ISSN 0867-793X

POSTĘPY TECHNIKI przetwórstwa spożywczego

TECHNOLOGICAL PROGRESS in food processing

1
2018

Wyższa Szkoła Menedżerska
ul. Kawęczyńska 36, 03-772 Warszawa
tel. 22 59-00-700, wsm.warszawa.pl

Wyższa Szkoła Menedżerska
w Warszawie

ROK 2018

- **JEST ROKIEM UCZCZENIA 100-LETNIEJ ROCZNICY ODZYSKANIA NIEPODLEGŁOŚCI PRZEZ POLSKĘ W WYŻSZEJ SZKOLE MENEDŻERSKIEJ W WARSZAWIE**
- **STANOWI ROCZNICĘ ODRODZENIA SIĘ WOLNEJ POLSKI I JEJ POWROTU NA MAPĘ EUROPY**
- **JEST OKAZJĄ DO UCZCZENIA PRZEZ SPOŁECZNOŚĆ AKADEMICKĄ TEGO HISTORYCZNEGO FAKTU; REFLEKSJI NAD MINIONYM OKRESEM; PODJĘCIA NOWYCH WYZWAŃ W DZIAŁALNOŚCI UCZELNI W DRUGIM STULECIU ODRODZONEJ OJCZYZNY**

Honorowy Komitet Obchodów 100-tnej Rocznicy Odzyskania Niepodległości utworzyły osobistości zaprzyjaźnione z Uczelnią ze świata nauki, kultury, polityki, samorządu, społeczników, a także pracowników naukowych WSM. O pomoc w uzyskaniu materiałów, płyt, filmów, taśm, plakatów i zdjęć itp., które mogłyby być wykorzystane w obchodach rocznicy przez WSM, Komitet zwrócił się do różnych urzędów, muzeów, instytutów i bibliotek.

Być zwyciężonym i nie ulec - to zwycięstwo,
zwyciężyć i spocząć na laurach - to klęska.

Józef Piłsudski, 1916

W ramach obchodów 100-lecia odzyskania niepodległości przewiduje się m.in.: udekorowanie sztandaru Uczelni biało-czerwoną flagą, zawieszenie w Sali Senatu nowego logo, zaprezentowanie programu obchodów oraz ekspozycji wydawnictw o Józefie Piłsudskim, wystąpienie Prezydenta WSM a także część artystyczną - wiersze i pieśni patriotyczne.

Ponadto zostanie zorganizowana konferencja naukowa nt. „Droga do niepodległości a jej twórcy" oraz spotkanie z przedstawicielem Ambasady Stanów Zjednoczonych poświęcone pamięci prezydenta USA Woodrowa Wilsona i jego epokowego stanowiska:

Należy stworzyć niezawisłe państwo polskie, które powinno obejmować terytoria zamieszkałe przez ludność bezsprzecznie polską, któremu należy zapewnić swobody i bezpieczny dostęp do morza i ktorego niezawisłość polityczną i gospodarczą oraz integralność terytorialną należy zagwarantować paktem międzynarodowym.

Woodrow Wilson, 13 punkt orędzia do Kongresu
Waszyngton, 8 stycznia 1918 r.

Dla uczczenia rocznicy odzyskania niepodległości na terenie Uczelni będą:

- eksponowane banery, plakaty, kalendarze
- prezentowane filmy
- nadawane pieśni patriotyczne, legionowe, niepodległościowe
- wybite medale z nowym logo WSM czczące 100-lecie niepodległości
- organizowane seminaria naukowe (ojczyzna, patriotyzm, niepodległość)
- przeprowadzane zebrania okolicznościowe w katedrach
- organizowane spotkania ze studentami.

Uroczystości zewnętrzne obejmą m.in. oddanie hołdu twórcom odzyskania niepodległości: J. Piłsudskiemu, R. Dmowskiemu, I. Paderewskiemu (kwiaty, znicze, honorowe warty) w Radzyminie, Ossowie, na Powązkach Wojskowych, przy Grobie Nieznanego Żołnierza, Krzyżu Papieskim Jana pawła II na Placu Zbawiciela, pod Pomnikiem Powstania Warszawskiego, Krzyżem Katyńskim na Cmentarzu Wojskowym na Powązkach.

Tom 28/52

Nr 1/2018

PL ISSN
0867-793x

POSTĘPY TECHNIKI przetwórstwa spożywczego

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

6 pkt
na liście
rankingowej
czasopism
punktowanych

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, zamieszczające prace naukowo-badawcze, badawczo-rozwojowe, wdrożeniowe i przeglądowe z zakresu: inżynierii żywności, organizacji i techniki produkcji, projektowania, konstrukcji, wykonawstwa oraz eksploatacji i energochłonności maszyn spożywczych, a także z ekonomii, ekologii, zarządzania, marketingu i przedsiębiorczości w przemyśle produkującym żywność.

„Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego" są forum prezentacji dorobku naukowego i wymiany myśli techniczno-technologicznej kadry naukowej polskich i zagranicznych uczelni technicznych, rolniczych, ekonomicznych, Wyższej Szkoły Menedżerskiej, instytutów naukowych oraz innych jednostek badawczo-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
Editorial

INŻYNIERIA ŻYWNOŚCI
FOOD ENGINEERING

1. **KACZMARCZYK K., M. GOLONKA, J. KRUK, P. PTASZEK, M. KABZIŃSKI:**
Charakterystyka żeli w układzie guma konjac – guma ksantanowa z wykorzystaniem wysokoamplitudowych oscylacji ścinających (LAOS) 5
Characteristic of gels in konjac gum-xanthan gum systems using large amplitude oscillatory shear (LAOS).

2. **AUGUSTYŃSKA-PREJSNAR A., M. ORMIAN, Z. SOKOŁOWICZ:**
Zmiany cech jakościowych mięśni piersiowych kurcząt brojlerów przechowywanych zamrażalniczo 9
Changes of quality properties of broiler chickens breast muscles during frozen storage duration.

3. **CIOCH M., M. SKOTNICZNY, T. KUCHTA, P. SATORA:**
Charakterystyka wybranych parametrów win gronowych pozyskanych z winnic południowej Polski 14
Characteristics of selected parameters of grape wines obtained from the vineyards of southern Poland.

4. **SZAJNA T., Z. PAŁACHA:**
Badanie kinetyki sorpcji pary wodnej chipsów ziemniaczanych 19
Investigation on the kinetics of water vapor sorption in potato chips.

5. **KRUK J., M. PANCERZ, K. KACZMARCZYK, A. PTASZEK, M. KABZIŃSKI:**
Śledzenie procesu żelowania z wykorzystaniem techniki dynamicznego rozpraszania światła laserowego (DLS) 25
Following the gelling process using dynamic light scattering technique.

6. **SZWEDZIAK K., E. POLAŃCZYK, M. KUŻEL:**
Wpływ technologii produkcji kawy typu arabica i robusta na ich jakość sensoryczną 30
The influence of arabica and robusta coffee technologies on their sensory quality.

7. **DĄBROWSKA-MOLENDA M., A. HUNCZA:**
Wpływ sposobu parzenia różnych rodzajów czarnych herbat na zawartość szczawianów rozpuszczalnych 34
The influence of the manner of breaking different types of black tea on the content of soluble oxaletes.

8. **MIASTKOWSKI K., S. BAKIER:**
Badania prototypowego urządzenia do odwadniania miodu 38
Research on a prototype honey dehydration device.

9. **MATUSZEK D., A. KORPOWSKA:**
Tekstura pieczywa uzyskanego z różnych mieszanek zbóż 47
Texture of bread obtained from various cereal mixtures.

10. **KOWALIK K., B. SYKUT, W. HUS:**
Ocena możliwości wykorzystania analizatora optycznego do badania stabilności piany w piwie 52
Evaluation of the possibility of using an optical analyzer to study foam stability in beer.

11. **KABZIŃSKI M., J. KRUK, K. KACZMARCZYK, M. GOLONKA, M. PANCERZ, P. PTASZEK, A. PTASZEK:**
Właściwości reologiczne pian spożywczych z dodatkiem inuliny wytwarzanych metodą półokresową i okresową 57
Rheological properties of food foams with addition of inulin produced by semi-continuous method.

12. **SYKUT B., K. KOWALIK, W. HUS:**
Badanie jakości i zafałszowań miodów naturalnych 60
Examination of quality and adulteration of natural honeys.

ARTYKUŁY ANALITYCZNO-PRZEGLĄDOWE
ANALYTICAL-REVIEW ARTICLES

13. **ACHREMOWICZ B., A. CEGLIŃSKA, L. DARDZIŃSKI, T. HABER, A. OBIEDZIŃSKA, M. OBIEDZIŃSKI, E. SZABŁOWSKA, B. WASZKIEWICZ-ROBAK:**
Charakterystyka miłki abisyńskiej i możliwości jej wykorzystania w przetwórstwie zbóż 65
Characteristic of Teff and possibilities of use in cereal processing.

14. **KUCHARCZYK K., T. TUSZYŃSKI, K. ŻYŁA:**
Filtracja zacieru przy użyciu kadzi filtracyjnej 77
Mash filtering using lauter tun.

15. **KOWALSKA H., A. MARZEC, D. PIOTROWSKI, J. KOWALSKA, M. ŁUCZKIEWICZ:**
Zastosowanie mikrotomografii do badania zmian mikrostruktury żywności w procesie odwadniania i zamrażania 82
Microtomography applying to study of food microstructure in dehydration and freezing.

16. **DUTKIEWICZ D., J. DIAKUN, B. SŁOWIŃSKI:**
Poznawcze i aplikacyjne składowe inżynierii produkcji żywności 89
Cognitive and applied components of food production engineering.

17. KOSMOWSKI M., A. DOWGIAŁŁO:
Przegląd sposobów cięcia mrożonych półproduktów z ryb 96
Overview of methods for cutting frozen fish products.

