów dla gospodarstw domowych i zysków dla przedsiębiorstw [17, 18, 19, 20, 21].

Niezależnie, czy mamy do czynienia z podmiotami gospodarczymi w rolnictwie czy w sektorze pozarolniczym, przy wdrażaniu działań przyspieszających wzrost gospodarczy konieczne jest wzięcie pod uwagę stanu zadłużenia gospodarki ze szczególnym uwzględnieniem roli kapitału zagranicznego. Mimo, że w ostatnich 10 latach polska gospodarka rozwijała się w tempie 3,8%, co jest jednym z najwyższych wskaźników w UE, to jednak przy ocenie końcowej należy pamiętać, że:

1. Poziom PKB (szczególnie mierzony PKB wg. kursu rynkowego) jest relatywnie niski w stosunku do średniej dla krajów UE. Od zakończenia kryzysu w Polsce maleje udział inwestycji w PKB, rośnie wartość kredytów gospodarstw domowych i firm, a także następuje wzrost zadłużenia Państwa w stosunku do wierzycieli zagranicznych [19, s. 4].
2. Wzrost polskiej gospodarki jest uzależniony od kapitału zagranicznego:
 - a) Polska jest winna zagranicznym inwestorom ok. 2 bln zł brutto, co stanowi ok. 113% PKB;
 - b) aktywa zagraniczne Polski to zaledwie 808 mld zł, z czego niemal połowę stanowią rezerwy walutowe NBP, a nie inwestycje polskich firm;
 - c) uzależnienie od kapitału zagranicznego kosztuje Polskę ok. 95 mld PLN (5% PKB) rocznie, to jest blisko 1,5 razy więcej niż roczny budżet NFZ;
 - d) Kapitał zagraniczny odpowiada za: 2/3 polskiego eksportu, 50% produkcji przemysłu, 65% sektora bankowego i posiada blisko 60% udział w inwestycjach [19. s. 6, 12].

Wysoki poziom udziału aktywów należących do kapitału zagranicznego oraz rosnący udział zadłużenia wobec inwestorów zagranicznych w całkowitym długu publicznym

1 Plan Morawieckiego (Plan na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju) – polski plan gospodarczy przygotowany w 2016 pod kierownictwem Mateusza Morawieckiego, wicepremiera RP, ministra rozwoju i finansów oraz przewodniczącego Komitetu Eko-

nomicznego Rady Ministrów przy rządzie Beaty Szydło. Jeden z głównych elementów zarządzania państwem przez ten rząd. Plan został przyjęty przez rząd Beaty Szydło 16 lutego 2016 roku.

powoduje, że Polska jako Państwo nie jest w stanie samodzielnie na bieżąco regulować zobowiązania wobec wierzycieli zagranicznych. Równowaga zewnętrzna polskiej gospodarki jest osiągnięta w wyniku: uzyskiwania dochodów netto z opłat z Unii Europejskiej; wpływów od emigrantów zarobkowych dla rodzin w Polsce; obecnie dodatniego bilansu handlowego na poziomie około 5 mld USD oraz rolowania istniejących długów.

Z obliczeń wyników gospodarczych w latach 2004-2011 wynika, że wpływy netto z Unii Europejskiej wyniosły 60,466 mld USD, natomiast wpływy od emigrantów zarobkowych 53,859 mld USD. Według opinii ekspertów Instytutu im. Adama Smith'a wynika, że wartość wpływów od emigrantów jest zaniżona, ponieważ znaczna ich część jest dostarczana do rodzin w Polsce bezpośrednio z ominięciem stosunkowo drogiego systemu przelewów. Ekspertzy Instytutu szacują, że rzeczywiste wpływy od emigrantów zarobkowych pokrywają się z dochodami netto, jakie polska gospodarka uzyskuje od Unii Europejskiej [1, s. 156-157].

Pomimo tych dwóch znaczących źródeł wpływów znaczna część długu, przede wszystkim zagranicznego jest rolowana, co oznacza, że emisja polskich obligacji na rynkach międzynarodowych służy uzyskiwaniu środków na wykup obligacji, których nadszedł termin zapadalności. Oznacza to, że zaciągnięty w przeszłości kredyt jest wielokrotnie spłacany, a rzeczywiste tzw. ciągnięte koszty spłaty są bardzo wysokie. Opłacalnym byłoby podrożenie kosztów zwiększania eksportu netto by zatrzymać kolejną emisję obligacji przeznaczanych na wykup dawnych zobowiązań.

Praktyczny wniosek wynikający z konieczności prowadzenia kompleksowego rachunku ekonomicznego w odniesieniu do aktywizacji produkcji zwierzęcej (np. hodowli owiec na potrzeby własne) wymaga, aby oprócz tradycyjnych argumentów za rozwijaniem hodowli (tj.: wysoka użyteczność hodowli w rejonach o dużym areale użytków rolnych oraz poprawa efektywności funkcjonowania gospodarstw rolnych) dochodził bardzo ważny argument o charakterze ekonomicznym, stanowiący, iż taka hodowla jest istotnym czynnikiem antyimportowym. Kompleksowy rachunek ekonomiczny prawdopodobnie wskaże na uzasadnienie znacznego podwyższenia (nawet podwojenia) wysokości dopłat bezpośrednich. Biorąc pod uwagę, że głównym czynnikiem hamującym rozwój hodowli jest niska rentowność, podwyższenie dopłat winno sprzyjać wzrostowi skali hodowli. Badania empiryczne potwierdzają wysoką korelację pomiędzy wysokością dopłat a poziomem hodowli [10, 14, 15, 16].

W „Planie na rzecz odpowiedzialnego rozwoju” sformułowany został postulat, który w sposób systemowy ma pobudzać zrównoważony rozwój polskiej gospodarki oraz stymulować poprawę jakości życia Polaków. Postulat ten oparty jest na realizacji czterech zadań:

1. Polska musi w pełni **wykorzystać własny potencjał** rozwojowy i włączyć mniejsze miasta oraz obszary wiejskie w procesy rozwojowe, żeby zbudować silną gospodarkę we wszystkich regionach.
2. Strategicznym celem jest **pomnażanie polskiego kapitału**: finansowego, społecznego, technologicznego, a także w zakresie edukacji.

3. Polskie firmy muszą dostać **pozytywny impuls od Państwa**, który pobudzi je do rozwoju i stworzy warunki do powstania wysokopłatnych miejsc pracy.
4. Niezbędne jest odejście od polskiej resortowej, a celem powinna być współpraca z partnerami społecznymi, pracodawcami i związkami zawodowymi. **Administracja musi być dla obywatela a nie obywatel dla administracji** [19, s.17].

Dla realizacji powyższych zadań przyjęto pięć filarów rozwoju gospodarczego polskiej gospodarki:

1. Reindustrializacja:

- a) Partnerstwo dla strategicznych działań gospodarki;
- b) Krajowe inteligentne specjalizacje;
- c) Klastery i doliny;
- d) Inwestycje zagraniczne.

2. Rozwój innowacyjnych firm:

- a) Nowa „Konstytucja Biznesu”;
- b) Przyjazne otoczenie prawne;
- c) Reforma instytutów naukowo-badawczych;
- d) Wdrożenie programu „Start in Poland”.

3. Kapitał dla rozwoju:

- a) Budowanie oszczędności Polaków;
- b) Środki europejskie;
- c) Polski Fundusz rozwoju;
- d) Plan Juncker'a, EBOR, EBI, AIIB.

4. Ekspansja zagraniczna:

- a) Pion wspierania eksportu w PFR;
- b) Oferta finansowa;
- c) Silna marka Polska;
- d) Reforma dyplomacji ekonomicznej.

5. Rozwój społeczny i regionalny:

- a) Kompleksowy program demograficzny
- b) Pakt dla obszarów wiejskich;
- c) Skuteczna polityka regionalna;
- d) Edukacja [19, s. 19].

Podstawą realizacji „Planu na rzecz odpowiedzialnego rozwoju” jest koncentracja zasobów, w których, zdaniem autorów Planu, Polska może uzyskać przewagi konkurencyjne:

1. Działy Krajowych Inteligentnych Specjalizacji:

- a) Zdrowe społeczeństwo;
- b) Biogospodarka rolno-spożywcza, leśno-drzewna i śródowiskowa;
- c) Zrównoważona energetyka;
- d) Surowce naturalne i gospodarka odpadami;
- e) Innowacyjne technologie i procesy.

2. Specjalizacje przemysłowe.

Przykładowe gałęzie przemysłu, w których istnieje szansa na uzyskanie wiodącej pozycji na rynku globalnym:

- a) Przemysł lotniczy;
- b) Przemysł zbrojeniowy;
- c) Przemysł samochodowy (części);

- d) Przemysł stoczniowy;
- e) IT;
- f) Przemysł chemiczny;
- g) Przemysł meblarski;
- h) Przetwórstwo spożywcze [19, s. 21].

Podstawą ograniczenia barier administracyjnych w gospodarce jest nowa „Konstytucja Biznesu” [17]. Założenia tego projektu:

1. Cel:

- a) ustanowienie fundamentalnych zasad prowadzenia działalności gospodarczej, w tym w relacjach z urządami,
- b) ograniczenie barier prawnych dla przedsiębiorców,
- c) ułatwienia we współpracy przy innowacyjnych projektach.

2. Zakładany efekt:

- a) obniżenie kosztów związanych z formalnymi wymogami prowadzenia działalności gospodarczej,
- b) więcej innowacyjnych firm z siedzibą w Polsce.

3. Przesłanki:

- a) brak spójności wewnętrznej obecnych regulacji,
- b) brak mechanizmów odpowiadających na współczesne wyzwania związane z prowadzeniem firmy.

4. Potencjał na kolejne projekty:

- a) międzyresortowy przegląd ustaw związanych z prowadzeniem działalności gospodarczej [17, s. 34].

W celu podniesienia dynamiki wzrostu gospodarczego, autorzy „Planu na rzecz odpowiedzialnego rozwoju”, planują uruchomienie ponad biliona złotych na inwestycje, przy założeniu następujących źródeł:

1. Polskie firmy:

- a) 75-150 mld złotych – potencjał inwestycyjny spółek Skarbu Państwa,
- b) do 230 mld złotych – potencjał inwestycyjny polskich firm – środki na lokatach.

2. Sektor bankowy:

- a) 90 mld złotych – nadpłynność banków,
- b) mocne współczynniki adekwatności kapitałowej.

3. Fundusze rozwojowe:

- a) 75-120 mld złotych – potencjał inwestycyjny Polskiego Funduszu Rozwoju,
- b) 65 do 100 mld złotych – programy rozwojowe, m.in. Krajowy Fundusz Kapitałowy, Polski Fundusz Funduszy Wzrostu, Fundusz Ekspansji Zagranicznej,
- c) 480 mld złotych wraz z wkładem własnym.

4. Instytucje międzynarodowe:

- a) 50 do 80 mld złotych – programy realizowane wraz z EBOR, EBI, EFSI, Bank Światowy, Asian Infrastructure Investment Bank [19, s. 37].

W kwestii oszczędzania autorzy Planu na rzecz odpowiedzialnego rozwoju są zdania, że Państwo powinno dać impuls do oszczędzania poprzez:

1. Programy oszczędnościowe dla pracowników z formułą domyślnego uczestnictwa, oparte o Pracownicze Programy Emerytalne, IKE, IKZE;
2. Fundusz inwestycji w infrastrukturę zarządzany przez PFR;
3. Promocję obligacji dla inwestorów indywidualnych;
4. Programy akcjonariatu pracowniczego (tzw. ESOP) [19, s. 38].

Należy podkreślić znaczenie akcjonariatu pracowniczego, jako odpowiedzi na spadek zapotrzebowania na pracę i ważny czynnik hamujący wzrost bezrobocia. Do korzyści płynących z programów akcjonariatu pracowniczego zaliczyć trzeba:

1. Udział w zyskach z kapitału;
2. Zwiększona stopa oszczędności w gospodarce;
3. Zwiększona motywacja do pracy;
4. Większa więź firm z pracownikami i identyfikacja pracowników z firmą.

Udział pracowników w zyskach z kapitału jest kluczowy, bo automatyzacja w gospodarce przyczyni się do spadku zapotrzebowania na pracę i relatywnego spadku wynagrodzeń [19, s. 39].

W kwestii środków z funduszy UE generalna opinia autorów „Planu na rzecz odpowiedzialnego rozwoju” jest taka, że fundusze UE należy inwestować, a nie „wydawać”. Stąd koncentracja środków na projektach przynoszących Polsce trwałe korzyści:

1. Ukierunkowanie na nowe czynniki konkurencyjności tj. innowacje, przedsiębiorstwa, niskoemisyjna gospodarka.
2. Nowe metody zwiększenia efektywności i orientacji na wynik:
 - a) Trzykrotnie większy udział instrumentów zwrotnych;
 - b) Zintegrowane programy rozwoju branż i obszarów;
 - c) Przyspieszenie naborów i realizacji projektów;
 - d) Wzmocniona koordynacja programów krajowych i regionalnych.
3. Nowe partnerstwo instytucji publicznych z biznesem, nauką i społeczeństwem.
4. Wnioski z perspektywy 2007-2013 r.:
 - a) Inwestycje w trwałe wzrost poprzez nową infrastrukturę i innowacyjną gospodarkę;
 - b) Procedury nastawione na poprawę efektywności;
 - c) Dostosowanie zakresu szkoleń do potrzeb rynku pracy;
 - d) Rezygnacja z nierentownych inwestycji obciążających finanse publiczne.
5. Perspektywa 2014-2020 (+3) [19, s. 40].

Włączenie małych miast, obszarów wiejskich i rodzinnych gospodarstw rolnych w procesy rozwojowe, a także zróżnicowana, dochodowa gospodarka wiejska, przeciw-

działanie ubóstwu i wykluczeniom oraz skuteczne zarządzanie środowiskiem przyrodniczym i dziedzictwem kulturowym będzie realizowana poprzez:

- Rozwój lokalnych rynków, w tym rolno-spożywczych (np. lokalne przetwórstwo, sprzedaż bezpośrednia).
- Przedsiębiorczość i mobilność zawodową na obszarach wiejskich z wykorzystaniem potencjałów lokalnych i subregionalnych gospodarek.
- Zwiększenie zatrudnienia – dostępność komunikacyjna obszarów wiejskich.
- Zatrudnienie w elastycznym czasie pracy, praca na odległość.
- Żywotne, wielofunkcyjne rodzinne gospodarstwa rolne.
- Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii.
- Programy żywienia małych miast (wzmocnienie funkcji gospodarczych, społecznych i kulturalnych).
- Zrównoważony sektor produkcji rolnej zapewniający bezpieczeństwo żywnościowe.
- Włączenie rodzinnych gospodarstw rolnych w opłacalny proces produkcji żywności o najwyższej jakości, w szczególności opartej o tradycyjny sposób produkcji i wolnych od GMO produktów.

Pakt dla obszarów wiejskich ma integrować zaangażowanie różnych podmiotów na rzecz rozwoju obszarów wiejskich [19, s. 53].

STRATEGIA NA RZECZ ODPOWIEDZIALNEGO ROZWOJU DO ROKU 2020 (Z PERSPEKTYWĄ DO 2030)

Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju (SOR) jest rozwinięciem ogłoszonego w lutym 2016 roku tzw. „Planu Morawieckiego” [20, 21].

SOR jest dokumentem, którego zadaniem jest uszczegółowienie i operacjonalizacja „Planu Morawieckiego”. W Strategii przedstawiona została charakterystyka aktualnego modelu rozwoju kraju oraz diagnoza jego słabości. Na tej podstawie zdefiniowane zostały **cele, zasady i priorytety rozwoju Polski w perspektywie roku 2020 i 2030**. SOR proponuje zwiększenie odpowiedzialności państwa za kształtowanie procesów gospodarczych, społecznych i przestrzennych. Nie oznacza to odejścia od wolnego rynku, ale wsparcie oraz inspirację ze strony państwa dla przedsiębiorców, organizacji i obywateli. Dzięki takiemu wsparciu będzie możliwy wzrost dochodów mieszkańców Polski.

W rezultacie, głównym celem wskazanym w Strategii jest **tworzenie warunków dla wzrostu dochodów mieszkańców Polski przy jednoczesnym wzmocnieniu spójności w wymiarze społecznym, ekonomicznym, środowiskowym i terytorialnym. Cel ten ma zostać zrealizowany poprzez osiągnięcie trzech celów szczegółowych:** trwałego wzrostu gospodarczego opartego na dotychczasowych i nowych przewagach,

- rozwoju społecznie i terytorialnie wrażliwego,

- skutecznego państwa i instytucji gospodarczych służących wzrostowi oraz włączeniu społecznemu i gospodarstwu.