18. JANOWICZ M., L. JANOWICZ, M. JANKOWSKI:
Wykorzystanie mikroskopii elektronowej i analizy komputerowej obrazu w badaniach mikrostruktury żywności 102
The use of electron microscopy and computer image analysis in the study of food microstructure.

PROBLEMATYKA ROLN0-ŻYWNOŚCIOWA
AGRO FOOD PROBLEMS

19. GRUCHELSKI M., J. NIEMCZYK:
Problemy wsi i rolnictwa: potrzeba zmiany paradygmatu i działań rozwojowych z uwzględnieniem gospodarstw mniejszych obszarowo 109
Countryside and agriculture problems: the need for changing the paradigm and development activites in regards to small-area farms.

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

20. STANIEK Z.:
Ekonomia instytucjonalna a koncepcje człowieka gospodarującego 116
Institutional economy and the concepts of an economic man.

21. SMOLAGA L.:
Wpływ wydajności pracy i potencjału demograficznego w Polsce na problemy imigracji oraz wydłużenia wieku emerytalnego 128
Influence of production capacity of work and demographic potential in Poland on problems of immigration and stretch of pensionable age.

22. KRZEŚNIAK P., M. JACYNA, M KRZEŚNIAK:
Parametr kosztu w przemieszczaniu wagonów ładownych i próżnych 135
The cost parameter of relocating loaded and empty carriages.

23. MACIEJEWSKI J., M. SZYNKARCZUK:
Wykorzystanie metodyki business process management w automatyzacji i mapowaniu procesów controllingu 144
Appliance of business process management methodology in controlling automation and process mapping.

24. PIĄTKOWSKI A.:
Koncepcja usprawnienia zarządzania łańcuchem dostaw w sieci Biedronka w oparciu o autorskie narzędzie diagnostyczne – Część 1 157
The concept of improving supply chain management in the Biedronka supply chain based on the original diagnostic tool – Part 1.

25. PAWŁOWSKI M., A. KUŁAKOWSKA, Z. PIĄTKOWSKI, R. SAJECKA, A. WÓJTOWICZ:
Stosowanie empowermentu w komunikacji interpersonalnej i organizacyjnej w pracy zawodowej pracowników i kadry kierowniczej w organizacjach – Część V 163
Applying empowerment in the interpersonal communication and organizational in the career of employees and the senior staff in organizations – Part V.

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 CHRUSTALIOW** – 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. WSM DR HAB. **STANISŁAW DAWIDZIUK**, DR H.C.M. – WSM (POLSKA)

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 KRIŽANOVÁ,** PH. D. – ŽILINA (SŁOWACJA/SLOVAKIA)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

SZANOWNI PAŃSTWO!

Mam przyjemność powitać Państwa na łamach kolejnego numeru wydania „Postępów Techniki Przetwórstwa Spożywczego". Rozpoczęliśmy dwudziesty siódmy rok działalności. Jesteśmy obecni na rynku naukowych wydawnictw periodycznych publikujących oryginalne artykuły naukowo-badawcze, badawczo-rozwojowe i analityczno-przeglądowe. Wszystkie artykuły są recenzowane, w tym w ponad 50%-ach przez recenzentów z zagranicy.

Dotychczas opublikowaliśmy ponad 1000 artykułów dotyczących inżynierii żywności, technik i technologii produkcji żywności oraz wybranych zagadnień ekonomicznych. W tym numerze publikujemy 25 artykułów. Trudno jest omówić wszystkie z nich, choć są interesujące, dlatego sygnalizuję tylko niektóre.

Wyniki przeprowadzonych badan właściwości reologicznych w zakresie nieliniowej lepkosprężystości żelów spożywczych prezentuje zespół pracowników Wydziału Technologii Żywności Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie.

Badania na Wydziale Technologii Żywienia Uniwersytetu Rzeszowskiego wskazują, że zamrażanie mięśni piersiowych kurcząt brojlerów a następnie ich przechowywanie zamrażalnicze pozwalają w dużej mierze zachować właściwości mięsa świeżego.

Wydział Nauk o Żywności SGGW w Warszawie przedstawia wyniki badań kinetyki sorpcji pary wodnej chipsów ziemniaczanych w środowisku o zróżnicowanej wilgotności względnej powietrza.

Z badań Katedry Inżynierii i Aparatury Przemysłu Spożywczego na Uniwersytecie Rolniczym w Krakowie wynika, iż technika dynamicznego rozpraszania światła laserowego (DLS) może być z powodzeniem wykorzystywana do określenia zdolności żelowania hydrokoloidów spożywczych.

Wyniki oceny sensorycznej naparu kawy typu arabica lub robusta w Katedrze Inżynierii Biosystemów Politechniki Opolskiej wskazują najlepszy sposób parzenia oraz różnicują te dwie odmiany kawy.

Z kolejnego artykułu pracowników naukowych Politechniki Opolskiej wynika, że wraz z wydłużaniem czasu parzenia herbat czarnych wzrasta ilość szczawianów w naparach co może zwiększać ryzyko pojawienia się kamicy nerkowej. Ponadto zawarte w herbatach polifenole ograniczają absorpcję żelaza w przewodzie pokarmowym nawet o 80%. Potwierdzają to dane literaturowe.

Autorski Zespół Konstrukcyjno-Badawczy Zamiejscowego Wydziału Leśnego Politechniki Białostockiej w Hajnówce prezentuje oryginalną konstrukcję urządzenia do niskotemperaturowego odwadniania (zagęszczania) miodu, analizuje też wpływ parametrów pracy komory osuszania na wydajność odwadniania.

Mieszanki zawierające w swoim składzie znaczne ilości mąki owsianej, orkiszowej i żytniej pozwalają na uzyskanie pieczywa bardziej miękkiego a proces czerstwienia przebiega mniej intensywnie – twierdzi po przeprowadzeniu stosownych badań Zespół Naukowy Politechniki Opolskiej.

Zastosowanie dodatkowego napowietrzania jest korzystne przy wytwarzaniu pian spożywczych z dodatkiem inuliny – informuje przeprowadziwszy badania Zespół Naukowy Wydziału Technologii Żywności Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie.

Jakość miodów pszczelich oraz analizę ich zafałszowań skrobią i sacharozą prezentuje Zespół Naukowy Politechniki Lubelskiej.

Możliwości wykorzystania miłki abisyńskiej w przetwórstwie zbóż, szczególnie przy wzbogacaniu chleba przedstawiają zespoły naukowe pracowników Uniwersytetu Rzeszowskiego, SGGW w Warszawie oraz Państwowej Wyższej Szkoły Informatyki i Przedsiębiorczości w Łomży.

Zachęcam do przestudiowania wszystkich artykułów.

Dziękuję Autorom i Recenzentom – twórcom sukcesu wydawniczego za twórczy wkład w wydanie czasopisma i serdecznie zapraszam do dalszej współpracy.

REDAKTOR NACZELNA

Prof. Dr hab. Alina MACIEJEWSKA

Mgr inż. Kacper KACZMARCZYK
Mgr inż. Małgorzata GOLONKA
Dr inż. Joanna KRUK
Dr hab. inż. Paweł PTASZEK
Dr inż. Maciej KABZIŃSKI
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Technologii Żywności
Katedra Inżynierii i Aparatury Przemysłu Spożywczego

CHARAKTERYSTYKA ŻELI W UKŁADZIE GUMA KONJAC – GUMA KSANTANOWA Z WYKORZYSTANIEM WYSOKOAMPLITUDOWYCH OSCYLACJI ŚCINAJĄCYCH (LAOS)®

Characteristic of gels in konjac gum-xanthan gum systems using large amplitude oscillatory shear (LAOS)®

Badania zostały sfinansowane z dotacji celowej na naukę przyznanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego*

W artykule przedstawiono badania nieliniowych właściwości reologicznych przy zastosowaniu wysokoamplitudowych oscylacji ścinających. Badaniom poddano żele otrzymane z wodnych roztworów gumy konjac i gumy ksantanowej użytych w różnych proporcjach. Analiza otrzymanych figur Lissajous wykazała, że guma konjac i guma ksantanowa jedynie w określonych proporcjach, tj. odpowiednio 1:2, wykazują synergistyczne działanie w kształtowaniu właściwości relogicznych – struktury żelu.

This article presents research on nonlinear rheological properties using large amplitude oscillatory shear. Gels were obtained from water solutions of konjac and xanthan gums used in different proportions. Analysis of obtained Lissajous figures demonstrated that konjac gum and xanthan gum showed synergistic effect in formation of rheological properties – gel structure, only in certain proportions, ie. 1:2.

WPROWADZENIE

Hydrokoloidy stanowią grupę związków mających szerokie zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu, w szczególności w sektorze spożywczym. W tej grupie można wyodrębnić zarówno polisacharydy jak i białka. Hydrokoloidy, w zależności od budowy ich łańcucha, mogą wiązać znaczne ilości wody (nawet do 100g wody na 1g hydrokoloidu [11], żelować lub wytwarzać strukturę pseudożelową [28], a także tworzyć kompleksy z innymi składnikami żywności. Umożliwia to wykorzystanie hydrokoloidów jako substancji kształtujących strukturę, a przez to również właściwości teksturalne żywności. Hydrokoloidy polisacharydowe odgrywają istotną rolę w produkcji żywności przeznaczonej dla osób z chorobami dietozależnymi, zmuszonych do eliminowania z diety składników takich jak gluten, białka mleka czy jaja. Polisacharyd roślinny, który jest coraz częściej stosowany do produkcji żywności to guma konjac. Ten niejonowy biopolimer pozyskuje się z bulw rośliny *Amorphophallus konjac*, uprawianej w Azji [26]. Główny składnik gumy konjac stanowi glukomannan o masie molowej oscylującej w granicach 10^5–10^6 g·mol^{-1} [10,12,30], w którym molowy stosunek D-mannozy do D-glukozy wynosi około 1,6:1 [1,7,14,25]. Łańcuch główny tego polisacharydu jest w niewielkim stopniu rozgałęziony (około 8%), przede wszystkim przez jednostki glukozowe (węgiel C-6), a także jednostki mannozy i glukozy (węgiel C-3) [8,9,23,25,27]. Acetylacja natywnego glukomannanu kształtuje się na poziomie DS. 0,05-0,1 (stopień acetylacji) i ma wpływ na jego rozpuszczalność [10,12,30]. Jednym z najbardziej znanych polisacharydów pochodzenia bakteryjnego jest guma ksantanowa, która wytwarzana jest przez bakterie *Xanthomonas campestris* [4,24]. Jej masa cząsteczkowa mieści się w zakresie 10^5–10^6 g·mol^{-1} [29,31]. W strukturze cząsteczki gumy ksantanowej można wyodrębnić celulozowy łańcuch główny utworzony z jednostek D-glukozy. Szkielet ten jest rozgałęziony poprzez reszty glukozy

Adres do korespondencji – Corresponding author: Joanna Kruk, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Technologii Żywności, Katedra Inżynierii i Aparatury Przemysłu Spożywczego, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków, e-mail: j.kruk@ur.krakow.pl

z trisacharydowym łańcuchem składającym się z dwóch jednostek mannozowych oddzielonych kwasem (D)-glukuronowym [6,18]. Końcowe jednostki mannozy mogą mieć przyłączoną grupę purynową (węgiel C-6), natomiast wewnętrzne jednostki mogą mieć przyłączone grupy acetylowe (węgiel C-6) [21]. Wodne roztwory gumy ksantanowej tworzą strukturę pseudożelową. Roztwory gumy konjac w połączeniu z gumą ksantanową tworzą żele [16].

Interakcje pomiędzy glukomannanem (konjac), a gumą ksantanową były analizowane na podstawie właściwości reologicznych układów o różnym stosunku i stężeniu tych dwóch polimerów (1:1, 2:1, 1:2; 0,5g – 3,0g/100 mL). Do opisu interakcji pomiędzy nimi zastosowano model kaskadowy. Badania były prowadzone w obszarze linowej lepkosprężystości [16]. Mechanizm żelowania glukomannanu (konjac) w obecności węglanu sodu został omówiony na podstawie, m.in. danych z pomiarów wiskozymetrycznych (lepkość pozorna, lepkość graniczna), mętność żeli, spektrum IR [15].

Hydrokoloidy nieskrobiowe w wodnych roztworach generują złożone zachowania reologiczne, które odbiegają od prawa Newtona, przez co niezbędna staje się analiza nieliniowych właściwości reologicznych. Występowanie tego typu zjawisk jest charakterystyczne dla większości układów spożywczych i wynika ze zmian lepkości w zależności od warunków i czasu trwania procesu ścinania. Ze względu na rozbudowaną sieć biopolimerową układy spożywcze mogą również wykazywać właściwości lepkosprężyste, a więc gromadzić i dyssypować energię mechaniczną. Z tego względu wysokoamplitudowe oscylacje ścinające (LAOS) zaczynają odgrywać w analizie reologicznej żywności coraz większą rolę [17], przede wszystkim przy nieliniowej analizie zachowań układów półstałych i wieloskładnikowych płynów. W przeciwieństwie do klasycznych badań nieliniowych (np. pomiary krzywych płynięcia w zakresie dużych szybkości ścinania), zastosowanie techniki LAOS pozwala na głębszą analizę właściwości mechanicznych umożliwiając jednocześnie ich skorelowanie z właściwościami teksturalnymi żywności. Nieliniową analizę reologiczną przeprowadzono dla kilku układów jakimi były ciasta glutenowe [19,20] oraz stężone wodne roztwory gumy ksantanowej. Ponadto Melito et al. [17] przeprowadzili analizę właściwości żelu agarozowego. Również Fuongfuchat et al. [3] z użyciem techniki LAOS analizowali układy zawierające skrobię tapiokową i wybrane hydrokoloidy. Autorzy uzyskali szereg krzywych reprezentujących moduły zachowawcze (*G'*) i moduły stratności (*G''*) w funkcji amplitudy odkształceń oraz przedstawili krzywe Lissajous dla analizowanych układów.

Celem artykułu jest przedstawienie wyników przeprowadzonych badań właściwości reologicznych w zakresie nieliniowej lepkosprężystości żeli spożywczych zawierających gumę konjac i gumę ksantanową przy zastosowaniu wysokoamplitudowych oscylacji ścinających (LAOS).

MATERIAŁY I METODY

Do badań wykorzystano preparaty gum spożywczych o jakości handlowej: guma konjac (Agro-Smak, Dębe Kolonia, Polska) – średnia wagowo masa cząsteczkowa M_w=9.9·10^5 g·mol^{-1}, średnia liczbowo masa cząsteczkowa M_n=6.2·10^5 g·mol^{-1}, guma ksantanowa (Regis, Bochnia, Polska) –M_w=19,6·10^5 g·mol^{-1}, M_n=0,022 g·mol^{-1}. Masy molowe zostały wyznaczone z wykorzystaniem chromatografii żelowej zgodnie z metodyką zaproponowaną przez Łukasiewicza i Kowalskiego [13]. W celu przygotowania żeli w układzie guma konjac – guma ksantanowa, wodne roztwory wymienionych gum spożywczych o różnym udziale każdej z nich termostatowano w temperaturze 60°C przez 4 godziny przy zapewnieniu ciągłego mieszania. Po upływie tego czasu roztwory wylewano na szalki Petriego (d=46mm) w celu zapewnienia jednakowych wymiarów żeli i warunków procesu żelowania, a następnie pozostawiano w lodówce na 12 godzin. Próbki przechowywano pod przykryciem, aby zapobiec obsychaniu ich powierzchni. Gotowe żele badano następnego dnia po doprowadzeniu ich do temperatury pomiaru wynoszącej 23°C.

Całkowite stężenia gum w badanych układach wynosiły 0,4g/100mL i 1,2g/100mL. W obrębie tych stężeń zastosowano następujące udziały masowe gumy konjac i gumy ksantanowej, 1:1, 1:2, 1:3.

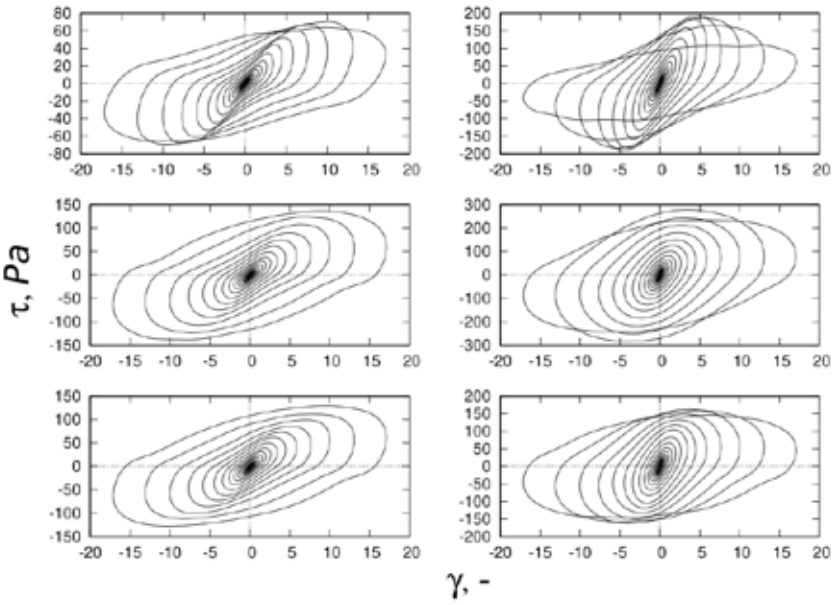
Pomiary reologiczne przeprowadzono z wykorzystaniem reometru rotacyjnego RS 6000 (Haake, Karlsruhe, Niemcy) korzystając z układu sensorów typu stożek–płytka (średnica stożka d=35 mm, kąt pomiędzy stożkiem a płytką ϕ=2^o). Zastosowano nastawę częstotliwości wynoszącą *f*=1 Hz i amplitudy odkształcenia w zakresie 0,001–20 [-]. Pomiary wykonano w trzech powtórzeniach w temperaturze 23^{o}C.

Analizę wyników przeprowadzono z wykorzystaniem figur Lissajous i płaszczyzny fazowej. Figury Lissajous zostały utworzone poprzez rzutowanie szeregu czasowego reprezentującego zmiany odkształcenia w czasie oraz szeregu reprezentującego naprężenie na płaszczyznę fazową w układzie współrzędnych odkształcenie–naprężenie (γ, τ). Powierzchnia figury jest zależna od wielkości amplitudy odkształcenia, a ponadto jest miarą energii dyssypowanej przez układ w jednym cyklu [5].

WYNIKI I DYSKUSJA

Na rysunku 1 przedstawiono figury Lissajous, w układzie współrzędnych odkształcenie (γ) – naprężenie (τ), otrzymane dla żeli z gumą konjac i gumą ksantanową. Dla wszystkich analizowanych układów uzyskano zamknięte i symetryczne krzywe. Początkowo, w zakresie lepkosprężystości liniowej, gdy amplituda odkształcenia jest mała, pole powierzchni odpowiedniej figury jest również małe. Otrzymane figury są typowymi elipsami charakterystycznymi dla układów wykazujących cechy lepkie i sprężyste. W miarę wzrostu amplitudy odkształceń układy te nie są w stanie zmagazynować tak dużej ilości energii mechanicznej, dlatego ulegają trwałym deformacjom i w końcu zniszczeniu (zakres nieliniowej lepkosprężystości). Fakt ten objawia się wyraźną deformacją figury Lissajous. Podobne zachowania związane ze zniekształceniem elipsoidalnego kształtu zaobserwowali Fuongfuchat et al. [3] w układach zawierających skrobię tapiokową i hydrokoloidy nieskrobiowe. Ewolucja otrzymanych figur wskazuje, że struktura badanych żeli ulega zmiękczeniu pod wpływem przyłożonego odkształcenia (strain – softeninng) [2].