Podstawą gospodarki są silne przedsiębiorstwa i gospodarstwa rolne. Zdaniem autorów SOR, rozwój gospodarki zależy od istnienia i stałego rozwoju zarówno małych, średnich jak i dużych przedsiębiorstw i gospodarstw rolnych, a także od ich współpracy i uzupełniania się na rynku. Zwracają przy tym uwagę, że długofalowy rozwój gospodarki jest funkcją tempa powiększania się kapitału ludzkiego [2, 10, 23, 24, 25, 26].

Z powyższej analizy wynika, iż ważnym problemem oprócz nakładów na badania i rozwój, edukację, tworzenie nowych miejsc pracy ma rozwiązanie problemów demograficznych. Wzrost dzietności, w dłuższej perspektywie przyniesie wzrost wpływów do budżetu państwa, zmniejszając stopień obciążenia finansów publicznych świadczeniami emerytalnymi.

Określając cechy jakie powinien mieć rozwój polskiej gospodarki określany w SOR tzw. Rozwojem odpowiedzialnym, autorzy ww. dokumentu rozwój ten charakteryzują w sposób następujący:

1. Rozwój odpowiedzialny to rozwój włączający a nie wykluczający. Odpowiedzialność, w tym przypadku, jest tożsama z solidarnością międzypokoleniową polegającą na znajdowaniu takich rozwiązań, które pozwalają na aktywne włączenie w procesy rozwojowe wszystkich grup społecznych, dając im jednocześnie możliwość czerpania korzyści ze wzrostu gospodarczego. Pozostawienie narastających dysproporcji w rozwoju społecznym, w dłuższej perspektywie może prowadzić do „wypchnięcia” niektórych grup społecznych z procesów rozwojowych, co w konsekwencji może utrwalac obszary wykluczenia społecznego i ubożenia niektórych grup społecznych.
2. Odpowiedzialny rozwój to rozwój zrównoważony terytorialnie. Odpowiedzialność, w tym przypadku, oznacza pełniejsze wykorzystanie potencjałów terytorialnych w tym obszarów wiejskich i miast o mniejszych szansach rozwojowych.
3. Państwo bardziej efektywne to państwo, w którym instytucje publiczne skoncentrowane na obsłudze gospodarstw domowych i przedsiębiorstw są w stanie skutecznie reagować na zagrożenia przed którymi staje społeczeństwo i gospodarka.
4. Solidne finanse publiczne są fundamentem rozwoju – rozwój kraju oparty jest na utrzymaniu w ryzach deficytu sektora finansów publicznych oraz długu publicznego. Planowane działania rozwojowe muszą uwzględniać możliwości finansowe budżetu państwa oraz jednostek samorządu terytorialnego, tak by nadmierne zadłużenie nie stanowiło bariery wzrostu gospodarczego.

Autorzy SOR będą próbowali uwzględniać wymogi ograniczeń budżetowych, przy jednoczesnym włączeniu w procesy rozwoju społeczno-ekonomicznego wszystkich grup społecznych, w tym mieszkańców obszarów wiejskich i miast o słabszej kondycji ekonomicznej.

Przykładem problemu o bardzo dużym znaczeniu społeczno-gospodarczym a jednocześnie bardzo trudnym merytorycznie jest zalecane przez autorów „*Planu Odpowiedzialnego Rozwoju*” systematyczne zwiększanie liczby pracowników zatrudnionych w przemyśle przetwórstwa rolno-spożywczego oraz w różnych branżach sektora pozarolniczego. Problem polega na tym, że przeciętny dochód realny mieszkańca wsi jest o 28% niższy niż analogiczny wskaźnik dla obszarów miejskich. Jeszcze wyższe niż w miastach jest zróżnicowanie dochodowe mieszkańców wsi, co w połączeniu z niskim dochodem powoduje, że **lokalne rynki w obszarach wiejskich nie są w stanie zapewnić warunków dla długofalowego rozwoju firm z sektora pozarolniczego.**

Należy wziąć pod uwagę, iż:

1. Poziom bezrobocia rejestrowanego na wsi jest relatywnie (w stosunku do liczby mieszkańców) wyższy niż w mieście (42% wobec 39,6%), w liczbach absolutnych (w roku 2015 było to od 518 do 630 tysięcy osób) [13, s. 3]. Oprócz bezrobocia jawnego w rolnictwie występuje wysokie bezrobocie ukryte sięgające w zależności od obliczeń i przyjętych założeń od 0,5 do 1mln osób.
2. Niedostateczna infrastruktura komunikacyjna i telekomunikacyjna ogranicza możliwości dojazdów do pracy w dużych ośrodkach miejskich czy zatrudnienia w systemie telepracy.
3. Małe a często i średniej wielkości gospodarstwa rolne nie są w stanie efektywnie funkcjonować bez stałego, pewnego dochodu z pracy w sektorze pozarolniczym.

Powyższe problemy stanowią przyczynę częstych wyjazdów rolników do pracy do innych krajów Unii Europejskiej. Jednocześnie, w części gospodarstw występuje ostry deficyt sezonowej siły roboczej. Deficyt ten jest ograniczany przez pracowników z Ukrainy czy Białorusi. Pracownikom z ww. krajów może opłacać się sezonowa praca w rolnictwie w Polsce ze względu na bardzo korzystne kursy walutowe (co najmniej 3-krotne niedowartościowanie hrywny wywołane istniejącym konfliktem rosyjsko-ukraińskim).

PODSUMOWANIE

Rozwiązanie problemów bezrobocia na wsi w oparciu o potencjał rynków lokalnych, jak i zasoby kapitałowe obszarów wiejskich, nie jest możliwe. Konieczne jest stworzenie długofalowej strategii państwa skierowanej na wzrost zapotrzebowania na usługi i pracę, zarówno firm jak i potencjalnych pracowników dużych podmiotów z sektora pozarolniczego [1, s. 156-157, 13].

Zachętą do zainteresowania dużych przedsiębiorstw współpracą z podmiotami oraz z potencjalnymi pracownikami z obszarów wiejskich mogłyby być:

1. Ulgi podatkowe za podjęcie działań na obszarach wiejskich (np. za stworzenie nowych miejsc pracy w obszarach wiejskich) wraz ze zgodą Urzędu podatkowego na redukcję podatku dochodowego w wysokości 50% przyrostu wpływów do ZUS z tytułu nowo zorganizowanych miejsc pracy. Biorąc pod uwagę, że państwo dopłaca ponad 50 mld złotych do ZUS oraz ponad 18 mld złotych do KRUS, dodatkowe wpłaty z tego tytułu zmniejszyłyby

dopłaty z budżetu do ww. instytucji. Przy wdrożeniu proponowanej metody, pomimo iż zmniejszeniu ulega podatek dochodowy z przedsiębiorstwa, to saldo rozliczenia jest korzystne zarówno dla ww. podmiotów z sektora pozarolniczego, jak i całej gospodarki.

2. W 1943 r. M. Kalecki zaproponował modyfikację podatku dochodowego (rozwiązanie to znacząco popierał też Keynes) [12, s. 275-276, 375] polegającą na zwolnieniu z podatków zysków, które będą inwestowane w rozwój produkcji wykorzystującej innowacje. Podobną filozofię można zastosować obecnie, przyjmując, że zyski przeznaczone na inwestycje w obszarach wiejskich są zwolnione z podatku dochodowego [11, 12].
3. Innym, dopuszczonym przez przepisy Unii Europejskiej rozwiązaniem jest możliwość wykupu przez państwo mniejszościowych udziałów (najczęściej w wysokości 20%) w sektorze prywatnym, pod warunkiem realizacji określonych zadań w zakresie polityki gospodarczej realizowanej w obszarach wiejskich.
4. Czynnikiem zachęcającym do inwestowania w obszary wiejskie może być również udzielanie dotacji i niższej oprocentowanych pożyczek za działania na rzecz projektów w obszarach wiejskich, w analogiczny sposób jak jest to obecnie stosowane w ochronie środowiska naturalnego. W Polsce skutecznie działa system finansowania projektów w dziedzinie ochrony środowiska realizowany przez: Narodowy i Wojewódzkie Fundusze Ochrony Środowiska oraz Bank Ochrony Środowiska.
5. W dłuższej perspektywie państwo winno wspierać (na wzór stosowany w krajach azjatyckich) tworzenie mieszanych wielobranżowych konglomeratów obejmujących podmioty gospodarcze, zarówno z sektora rolniczego, przemysłu przetwórstwa rolno-spożywczego jak i sektora pozarolniczego.

LITERATURA

- [1] GRUCHELSKI M. 2013. „Bezrobocie w procesie wzrostu gospodarczego. Teoria i Praktyka.” Warszawa: Oficyna Wydawnicza Szkoły Głównej Handlowej w Warszawie.
- [2] GRUCHELSKI M., J. NIEMCZYK. 2004. „Rozwój polskiego sektora rolno-spożywczego”. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego 1/2004: 54-60.
- [3] GRUCHELSKI M., J. NIEMCZYK. 2004. „Sytuacja polskich gospodarstw rolnych po akcesji do Unii Europejskiej”. Studia i Prace Kolegium Zarządzania i Finansów SGH 52:109-122.
- [4] GRUCHELSKI M., J. NIEMCZYK. 2011. „Znaczenie drobnotowarowych gospodarstw rolnych; jak je skutecznie wspierać”. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego 1/2011: 112-117.
- [5] GRUCHELSKI M., J. NIEMCZYK. 2013. „Zrównoważony unijny rozwój społeczno-gospodarczy z uwzględnieniem polskiego sektora rolno-żywnościowego i wsi; ocena trafności działań.”. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego 1/2013: 133-137.
- [6] GRUCHELSKI M., J. NIEMCZYK. 2014. „Potrzeby i niezbędne działania w zakresie aktywizacji go-

- spodarczo-społecznej i ekologicznej małych gospodarstw”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 2/2014: 146-150.
- [7] **GRUCHELSKI M., J. NIEMCZYK. 2015.** „Zrównoważony rozwój społeczno-gospodarczy: idea a uwarunkowania realizacji (w świetle Encykliki Papieża Franciszka – *Laudato Si*)”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 2/2015: 151-155.
- [8] **GRUCHELSKI M., J. NIEMCZYK. 2016.** „Agenda Narodów Zjednoczonych na rzecz zrównoważonego rozwoju 2030 i cele zrównoważonego rozwoju – szanse realizacji celów”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 1/2016: 122-126.
- [9] **GRUCHELSKI M., J. NIEMCZYK. 2016.** „Małe gospodarstwa rolne w Polsce a paradygmat rozwoju zrównoważonego”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 2/2016: 134-140.
- [10] **GUS - GŁÓWNY URZĄD STATYSTYCZNY. 2016.** Pogłowie bydła i owiec według stanu w czerwcu 2016 r. (wersja internetowa - wrzesień 2016 r.)
- [11] **KABAJ M. 2004.** Strategie i programy przeciwdziałania bezrobociu w Unii Europejskiej i w Polsce. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe Scholar: s. 11-21.
- [12] **KALECKI M. 1979.** Kapitalizm, koniunktura i zatrudnienie. Dzieła, T. 1. Warszawa: PWE.
- [13] **MINISTERSTWO RODZINY, PRACY I POLITYKI SPOŁECZNEJ - DEPARTAMENT RYNKU PRACY. 2016.** Stan i struktura rejestrowanego bezrobocia na wsi w 2015 roku. (wersja internetowa - czerwiec 2016 r.)
- [14] **MINISTERSTWO ROLNICTWA I ROZWOJU WSI. 2016.** Program Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014 – 2020. (wersja internetowa, wrzesień 2016 r.)
- [15] **MINISTERSTWO ROLNICTWA I ROZWOJU WSI. 2016.** Strategia zrównoważonego rozwoju wsi, rolnictwa i rybactwa na lata 2012 – 2020. (wersja internetowa - wrzesień 2016 r.)
- [16] **MINISTERSTWO ROLNICTWA I ROZWOJU WSI - DEPARTAMENT RYNKÓW ROLNYCH. 2016.** Miesięczna analiza sytuacji rynkowej na podstawowych rynkach rolnych w styczniu 2016. (wersja internetowa - marzec 2016 r.)
- [17] **MINISTERSTWO ROZWOJU. 2016.** Konstytucja biznesu. (wersja internetowa - wrzesień 2016 r.)
- [18] **MINISTERSTWO ROZWOJU. 2016.** Pakiet 100 zmian dla firm. (wersja internetowa - wrzesień 2016 r.)
- [19] **MINISTERSTWO ROZWOJU. 2016.** Plan na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju. (wersja internetowa - wrzesień 2016 r.)
- [20] **MINISTERSTWO ROZWOJU. 2016.** Raport Wykonania badania ewaluacyjnego: „Ewaluacja ex ante Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju”. (wersja internetowa - wrzesień 2016 r.)
- [21] **MINISTERSTWO ROZWOJU. 2016.** Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju – SOR. (wersja internetowa - wrzesień 2016 r.)
- [22] **PARLAMENT EUROPEJSKI. 2013.** Projekt Rezolucji Parlamentu Europejskiego w sprawie małych gospodarstw rolnych (2013/2096(INI)). (wersja internetowa, wrzesień 2016 r.)
- [23] **SZAFRAŃSKA M., J. ŻMIJA. 2015.** „Społeczne i ekonomiczne aspekty funkcjonowania drobnych gospodarstw rolnych w Polsce”. Warszawa: Instytut Rozwoju Wsi i Rolnictwa. *Więś i Rolnictwo* 1/2015.
- [24] **TOMCZAK F. 2003.** „Rolnictwo industrialne u progu XXI wieku”. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej*. Warszawa: Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej.
- [25] **WOŚ A., J. ZEGAR. 2002.** Rolnictwo społecznie zrównoważone. Warszawa: Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej.
- [26] **ZEGAR J. 2012.** „Gospodarstwa rodzinne wobec wyzwań wyżywienia i ochrony środowiska”. Warszawa: Instytut Rozwoju Wsi i Rolnictwa. *Więś i Rolnictwo* 4/2012.

Mgr Artur PIĄTKOWSKI

Uniwersytet Warszawski, Wydział Zarządzania, Zakład Innowacji Rynkowych i Logistyki

MASOWA KASTOMIZACJA JAKO STRATEGIA UZYSKANIA PRZEWAGI KONKURENCYJNEJ W XXI WIEKU®

Mass customization as a strategy of achieving a competitive advantage in the XXI century®

Słowa kluczowe: Masowa kastomizacja, masowa produkcja, przewaga konkurencyjna, druk 3D.

Umiejętność osiągnięcia trwałej oraz niekopiowanej przewagi konkurencyjnej jest jednym z najbardziej pożądanym zasobów organizacyjnych. Teoretycy i praktycy zarządzania starają się opracować nowe strategie osiągnięcia takiej przewagi. Jedną z nich jest strategia masowej kastomizacji. W odpowiedzi na rosnące zainteresowanie dotyczące tej koncepcji autor niniejszego artykułu postanowił dokonać wnikliwej analizy zagadnień związanych z masową kastomizacją w oparciu o literaturę przedmiotu. Analiza uwzględnia ewolucję podejścia, bariery i szanse, czynniki warunkujące oraz przegląd najpopularniejszych studiów przypadków. W drugiej części artykułu autor dokonał krytyki dotychczasowych badań oraz ustosunkował się do pytania czy masowa kastomizacja jest sposobem uzyskania trwałej przewagi konkurencyjnej w XXI wieku. W ostatniej części artykułu zaproponował możliwe kierunki ewolucji tej strategii.

Key words: Mass customization, mass production, competitive advantage, 3D printing.

The ability to achieve a stable and tough to copy competitive advantage is one of the most desired organizational resources. Management theorists and top chief executive officers are intensively developing new strategies which can help to achieve that advantage. One of that strategies is mass customization theory. In response to the growing interest of this concept the author of this article decided to make a thoroughly literature analysis connected with a mass customization. The analysis consists of the evolution of the approach, barriers and opportunities, key factors and the most popular case studies overview. In the second part of the article the author made a previous studies criticism and answered the question whether mass customization is a strategy of achieving a competitive advantage in the twenty-first century. In the last part of the article analyzed possible directions of the mass customization strategy evolution.

WPROWADZENIE

W dzisiejszych czasach menadżerowie najwyższego szczebla są szczególnie zainteresowani skutecznymi sposobami osiągnięcia przewagi konkurencyjnej. Badacze i praktycy zarządzania uważają, że w obliczu wysokiego przepływu informacji na rynku bardzo ciężko uzyskać trwałą przewagę nad bezpośrednimi konkurentami. Strategia masowej kastomizacji wydaje się być jednym ze sposobów uzyskania przewagi konkurencyjnej w turbulentnym otoczeniu rynkowym. Jest ciężka do skopiowania, ponieważ jej wdrożenie wymaga unikatowej kombinacji zasobów organizacyjnych: wiedzy i doświadczenia menadżerów, kapitału oraz nowoczesnych technologii. Z jednej strony ciężko ją wdrożyć, ponieważ trzeba zorientować wszystkie procesy organizacyjne na klienta, z drugiej skuteczna implementacja gwarantuje osiągnięcie wysokiego poziomu zyskowności oraz umocnienie pozycji rynkowej.

Celem artykułu jest odpowiedź na pytanie czy strategia masowej kastomizacji może zagwarantować przewagę konkurencyjną w XXI wieku. Uzyskanie odpowiedzi na powyższe pytanie jest interesujące zarówno z teoretycznego jak i praktycznego punktu widzenia, ponieważ trwała, niekopiowana przewaga pozwoliła wielu organizacjom zdominować rynki i osiągnąć pozycję globalnych liderów.

GENEZA MASOWEJ KASTOMIZACJI

Jednym z fundamentalnych celów każdej organizacji jest osiągnięcie i utrzymanie strategicznej przewagi. Dynamiczna walka konkurencyjna oraz swobodny przepływ informacji rynkowej ograniczają możliwości uzyskania i utrzymania przewagi nad konkurentami [28, s. 509-533]. Wraz z postępującym rozwojem gospodarczym oraz wzrostem poziomu zamożności społeczeństwa standardowe produkty, które są oferowane przez organizacje, stają się mniej atrakcyjne dla klientów. Coraz więcej osób oczekuje produktów, które będą indywidualnie spersonalizowane oraz będzie je można nabyć po atrakcyjnych cenach, które są porównywalne z cenami produktów standardowych. Wyzwaniem, przed jakim stają organizacje, jest zaoferowanie produktów dostosowanych do indywidualnych potrzeb klientów, przy relatywnie niskich kosztach produkcji. Odpowiedzią na to wyzwanie może być zastosowanie strategii masowej kastomizacji. Jest to filozofia, która umożliwia uzyskanie przewagi konkurencyjnej dzięki zaoferowaniu masowemu klientowi indywidualnie opracowanego produktu lub usługi. Strategia masowej kastomizacji łączy strategię konkurowania opartą na kosztach oraz strategię konkurowania opartą na różnicowaniu [2, s. 1-13].

Klasycznym przykładem udanego wdrożenia koncepcji masowej kastomizacji jest amerykańska korporacja Dell. Na

początku lat 90-tych w jej ofercie pojawiły się komputery, które były indywidualnie konfigurowane przez Internet oraz dostarczane do odbiorcy w ciągu kilku dni [13, s. 515-530]. Wdrożenie strategii masowej kastomizacji jest zadaniem niezwykle skomplikowanym i wymaga olbrzymich nakładów finansowych, wysiłku organizacyjnego, zaawansowanej wiedzy menadżerskiej oraz musi być poprzedzone szczegółowymi badaniami marketingowymi [24, s. 159-167].

Koncepcja masowej kastomizacji będzie skuteczna w przypadku, gdy organizacje uświadomią klientom ich potrzeby [20, s. 503-514]. Jednym ze sposobów uświadamiania potrzeb klientów jest dostarczenie im specjalistycznych narzędzi, które w prosty i intuicyjny sposób pozwolą dowolnie konfigurować produkt. Dzięki temu konsumenci mogą obudzić w sobie potrzebę posiadania określonych rozwiązań, które są dostępne jedynie w procesie kastomizacji produktu.

EWOLUCJA PODEJŚCIA

Na przestrzeni lat filozofia prowadzenia działalności produkcyjnej ulegała ewolucji. Największy wpływ na to miały zmieniające się potrzeby i wymagania klientów oraz postęp techniczno-technologiczny. Na początku nastąpiło przejście z produkcji rzemieślniczej do przemysłowej, które umożliwiło wytwarzanie na masową skalę standardowych produktów. Wzorcowym przykładem produkcji masowej były zakłady samochodowe H. Forda [6, s. 14-25]. Produkcja masowa opierała się na standaryzacji i automatyzacji, co pozwalało na redukcję kosztów oraz cen produktów. Dzięki temu zwiększał się udział w rynku przedsiębiorstwa i następował wzrost skali produkcji.

Produkcja masowa była podstawą funkcjonowania przedsiębiorstw do końca XX wieku. Pod koniec XX i na początku XXI wieku nastąpił wzrost dynamiki otoczenia rynkowego. Masowe towary, które były wysoce wystandaryzowane, przestały spełniać oczekiwania coraz bardziej wymagających klientów. Rozwiązaniem tego problemu okazała się strategia masowej kastomizacji. Ta koncepcja łączy w sobie dwie przeciwstawne idee: wytworzenie produktu, który jest dostosowany do indywidualnych wymagań konkretnego klienta oraz niskie ceny i krótkie cykle dostaw. Innymi słowy łączy w sobie cechy charakterystyczne dla produkcji rzemieślniczej oraz produkcji masowej.

Filozofię masowej kastomizacji można opisać wykorzystując koncepcję 5A (anybody, anything, any volume, anytime, anywhere), co oznacza dostarczenie dowolnego produktu każdemu, w każdej ilości, dowolnym czasie oraz miejscu [23, s.108-118].

James Gilmore oraz Joseph Pine II [9, s.91-101] określili cztery formy masowej kastomizacji z punktu widzenia zmian w produkcie oraz sposobie jego postrzegania przez klienta. Zostały one zaprezentowane na poniższym rysunku.

Produkt	Zmieniony	Transparentna	Kolaboracyjna
	Bez zmian	Adaptacyjna	Kosmetyczna
		Bez zmian	Zmienione

Postrzeganie produktu

Rys. 1. Cztery formy masowej kastomizacji.

Fig. 1. Four forms of the mass customization.

Źródło: Gilmore i Pine II [9, s.95]

Source: Gilmore i Pine II [9, s.95]

Każda z czterech form masowej kastomizacji charakteryzuje się specyficznymi cechami [9, s. 91-101]:

1. **Podejście transparentne** – Ma zastosowanie w przypadku, gdy potrzeby klienta są łatwe do przewidzenia oraz gdy klient nie zmienia gwałtownie swojego zachowania. Producent analizuje zachowanie i preferencje klienta, a następnie samodzielnie (bez konsultacji z konsumentem) wprowadza zmiany w standardowym produkcie i dostarcza go do finalnego odbiorcy. Przykładem zastosowania w praktyce podejścia transparentnego jest strategia amerykańskiej korporacji z branży chemicznej ChemStation. Oferuje ona mydło przemysłowe, które można wykorzystać np. w myjniach samochodowych. Po indywidualnym przeanalizowaniu potrzeb poszczególnych klientów, ChemStation przygotowuje skastomizowaną mieszankę mydła, która trafia do finalnego odbiorcy za pośrednictwem własnego taboru cystern. Dzięki nieustannemu monitorowaniu dostaw ChemStation jest w stanie coraz dokładniej personalizować mieszankę mydła. Podejście transparentne eliminuje potrzebę składania przez klientów zamówień na produkt.
2. **Podejście kolaboracyjne** – Zmiany w produkcie są przeprowadzane w porozumieniu z klientem. Konsument chcąc zaspokoić swoje potrzeby osobiście określa, które elementy produktu mają zostać zmodyfikowane. Kontakt pomiędzy klientem a organizacją jest najczęściej dokonywany z wykorzystaniem zaawansowanych systemów informatycznych. Podejście kolaboracyjne jest najtrudniejsze do osiągnięcia. Ta forma kastomizacji najczęściej występuje w branży odzieżowej (np. buty) oraz elektronicznej (np. komputery osobiste).
3. **Podejście adaptacyjne** – Producent oferuje produkt, który klient po nabyciu może samodzielnie dostosować do swoich potrzeb. Podejście adaptacyjne wymaga towaru, który po zakupie może być w dowolny sposób zmodyfikowany przez konsumenta. Głównym zadaniem producenta jest stworzenie standardowego produktu, który może spełniać kilka alternatywnych potrzeb kupującego. Przykładem jest system oświetlenia, który klient samodzielnie aranżuje w swoim mieszkaniu, zgodnie z własnymi potrzebami.
4. **Podejście kosmetyczne** – Organizacja stosuje podejście kosmetyczne kiedy jej standardowy produkt zaspokaja potrzeby wszystkich klientów, a kastomizacji wymaga jedynie forma produktu. Zmiana formy produktu sprawia, że klienci różnie postrzegają dany towar. Głównym zadaniem organizacji jest określenie form produktu, które najlepiej trafiają do poszczególnych klientów. Przykładem jest Coca-Cola (standardowy produkt), która trafia do indywidualnych klientów w różnych formach (plastikowa butelka, puszka, szklana butelka). Szklane opakowanie o niewielkiej pojemności sprawia, że klienci postrzegają colę jako produkt bardziej ekskluzywny.

Poza ogólną typologią form masowej kastomizacji, która została opracowana przez Gilmorea i Pine'a II [9, s.91-101], badacze przygotowali szereg bardziej szczegółowych klasyfikacji. Według Giovaniego Da Silveira, Denisa Borensteina oraz Flaviego Fogliatto [2, s.1-13] podstawowym kryterium wyróżniania form masowej kastomizacji jest stopień wpływu klienta na ostateczną postać produktu. Sposób w jaki

konsument może modyfikować produkt zależy głównie od miejsca w łańcuchu tworzenia wartości, w którym następuje proces personalizacji. Jeżeli możliwość personalizacji produktu znajduje się w początkowych fazach łańcucha wartości, to zakres modyfikacji klienta może być bardzo duży. Wraz z przesunięciem miejsca, w którym następuje personalizacja w dół łańcucha wartości zmniejsza się zakres wpływu klienta na produkt. Na końcu łańcucha wartości zmiany dotyczą najczęściej cech produktu rozszerzonego (rodzaj opakowania i oznakowania, warunki dostawy, sposób płatności).

Rebecca Duray [4, s.314-328] przy identyfikacji form kastomizacji uwzględniła typ modularności oraz punkt zaangażowania klienta w formę produktu. Oba wymiary są analizowane w stosunku do faz łańcucha wartości: projektowania, fabrykacji, montażu oraz użytkowania. W przypadku, gdy klient jest zaangażowany w proces personalizacji w fazie projektowania i fabrykacji, to poziom kastomizacji jest wysoki. Typ modularności produktu umożliwia organizacji osiągnięcie skali działania, która gwarantuje uzyskanie niskich kosztów. W fazie projektowania i fabrykacji można dowolnie dobierać moduły wspólne oraz projektować i wytwarzać specyficzne składniki produktu zgodnie z wymaganiami klienta. W fazie montażu i użytkowania istnieje jedynie możliwość dodania lub zmiany pewnych modułów standardowych. W tych fazach podstawowa konstrukcja produktu nie ulega zmianie. Uwzględniając typ modularności oraz punkt zaangażowania klienta w formę produktu można wyróżnić cztery grupy organizacji, które stosują strategię masowej kastomizacji. Grupy zostały zaprezentowane na poniższym rysunku.

		Typ modularności			
		Projektowanie	Fabrykacja	Montaż	Użytkowanie
Punkt zaangażowania klienta w formę produktu	Projektowanie	Grupa 1 Fabrykanci		Grupa 2 Zaangażowani	
	Fabrykacja				
	Montaż	Grupa 3 Modulujący		Grupa 4 Monterzy	
	Dostawa				

Rys. 2. Cztery grupy organizacji stosujących strategię masowej kastomizacji.

Fig. 2. Four groups of organizations that applying the strategy of mass customization.

Źródło: Duray [4, s. 318]

Source: Duray [4, s. 318]

Każda z czterech grup organizacji charakteryzuje się specyficznymi cechami [4, s. 314-328]:

1. **Fabrykanci** – W tej grupie konsument ma wpływ na postać produktu od początkowych faz projektowania i wytwarzania jego składników. Dzięki temu mogą powstać unikatowe artykuły. Modularność w fazie projektowania i fabrykacji umożliwia powtarzalność produkcji i pozwala ograniczyć koszty.
2. **Zaangażowani** – Podobnie jak w przypadku fabrykantów klienci wpływają na postać produktu od wczesnych faz łańcucha wartości. Modularność występuje w fazie montażu i użytkowania, co powoduje, że podstawowa konstrukcja produktu nie ulega zmianie.

3. **Monterzy** – Typ masowej kastomizacji, która jest najbardziej zbliżona do standardowej produkcji. Modularność oraz punkt zaangażowania klienta występują w końcowych fazach łańcucha wartości. W tej grupie masowa kastomizacja jest zapewniona dzięki występowaniu standardowych modułów, które klient może dobrać do produktu finalnego.
4. **Modulujący** – W tej grupie klient wpływa na postać produktu w fazie montażu i dostawy. Modularność, podobnie jak w grupie fabrykantów, występuje w początkowych fazach łańcucha wartości.

BARIERY I SZANSE

Obecnie otoczenie biznesowe jest niezwykle dynamiczne. Zmusiło to organizacje do ponownego określenia swojej wizji i misji oraz celów strategicznych. Firmy zaczęły porzucać tradycyjne modele produkcji na rzecz nowych, bardziej elastycznych [30, s.1147-1161]. Dynamiczne zmiany dotyczą również preferencji klientów. Powyższą tendencję zauważył Christopher Hart [10, s. 36-45], który dostrzega w niej jedną z największych szans dla strategii masowej kastomizacji. Zdaniem Harta coraz ciężiej jest wydzielić jednorodne segmenty rynkowe, które charakteryzują się podobnymi preferencjami produktowymi. Jest to spowodowane bogaceniem się społeczeństwa, postępowaniem technologicznym oraz gwałtownym skracaniem się cyklu życia produktu (szczególnie w branży elektronicznej oraz IT). Strategia masowej kastomizacji jest odpowiedzią na rosnące turbulencje, które dotykają rynek masowej produkcji. Organizacje, które opierają swoją działalność na masowej produkcji nie są w stanie efektywnie odpowiadać na dynamiczne zmiany rynku i są skazane na długim okresie na porażkę. Z kolei Tuck, Hague oraz Burns [29, s. 1-22] zauważają, że masowa kastomizacja zmniejsza wpływ czynnika ludzkiego w procesie wytwarzania spersonalizowanych produktów, co znacząco wpływa na obniżenie kosztów.

Czynniki, które wpływają na sukces wdrożenia masowej kastomizacji można podzielić na zewnętrzne oraz wewnętrzne [15, s.442-450]. Zostały one zaprezentowane w poniższej tabeli.

Wdrożenie strategii masowej kastomizacji jest związane z licznymi barierami, które organizacja musi pokonać. Paul Zipkin [31, s. 81-87] wymienił cztery najpopularniejsze bariery, które zostały zaprezentowane w poniższej tabeli.

Organizacje, które wdrożyły system masowej kastomizacji (Toyota, Dell, Motorola) podkreślają, że największą wadą tej koncepcji jest wzrost kosztów w początkowym okresie jego funkcjonowania [11, s.262-275]. Najbardziej odczuwalny jest wzrost kosztów materiałów i produkcji, wydłużenie czasu dostaw oraz spadek jakości wytwarzanych produktów.

CZYNNIKI WARUNKUJĄCE WDRÓŻENIE MASOWEJ KASTOMIZACJI

Skuteczne wdrożenie strategii masowej kastomizacji wymaga wyszczególnienia podstawowych procesów organizacyjnych, które składają się na łańcuch wartości. Procesy te są odmienne niż w przypadku systemów produkcji

Tabela 1. Wewnętrzne i zewnętrzne czynniki, które zwiększają szansę efektywnego wdrożenia strategii masowej kustomizacji

Table 1. Internal and external factors that increase the chances of effective implementation of the strategy of mass customization

Czynniki Zewnętrzne	Czynniki Wewnętrzne
W branży, w której funkcjonuje organizacja nie występują konkurenci, którzy wdrożyli z sukcesem strategię masowej kustomizacji.	Organizacja w czasie swojej działalności rozwijała elastyczne techniki produkcji, systemy informatyczne oraz systemy logistyczne.
Organizacja ma dostęp do dobrze zarządzanej sieci dostawców. Zewnętrzni dostawcy zaopatrują organizację w towary zgodnie z podejściem Just in Time.	Organizacja zatrudnia specjalistów związanych z zarządzaniem produkcją oraz posiada nowoczesny park technologiczny, który jest elastyczny i łatwoprzestawialny.
Branża cechuje się dużym współczynnikiem wprowadzania nowych produktów.	Kultura organizacyjna jest nastawiona na wiedzę. Wewnątrz struktury organizacyjnej swobodnie przepływają doświadczenia zdobywane przez poszczególnych pracowników i komórki organizacyjne.
W organizacji sprawnie funkcjonuje system informatyczny, który łączy ją z siecią niezależnych zewnętrznych biur sprzedaży.	Organizacja posiada dobrze rozwinięty dział marketingu, który jest w stanie efektywnie identyfikować potrzeby indywidualnych klientów.