Układy otrzymane przy zastosowaniu proporcji gum 1:1 wykazują duże odstępstwo od elipsy i tworzą figury



Rys. 1. Figury Lissajous – część elastyczna (γ – odkształcenie, τ – naprężenie). Pierwsza kolumna – całkowite stężenie hydrokoloidów 0,4 g/100 mL, druga kolumna – całkowite stężenie hydrokoloidów 1,2 g/100 mL; proporcje: pierwszy wiersz –1:1, drugi – 1:2, trzeci – 1:3.

Fig. 1. Lissajous figures – elastic part (γ – strain, τ – stress). First column – total concentration of hydrocolloids – 0,4 g/100 mL, second column – total concentration of hydrocolloids 1,2 g/100 mL; proportions: first line – 1:1, second – 1:2, third – 1:3.

Źródło: Badania własne

Source: The own study

bardziej zbliżone do prostokąta. Takie zachowanie jest charakterystyczne dla układów, w których przy dużych wartościach odkształcenia pojawiają się efekty związane z zachowaniami plastycznymi, co świadczy o bardzo złożonej nieliniowej odpowiedzi badanego układu. Sygnał wymuszający, którym w tym przypadku jest sinusoidalnie zmienne odkształcenie, powoduje nieodwracalne zmiany strukturalne, których obrazem jest zniekształcenie odpowiedzi w postaci zmiennego w czasie naprężenia. Zmiana stężenia hydrokoloidów przy zachowaniu proporcji powoduje zwiększenie intensywności omawianych zjawisk, co przekłada się na większe powierzchnie otrzymanych figur Lissajous. Wzrost amplitudy odkształcenia wskazuje na wzrastającą dyssypację energii w badanych układach [20].

Żele otrzymane w proporcji 1:2 wykazują zróżnicowane zachowanie, co objawia się różnorodnym kształtem otrzymanych figur Lissajous w zależności od stężenia poszczególnych hydrokoloidów. Dla stężenia 0,4g/100mL figury wykazują wyraźne spłaszczenie w części centralnej, które przechodzi w wyraźne załamanie widoczne dla dużych amplitud odkształcenia. Układy zawierające 1,2g/100mL wykazują większą intensywność zjawiska (większe wartości naprężenia). Wynika to tak jak w poprzednim analizowanym żelu z większej liczby czynników tworzących całokształt zjawiska. W przypadku tego stężenia wyraźnie wzrasta powierzchnia figury, co wskazuje na zmiany mikrostruktury układu indukowane przyłożonym odkształceniem [3].

Układy otrzymane dla proporcji 1:3 charakteryzują się mniejszymi wartościami naprężenia w stosunku do omawianych poprzednio. Zwiększenie ilości gumy ksantanowej (z dwóch części do trzech) powoduje odmienną odpowiedź układu niż odnotowano w przypadku pian białkowych z dodatkiem gumy ksantanowej [22]. Kształt otrzymanych figur Lissajous jest w tym przypadku bardzo podobny jak dla układu omawianego poprzednio. Zjawisko to można tłumaczyć zwiększoną ilością gumy ksantanowej w żelu. Oznacza to, że obserwowany jest synergizm pomiędzy gumą konjac i gumą ksantanową w określonym zakresie stężeń, następnie rolę czynnika kształtującego właściwości mechaniczne przejmuje w głównej mierze guma ksantanowa.

WNIOSKI

Żele otrzymane z gumy konjac i gumy ksantanowej przy niskich amplitudach odkształcenia wykazują właściwości lepkosprężyste, natomiast wysokie amplitudy odkształcenia generują zachowania plastyczne.

Synergistyczne działanie gumy konjac i gumy ksantanowej w kształtowaniu właściwości mechanicznych badanych układów obserwuje się jedynie w określonym zakresie stężeń.

* Badania Młodych 2014, pn. „*Właściwości osmotyczne roztworów gumy konjac*”

LITERATURA

[1] **CESCUTTI P., C. CAMPA, F. DELBEN, R. Rizzo. 2002.** „Structure of the oligomers obtained by enzymatic hydrolysis of the glucomannan produced by the plant Amorphophallus konjac.” Carbohydrate Research 337: 2505–2511.

[2] **EWOLDT R.H., A.E. HOSOI, G.H. McKINLEY. 2008.** „New measures for characterizing nonlinear viscoelasticity in large amplitude oscillatory shear.” Journal of Rheology 52: 1427–1458.

[3] **FUONGFUCHAT A., N. SEETAPAN, T. MAKMOON, W. PONGJARUWAT, P. METHACANON, C. GAMONPILAS. 2012.** „Linear and non-linear viscoelastic behaviors of crosslinked tapioca starch/polysaccharide systems.” Journal of Food Engineering 109(3): 571–578.

[4] **HARDING N.E., L. IELPI, J.M. CLEARY. 1995.** „Genetics and biochemistry xanthan gumproduction by Xanthomonas campestris” w: Hui Y.H., Khachatourians G.C., editors. Food Biotechnology Microorganisms. New York, VCH Publishers: 495–514.

[5] **HYUN K., M. WILHELM, C.O. KLEIN, K.S. CHO, J.G. NAM, K.H. AHN, S.J. LEE, R.H. EWOLDT, G.H. McKINLEY. 2011.** „A review of nonlinear oscillatory shear tests: analysis and application of large

amplitude oscillatory shear (LAOS).” Progress in Polymer Science 36(12): 1697–1753.

[6] **JANSSON P.E., L. KEENE, B. LINDBERG. 1975.** „Structure of the exocellular polysaccharide from Xanthomonas campestris.” Carbohydrate Research 45: 275–282.

[7] **KATO K., K. MATSUDA. 1969.** „Studies on the chemical structure of konjac mannan Part I. isolation and characterization of oligosaccharides from the partial acid hydrolyzate of the mannan.” Agricultural and Biological Chemistry 33(10): 1446–1453.

[8] **KATO K., K. MATSUDA. 1973.** „Isolation of oligosaccharides corresponding to the branching-point of konjac mannan.” Agricultural and Biological Chemistry 37(9): 2045–2051.

[9] **KATSURAYA K., K. OKUYAMA, K. HATANAKA, R. OSHIMA, T. SATO, K. MATSUZAKI. 2003.** „Constitution of konjac glucomannan: chemical analysis and ^{13}C NMR spectroscopy.” Carbohydrate Polymers 53: 83–189.

[10] **KISHIDA N., S. OKIMASU, T. KAMATA. 1978.** „Molecular weight and intrinsic viscosity of konjac glucomannan.” Agric. Biol. Chem. 42(9): 1645–1650.

[11] **LI J., J. JI, J. XIA, B. LI. 2012.** „Preparation of konjac glucomannan-based superabsorbent polymers by frontal polymerization.” Carbohydrate Polymers 87: 757–763.

[12] **LI B., B.J. XIE. 2006.** „Single molecular chain geometry of konjac glucomannan as a high quality dietary fiber in East Asia.” Food Research International 39: 127–132.

[13] **ŁUKASIEWICZ M., S. KOWALSKI. 2012.** „Low power microwave-assisted enzymatic esterification of starch.” Starch–Stärke 64(3): 188–197.

[14] **MAEDA M., H. SHIMAHARA, N. SUGIYAMA. 1980.** „Detailed examination of the branched structure of konjac glucomannan.” Agricultural and Biological Chemistry 44(2): 245–252.

[15] **MAEKAJI K. 1974.** „The mechanism of gelation of konjac mannan.” Agr. Biol. Chem. 38 (2): 315–321.

[16] **MAO C.-F., W. KLINTHONG, Y.-C. ZENG, C.-H. CHEN. 2012.** „On the interaction between konjac glucomannan and xanthan in mixed gels: An analysis based on the cascade model.” Carbohydrate Polymers 89: 98–103.

[17] **MELITO H.S., C.R. DAUBERT, E.A. FOEGEDING. 2012.** „Validation of a large amplitude oscillatory shear protocol.” Journal of Food Engineering 113(1): 124–135.

[18] **MELTON L.D., L. MINDT, D.A. REES, G.R. SANDERSON. 1976.** „Covalent structure of the polysaccharide from Xanthomonas campestris: evidence from partial hydrolysis studies.” Carbohydrate Research 46(2): 245–257.

[19] **NG T.S.K., G.H. McKINLEY. 2008.** „Power law gels at finite strains: The nonlinear rheology of gluten gels.” Journal of Rheology 52(2): 417–449.

[20] **NG T.S.K., G.H. McKINLEY 2011.** „Large amplitude oscillatory shear flow of gluten dough: A model power-law gel.” Journal of Rheology 55(3): 627–654.

[21] **NIETO M.B., M. AKINS. 2011.** „Hydrocolloids in bakery fillings” w: Hydrocolloids in food processing, Laaman T.R., editor. Blackwell Publishing Ltd. and Institute of Food Technologists.

[22] **PTASZEK P., M. KABZIŃSKI, A. PTASZEK, K. KACZMARCZYK, J. KRUK, A. BIEŃCZAK. 2016.** „The analysis of the influence of xanthan gum and apple pectins on egg white protein foams using the large amplitude oscillatory shear method.” Food Hydrocolloids 54: 293–301.