Źródło: Kotha [15, s. 449]

Source: Kotha [15, s. 449]

Tabela 2. Bariery wdrażania strategii masowej kustomizacji

Table 2. Barriers of implementing the strategy of mass customization

Masowa kustomizacja wymaga procesów organizacyjnych, które są elastyczne	Modernizacja procesów organizacyjnych wiąże się z dużymi kosztami oraz oporem wobec zmian ze strony interesariuszy. Zmiany mają charakter rewolucyjny, ponieważ wdrożenie strategii masowej kustomizacji wymaga najczęściej gruntownej modyfikacji filozofii działania organizacji. Wąskim gardłem jest opracowanie i zaimplementowanie do organizacji technologii produkcji, która zapewnia wysoką elastyczność (stworzenie elastycznego systemu produkcji wymaga bardzo dużego nakładu kapitałów i czasu). Niektóre procesy produkcyjne są bardziej elastyczne i łatwiej można je zmodyfikować (np. produkcja odzieży).
Masowa kustomizacja wymaga zaawansowanego systemu, który umożliwi klientom składowanie zamówienia na produkt	Systemem jest najczęściej zaawansowane narzędzie informatyczne, które wykorzystuje Internet do kontaktu z klientem. Zaprojektowanie takiego narzędzia oraz jego implementacja do systemu informatycznego firmy jest procesem trudnym i kosztownym. Narzędzie musi posiadać interfejs, który jest intuicyjny i zrozumiały dla klienta.
Masowa kustomizacja wymaga systemu logistycznego skierowanego na indywidualnego klienta	Masowa kustomizacja wymaga przebudowy logistyki wewnątrzorganizacyjnej oraz zmiany zarządzania zapasami i dystrybucją produktów. System logistyczny musi być bardziej elastyczny niż w tradycyjnych organizacjach.
Klienci nie zawsze są zainteresowani kustomizacją	Kustomizacja łączy się z wyższą ceną za produkt lub usługę, niż w przypadku jej standardowej wersji. Klienci nie zawsze są zainteresowani indywidualnym dostosowaniem określonych produktów. W niektórych wypadkach kustomizacja produktu może zniechęcić kupującego do decyzji zakupowej (klienci nie są w stanie podjąć racjonalnej decyzji). Schwartz [25, s.79-88] nazwał taką sytuację „ <i>tyranią wyboru</i> ”. Z tego powodu organizacje powinny poprzedzić decyzję o wdrożeniu strategii masowej kustomizacji intensywnymi badaniami rynku oraz preferencji konsumentów.

Źródło: Zipkin [31, s. 86]

Source: Zipkin [31, s. 86]

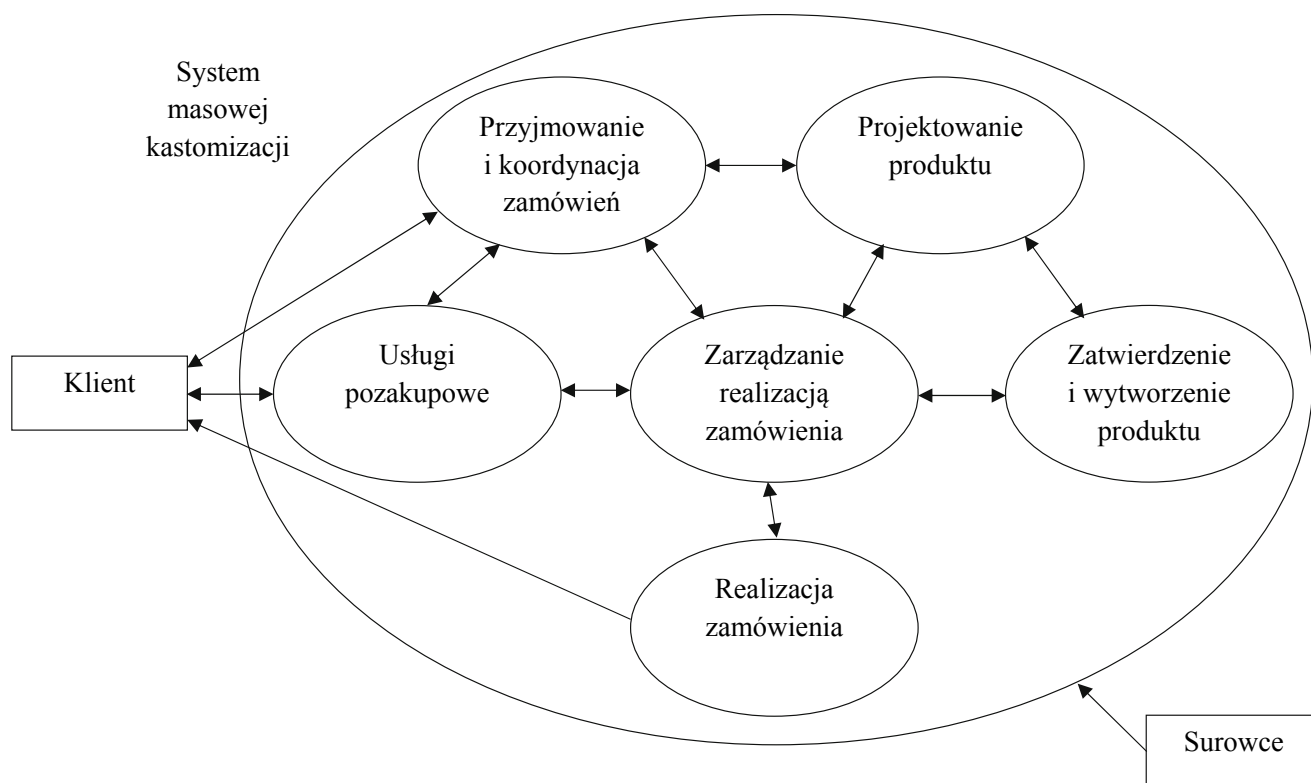
projektowanej na zamówienie oraz produkcji masowej. Mapa procesów systemu masowej kustomizacji została zaprezentowana na rysunku 3.

Według Barta MacCartheya, Philipa Brabazona oraz Jo Bramhama [19, s.289-304] w skład systemu masowej kustomizacji wchodzi sześć procesów:

1. **Przyjmowanie i koordynacja zamówień** – Ten proces odpowiada za dialog z klientem, na który składa się otrzymywanie, interpretowanie oraz weryfikowanie jego wymagań. W trakcie przyjmowania i koordynacji zamówień organizacja pozyskuje podstawowe informacje dotyczące produktu (jaki produkt, w jakiej ilości, w jakim terminie) oraz pozwala konsumentowi na wybór opcji

produktu, dokonania jego pomiarów oraz bada reakcje klientów na prototyp. Obecnie do pozyskania ogólnych informacji organizacje najczęściej wykorzystują internetowe systemy komunikacyjne, które są szybkie i tanie.

2. **Projektowanie produktu** – Ten proces obejmuje opracowanie koncepcji produktu, na podstawie której powstaje szczegółowy projekt. Projekt produktu obejmuje wszystkie wymagania klienta oraz uwarunkowania wynikające z dostępnej w organizacji technologii oraz posiadanych przez organizację zasobów.
3. **Zatwierdzenie i wytworzenie produktu** – Po zatwierdzeniu projektu produktu następuje jego wytworzenie. Wytwarzanie produktu w filozofii masowej kustomizacji



Rys. 3. Mapa procesów systemu masowej kustomizacji.
Fig. 3. Map processes of the mass customization system.

Źródło: MacCarthy, Brabazon i Bramham [19, s. 10]

Source: MacCarthy, Brabazon i Bramham [19, s. 10]

opiera się na modularności. Poszczególne projekty posiadają elementy wspólne, które wykorzystuje się przy montażu finalnych produktów, uzupełniając je elementami specyficznymi zgodnie z potrzebami klienta. Modularność pozwala na zmniejszenie kosztów dzięki ekonomii skali, redukcję zapasów oraz ułatwia prognozowanie popytu na poszczególne komponenty. Struktura systemu produkcyjnego powinna składać się z niezależnych modułów produkcyjnych, w skład których wchodzi wysoko wykwalifikowani pracownicy. Aparat wytwórczy jest wysoce elastyczny i pozwala na zmianę struktury systemu produkcji bez ponoszenia wysokich kosztów.

4. **Zarządzanie realizacją zamówienia** – Polega na zarządzaniu przepływami informacji oraz produktów w obrębie łańcucha wartości. Zarządzanie realizacją zamówienia obejmuje wszystkie procesy, które wchodzi w skład systemu masowej kustomizacji. Systemami umożliwiającymi zarządzanie realizacją zamówienia jest logistyka oraz informatyczne systemy zarządzania.
5. **Realizacja zamówienia** – Ten proces obejmuje działania związane z przepływem materiałów w łańcuchu wartości. Składają się na niego: zaopatrzenie, logistyka wewnątrzorganizacyjna oraz dystrybucja produktów finalnych. Realizacja zamówień funkcjonuje prawidłowo, jeżeli cały łańcuch dostaw jest zorientowany na indywidualnego klienta.
6. **Usługi pozakupowe** – Główną usługą pozakupową w systemie masowej kustomizacji jest techniczne doradztwo. Dodatkowo usługi pozakupowe obejmują: usługi gwarancyjne, reklamacje oraz zarządzanie zwrotami.

Filozofia masowej kustomizacji wymaga przeprojektowania procesów operacyjnych, które muszą być zorientowane na dostarczenie jak największej wartości dla klienta indywidualnego. Zaawansowane systemy logistyczne i informatyczne, zgodnie z podejściem systemowym, spajają organizację i umożliwiają dostarczenie indywidualnie skonfigurowanego produktu do finalnego odbiorcy [12, s.54-71].

Masowa kustomizacja wykorzystuje koncepcję modularności, która umożliwi równoległe wytwarzanie wielu komponentów, co skraca cykl realizacji zamówienia oraz ułatwia rozwiązywanie problemów związanych z zarządzaniem jakością. Jeżeli w organizacji funkcjonuje system zarządzania jakością, to automatycznie przyczynia się to do łatwiejszej implementacji filozofii masowej kustomizacji [17, s.900-922]. Wystandardyzowane procedury organizacyjne, które zostały usprawnione dzięki wdrożeniu systemów zarządzania jakością, mogą w znaczący sposób przyspieszyć implementację koncepcji masowej kustomizacji.

STRATEGIE WDRAŻANIA MASOWEJ KUSTOMIZACJI

Wyszczególnienie podstawowych procesów organizacyjnych jest pierwszym krokiem do wdrożenia koncepcji masowej kustomizacji. Następnie należy zastosować określone strategie, które ułatwią jej implementację do organizacji. Rajan Selladurai wyróżnił sześć kroków, które umożliwią powyższe zadanie [26, s.295-300]:

1. **Zmodyfikowanie struktury organizacyjnej** – Organizacje powinny zmodyfikować swoją strukturę organizacyjną. Musi być ona bardziej elastyczna – dzięki temu

efektywniej będzie reagowała na dynamiczne zmiany rynkowe. Wiąże się to z redukcją szczebli zarządzania.

2. **Określenie szczegółowych rynków docelowych** – Strategia masowej kastomizacji nie jest odpowiednia na każdym rynku. Często menadżerowie, pod wpływem określonych trendów branżowych starają się na siłę forsować rozwiązania, które w danym momencie cieszą się popularnością. Niektóre rynki nie nadają się do stosowania takiej strategii (głównie rynki paliw i surowców). Z tego powodu wprowadzenie filozofii masowej kastomizacji powinno poprzedzić szczegółowe badanie rynku i preferencji nabywców.
3. **Efektywna i systemowa integracja** – Wysoki poziom integracji wewnątrzorganizacyjnej, międzyorganizacyjnej oraz na linii organizacja - klient jest czynnikiem kluczowym w przypadku polityki masowej kastomizacji. Integrację można wzmocnić wykorzystując systemy informatyczne, które zwiększają przepływ informacji pomiędzy poszczególnymi częściami organizacji. Firmy takie jak Dell, HP oraz AT&T wykorzystują zaawansowane platformy informatyczne do błyskawicznego określenia oraz zebrania potrzeb i oczekiwań klientów.
4. **Wykorzystanie modularności w produkcji** – Modularność to kluczowy składnik każdego systemu masowej kastomizacji. Za jego pomocą można minimalizować koszty produkcji. Ideą modularności jest najlepiej zaprezentowana w kastomizacji komputerów osobistych, które składają się z różnych podzespołów (modułów): płyty głównej i graficznej, pamięci RAM, procesora, układu chłodzącego oraz obudowy. Każdy z komponentów występuje w kilkudziesięciu wersjach, które można dowolnie łączyć.
5. **Automatyzacja technologii** – Automatyzacja w koncepcji masowej kastomizacji zwiększa standaryzację, która przekłada się na obniżkę kosztów oraz wzrost jakości produktu.
6. **Wysztalcenie silnych relacji z klientem** – Masowa kastomizacja wymaga ciągłych oraz bliskich interakcji pomiędzy organizacją i klientem. Dzięki sprzężeniom zwrotnym ze strony kupujących organizacja może lepiej odpowiadać na ich potrzeby. Dzięki temu firma zmniejszy koszty funkcjonowania i w długim okresie osiągnie większy zysk.

Organizacje, które wdrożyły strategię masowej kastomizacji osiągają najczęściej lepsze wyniki finansowe, większy udział w rynku oraz wyższy wskaźnik rentowności niż ich bezpośredni konkurenci, którzy nie wdrożyli tej koncepcji [4, s.314-328]. Nie należy jednak zapominać, że to filozofia długoterminowa, której owoce (np. w postaci osiągnięcia pozycji lidera rynkowego) mogą pojawić się po kilku latach [8, s.125-140].

STUDIA PRZYPADKÓW

Najbardziej znanym w literaturze przykładem efektywnego wdrożenia strategii masowej kastomizacji jest studium przypadku amerykańskiej korporacji z branży IT – firmy Dell [26, s.295-300]. Klient, który chce zakupić spersonalizowany komputer, używa internetowego narzędzia do kastomizacji produktu. Konsument może dostosować produkt do swoich potrzeb, określając wielkość dysku twardego,

szybkość procesora, wielkość karty pamięci, rodzaj karty graficznej oraz rodzaj oprogramowania i obudowy komputera. Następnie system informatyczny przesyła zamówienie do fabryki, gdzie komputer zostaje złożony z określonych w zamówieniu komponentów (modułów) i dostarczony do klienta w przeciągu 5 dni. Wykorzystanie modularności gwarantuje niskie koszty, a wprowadzenie systemów TQM (total quality management) gwarantuje wysoką jakość komputerów [25, s. 79-88]. Dzięki strategii masowej kastomizacji Dell stworzył markę, która powszechnie kojarzy się z wysoką efektywnością procesorów.

Innym case study ukazującym możliwości masowej kastomizacji jest studium przypadku Motoroli. Ta amerykańska korporacja z branży IT rozpoczęła kastomizację swojego pagera Bandit we wczesnych latach 80-tych XX wieku [5, s.171-174]. W tym czasie oferowała swoim klientom 29 milionów możliwych kombinacji tego produktu. Kastomizacja produktu uwzględniała różne wersje sprzętu oraz oprogramowania. Cały proces produkcji pagerów był skonsolidowany w jednej fabryce. Klienci wybierali konfigurację towaru, która najlepiej spełniała ich oczekiwania, a sprzedawca wprowadzał zamówienie do systemu komputerowego, co początkowało proces montażu pagera w fabryce. System akceptował zamówienia na dowolnie spersonalizowany, pojedynczy pager. Na koniec finalny produkt był dostarczany do klienta.

Innym koncernem, który wykorzystuje strategię masowej kastomizacji jest amerykański producent odzieży Levi Strauss [18]. Wprowadził on w swoich sklepach na terenie Stanów Zjednoczonych Ameryki oraz Kanady program kastomizacji dżinsów dla kobiet i mężczyzn. W sklepach zostali zatrudnieni sprzedawcy o umiejętnościach krawieckich, którzy pobierali od potencjalnych klientów cztery pomiary: talii, biodra, wewnętrznej strony nogi oraz łydki. Pomiary były wprowadzane do systemu komputerowego, który sugerował wybór jeden ze znajdujących się w magazynie prototypów jeansów. Następnie klient mierzył prototyp i wspólnie ze sprzedawcą nanosił poprawki, które mogą dotyczyć długości jeansów, objętości w pasie, udzie, łydce, koloru spodni, rodzaju tkaniny oraz dodatków. System informatyczny przesyłał gotowe zamówienie do fabryki Levisa, która znajdowała się w Mountain City. Koszt spersonalizowanych jeansów wynosił 65 dolarów amerykańskich (około 15 dolarów więcej niż standardowe jeansy w sklepie stacjonarnym). Czas produkcji i dostawy jeansów wynosił trzy tygodnie.