[23] **RATCLIFFE I., P.A. WILLIAMS, R.J. ENGLISH, J. MEADOWS. 2013.** „Small stain deformation measurements of konjac glucomannan solutions and influence of borate cross-linking.” Carbohydrate Polymers 95: 272–281.

[24] **SHARMA A., S. GAUTAM, S. WADHAWAN. 2014.** „Xanthomonas” w: Batt C.A., Tortorello M.L., editors. Encyclopedia of Food Microbiology. Academic Press is an imprint of Elsevier: 811–817.

[25] **SHIMAHARA H., H. SUZUKI, N. SUGIYAMA, K. NISIZAWA. 1975.** „Isolation and characterization of oligosaccharides from an enzymic hydrolysate of konjac glucomannan.” Agricultural and Biological Chemistry 39(2): 293–299.

[26] **TAKIGAMI S., T. TALDGUEHI, G.O. PHILLIPS. 1997.** „Microscopical studies of the tissue structure of konjac tubers.” Food Hydrocolloids 11(4): 479–484.

[27] **TATIRAT O., S. CHAROENREIN, W.L. KERR. 2012.** „Physicochemical properties of extrusion–modified konjac glucomannan.” Carbohydrate Polymers 87: 1545–1551.

[28] **WILLIAMS P.A., G.O. PHILLIPS. 2000.** Introduction to food hydrocolloids w: Phillips G.O., Williams P.A., editors. Handbook of hydrocolloids. Woodhead Publishing Limited.

[29] **VIEBKE C., P.A. WILLIAMS. 2000.** „Determination of molecular mass distribution of κ-carrageenan and xanthan using asymmetrical flow field-flow fractionation.” Food Hydrocolloids 14: 265–270.

[30] **XIAOYAN L., W. QIANG, L. XUEGANG, L. FENG, L. XIAOQING, H. PAN. 2010.** „Effect of degree of acetylation on thermoplastic and melt rheological properties of acetylated konjac glucomannan.” Carbohydrate Polymers 82: 167–172.

[31] **ŻMUDZIŃSKI D., P. PTASZEK, J. KRUK, K. KACZMARCZYK, W. ROŻNOWSKI, W. BERSKI, A. PTASZEK, M. GRZESIK. 2014.** „The role of hydrocolloids in mechanical properties of fresh foams based on egg white proteins.” Journal of Food Engineering 121: 128–134.

Dr inż. Anna AUGUSTYŃSKA-PREJSNAR
Dr inż. Małgorzata ORMIAN
Dr inż. hab. Zofia SOKOŁOWICZ
Katedra Produkcji Zwierzęcej i Oceny Produktów Drobiarskich
Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski

ZMIANY CECH JAKOŚCIOWYCH MIĘŚNI PIERSIOWYCH KURCZĄT BROJLERÓW PRZECHOWYWANYCH ZAMRAŻALNICZO®

Changes of quality properties of broiler chickens breast muscles during frozen storage duration®

Słowa kluczowe: przechowywanie zamrażalnicze, jakość, mięśnie piersiowe, kurczęta brojlery.

Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań dotyczących wpływu czasu przechowywania zamrażalniczego na jakość mięśni piersiowych kurcząt brojlerów. *Parametry jakościowe oceniono na schłodzonych mięśniach piersiowych przed procesem zamrażania oraz rozmrożonych po 2., 4. i 8. tygodniach przechowywania zamrażalniczego. Oceniano jakość surowych mięśni piersiowych i poddanych obróbce termicznej. Badania wykazały, że przechowywanie mięśni piersiowych w warunkach zamrażalniczych (temperatura -20°C) i rozmrażanych w powietrzu (4°C) pozwoliło w dużym stopniu zachować cechy jakości mięsa świeżego. W miarę wydłużania czasu przechowywania zamrażalniczego następowało zwiększenie kruchości i wycieku rozmrażalniczego oraz obniżenie jakości sensorycznej, głównie natężenia zapachu i soczystości badanego surowca.*

Key words: freezing storage, quality, breast muscles, broiler chicken.

The aim of the article is to present research results concerning the impact of the freezing storage time on the quality of chicken breast muscles. The qualitative parameters were evaluated on cooled breast muscles before the freezing process and thawed breast muscles after the 2nd, 4th and 8th weeks of frozen storage. The quality of raw and thermally treated breast muscles was assessed. Research has shown that breast muscles storage in freezing conditions (temperature -20°C) and thawed in the air (4°C) allowed to maintain the quality features of fresh meat. As the time of freezing storage increased, the brittleness and thawing loss increased and the sensory quality decreased, mainly the intensity of the aroma and the juiciness of the raw material.

WSTĘP

Popyt na mięso drobiu grzebiącego (kurczęta i indyki) nieustannie wzrasta. Tendencja rozwojowa produkcji i spożycia mięsa drobiowego ma dwie przyczyny. Pierwsza to aspekt finansowy, związany z jego niższą ceną w porównaniu z ceną mięsa wołowego i wieprzowego [15, 19]. Druga przyczyna to aspekt żywieniowo-zdrowotny związany z walorami dietetycznymi mięsa drobiowego. O jego wyborze decyduje również jego wartość odżywcza, kulinarna i sensoryczna. Na mocno nasyconym rynku produktów mięsnych kwestia jakości ma duże znacznie [18]. Specyfiką produktu mięsnego jest jego krótka trwałość [5].

Kulinarne mięso drobiowe znajdujące się w krajowym obrocie handlowym oferowane jest głównie w postaci chłodzonej, natomiast zamrażanie stanowi powszechnie stosowaną metodę zagospodarowania jego nadwyżek [8]. Mrożenie jest efektywna metodą utrwalania, pozwalającą na zachowanie dobrej jakości produktu przez długi czas. Korzyścią wynikającą z mrożenia, w porównaniu z dystrybucją mięsa chłodzonego jest także możliwość dłuższego przechowywania oraz większa elastyczność w handlu hurtowym, detalicznym oraz gospodarstwach domowych. Jakość mrożonego mięsa zależy od pierwotnych zmian poprzedzających zamrażanie oraz od wtórnych powstałych na poszczególnych etapach obróbki zamrażalniczej i przechowalniczej [3, 4, 13]. Do zamrażania powinno kierować się tylko surowiec o wysokiej jakości. Trwałość i jakość produktów mrożonych zależy od odpowiednich parametrów zamrażania, warunków przechowywania zamrażalniczego (stałości temperatury), czasu przechowywania oraz metody rozmrażania [1, 8, 11]. Popularną metodą rozmrażania mięsa wykorzystywaną przez konsumentów w warunkach domowych jest rozmrażanie w powietrzu w warunkach chłodniczych.

Zakres pracy przedstawionej w artykule obejmuje ocenę paramentów jakościowych mięsa surowego i poddanego obróbce termicznej, w tym ocenę sensoryczną.

Adres do korespondencji – Corresponding author: Anna Augustyńska-Prejsnar, Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Katera Produkcji Zwierzęcej i Oceny Produktów Drobiarskich, ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów e-mail: augusta@univ.rzeszow.pl

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiał do badań stanowiły mięśnie piersiowe pozyskane od 35-dniowych kurcząt brojlerów ROSS 308. Kurczęta odchowywano na ściółce i żywiono do woli standardową mieszanką dla kurcząt brojlerów (Starter, Grower i Finiszer). Ubój i dysekcję kurcząt przeprowadzono w warunkach przemysłowych zgodnie z wymaganiami techniczno-sanitarnymi obowiązującymi w przemyśle drobiarskim. Tuszki poddano dwustopniowemu schładzaniu tj. w wodzie do temperatury 16°C, a następnie metodą owiewowo-natryskową do temperatury 2°C wewnątrz mięśnia piersiowego. Mięśnie piersiowe bez skóry i tłuszczu podskórnego wykrawano manualnie. Bezpośrednio po dysekcji mięśnie piersiowe przewieziono w warunkach chłodniczych i przechowywano w chłodziarce w temperaturze 4°C przez 24 godziny. Z każdego podwójnego mięśnia odważano próbki do analiz na schłodzonym mięśniu (n=30) i próbki przeznaczone do zamrażania (grupa A - pojedyncze mięśnie piersiowe (lewe) do oznaczeń surowego surowca n= 30 i grupa B - pojedyncze mięśnie piersiowe (prawe) do oznaczeń surowca po obróbce termicznej (n= 30), które zważono, oznaczono i zapakowano w woreczki polietylenowe. Mięśnie poddano zamrożeniu w temperaturze -20°C i przechowywano w warunkach zamrażalniczych w zamrażarce szufladowej (GN 3056 firmy Liebherr, Niemcy) przez 2 tygodnie (grupa I), 4 tygodnie (grupa II) oraz 8 tygodni (grupa III). Po okresie przechowywania próbki rozmrażano w szafie chłodniczej (FKV 36110 firmy Liebherr, Niemcy) w warunkach powietrza atmosferycznego w temperaturze (4°C) przez 12 godzin nie wyjmując z woreczków.

W ocenie laboratoryjnej surowych mięśni piersiowych przed i po procesie zamrażania uwzględniono: wielkość wycieku rozmrażalniczego, pH, barwę oraz kruchość, a po obróbce termicznej barwę, kruchość, ubytki termiczne i ocenę sensoryczną.

Wielkość wycieku rozmrażalniczego oznaczono poprzez umiejscowienie próbek na kuwecie wyposażonej w kratkę dystansową o grubości 5 mm, w celu uniemożliwienia stykania się wycieku mięsnego z próbką. Wielkość wycieku wyliczono na podstawie różnicy masy przed i po procesie zamrażania na podstawie wzoru:

$$W_r(\%) = \left(\frac{M_1 - M_2}{M_1}\right) \times 100\% \qquad (1)$$

gdzie: Wr – wielkość wycieku rozmrażalniczego (%),
M_1 – masa próbki przed rozmrożeniem (g),
M_2 – masa próbki po rozmrożeniu (g).

Pomiar pH wykonano elektrodą sztyletową połączoną z pehametrem (HI 99163 firmy Hanna, Niemcy). Pomiary parametrów barwy powierzchni przekroju mięśni (przecinanych równolegle do przebiegu włókienek mięśniowych) wykonywano w systemie CIE L*a*b* przy użyciu spektrofotometru Chroma Meter (Konica Minolta Osaka, Japonia) z głowicą CR 400, przy ustawieniach dla oświetlenia zgodnego z iluminatorem D_{65}. Wykonano po trzy powtórzenia pomiarów barwy każdej próbki i wyliczano wartości średnie poszczególnych parametrów barwy: L* (jasność), a* (udział barwy czerwonej), b* (udział barwy żółtej). Kruchość oceniono na podstawie pomiaru siły cięcia (F_{max}) przy użyciu maszyny wytrzymałościowej Zwick/Roell BT1-FR1.OTH. D14 (Zwick CmbH&Co. KG.Ulm, Niemcy) stosując nóż szerometryczny (V-blade) Warner-Bratzler przy prędkości przesuwu głowicy 100 mm··min^{-1} i sile wstępnej 0,2 N (cięciu poddano słupki mięśni o przekroju 100 mm^2 i długości 50 mm). Cięcie prowadzono prostopadle do przebiegu włókienek mięśniowych. Wyniki pomiaru siły cięcia opracowano z wykorzystaniem programu Test Xpert II.

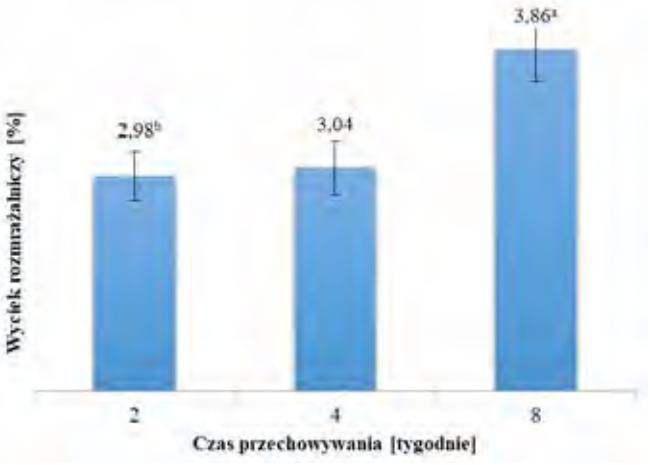
Po rozmrożeniu próbki (grupa B) zważono z dokładnością do 0,1g i poddano gotowaniu w wodzie zawierającej 0,6% chlorku sodu (proporcja mięso/woda 1:2) do osiągnięcia wewnątrz próbki temperatury 82°C±2°C. Ubytki masy wyliczono na podstawie różnicy masy przed i po obróbce termicznej. W celu oceny sensorycznej próbki studzono do temperatury 20°C±2°C, krojono w plastry prostopadle do przebiegu włókienek mięśniowych i umieszczano w plastikowych pojemnikach. Próbki kodowano i podawano ocenie w kolejności losowej. Oceniano: zapach (pożądalność i natężenie) i smak (intensywność i natężenie) mięsa, soczystość, kruchość w skali 5 punktowej, przy czym 1 pkt. oznaczał ocenę najgorszą, 5 pkt. ocenę najlepszą [6]. Ocenę sensoryczną przeprowadził 5 - osobowy zespół oceniający o sprawdzonej wrażliwości sensorycznej, przeszkolony zgodnie z normą PN-EN ISO 8586-21996 [16]. Instrumentalną ocenę barwy i kruchości wykonano analogicznie jak dla surowych mięśni piersiowych.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie stosując analizę wariancji ANOVA. Wyznaczono średnie arytmetyczne ($\bar{x}$) i odchylenia standardowe (SD), istotność różnic między wartościami średnimi analizowanych parametrów w grupach (zależnie od czasu przechowywania) szacowano testem Duncana. Obliczenia wykonano za pomocą programu STATISTICA 12.0 PL.

OMÓWIENIE I DYSKUSJA WYNIKÓW

Wielkość wycieku rozmrażalniczego jest podstawowym wskaźnikiem jakości mięsa po procesie zamrażania [13], determinowana jest rodzajem surowca mięsnego, metodą zamrażania, warunkami przechowywania zamrażalniczego oraz sposobem rozmrażania [11]. W badaniach własnych wykazano, że wraz z czasem przechowywania zamrażalniczego zwiększała się wielkość wycieku rozmrażalniczego. Statystycznie istotne ($p \leq 0.05$) różnice stwierdzono pomiędzy mięśniami przechowywanymi przez 2 tygodnie i 8 tygodni w warunkach zamrażalniczych (rys. 1). Mniejsze wartości tego wskaźnika, ale podobną tendencję wzrostu wielkości wycieku rozmrażalniczego wraz z 8-tygodniowym czasem zamrażalniczego przechowywania wykazał Wei i in. [21]. Yu i in. [22] stwierdzili, że wielkość wycieku termicznego była zróżnicowana w zależności od temperatury rozmrażania. Ilość wycieku rozmrażalniczego wskazuje na rozmiar zmian, jakie zaszły w strukturze surowca oraz związków odpowiedzialnych za wiązanie wody w czasie zamrażania i przechowywania zamrażalniczego.

Kwasowość mięsa jest jedną z najbardziej obiektywnych cech informujących o szybkości glikolizy poubojowej stanowiącej podstawową przyczynę zróżnicowania jakości mięsa. W badaniach własnych (tabela1) wykazano, że wartość pH mięśni piersiowych wraz z wydłużaniem czasu przechowywania zamrażalniczego obniżała się, czego nie potwierdzo-



Rys. 1. Zmiany wycieku rozmrażalniczego w mięśniach piersiowych w czasie przechowywania zamrażalniczego.

Fig. 1. Thawing loss changes in raw breast muscles during frozen storage duration.

Źródło: Badania własne

Source: The own study

no statystycznie (p>0.05). Uzyskane wyniki badań w tym zakresie są porównywalne z wynikami uzyskanymi przez Chen i in. [7]. Wei i in. [21] wykazali istotny spadek pH w dłużnym okresie przechowywania zamrażalniczego. Natomiast Santos Kumar i in. [17] odnotowali wzrost pH mięśni piersiowych kurcząt brojlerów pozyskanych z różnych źródeł. Jak podaje Chwastowska-Siwiecka [8] w właściwych warunkach

Tabela 1. Cechy jakościowe mięśni piersiowych przed i po procesie mrożenia z uwzględnieniem czasu przechowywania zamrażalniczego (pkt)

Table 1. Quality values in breast muscles before and after freezing process including the frozen storage duration (pt)

Wyszczególnienie	Schłodzone mięśnie piersiowe n=30	Mrożone mięśnie piersiowe		
		czas przechowywania		
		2 tygodnie n=10	4 tygodnie n=10	8 tygodni n=10
Surowe mięśnie piersiowe				
pH	5,96±0,02	5,95±0,03	5,95±0,02	5,92±0,04
Barwa:				
L*- jasność	54,04 ±3,10	52,96±3,00	53,52 ±3,20	53,82 ±4,12
a*- czerwień	1,99^{b}±0,34	1,96^{b}±0,28	2,27±0,42	2,46^{a}±0,48
b*- żółć	3,98^{b}±0,96	5,58^{a}±1,32	6,04^{a} ±1,20	6,67^{a}±1,18
Siła cięcia [N]	18,01^{a}±2,46	16,19^{b} ±1,98	16,10^{b}±2,50	14,98^{c}±1,98
Mięśnie piersiowe poddane obróbce termicznej				
Barwa:				
L*- jasność	81,08±2,20	81,25±2,50	82,10±2,05	82,82±1,86
a*- czerwień	1,51±0,41	1,49±0,28	1,52±0,52	1,50±0,42
b*- żółć	8,12^{b}±1,02	11,91^{a}±1,12	12,12^{a}±2,00	12,44^{a}±1,30
Siła cięcia [N]	20,96^{a}±3,80	18,65^{b}±2,68	18,12^{b}±2,85	17,10^{c}±2,90

W tabeli przedstawiono wartości średnie ($\bar{x}$) odchylenia standardowe (SD)

a, b – wartości średnie oznaczone w wierszach różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy p≤0.05

Źródło: Badania własne

Source: The own study

przechowywania zamrażalniczego pH mięśni piersiowych kurcząt obniża się w miarę wydłużania się czasu przechowywania zamrażalniczego. Konratowicz i in. [12] twierdzą, że wzrost kwasowości (spadek pH) może być zinterpretowane jako efekt postępującego procesu glikogenolizy i gromadzenia się kwaśnych produktów przemian przebiegających szczególnie intensywnie w procesie rozmrażania. Jednak procesy proteolityczne przy długotrwałym i niewłaściwym rozmrażaniu mięsa prowadzą do wzrostu pH tkanki rozmrażanej [2, 13].