Masowa kastomizacja jest również z powodzeniem wdrażana przez japońskie korporacje, takie jak Toyota i NBIC (National Bicycle Industrial Company) [15, s. 442-450]. NBIC jest jednym z czołowych producentów rowerów w Japonii – jej marki to National i Hikari (produkcja masowa) oraz Panasonic (masowa kastomizacja). NBIC posiada dwie fabryki – jedna odpowiada za produkcję masową, druga za masową kastomizację. Do tej ostatniej zostali przeniesieni najlepsi pracownicy z fabryki odpowiadającej za masową produkcję. NBIC podjęła decyzję o wprowadzeniu strategii masowej kastomizacji pod wpływem gwałtownych zmian na japońskim rynku rowerów (drastyczny spadek popytu na wystandardyzowany masowy produkt). Głównym celem wprowadzenia strategii masowej kastomizacji przez wierzchołek strategiczny była chęć wyróżnienia oferty NBIC na tle

konkurentów oraz wzrost udziałów w sektorze high-endowym, który gwarantuje najwyższe zyski. Do skutecznej implementacji systemu masowej kastomizacji został powołany specjalny zespół, który składał się z najlepszych pracowników poszczególnych działów organizacji.

System masowej kastomizacji w NBIC został nazwany Panasonic Ordering System i okazał się wielkim sukcesem [16, s. 846-858]. Za jego pośrednictwem japońscy klienci mogli zamawiać i otrzymywać spersonalizowany rower w przeciągu dwóch tygodni. Główni konkurenci NBIC – Bridgestone oraz Miyata zostali zmuszeni do wprowadzenia podobnych systemów. Nie byli jednak w stanie nadrobić strat do korporacji NBIC, która uzyskała konkurencyjną przewagę i stała się liderem rynkowym.

KRYTYKA DOTYCHCZASOWYCH BADAŃ

Z powyższej analizy literatury wynika, że poprawna implementacja filozofii masowej kastomizacji umożliwia uzyskanie przewagi konkurencyjnej, osiągnięcie pozycji lidera rynkowego, stworzenie produktu o wysokim współczynniku wartości dodanej oraz zmniejszenie kosztów poszczególnych procesów [14, s.809-821]. Autor poniższego artykułu uważa, że autorzy podeszli bardzo optymistycznie do zagadnienia, często pomijając niebezpieczeństwa jakie niesie ze sobą ta strategia. Kastomizacja to koncepcja niezwykle zaawansowana i ciężka do implementacji, która nie zawsze przynosi oczekiwane rezultaty [22, s.435-444]. Jej efektywne wdrożenie wymaga olbrzymich zasobów materialnych, niematerialnych oraz finansowych. Jeżeli masowa kastomizacja zostanie nieumiejętnie wdrożona, to istnieje prawdopodobieństwo bankructwa firmy [7, s.103-121].

Autor po analizie literatury doszedł do wniosku, że w obecnych warunkach rynkowych strategia masowej kastomizacji jest jednym ze sposobów uzyskania przewagi konkurencyjnej, ale nie w długim okresie. Masowa kastomizacja staje się coraz częściej standardem rynkowym, a nie innowacją. Jest to szczególnie widoczne w branży aplikacji mobilnych oraz programów i witryn komputerowych, które

umożliwiają dostosowanie usługi do oczekiwań klienta w bardzo zaawansowanym stopniu np.:

1. **Spotify** – serwis muzyczny, który umożliwia użytkownikom tworzenie z milionów utworów spersonalizowane biblioteki muzyczne.
2. **Steam** – platforma cyfrowej dystrybucji gier, która pozwala na tworzenie spersonalizowanej biblioteki gier i oprogramowania.

Koszty takiej kastomizacji są niższe niż w przypadku organizacji produkcyjnych, ponieważ usługa jest dostarczana w formie cyfrowej (największe koszty związane są ze stworzeniem i utrzymaniem systemu informatycznego, który umożliwia kastomizację).

Autor zauważył również, że w przeanalizowanej literaturze nie został poruszony bardzo istotny aspekt, który prawdopodobnie zrewolucjonizuje produkcję oraz kastomizację – druk 3D. Jest to sposób wytwarzania trójwymiarowych obiektów w oparciu o komputerowy model [21, s. 12-16]. Drukowanie 3D podobnie jak masowa kastomizacja pozwala na tworzenie wysoce spersonalizowanego produktu. Jednak pomiędzy tymi sposobami wytwarzania występują istotne różnice. Porównanie strategii masowej kastomizacji oraz druku 3D zostało dokonane w poniższej tabeli [1, s.155-162].

Druk 3D posiada liczne zalety. Według Jeroena Jonga oraz Erika de Bruijna [3, s.43-52] do najważniejszych należą:

1. Wysoka automatyzacja i niezawodność.
2. Możliwość recyklingu zużytych materiałów.
3. Wykorzystanie powszechnie dostępnych materiałów.
4. Łatwość zarządzania łańcuchem dostaw.
5. Szybkość produkcji.

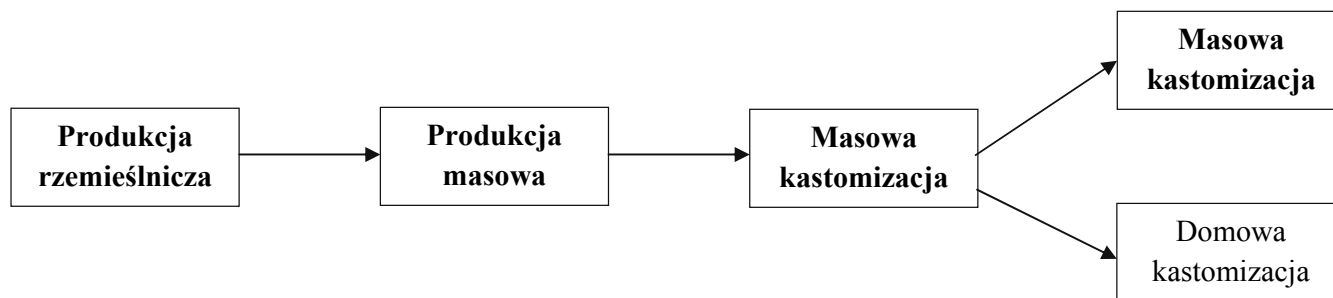
Po analizie literatury autor jest przekonany, że pod koniec pierwszej połowy XXI wieku działalność produkcyjna ponownie ulegnie ewolucji. Za sprawą drukarek 3D nastąpi rewolucja w kastomizacji produktów. Ewolucja procesu produkcyjnego została przedstawiona na rysunku 4.

Tabela 3. Porównanie masowej kastomizacji oraz druku 3D
Table 3. Comparison between mass customization and the 3D printing

	Masowa Kastomizacja	Druk 3D
Proces produkcji	Podstawą masowej kastomizacji jest modularność – z kombinacji określonych modułów tworzy się zamawiany przez klienta produkt. Proces produkcji wymaga nadzoru. Często trzeba przestawiać maszyny produkcyjne.	Druk 3D jest oparty o oprogramowanie CAD, które pozwala na zaprojektowanie dowolnego przedmiotu od zera. Do wytworzenia produktu wykorzystuje się tworzywa sztuczne, stopy na bazie niklu i chromu, stal nierdzewną, tytan, polimery oraz ceramiki. Produkcja nie wymaga nadzoru. Drukarka sama wytwarza produkt – należy jedynie załadować odpowiedni projekt.
Łańcuch dostaw	Łańcuchy dostaw w masowej kastomizacji są zintegrowane oraz efektywne. Organizacja posiada najczęściej kilku bliskich dostawców specjalistycznych półproduktów i materiałów. Konieczne jest zaawansowane zarządzanie dostawami.	Druk 3D wykorzystuje relatywnie dostępne surowce, które można bez większych przeszkód nabyć na rynku. Dzięki temu łańcuchy dostaw nie muszą być tak rozbudowane jak w przypadku masowej kastomizacji.
Główne rodzaje wytwarzanych dóbr	Produkty, które wykorzystują modularność: komputery, ubrania, buty, zegarki, okna i drzwi, rowery, samochody.	Głównie: prototypy, makiety, protezy, koronki dentystryczne.

Źródło: Berman [1, s. 157]

Source: Berman [1, s. 157]



Rys. 4. Ewolucja procesu produkcyjnego.

Fig. 4. The evolution of the production process.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Authors' own research

Na początku funkcjonowała produkcja rzemieślnicza, która charakteryzowała się wysoką jakością wykonania, długim czasem trwania procesu produkcji oraz wysoką ceną za produkt. Pod wpływem rozwoju technicznego oraz automatyzacji i standaryzacji procesów produkcja rzemieślnicza ewoluowała w produkcję masową. Kolejnym etapem jest masowa kastomizacja, która była odpowiedzią organizacji na dynamiczne zmiany rynkowe, skrócenie cyklu życia produktu oraz na zmienne preferencje klientów. Masowa kastomizacja łączy zalety produkcji masowej (niskie koszty dzięki wykorzystaniu ekonomii skali) oraz produkcji rzemieślniczej (produkt dostosowany do indywidualnych potrzeb).

Autor uważa, że technologia 3D będzie impulsem do wkroczenia procesu produkcyjnego na nowy poziom. Rozważa dwa scenariusze:

1. **Masowa kastomizacja II** – Organizacje zaczną na masową skalę wykorzystywać w produkcji drukarki 3D. Dzięki temu spadną koszty kastomizacji i wzrośnie jej jakość. Możliwe, że zaczną zacierać się granice pomiędzy poszczególnymi branżami i powstanie nowy typ organizacji - meta organizacja, która będzie specjalizowała się w wytwarzaniu całego wachlarza skastomizowanych produktów (od IT po środki transportu).
2. **Domowa kastomizacja** – Koszt drukarek 3D będzie tak niski, że staną się one stałym elementem każdego gospodarstwa domowego. Ciężar produkcji zostanie przeniesiony na klientów, którzy będą wytwarzali potrzebne im produkty codziennego użytku w domu. Organizacje zaczną oferować projekty towarów, które klienci będą kupować i na ich podstawie samodzielnie wytwarzać potrzebne produkty. Taki scenariusz jest niebezpieczny dla międzynarodowych korporacji produkcyjnych, ponieważ stawia pod znakiem zapytania sens ich funkcjonowania.

WNIOSKI

Masowa kastomizacja to strategia, która umożliwia dostarczenie indywidualnie dostosowanego produktu dla masowego konsumenta. Filozofia masowej kastomizacji przekształca zmienność preferencji konsumentów oraz dynamiczne otoczenie rynkowe w źródło strategicznej przewagi [27, s.718-735]. Głównym celem tego podejścia jest zaspokojenie potrzeb indywidualnego klienta produktem, którego

cena jest niewiele wyższa od standardowego, powszechnie dostępnego towaru. Wdrożenie tej filozofii wymaga wprowadzenia do organizacji elastycznych procesów produkcyjnych, logistycznych oraz informatycznych. Konieczne jest wdrożenie systemu informatycznego, który umożliwi klientom proste i intuicyjne dostosowywanie produktu do swoich potrzeb. Produkcja w masowej kastomizacji wykorzystuje modularność, która zapewni niskie koszty wytwarzania.

Według autora powyższego artykułu poprawnie zaimplementowana masowa kastomizacja pozwala osiągnąć przewagę konkurencyjną, jednak organizacje powinny pójść o krok naprzód. Masowa kastomizacja jest koncepcją powszechnie znaną wśród menadżerów oraz teoretyków zarządzania. Chcąc osiągnąć trwałą i znaczącą przewagę konkurencyjną organizacja powinna wyjść poza istniejące schematy i zastanowić się jaki będzie kolejny etap ewolucji procesu produkcji oraz kastomizacji. Zdaniem autora kluczowym okaże się druk 3D, który wprowadzi kastomizację i produkcję na zupełnie nowy poziom. Z tego powodu firmy o globalnych aspiracjach powinny skoncentrować swoje siły i środki na opracowaniu nowej, innowacyjnej koncepcji zarządzania, która będzie bazowała na technologii drukowania 3D.

LITERATURA:

- [1] **BERMAN B. 2012.** "3-D printing: The new industrial revolution". *Business Horizons* 55(2): 155-162.
- [2] **DA SILVEIRA G., D. BORENSTEIN, & F.S. FOGLIATTO. 2001.** "Mass customization: Literature review and research directions". *International Journal of Production Economics* 72(1): 1-13.
- [3] **DE JONG J. P. J., & E. DE BRUIJN. 2013.** "Innovation lessons from 3-D printing". *MIT Sloan Management Review* 54(2): 43-52.
- [4] **DURAY R. 2002.** "Mass customization origins: Mass or custom manufacturing?". *International Journal of Operations and Production Management* 22(3): 314-328.
- [5] **EASTWOOD M. A. 1996.** "Implementing mass customization". *Computers in Industry* 30(3): 171-174.
- [6] **FOGLIATTO F. S., G. J. C. DA SILVEIRA, & D. BORENSTEIN. 2012.** "The mass customization decade: An updated review of the literature". *International Journal of Production Economics* 138(1): 14-25.

- [7] **FRANKE N., P. KEINZ, & C. J. STEGER. 2009.** "Testing the value of customization: When do customers really prefer products tailored to their preferences?". *Journal of Marketing* 73(5): 103-121.
- [8] **FRANKE, N., M. SCHREIER, & U. KAISER. 2010.** "The "I designed it myself" effect in mass customization". *Management Science* 56(1): 125-140.
- [9] **GILMORE J. H., & B. J. PINE II. 1997.** "The four faces of mass customization". *Harvard Business Review* 75(1): 91-101.
- [10] **HART C. W. L. 1995.** "Mass customization: Conceptual underpinnings, opportunities and limits". *International Journal of Service Industry Management* 6(2): 36-45.
- [11] **HLSTRÖM P., & R. WESTBROOK. 1999.** "Implications of mass customization for operations management: An exploratory survey". *International Journal of Operations and Production Management* 19(3): 262-275.
- [12] **HOU J., & D. SU. 2007.** "EJB-MVC oriented supplier selection system for mass customization". *Journal of Manufacturing Technology Management* 18(1): 54-71.
- [13] **HUANG X., M. M. KRISTAL, & R. G. SCHROEDER. 2010.** "The impact of organizational structure on mass customization capability: A contingency view". *Production and Operations Management* 19(5): 515-530.
- [14] **JIAO J., Q. MA, & M. M. TSENG. 2003.** "Towards high value-added products and services: Mass customization and beyond". *Technovation* 23(10): 809-821.
- [15] **KOTHA S. 1996.** "From mass production to mass customization: The case of the national industrial bicycle company of japan". *European Management Journal* 14(5): 442-450.
- [16] **KOTHA S. 1996.** "Mass-customization: A strategy for knowledge creation and organizational learning". *International Journal of Technology Management* 11(7-8): 846-858.
- [17] **KRISTAL M. M., X. HUANG, & R. G. SCHROEDER. 2010.** "The effect of quality management on mass customization capability". *International Journal of Operations and Production Management* 30(9): 900-922.
- [18] **LEE S.-., & J. C. CHEN. 1999.** "Mass-customization methodology for an apparel industry with a future". *Journal of Industrial Technology* 16(1).
- [19] **MACCARTHY B., P. G. BRABAZON, & J. BRAMHAM. 2003.** "Fundamental modes of operation for mass customization". *International Journal of Production Economics* 85(3): 289-304.
- [20] **MERLE A., J.-., CHANDON, E. ROUX, & F. ALIZON. 2010.** "Perceived value of the mass-customized product and mass customization experience for individual consumers". *Production and Operations Management* 19(5): 503-514.
- [21] **PETRICK I. J., & T. W. SIMPSON. 2013.** "3D printing disrupts manufacturing". *Research Technology Management* 56(6): 12-16.
- [22] **PILLER F. T., K. MOESLEIN, & C. M. STOTKO. 2004.** "Does mass customization pay? an economic approach to evaluate customer integration". *Production Planning and Control* 15(4): 435-444.
- [23] **PINE II B. J., V. BART, A. C. BOYNTON. 1993.** "Making mass customization work". *Harvard Business Review* 75(5): 108-118.
- [24] **SANDRIN E., A. TRENTIN, & C. FORZA. 2014.** "Organizing for mass customization: Literature review and research agenda". *International Journal of Industrial Engineering and Management* 5(4): 159-167.
- [25] **SCHWARTZ B. 2000.** "Self-determination: The tyranny of freedom". *American Psychologist* 55(1): 79-88.
- [26] **SELLADURAI R. S. 2004.** "Mass customization in operations management: Oxymoron or reality?". *Omega* 32(4): 295-300.
- [27] **SHAMSUZZOHA A., S. KYLLNEN, & P. HELO. 2009.** "Collaborative customized product development framework". *Industrial Management and Data Systems* 109(5): 718-735.
- [28] **TEECE D. J., G. PISANO, & A. SHUEN. 1997.** "Dynamic capabilities and strategic management". *Strategic Management Journal* 18(7): 509-533.
- [29] **TUCK, C., R. HAGUE, & N. BURNS. 2007.** "Rapid manufacturing: Impact on supply chain methodologies and practice". *International Journal of Services and Operations Management* 3(1): 1-22.
- [30] **VÁZQUEZ-BUSTELO D., & L. AVELLA. 2006.** "Agile manufacturing: Industrial case studies in Spain". *Technovation* 26(10): 1147-1161.
- [31] **ZIPKIN P. 2001.** "The limits of mass customization". *MIT Sloan Management Review* 42(3): 81-87.