Barwa mięsa jest ważną cechą jakościową, decydującą o świeżości i przydatności produktu do celów kulinarnych. Określana jest przede wszystkim przez ilość i chemiczny status mioglobiny. Niska temperatura jest czynnikiem hamującym utlenianie barwników, ale całkowicie nie zatrzymuje tego procesu [8]. W badaniach własnych (tabela 1) wykazano istotny (p≤0.05) wpływ czasu przechowywania zamrażalniczego na stopień wysycenia barwy surowych mięśni piersiowych w kierunku czerwieni (a*). Istotnie wyższym stopniem wysycenia barwy czerwonej (a*) charakteryzowały się mięśnie piersiowe przechowywane przez 8 tygodni w porównaniu do mięśni przechowywanych przez 2 tygodnie oraz przed procesem mrożenia. Również zwiększenie udziału barwy czerwonej (a*) w trakcie przechowywania zamrażalniczego mięśni piersiowych kurcząt brojlerów wykazał Wei i in. [21]. Uzyskane w badaniach własnych zmiany wartości parametru czerwieni (a*) mogą wskazywać na nagromadzenie metmioglobiny na powierzchni mięsa podczas przechowywania zamrażalniczego. W badaniach własnych wykazano, że przechowywanie zamrażalnicze wpłynęło istotnie (p≤0.05) na zwiększenie stopnia wysycenia barwą żółtą (b*) w porównaniu do mięśni piersiowych przed procesem zamrażania zarówno w surowym mięsie, jak o po obróbce termicznej (tabela 1 i tabela 2). Ali i in. [3] oraz Galobart i Moran [10] wykazali wpływ krótkiego czasu przechowywania zamrażalniczego na wzrost parametru barwy żółtej (b*) surowych mięśni piersiowych rozmrażanych w powietrzu, który był niezależny od parametru jasności (L*). W badaniach Galobart i Moran [10] odnotowano również spadek parametru barwy czerwonej (a*), który był skorelowany z parametrem barwy żółtej (b*) w mięśniach piersiowych rozmrażanych i poddanych obróbce termicznej, czego nie potwierdzono w badaniach w własnych (tabela 2). Jak podaje Chwastowska-Siwiecka [8] szybkość i zakres zmian barwy mięsa przechowywanego zamrażalniczo są determinowane przez dostęp tlenu atmosferycznego. Ulegają one nasileniu wraz z wydłużeniem czasu przechowywania zamrażalniczego mięsa. Sprzyja im również silne odwodnienie powierzchniowej warstwy surowca, ułatwiając penetrację cząsteczek tlenu w głąb tkanki [2, 11].

W badaniach własnych wykazano, że wraz z czasem przechowywania zamrażalniczego istotnie (p≤0.05) zwiększała się kruchość mięśni piersiowych, mierzona siłą cięcia. Podobną tendencję zmian kruchości stwierdzono zarówno w mięsie surowym, jak i poddanym obróbce termicznej (tabela 1). Zdaniem Farouk i in. [9] przechowywanie zamrażalnicze zwiększa kruchość mięsa szczególnie w przypadku mięsa drobiowego, niepoddanego procesowi dojrzewania. W badaniach własnych wykazano, że lepszą kruchością (niższą siłą cięcia) charakteryzowały się mięśnie piersiowe przechowywane zamrażalniczo w porównaniu z wynikami próbek niemrożonych (tabela 1). Uzyskane wyniki korespondują

z badaniami Śmiecińskiej i in. [20] prowadzonymi na mięśniach piersiowych indyków przed i po procesie zamrażania. Odmienną zależność wykazał Zhang i in [23] uzyskując wyższą siłę cięcia mięśni piersiowych kurcząt brojlerów przechowywanych zamrażalniczo i rozmrażanych w wyższej temperaturze.

Na sensoryczną ocenę jakości mięsa składa się wiele cech subiektywnych, z których najważniejszymi wyróżnikami są kruchość, barwa oraz smakowitość. Cechy sensoryczne mięśni piersiowych przed i po procesie mrożenia z uwzględnieniem czasu przechowywania zamrażalniczego przedstawiono w tabeli 2. W badaniach własnych wykazano, że istotnie ($p \leq 0,05$) mniejszą intensywnością zapachu oraz gorszą soczystością charakteryzowały się mięśnie piersiowe po 8 tygodniowym czasie przechowywania zamrażalniczego w porównaniu do mięśni chłodzonych przed procesem zamrażania. Stwierdzono również, że wraz z wydłużaniem czasu przechowywania zamrażalniczego (między 2. a 8. tygodniem) istotnie polepszała się kruchość mięśni piersiowych, co nie miało wpływu na ocenę smakowitości. W badaniach Śmiecińskiej i in. [20] prowadzonych na mięśniach piersiowych indyków oraz Santosh Kumar i in. [17] na mięśniach piersiowych kurcząt brojlerów wraz wydłużeniem czasu przechowywania zamrażalniczego wykazano pogorszenie smakowitości i soczystości. W mięsie i produktach mięsnych przechowywanych w stanie zamrożonym może wystąpić wiele zmian natury sensorycznej. Procesy te należy tłumaczyć zachodzącymi w trakcie przechowywania przemianami fizycznymi, chemicznymi oraz mikrobiologicznymi i enzymatycznymi [11]. Zakres tych zmian uzależniony jest od czasu i temperatury zamrażania oraz warunków przechowywania [2, 14].

Tabela 2. Cechy sensoryczne mięśni piersiowych przed i po procesie mrożenia z uwzględnieniem czasu przechowywania zamrażalniczego (pkt)

Table 2. Sensory values in breast muscles before and after freezing process including the frozen storage duration (pt)

Wyszczególnienie	Schłodzone mięśnie piersiowe n=30	Mrożone mięśnie piersiowe		
		czas przechowywania		
		2 tygodnie n=10	4 tygodnie n=10	8 tygodni n=10
Zapach (intensywność)	4,66^{a}±0,44	4,46±0,48	4,48±0,39	3,88^{b}±0,42
Zapach (pożądalność)	4,82±0,50	4,78±0,48	4,66±0,40	4,58±0,42
Smak (natężenie)	4,48±0,47	4,50±0,43	4,37±0,37	4,13±0,50
Smak (pożądalność)	4,67±0,40	4,60±0,42	4,58±0,39	4,42±0,44
Soczystość	4,46^{a} ±0,39	4,11 ±0,43	3,80±0,37	3,46^{b} ±0,42
Kruchość	3,98^{a}±0,48	4,14^{a}±0,40	4,20±0,27	4,64^{b}±0,36

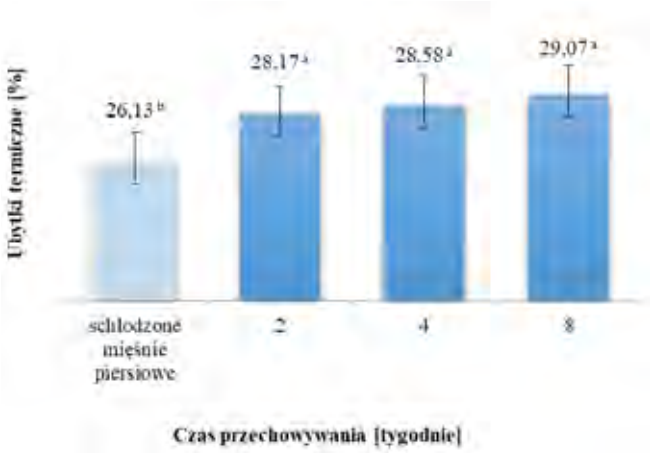
W tabeli przedstawiono wartości średnie ($\bar{x}$) odchylenia standardowe (SD)

a, b – wartości średnie oznaczone w wierszach różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0.05$

Źródło: Badania własne

Source: The own study

W badaniach własnych nie odnotowano istotnego wpływu ($p > 0.05$) czasu przechowywania zamrażalniczego na wielkość ubytków masy po obróbce termicznej (rys. 2). Stwierdzono natomiast statystycznie potwierdzoną ($p \leq 0,05$) istotność pomiędzy mięśniami chłodzonymi przed procesem mrożenia a przechowywanymi w warunkach zamrażalniczych (2., 4. i 8. tygodni). Można sądzić, że wielkość ubytków termicznych zależała od wielkości wycieku rozmrażalniczego. Podobną zależność uzyskał Wei i in. [21], natomiast odmienne wyniki wykazał Chen i in. [7]. W badaniach własnych wielkość ubytków termicznych zwiększała się wraz z czasem zamrażalniczego przechowywania i kształtowała się na poziomie od 28,17% do 29,07%. Uzyskane wyniki badań w tym zakresie są zbieżne z wynikami badań Galobart i Moran [10]. Wielkość ubytków termicznych ma znaczny wpływ na cechy kulinarne i wydajność gotowego produktu [13].



Rys. 2. Ubytki masy mięśni piersiowych przed i po procesie mrożenia z uwzględnieniem czasu przechowywania zamrażalniczego.

Fig. 2. Weight loss in breast muscules before and after freezing process including the frozen storage duration.

Źródło: Badania własne

Source: The own study

PODSUMOWANIE

Analiza instrumentalna i ocena sensoryczna pozwoliła wskazać zmiany jakości cech mięśni piersiowych kurcząt brojlerów przechowywanych zamrażalniczo przez 2., 4. i 8. tygodni.

Wraz z czasem przechowywania zamrażalniczego zwiększała się wielkość wycieku rozmrażalniczego. Różnice wielkości wycieku stwierdzono pomiędzy mięśniami przechowywanymi zamrażalniczo przez 2 tygodnie i 8 tygodni.

Wyższym stopniem wysycenia barwy czerwonej (a*) charakteryzowały się surowe mięśnie piersiowe przechowywane przez 8 tygodni w porównaniu do mięśni przechowywanych przez 2 tygodnie oraz przed procesem mrożenia. Przechowywanie zamrażalnicze wpłynęło również na zwiększenie stopnia wysycenia barwą żółtą (b*) w porównaniu do mięśni piersiowych przez procesem zamrażania zarówno w surowym surowcu, jak o po obróbce termicznej.

W czasie przechowywania zamrażalniczego zwiększała się kruchość mięśni piersiowych, mierzona siłą cięcia.

Podobną tendencję zmian kruchości stwierdzono zarówno w mięsie surowym, jak i poddanym obróbce termicznej.