Dr Marek PAWŁOWSKI
Wyższa Szkoła Menedżerska w Warszawie
Mgr Anna KUŁAKOWSKA
Uniwersytet Łódzki, Wydział Zarządzania
Dr Zdzisław PIĄTKOWSKI
Dr Renata SAJECKA
Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania w Warszawie
Mgr Artur PIĄTKOWSKI
Uniwersytet Warszawski, Wydział Zarządzania

UWARUNKOWANIA STOSOWANIA EMPOWERMENTU W PRACY ZAWODOWEJ PRACOWNIKÓW I KADRY KIEROWNICZEJ W ORGANIZACJACH – Część II®

Of conditioning empowerment applying in the career employees and the senior staff in organizations – Part II®

Słowa kluczowe: Empowerment, respondenci, pracownicy, kadra kierownicza, turbulentne otoczenie, proces decyzyjny, organizacja.

Artykuł prezentuje wyniki badań dotyczących stosowania empowermentu w pracy zawodowej pracowników i kadry kierowniczej w organizacjach. Upelnomocnienie się pracowników i kadry kierowniczej w pracy zawodowej odbywa się w obszarach: ich życia osobistego i zawodowego, autonomii zawodowej i wykorzystywania posiadanych umiejętności, otwartości wymiany informacji "kierownik – pracownik" oraz partycypowania pracowników w podejmowaniu decyzji. Badania uwiarygodniają tezę, iż udział pracowników w procesie decyzyjnym umożliwia wzajemne, zespołowe uczenie się, wzrost zaangażowania pracowników oraz pozwala na optymalne kształtowanie wspólnej wizji funkcjonowania organizacji w dalszej perspektywie czasu.

Key words: Empowerment, respondents, employees, senior staff, turbulent surroundings, decision-making processes, organization.

The article is presenting findings concerning applying empowerment in the career of employees and the senior staff in organizations. Authorizing employees and the senior staff in the career are being undergone oneself in areas: of their private life and professional, of the professional autonomy and exploiting possessed abilities, opennesses of the information exchange "manager - employee" and of participating of employees in the decision making. Examinations are lending credence to the thesis that the participation of employees in decision-making processes enables mutual, team learning, height of the commitment of employees and permits the common vision of functioning of the organization the optimum forming in the more distant perspective of the time.

WPROWADZENIE

Empowerment stał się „modny” w związku ze zmianami w zarządzaniu zasobami ludzkimi (ZZL) polegającymi na odejściu od klasycznych modeli taylorizmu i fordyzmu. Stosunki pracy chciano oprzeć na zaufaniu, współpracy i zaangażowaniu [8]. Zmiany społeczno-polityczne spowodowały, że pracownicy zaczęli być postrzegani podmiotowo [6, s. 130]. Empowerment „opiera się na przekonaniu, że zdolności pracowników często są niedostatecznie wykorzystywane i że jeśli da się ludziom szansę i powierzy im odpowiedzialność, to zechcą wnieść wkład w życie organizacji” [18, s. 112]. Funkcjonowanie organizacji w dynamicznym otoczeniu związane jest z podejmowaniem decyzji w warunkach niepewności i ryzyka. Sytuacja taka wymaga dużej autonomii pracowników, którzy w nieustannych relacjach z rynkiem zmuszeni są do podejmowania niekonwencjonalnych decyzji i elastycznych działań w turbulentnym otoczeniu.

Warunkiem powodzenia sprawnego działania organizacji w niepewnym otoczeniu są wzajemne relacje pracowników i kadry kierowniczej, które powinny być oparte na zaufaniu. Według specjalistów „zaufanie jest zakładem podejmowanym na temat niepewnych, przyszłych działań innych ludzi” [16, s. 69–80] oraz postawą opartą na przeszłości a dotyczącą przyszłości [4, s. 13]. Zawsze skutkuje podejmowaniem na jego podstawie działań w relacjach międzyludzkich i zawsze wiąże się z aktywnym zaangażowaniem. Bardziej szczegółowa definicja zaufania, podana w odniesieniu do relacji w organizacji obejmuje dodatkowo wiarę w dobre intencje innych, oczekiwanie, że dotrzymają złożonych obietnic [5, s.1] oraz oparte na kompetencjach merytorycznych i społecznych współpracowników przekonanie, że będą przydatni w podejmowanej współpracy [14, s. 119]. Jednym z istotnych sposobów na zrealizowanie zasady zaufania jest wdrożenie w organizacji konsekwentnych i systemowych działań

z zakresu zarządzania zasobami ludzkimi, które wzmocnią zaangażowanie pracowników poprzez kreowanie atmosfery otwartości i zaufania [2].

Zaufanie prowadzi do empowermentu kadry kierowniczej i pracowników, którzy współdziałają w podejmowaniu decyzji i realizują wspólnie misję, cele i strategię organizacji. Dzięki zaufaniu wspólne działania prowadzą do racjonalizacji kosztów działalności organizacji, szybkości reakcji na zaistniałe zagrożenia, optymalnego podejmowania decyzji oraz szybkiej wymiany informacji. Dla R. Zemke i D. Schaafa empowerment oznacza zmianę podejścia do pracowników, zachęcanie, pobudzanie pracowników do używania wyobraźni i podejmowania inicjatywy [19]. Natomiast według S.H. Appelbauma i K. Honegger empowerment ma miejsce, gdy pracownicy organizacji czują, że oczekuje się od nich podjęcia w dobrej wierze inicjatywy, nawet gdy wykracza ona poza ich zwykły zakres obowiązków [1]. Konsekwencją empowermentu jest osiągnięcie przez organizację przewagi konkurencyjnej opartej na elastyczności i szybkości reakcji na zagrożenia w niepewnym otoczeniu.

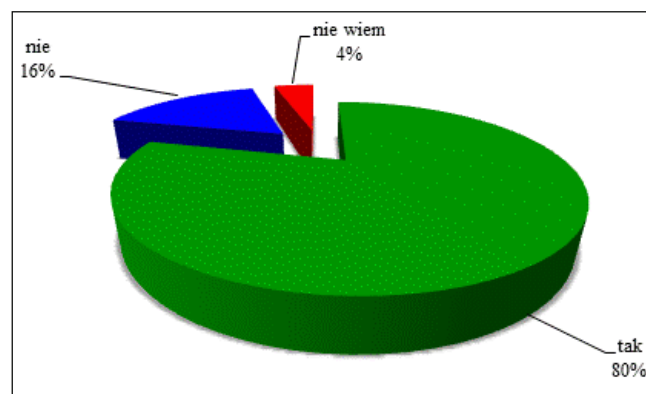
Celem artykułu jest zaprezentowanie wyników badań dotyczących stosowania empowermentu w pracy zawodowej pracowników i kadry kierowniczej w organizacjach.

ANALIZA I INTERPRETACJA BADAŃ EMPIRYCZNYCH

Przedmiotem analizy jest kontynuacja i weryfikacja badań ankietowych przeprowadzonych w 2009 roku [9, s. 150–153]. Badania przeprowadzono w okresie od lutego do kwietnia 2016 roku w państwowych i prywatnych przedsiębiorstwach różnej wielkości. Analizą objęto 500 respondentów. Otrzymano 168 wypełnionych ankiet.

Na pytanie (wykres 1) czy praca zawodowa ma znaczenie w życiu osobistym, odpowiedziało łącznie 168 respondentów, przy czym twierdząco 134 respondentów (80% ogółu ankietowanych), natomiast przecząco 27 respondentów (16% osób, którzy udzielili odpowiedzi na to pytanie). Nie udzieliło odpowiedzi na to pytanie – 7 respondentów (4% ankietowanych), ponieważ stwierdzili, że nie wiedzą, czy praca zawodowa ma dla nich znaczenie osobiste. Praca to jedna z najważniejszych wartości w życiu człowieka. Może być rozumiana jako środek do osiągnięcia odpowiedniego statusu materialnego i społecznego. Ta forma działalności człowieka traktowana jest także jako cel sam w sobie – sposób na samorealizację, działalność przynosząca satysfakcję i szacunek otoczenia. W organizacji zaspokojenie tych potrzeb następuje między innymi dzięki ciągłości zatrudnienia, podnoszeniu kompetencji zawodowych oraz właściwemu programowi świadczeń socjalnych. Tak wysoki odsetek wskazań respondentów wskazuje na potrzeby nawiązywania bliskich kontaktów z ludźmi, potrzebę miłości, przyjaźni, przywiązania, akceptacji. Praca i poczucie przynależności do danej grupy społecznej pozytywnie wpływają na efektywność wyników. Jest też jedną z najważniejszych wartości w życiu człowieka, sposobem na samorealizację, daje poczucie spełnienia i przynosi satysfakcję. Praca zawodowa umożliwia rozwój własnych zainteresowań, wzrost poczucia wartości oraz szacunek ze strony otoczenia. Jak wynika z wskazań respondentów 49% pracuje w przedsiębiorstwach do 2 lat i w większości wskazań są to pracownicy

ze średnim wykształceniem [13, s. 141–147]. Można powiedzieć, że jest to pokolenie „Y” – osoby urodzone po 1975 roku. Dla tego pokolenia pracowników wartością w pracy jest nie tylko wielkość zarobków, ale również szansa rozwoju, poczucie satysfakcji czy atmosfera w firmie oraz to, czy praca jest interesująca. Wśród zatrudnionych wzrosło znaczenia takich wartości jak: poczucie wartości i bycia potrzebnym, szacunek otoczenia oraz możliwość rozwijania swoich umiejętności.



Wykres 1. Znaczenie pracy zawodowej w życiu osobistym pracowników.

Graph 1. Significance of the career in the private life of employees.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań empirycznych (badaniami objęto 168 respondentów)

Source: Own drawing up empirical examinations on the base conducted (168 respondents were provided with examinations)

Dywagacje, dotyczące znaczenia pracy zawodowej w życiu osobistym pracowników i kadry kierowniczej, powróciły ze zdwojoną mocą po brytyjskim referendum. Przyczyną może być niemożność wyobrażenia sobie życia osobistego i zawodowego przez pracowników bez UE. Przypomina to obecną sytuację, kiedy wielu nie przyjmuje do świadomości informacji o wyborze Donalda Trumpa na Prezydenta Stanów Zjednoczonych Ameryki.

Należy pamiętać, iż pewne kwestie w demokracji są odbierane w sposób diametralnie odmienny. Przykładem może być progresywne opodatkowanie. Wyższy podatek od najbogatszych (stanowiących mniejszość) sprawia, że słabnie opór na jego wzrost ze strony znacznie mniej zarabiających i dużo mniej posiadających. Druga kwestia, to nieelastyczne prawo pracy, które zwiększa stabilność zatrudnionych (czyli większości), natomiast utrudnia sytuację osób poszukujących pracy lub dopiero wchodzących na rynek. A.K. Koźmiński zauważa, że przyczyną tych niepowodzeń, groźnych dla milionów ludzi w różnych konfiguracjach społeczno-politycznych i geograficznych są błędy w zarządzaniu. Zalicza do nich:

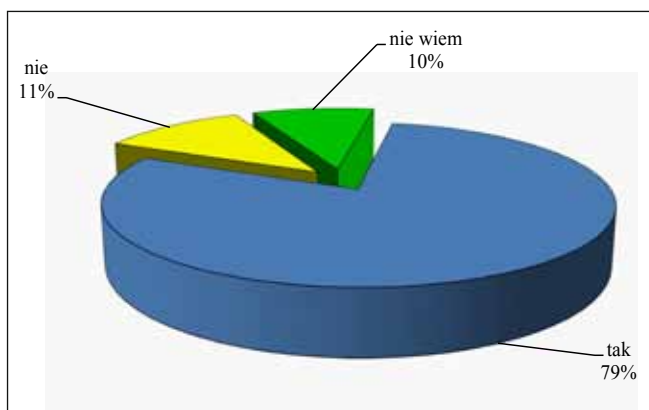
- Dekoncentrację sił i środków w różnych obszarach w celu szybkiego zwrotu poniesionych nakładów,
- Konfliktowe relacje pracownicy – kadra kierownicza,
- Realizację zdezaktualizowanej i nieelastycznej strategii w warunkach ryzyka i niepewności,
- Nieumiejętne zarządzanie ryzykiem związanym z decyzjami inwestycyjno-finansowymi,

- Nieumiejętne prowadzenie polityki rozwojowej organizacji na poziomie wierzchołka strategicznego,
- Nieumiejętne wykorzystywanie efektu synergii na różnych poziomach zarządzania organizacjami zmierzającymi do przetrwania, rozwoju i ekspansji [7].

Zaistnienie społeczeństwa opartego na wiedzy implikuje diametralną zmianę i przemianę procesu pracy zatrudnionych. Sytuacja ta powoduje wyzwania przed menedżerami i przywódcami, ponieważ procesy pracy są przedmiotem ich aktywnego monitorowania i kierowania [7, s. 36, 73].

Sposób, w jaki pracownicy postrzegają pracę, ulega stopniowej zmianie. Pomimo, że wysokość uzyskiwanego wynagrodzenia oraz stabilność zatrudnienia mają wciąż istotne znaczenie, to pracę coraz częściej wartościujemy pod względem satysfakcji, możliwości samorealizacji, spełnienia własnych ambicji oraz rozwoju zainteresowań. Na zmiany w ocenie przez pracowników wartości pracy na przestrzeni ostatnich 30 lat wpływ miało wiele czynników ekonomiczno-społecznych. Przemiany ustrojowe, „szok” transformacji, pojawienie się bezrobocia oraz niepewność zatrudnienia sprawiły, że praca stała się pożądanym dobrem, które zapewniało utrzymanie i bezpieczeństwo.

Na pytanie do respondentów, czy mają wpływ na wykonywanie pracy zawodowej (wykres 2), twierdzących wskazało 133 respondentów (79% ogółu osób ankietowanych), natomiast przeczących 16 respondentów (11% ogółu osób ankietowanych). Pozostałych 19 respondentów (10% ogółu ankietowanych) stwierdziło, że nie potrafi odpowiedzieć na to pytanie. Pracownicy doświadczający niezależności w procesie podejmowania decyzji i możliwości rozwoju zawodowego efektywniej wykonują obowiązki zarówno w wymiarze indywidualnym, jak i zespołowym.



Wykres 2. Wpływ pracowników na wykonywanie pracy zawodowej.

Graph 2. Influence of employees on performing the career.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań empirycznych (badaniami objęto 168 respondentów).

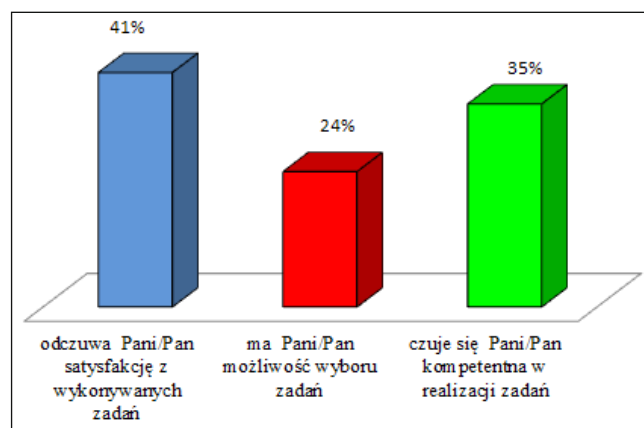
Source: Own drawing up empirical examinations on the base conducted (168 respondents were provided with examinations).

Pracownicy i kadra kierownicza są zdziwieni tym, że kiedyś król dysponował nieograniczoną władzą. Jednocześnie, niemal nikt nie przejmie się obecnie nieograniczonymi możliwościami, jakie zostały przekazane w ręce większości.

Należy zaznaczyć, iż ma to wymiar symboliczny, ponieważ 90% aktywów znajduje się w rękach 5% społeczeństwa.

Kolejną kwestią poruszanego zagadnienia są obawy dotyczące bezrobocia wynikającego z automatyzacji i nie są one niczym nowym. Znane są niezliczone przykłady tzw. kreatywnych destrukcji będących rezultatem wdrożenia nowych technologii. Konsekwencją ich stosowania były jednocześnie bogactwo jak i silne niepokoje społeczne. Istotne jest przy tym balansowanie pomiędzy utrzymaniem zatrudnienia i postępem technologicznym. Proces ten jest lustrzanym odbiciem w politycznym rozkładzie wpływów różnych opcji w państwie oraz tym jak zyski z tych technologii są redystrybuowane. Nigdy natomiast nie doszło w historii do sytuacji gdzie w wyniku automatyzacji 50% populacji pozbawiono pracy.

W kolejnym pytaniu zgodnie z własnym przekonaniem respondentów mieli odpowiedzieć, czy czują się kompetentni przy realizacji zadań, czy mają możliwość wyboru zadań oraz czy odczuwają satysfakcję z wykonywanej pracy. Chociaż są to pozornie nie związane ze sobą trzy różne pytania, to jednak dotyczą one aspektów związanych z empowermentem. Udzielone przez respondentów wskazania zestawiono na wykresie 3.



Wykres 3. Samoocena i autonomia pracowników w realizacji zadań.

Graph 3. The Self-assessment and the autonomy of employees in the execution of tasks.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań empirycznych (badaniami objęto 168 respondentów).

Source: Own drawing up empirical examinations on the base conducted (168 respondents were provided with examinations).

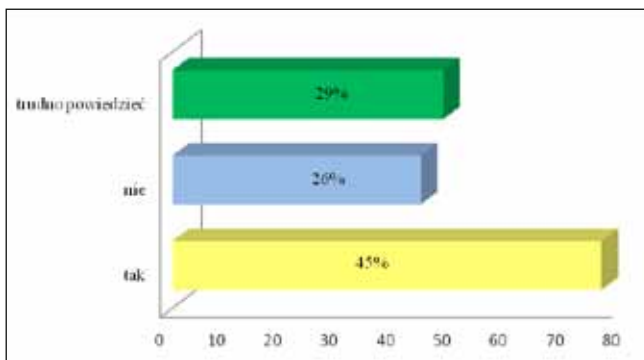
Szybkość zmian technologicznych i kulturowych, może osłabić u pracowników i kadry kierowniczej sprawność do realizacji misji, strategii i celów organizacji, a tym bardziej do opracowania i stosowania programów i planów biznesowych krajowych i międzynarodowych. Luka edukacyjna musiałaby być eliminowana, gdyby organizacje uczestniczyły w konkurencji rynkowej i dążyły do wykorzystania gospodarczego nowych technologii.

A.K. Koźmiński, zwraca uwagę na fakt, że tradycyjnie pojmowana praca ulega zmianie w postępie geometrycznym. Podaje, iż podział pracy zostaje zastąpiony przez zmienne, nieokreślone zadania, specjalizacja ustępuje szerokiemu profilowi umiejętności, a stabilizację wypiera ciągła zmienność. Hierarchię, awans w pionie wypierają płaskie, sieciowe struktury, implikując awans w poziomie. W miejsce lojalności instytucjonalnej wchodzi ruchliwość i samozatrudnienie, a orientację na wyniki przekłada się na orientację na procesy i na czas reakcji w niepewnym otoczeniu.

Dlatego formalizacja procesów ustępuje improwizacji [7, s. 74].

Wydaje się prawdopodobne, iż te tendencje mogą zaostrić dążenie wierzchołka strategicznego organizacji do nieustannej edukacji swoich pracowników i doprowadzić do natychmiastowych i drastycznych rozwiązań, aby zapewnić stabilność, przetrwanie, rozwój i ekspansję w turbulentnym otoczeniu, kierowanej przez siebie organizacji. Nowoczesne metody i techniki zarządzania, które znacznie inspirują pracowników do nowych wyzwań, będą z entuzjazmem wdrażane, w perspektywie zmian społeczno-gospodarczych.

W kolejnym pytaniu respondenci odpowiedzieli, czy wykonując pracę zawodową mają możliwość pełnego wykorzystania posiadanych umiejętności w tym zakresie (wykres 4). Respondenci udzielili łącznie 168 odpowiedzi, w tym 76 twierdzących (45 % ogółu wskazań) oraz 44 przeczących (26% ogółu wskazań). Ponadto 48 respondentów (29% ogółu osób, które udzieliły odpowiedzi na to pytanie) wskazało, że nie ma wyrobionego zadania na ten temat. Dobrego pracownika cechuje kompetencja, skuteczność w działaniu oraz specjalistyczna wiedza i umiejętności w zakresie pełnionej funkcji. Właściwe zaangażowanie pracowników to jeden z kluczowych elementów umiejętnego prowadzenia polityki personalnej. Posiadane przez pracowników umiejętności to jeden z najważniejszych czynników warunkujących wzrost poziomu zaangażowania w pracę oraz rozwijania nowych kompetencji. Umiejętności stymulują nie tylko efektywność pracy, innowacyjność, ale i potrzebę coraz wyższych osiągnięć. Ważną rolę w tym procesie pełni inspirujące zarządzanie zasobami ludzkimi. Prowadzenie przedsiębiorstwa wymaga nie tylko kapitału finansowego i zastosowania nowoczesnej techniki, ale także umiejętności pracowników, ich kompetencji, zaangażowania w pracę oraz przemysłu i wyciągania praktycznych wniosków z teorii organizacji, ekonomii i psychologii zarządzania.



Wykres 4. Wykorzystanie przez pracowników w pełni własnych umiejętności w pracy zawodowej.

Graph 4. Applying skills by truly own employees in the career.

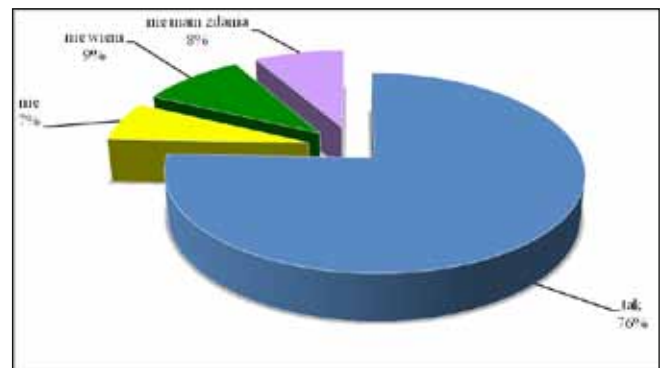
Źródło: Opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań empirycznych (badaniami objęto 168 respondentów)

Source: Own drawing up empirical examinations on the base conducted (168 respondents were provided with examinations)

Wiele aspektów funkcjonowania organizacji w konkurencyjnym otoczeniu stwarza warunki do dynamicznego stosowania i wdrażania nowoczesnych metod zarządzania i technologii, pozwalających na osiąganie celów biznesowych. Pracownicy są postrzegani jako wyrafinowane

organizmy, których zachowanie należy obiektywnie kształtować w najbardziej efektywny sposób. Wierzchołek strategiczny organizacji, poprzez korzystanie z pomocy nowych technologii powinien powstrzymać tendencje antyspołeczne pracowników. Mając na uwadze, iż pracownik jest podrzędny w stosunku do organizacji, należy sterować nim w kierunku, który prowadzi do celu korzystnego dla całej organizacji.

Analizując rozkład wskazań respondentów (wykres 5) i ich udziału w procesie podejmowania decyzji należy zauważyć, że aż 127 osób ankietowanych (76% wskazań ogółu respondentów) gotowych jest do takich działań. Pracownicy ci przejawiają inicjatywę w podejmowaniu decyzji strategicznych i taktycznych. Tylko 11 respondentów (7% ogółu ankietowanych) wskazało, że nie jest gotowych do uczestniczenia w procesie decyzyjnym. 16 respondentów (9% ogółu ankietowanych) wskazało, że nie wie czy są już gotowi do współuczestniczenia w podejmowaniu decyzji w organizacji. Natomiast 14 (8%) respondentów stwierdziło, że nie ma zdania na tak zadane pytanie.



Wykres 5. Gotowość pracowników do współuczestniczenia w procesie decyzyjnym.

Graph 5. Readiness of employees to concur in decision-making processes.

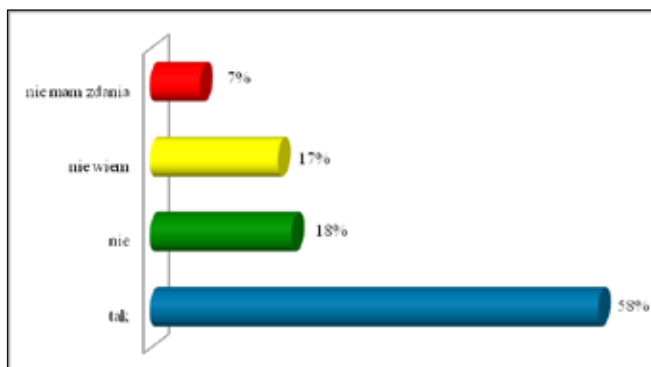
Źródło: Opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań empirycznych (badaniami objęto 168 respondentów)

Source: Own drawing up empirical examinations on the base conducted (168 respondents were provided with examinations)

Postęp w dziedzinie technologii informatycznych otwiera nowe możliwości współuczestniczenia pracowników w procesie decyzyjnym. Informatyczne systemy mogą odegrać kluczową rolę w gromadzeniu i przetwarzaniu informacji, optymalizując przeprowadzane symulacje i budowane scenariusze pożądanych zdarzeń w otoczeniu. Pracownicy osiągając mistrzostwo osobiste w posługiwaniu się tymi systemami, dysponując modelami myślowymi w prowadzeniu symulacji wspomaganymi komputerowo, stają się kompetentni do partycypowania w procesie decyzyjnym kierownictwa organizacji.

Dynamika procesów globalizacji i konfliktów regionalnych, z perspektywą konfliktu globalnego, może intensyfikować partycypację pracowników w symulacjach procesów biznesowych swoich organizacji [20]. Może to zapewnić korzyści takie jak poprawa jakości usług świadczonych przez organizację dla otoczenia, ciągłe monitorowanie stanu organizacji i jej zdolności modyfikowania swojego miejsca w dynamicznej sieci w celu zwiększenia wydajności i odporności na zaburzenia w otoczeniu. Ponadto

pracownicy będą bardziej kompetentni, jak również powstanie ciągła komunikacja dyrekcja – pracownicy – otoczenie. Aktywny udział pracowników w podejmowaniu decyzji prowadzi do jakościowego i ilościowego wzrostu produkcji, redukuje rotację pracowników, zmniejsza absencję i spóźnienia, poprawia relacje interpersonalne w organizacji, wzmacnia gotowość pracowników do akceptacji zmian, pozwala lepiej zarządzać personelem i udoskonala jakość podejmowanych decyzji. Współuczestnictwo w zarządzaniu oznacza, że pracownicy, a nie tylko kierownicy mają wpływ na decyzje organizacji. Partycypacja pracowników w podejmowaniu decyzji wzbudza u nich zaufanie wobec menedżerów i zwiększa zaangażowanie w wykonywaną pracę. Osoby mające więcej sposobności do uczestnictwa w podejmowaniu decyzji odczuwają mniej zagrożeń związanych z pracą i mają wyższe poczucie własnej wartości. Proces podejmowania decyzji obejmuje zatem rozpoznanie i zdefiniowanie istoty sytuacji decyzyjnej, zidentyfikowanie alternatywnych możliwości, wybór najskuteczniejszego wariantu i wprowadzenie go w życie. Skuteczne podejmowanie decyzji przez pracowników wymaga zrozumienia danej sytuacji decyzyjnej. Większość pracowników skłonna byłaby uznać, że skuteczna decyzja to taka, która optymalizuje pewien zestaw czynników jak np. zyski, sprzedaż, dobrobyt pracowników i udział w rynku. W pewnych sytuacjach jednak decyzją słuszną będzie ta, która minimalizuje starty i koszty. Może to oznaczać nawet wybór najlepszych metod wycofania się z danej działalności, zwolnienia pracowników albo wypowiedzenia umowy.



Wykres 6. Autonomia pracowników w nieskrępowanym przedstawianiu przełożonym swoich opinii na temat realizacji projektów.

Graph 6. Autonomy of employees in unrestricted presenting to superiors of his opinions on the subject of the implementation of projects.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań empirycznych (badaniami objęto 168 respondentów)

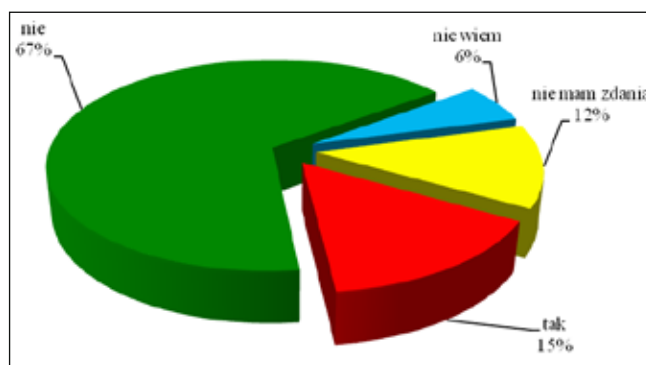
Source: Own drawing up empirical examinations on the base conducted (168 respondents were provided with examinations)

Analizując wielkość wskazań respondentów mogących nieskrępowanie przedstawić przełożonemu swoje zdanie na temat sposobu realizacji zadania (wykres 6), można stwierdzić, że aż 98 osób ankietowanych (58 % wskazań respondentów) może nieskrępowanie przedstawić przełożonemu swoje zdanie na temat sposobu realizacji zadania. Najmniejszy odsetek respondentów, w tej grupie wskazań, bo tylko 28 osób ankietowanych (17% wskazań respondentów)

stwierdziło, że nie wie czy może otwarcie wyrażać swoje opinie w obecności kierowników. 31 osób ankietowanych (18% wskazań respondentów) nie może przedstawić przełożonemu swojego zdania na temat sposobu realizacji zadania. Natomiast 11 osób ankietowanych (7% wskazań respondentów) powiedziało, że nie ma zadania na ten temat.

Zmiany organizacyjne, tworzenie nowej strategii biznesu oraz utrzymanie się organizacji na konkurencyjnym rynku będą w dużej mierze zrealizowane, jeśli pracownicy otworzą się na szczerze relacje w wymianie informacji z przełożonymi; tym bardziej, że następuje zbliżenie kulturowe Zachodu ze Wschodem, które prowadzi do destabilizacji i redefinicji wizji, misji i strategii organizacji w zmiennym otoczeniu. Sytuacja ta powoduje również, iż przetrwanie, rozwój i ekspansja organizacji są przesłanką, na której kreuje się świadomość nowego pracownika organizacji. Ekspansja technologii informatyczno-komunikacyjnych pozwoli na stworzenie przyjaznego klimatu w relacjach przełożony – podwładny. Realizację współdzielenia się własnymi opiniami z potencjalnie nieograniczoną ilością pracowników i kierowników w organizacji na ziemi, gdzie funkcjonowanie organizacji zmierza do systemowego podejścia w tej kwestii, będzie umożliwiał empowerment.

Z odpowiedzi respondentów, na pytanie czy boją się przedstawić przełożonemu swoje zdanie na temat realizacji zadań (wykres 7). wynika, że aż 112 osób ankietowanych (67% respondentów) nie boi się tego zrobić. 25 respondentów (15% pracowników ankietowanych) stwierdziło, że ma obawy przed przedstawieniem przełożonemu swojego zdania. Tylko 10 pracowników (6% wskazań respondentów) wskazało, że nie wie jak w konfliktowych sytuacjach reagować wobec stanowiska kierowników. Natomiast 21 respondentów (12% wskazań pracowników ankietowanych) nie miało zdania na ten temat.



Wykres 7. Obawa i lęk pracowników w relacjonowaniu przełożonym kontrowersyjnego stanowiska na temat realizacji projektów.

Graph 7. Anxiety and fear of employees in relating the controversial position for superiors about the implementation of projects.

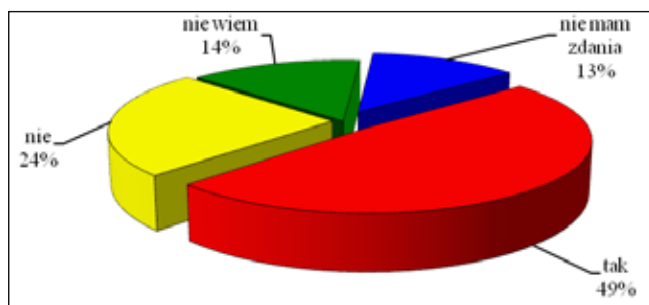
Źródło: Opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań empirycznych (badaniami objęto 168 respondentów)

Source: Own drawing up empirical examinations on the base conducted (168 respondents were provided with examinations)

Kierownictwo organizacji jest odpowiedzialne za dwa cele: osiągnięcie przez organizację zysku i rozwiązywanie konfliktów, jakie mogą zaistnieć na różnych płaszczyznach

zależności hierarchicznej i współdziałania w realizacji procesów. Jeśli organizacja rozwija się dobrze i jest skuteczna, przekłada się to na przyjazny klimat wymiany informacji i zaufania oraz znika obawa pracowników przed zaprezentowaniem przelożonemu swej opinii w kwestii realizowanych zadań, nawet w przypadku opinii negatywnej. W takim otoczeniu pracownicy są otwarci na wymianę agresywnych poglądów, mając świadomość, iż informacja to władza. Dla odmiany gdy organizacja wpada w kryzys, pracownicy i kadra kierownicza wzajemnie się obwiniają za zaistniałą sytuację. Empowerment jako filozofia działania w różnych ekstremalnych sytuacjach znajduje wówczas pole do działania poprzez neutralizowanie konfliktów w relacjach pracownicy – kadra kierownicza, zachęcając wszystkich członków organizacji do kreatywnych działań w celu wyjścia z kryzysu.

Z rozkładu odpowiedzi na pytania czy respondenci współuczestniczą w procesie decyzyjnym zilustrowanych na wykresie 8. wynika, że aż 82 pracowników (49% wskazań respondentów) współuczestniczy w nim. Znacznie mniej, bo tylko 41 badanych respondentów (24% osób ankietowanych) wskazało, że nie uczestniczy w tym procesie. Najmniejszy odsetek osób ankietowanych 24 pracowników (14% wskazań respondentów) odpowiedziało, że nie wie czy współuczestniczy w procesie podejmowania decyzji. Natomiast 21 osób ankietowanych (13% respondentów) nie ma wyrobionego zdania na to pytanie.



Wykres 8. Współuczestniczenie pracowników w procesie decyzyjnym.

Graph 8. Concurring of employees in decision-making processes.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań empirycznych (badaniami objęto 168 respondentów)

Source: Own drawing up empirical examinations on the base conducted (168 respondents were provided with examinations)

W organizacjach, w których zatrudnieni są pracownicy wysoko kwalifikowani, a podejmowanie decyzji wspomagane jest komputerowo wydaje się naturalne, że aż 60% badanych respondentów partycypuje w procesie podejmowania decyzji. Współuczestniczenie pracowników w procesie decyzyjnym może być do przyjęcia przez ogół kadry kierowniczej, jeśli proces ten będzie wdrażany stopniowo, i wyjaśniany racjonalnie, iż takie podejście nie zagraża stabilności i bezpieczeństwu organizacji. Kierownictwo organizacji zdaje sobie sprawę z korzyści wykorzystywania pracowników przy w podejmowaniu decyzji, które wynikają z szeroko rozumianego efektu synergii. Efektywniejsze jest działanie prowadzące do celu, realizowane przez zespół, niż wykonywane przez osoby odosobnione od siebie. Również grupowe rozwiązywanie problemów ma zastosowanie w technice

decyzyjnej „Burza mózgów”, gdzie zespół na wspólnej sesji próbuje znaleźć wspólne – optymalne rozwiązanie. Udział pracowników w procesie decyzyjnym umożliwia ponadto wzajemne, zespołowe uczenie się oraz pozwala na optymalne kształtowanie wspólnej wizji funkcjonowania organizacji w dalszej perspektywie czasu.

WNIOSKI

Koncepcja empowermentu jest szansą wykazania się pracowników, którzy z różnych powodów nie mają możliwości awansowania na stanowiska kierownicze – poziomy decyzyjne w tradycyjnie pojmowanej organizacji. Mogą oni wносить często cenne uwagi i sugestie dotyczące funkcjonowania firmy oraz wskazywać możliwości rozwoju przedsiębiorstwa. Empowerment wpływa bezpośrednio na poziom motywacji zatrudnionych, gdyż osoby mające kompetencje decyzyjne czują się bardziej dowartościowane, co pobudza do aktywnego myślenia, większego zaangażowania i inicjatywy. Ich nastawienie do pracy oraz napotkanych przeszkód jest bardziej pozytywne i kreatywne. Chętniej angażują się w realizację zadań, co do których sami podejmowali decyzje. Z koncepcją empowermentu ściśle powiązane są kompetencje zespołu. W organizacjach, gdzie wdrażana jest koncepcja empowermentu, lepiej wykorzystywana jest wiedza i doświadczenie pracowników. Wpływa to w sposób znaczący na podniesienie kompetencji zatrudnionych, a w konsekwencji konkurencyjności firm oraz poprawę ich pozycji na rynku. Empowerment sprawia również, iż organizacje mają większe szanse stać się bardziej innowacyjne. Dzięki zaangażowaniu pracowników możliwe jest lepsze opracowanie, wdrażanie i kontrolowanie strategii przedsiębiorstwa oraz szybsze osiągnięcie założonych celów, co przekłada się na korzystniejsze wyniki podmiotu [17].

Empowerment jest strategią dobrze przygotowującą organizację do sytuacji kryzysowych. Badania prowadzone przez A. Stankiewicz-Mróż wykazały, że „funkcjonowanie organizacji w burzliwych czasach wiąże się z koniecznością tworzenia warunków do wykorzystywania koncepcji empowermentu, która ułatwia firmie radzenie sobie z sytuacjami kryzysowymi. Wymaga to jednak zmniejszenia kontroli oraz przeprofilowania roli i zachowań menedżerów. Kluczowym działaniem dla ponad jednej trzeciej badanych firm powinno stać się odbudowywanie zaufania pracowników do kierownictwa. W tym celu konieczne jest wypracowanie systemów efektywnej komunikacji, ze szczególnym miejscem dla sprzężeń zwrotnych” [15, s. 182].

Wprowadzenie empowermentu jako nowoczesnej formy zarządzania zasobami ludzkimi w organizacji jest koniecznością wynikającą z jej potrzeb zarówno wewnętrznych (skuteczne motywowanie pracowników), jak i zewnętrznych (działań rynku, klientów) [10].

Ocena i analiza przeprowadzonych badań wykazała istotną rolę i znaczenie empowermentu w sprawnym funkcjonowaniu organizacji w niepewnym otoczeniu:

→ Organizacja stanowi zbiór różnorodnych procesów, zachodzących wewnątrz i na zewnątrz niej, więc kadra kierownicza i pracownicy zobligowani są do określenia optymalnych punktów na skali takich dychotomii jak: elastyczność – sztywne biurokratyczne reguły działania, centralizacja – decentralizacja, współpraca – niszcząca

rywalizacja, metodyczne działanie – intuicyjne podejmowanie decyzji, cel uświęca środki – orientacja na pracowników;

- Istnieje pełna partycypacja pracowników w podejmowaniu decyzji – uprawomocnienie pracowników (empowerment) a także coaching (stymulowanie podwładnych do samodzielnego podejmowania decyzji);
- Następuje tworzenie wspólnej wizji, optymalizacja opracowywanych modeli biznesu i doskonalenie pracowników w kształtowaniu reguł gry rynkowej.

Wyzwania, z którymi muszą mierzyć się współczesne organizacje, zmuszają do poszukiwań wciąż nowych, bardziej efektywnych koncepcji i metod zarządzania. Koncepcja empowermentu stanowi, interesującą poznawczo i użyteczną propozycję szerszego spojrzenia na możliwości aktywowania potencjału ludzkiego i przekształcania go w wymierne, oczekiwane przez pracodawcę wyniki. [11, s. 76–77].

Rezultatem wdrożenia empowerment jest:

- zadowolenie z pracy,
- uznanie,
- inne wyobrażenia i nowe umiejętności,
- rozwój kariery zawodowej.

Dowodem na to, że empowerment działa, jest wzrost zadowolenia klientów, poprawa końcowego wyniku firmy, pracownicy zaś [18, s. 114]:

- są zdolni do bieżącego działania bez zaangażowania czasu kierownictwa;
- zajmują się sami „swoimi” klientami;
- zgłaszają pomysły usprawnienia usług,
- rozwiązują sami swoje problemy.

Upelnomocnianie (empowerment) powinno prowadzić do tworzenia warunków podejmowania jak najlepszych decyzji, szybkich i dających w efekcie większe zaangażowanie i większą motywację personelu do zaspokajania potrzeb klientów i oczekiwań akcjonariuszy [3, s. 349]. Pożądane postawy pracowników trudno osiągać bez traktowania ich jako podmiotu działającego w warunkach wspólnoty, której członkowie wspierają się nawzajem budując siłę całej organizacji. To powoduje, że – mimo wskazanych tu wątpliwości – temat empowermentu należy uznać za aktualny i wartościowy dla teorii i praktyki zarządzania [12, s. 21].

LITERATURA

- [1] **APPELBAUM S.H., K. HONEGGAR 1998.** „Empowerment a contrasting overview of organizations in general and nursing in particular – an examination of organizational factors, managerial behaviors, job design and structural power”. Empowerment in Organizations. t. 6 nr 2: 25–50, cyt. za: BRAJER–MARCZAK R. 2013. „Empowerment pracowników w przedsiębiorstwie zorientowanym w zarządzaniu na procesy”. Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Bankowej we Wrocławiu Nr 4(36): 28.
- [2] **BLANCHARD K. 2007.** Przywództwo wyższego stopnia. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe: 75–85.
- [3] **BRILMAN J. 2002.** Nowoczesne koncepcje i metody zarządzania. Warszawa: PWE: 349.
- [4] **BUGDOL M. 2010.** „Zaufanie jako element systemu wartości organizacyjnych”, Współczesne Zarządzanie 2: 11–25.
- [5] **GRUDZEWSKI W.M., I.K. HEJDUK, A. SANKOWSKA, M. WAŃTUCHOWICZ 2010.** Zaufanie, jako dobro rzadkie i kruche, czyli o potrzebie zarządzania zaufaniem, <http://pieniadze.gazeta.pl/gospodarka/2029020,122033,7492389.html>, data dostępu: 15.06.2012.
- [6] **KANAFACHMIELEWSKA D. 2012.** „Umacnianie (Empowerment) – pojęcie i istota” Współczesne Zarządzanie 1: 130–140.
- [7] **KOŹMIŃSKI A. K. 2005.** Zarządzanie w warunkach niepewności. Warszawa: PWN.
- [8] **KRAWCZYK–BRYŁKA B. 2012.** „Empowerment – strategia zarządzania oparta na zaufaniu”. Zarządzanie i Finanse Vol. 10 nr 4: 325–327.
- [9] **KUŁAKOWSKA A., Z. PIĄTKOWSKI, K.P. MAZUR, M. PAWŁOWSKI 2011.** „Perspektywy wdrażania empowermentu w organizacjach”, Część I – aspekt teoretyczny, Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego 1: 150–153.
- [10] **LESZCZYŃSKA M. 2008.** „Empowerment jako nowoczesna forma zarządzania zasobami ludzkimi w filozofii TQM”, [W] Zarządzanie personelem jako kryterium doskonałości (red.) Borys T, Rogala P. Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu Nr 31: 69–78.
- [11] **MOCZYDŁOWSKA J.M. 2014.** „Empowerment – nowe spojrzenie na aktywowanie potencjału ludzkiego organizacji”. ZS WSH Zarządzanie (1): 71–78.
- [12] **MOCZYDŁOWSKA J.M. 2013.** „Empowerment – upodmiotowienie we wspólnocie”. Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa nr 11: 15–23.
- [13] **PAWŁOWSKI M., A. KUŁAKOWSKA, Z. PIĄTKOWSKI, R. SAJECKA 2016.** „Stosowanie empowermentu w praktyce państwowych i prywatnych przedsiębiorstw, Część I”, Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego 2: 141–147.
- [14] **SMYTH H., M. GUSTAFFSON, E. GANSKAU 2010.** „The value of trust in project Business”, International Journal of Management 28 cyt. za: KRAWCZYK–BRYŁKA, B. 2012. „Empowerment – strategia zarządzania oparta na zaufaniu”, Zarządzanie i Finanse Vol. 10 nr 4: 325–327.
- [15] **STANKIEWICZ–MRÓZ A. 2015.** „Kontrola versus zaufanie nadzór nad pracownikami w erze koncepcji empowerment”. Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej Nr 1200 Organizacja i Zarządzanie, z. 60: 182.
- [16] **SZTOMPKA P. 2007.** Zaufanie fundament społeczeństwa. Kraków: Znak.
- [17] **TRIPPNER–HRABI J. 2015.** „Kompetencje międzynarodowych zespołów wiedzy”. Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Humanitas. Zarządzanie 2: 45–46.

- [18] **Upelnomocnianie** (empowerment) – ważny instrument w wyzwaniu kreatywności personelu **2007** [w:] Biblioteka „Gazety Wyborczej”. Biznes. tom 5. Zarządzanie zasobami ludzkimi, Warszawa: PWN: 112–114.
- [19] **ZEMKE R., D. SCHAAF 1989.** „The Service Edge: 101 Companies That Profit from Customer Care”. New American Library, New York: 68, cyt. za: BRAJER–MARCZAK R. 2013. „Empowerment pracowników w przedsiębiorstwie zorientowanym w zarządzaniu na procesy”. Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Bankowej we Wrocławiu Nr 4(36): 28.
- [20] http://www.prisonplanet.pl/nauka_i_technologia/nbic_zabawa_w_boga_obraz.p1220355957

LISTA RECENZENTÓW ARTYKUŁÓW PUBLIKOWANYCH W CZASOPISIE „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	DOLEŻAL	Brno (Czechy/Czech Republic)
Doc. dr hab.	Eva	DOLINSKA	Presov (Słowacja/Slovakia)
Prof. dr hab. inż.	Andrzej	DOWGIAŁŁO	Koszalin (Polska/Poland)
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)
Prof. dr hab.	Tamara Wiktoriwna	IVANOWA	Kijów (Ukraina/Ukraine)
Prof. dr	Elvyra	JARIENE'	Wilno (Litwa/Lituania)
Doc. ph. dr	Martina	KÁŠOVÁ	Presov (Słowacja/Slovakia)
Dr hab.	Wanda	KAWECKA	Warszawa (Polska/Poland)
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)
Prof. dr hab. inż.	Krzysztof	KRYGIER	Warszawa (Polska/Poland)
Prof. dr hab. inż.	Jurij	PAWLUCZUK	Brześć (Białoruś/Belarus)
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	Równe (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.	Kvĕtoslava	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	Olga	WASILIEWA	Kijów (Ukraina/Ukraine)
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

dla Autorów 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.
- ▶ 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**.
- ▶ 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 i streszczenia w języku angielskim. Na stronie tej należy ponadto umieścić adres zamieszkania autora dla korespondencji oraz numer telefonu.
- ▶ 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: LITERATURA 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, numery 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 samodzielnych pracowników naukowych – specjalistów z dziedziny przetwórstwa spożywczego lub ekonomii i jako takie zaopatrzone zostaną w znak graficzny (®) umieszczony przy tytule. Recenzje takie należy dołączyć do artykułu.
- ▶ 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).
- ▶ 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 uprzednią zgodą autora.
- ▶ Przekazanie artykułu do Redakcji jest zarazem oświadczeniem, że nadesłane opracowanie nie było publikowane w innym czasopiśmie.
- ▶ Artykuły należy przysyłać na adres:

WYŻSZA SZKOŁA MENEDŻERSKA
Redakcja czasopisma „Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego”
ul. Kawczyńska 36, 03-772 Warszawa

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, tif** lub **jpg** (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, tif** lub **jpg** (nie ma możliwości redagowania – muszą mieć ostateczną formę i wygląd).
- ▶ **ZDJĘCIA** – jako bitmapy z rozszerzeniem – **pdf, tif** lub **jpg** – z rozdzielczością 300 dpi (nie ma możliwości redagowania – muszą być profesjonalnie zeskanowane z jak największą rozdzielczością).

Z wyrazami szacunku
Redaktor techniczny



WYDAWNICTWO
im. Prof. L. Krzyżanowskiego

*Wyższej Szkoły Menedżerskiej
w Warszawie*



wsm.warszawa.pl