W ocenie sensorycznej wykazano, że mniejszą intensywnością zapachu oraz gorszą soczystością charakteryzowały się mięśnie piersiowe po 8-tygodniowym czasie przechowywania zamrażalniczego w porównaniu do mięśni chłodzonych przed procesem zamrażania. Stwierdzono również że wraz z wydłużaniem czasu przechowywania zamrażalniczego (między 2. a 8. tygodniem) istotnie polepszała się kruchość mięśni piersiowych.

Reasumując można stwierdzić, że proces zamrażania mięśni piersiowych i jego przechowywanie zamrażalnicze pozwoliły w dużym stopniu zachować cechy jakości mięsa świeżego.

LITERATURA

[1] **AUGUSTYŃSKA-PREJSNAR A, M.ORMIAN, Z. SOKOŁOWICZ. 2017.** „The influence of frozen storage duration and freezing methods on the meat quality of broiler chickens". Aparatura Badawcza i Dydaktyczna t. 4: 253-259.

[2] **AKHTAR S., M.I. KHAN, F. FAIZ. 2013**. „Effect of thawing on frozen meat quality: a comprehensive review". Pakistan Journal of Food Science 23 (4): 198-211.

[3] **ALI S., W. ZHANG, N. RAJPUT, M. KHAN, C.B. LI, G. ZHOU. 2015.** „Effect of multiple freeze-thaw cycles on the quality of chicken breast meat". Food Chemistry 18: 808-814.

[4] **ALI S., N. RAJPUT, C.B. LI, W. ZHANG, G. ZHOU. 2016**. „Effect of freeze-thaw cycles on lipid oxidation myowater in broiler chickens". Brazilian Journal of Poultry Science 1: 35-39.

[5] **BENLI H**. 2016. „Consumer attitudes toward storing and thawing chicken and effects of the common thawing practices on some quality characteristics of frozen chicken". Asian-Australiasian Journal of Animal Science 29 1: 100-108.

[6] **BARYŁKO-PIKIELNA N., I. MATUSZEWSKA. 2009**. „Sensory food testing". Fundamentals - Methods – Applications. Wydawnictwo Naukowe Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności.

[7] **CHEN T., Y. ZHU, M. HAN, P. WANG, R. WEI, X. XU, G. ZHOU. 2017.** „Classification of chicken muscle with different freeze- thaw cycles, using impedance and physicochemical properties". Journal of Food Engineering 196: 94-100.

[8] **CHWASTOWSKA-SIWIECKA I. 2011**. „The influence of the cool storage and thawing technology on the quality of meat". Polskie Drobiarstwo 1: 8-10.

[9] **FAROUK M.M., K.J. WIELICZKO, I. MERTS. 2003**. „Ultra-fast freezing and low storage temperature as are not necessary to maintain the functional properties of manufacturing beef". Meat Science 66: 171-179.

[10] **GALOBART J., J. MORAN. 2004**. „Freeze-thaw and cooking effects on broiler breast fillets with extreme initial L* values". Poultry Science 83: 2093-2097.

[11] **GAMBUTEANU C., D. BORDA, P. ALEXE. 2013**. „The effect of freezing and thawing on technological properties of meat: review". Journal of Agroalimentary Processes and Technologies 19 (1): 88-93.

[12] **KONDRATOWICZ J., T.DASZKIEWICZ, I. CHWASTOWSKA. 2005**. „Podstawowy skład chemiczny i jakość sensoryczna mięsa wieprzowego zamrażanego w różnym czasie po uboju". Żywność Nauka Technologia Jakość 3 (44), supl: 98-107, 98-107.

[13] **LEYGONIE C., T.J. BRITZ, L.C. HOFFMAN. 2012**. „Impact of freezing and thawing on the quality of meat: review". Meat Science 91: 93-98.

[14] **OLIVEIRA M.R., G. GUBERT, S.S. ROMAN, A.P. KEMPKA, R.C. PRESTES**. 2015. „Meat quality of chicken breast subjected to different thawing methods". Brazilian Journal of Poultry Science 17 (2): 165-172.

[15] **ORKUSZ A. 2015.** „Czynniki kształtujące jakość mięsa drobiu grzebiącego". Nauki Inżynierskie i Technologie 1 (16): 47-60.

[16] **PN-EN ISO 8586-2:1996.** Analiza sensoryczna. Ogólne wytyczne wyboru, szkolenia i monitorowania oceniających. Część 2. Eksperci oceny sensorycznej.

[17] **SANTOSH KUMAR H.T., U.K. PAL, K. SUDHEER, P.K. MANDAL, C.D. DAS. 2014**. „Changes in the quality of dressed chicken obtained from different sources during frozen storage". Exploratory. Animal and Medical Research 4 (1): 95-100.

[18] **SALEJDA A.M., M. KORZENIWSKA, G. KARASNOWSKA. 2013.** „Zachowania konsumentów na rynku mięsa". Nauki Inżynierskie i Technologie 4 (11): 97-110.

[19] **STAŃKO S., A. MIKUŁA. 2017**. „Tendencje na rynku mięsa drobiowego na świecie i w Polsce w latach 2000-2016". Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego t.17, z. 3: 268-278.

[20] **ŚMIECIŃSKA K., N. HNATYK, T. DASZKIEWICZ, D. KUBIAK, P. MATUSEVICIUS. 2015.** „The effect of frozen storage on the quality of vacuum-packaged turkey meat". Veterinarija ir Zootechnika 71 (93): 61-66.

[21] **WEI R., P. WANG, M. HAN, T. CHEN, X. XINGLIAN, G. ZHOU. 2017**. „Effect of freezing on electric al properties and quality of thawed chicken breast meat". Asian-Australiasian Journal of Animal Science 30: 569-575.

[22] **YU L.H., E.S. LEE, J.Y. JEONG, H.D. PAIK, J.H. CHOI, C.J. KIM. 2005**. „Effects of thawing temperature on the physicochemical properties of pre-rigor frozen chicken breast and leg muscles". Meat Science 71: 375-382.

[23] **ZHANG X., T. GAO, L. SONG, L. ZHANG, Y. JIANG, J. LI, F. GAO, G. ZHOU. 2017.** „Effects of different thawing methods on the quality of chicken breast". Journal Food Science Technology 52: 2097-2105.

Dr inż. Monika CIOCH[1]
Mgr inż. Magdalena SKOTNICZNY[1]
RNDr. Tomáš KUCHTA DrSc.[2]
Dr hab. inż. Paweł SATORA, prof. UR[1]
[1]Katedra Technologii Fermentacji i Mikrobiologii Technicznej, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
[2]Department of Microbiology, Molecular Biology and Biotechnology, Food Research Institute National Agricultural and Food Centre, Bratysława

CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH PARAMETRÓW WIN GRONOWYCH POZYSKANYCH Z WINNIC POŁUDNIOWEJ POLSKI®

Characteristics of selected parameters of grape wines obtained from the vineyards of southern Poland®

PODZIĘKOWANIA

Zaprezentowana w artykule praca została zrealizowana dzięki wsparciu przez Słowacką Agencję Badań i Rozwoju, w ramach umowy nr SK-PL-2015-0002

Słowa kluczowe: Rondo, Regent, Pinot Noir, wina gronowe.

W artykule przedstawiono charakterystykę wybranych parametrów sześciu win gronowych uzyskanych z czerwonych odmian winorośli Rondo, Regent i Pinot Noir, pozyskanych z trzech winnic południowej Polski. Oznaczono ich moc, ekstrakt ogólny, pH, kwasowość ogólną, zawartość cukrów i azotu. Dodatkowo przeprowadzono analizę wybranych związków lotnych metodą chromatografii gazowej (GC-SPME).

Badane wina różniły się zawartością ekstraktu ogólnego (23,2-41,3 g/dm³) oraz stężeniem etanolu (9,9-12,2% v/v). Zdecydowana większość z nich charakteryzowała się niewielką zawartością cukrów (poniżej 4 g/dm³) oraz kwasowością od 5,12 do 6,08 g kwasu jabłkowego na 1 dm³. Dominującymi związkami lotnymi win były alkohole wyższe, głównie alkohole amylowe oraz propanol.

Key words: Rondo, Regent, Pinot Noir, grape wines.

The article presents the characteristics of selected parameters of six wines obtained of Rondo, Regent and Pinot Noir grape varieties, produced in 2016 in three vineyards of southern Poland. The content of alcohol, total extract, pH, total acidity, sugars and nitrogen was determined. In addition, volatile compounds were analyzed by gas chromatography (GC-SPME).

The examined wines differed in the content of the total extract (23.2-41.3 g/dm³) and ethanol concentration (9.9-12.2% v/v).The vast majority of them were characterized by a low content of sugars (less than 4 g/dm³) and acidity from 5.12 to 6.08 g of malic acid per 1 dm³.The dominant volatile compounds of wines were higher alcohols, mainly amyl alcohols and propanol.

WPROWADZENIE

W ostatnich latach obserwowany jest rozwój sektora drobnych producentów wina, zwłaszcza w zachodniej Europie. Również na terenie Polski, głównie południowo-zachodniej, południowej i południowo-wschodniej zauważalny jest znaczny wzrost zainteresowania uprawą winorośli i produkcją win z tzw. chłodnego klimatu. Zjawisku temu sprzyja przede wszystkim ocieplenie klimatu, możliwość uprawy lepiej przystosowanych do polskich warunków odmian winorośli - tzw. mieszańców złożonych, przydatność winorośli do uprawy w warunkach narastającej suszy glebowej i hydrologicznej, poszukiwanie nowych, opłacalnych upraw, moda na wino – szczególnie z własnej winnicy, wzrost wiedzy konsumentów o dietetycznych i zdrowotnych właściwościach wina oraz udogodnienie prawne, jakim było wejście w życie, w 2011 roku nowej ustawy winiarskiej.

Z uwagi na znacznie trudniejsze warunki uprawy winorośli oraz produkcji i promocji wina w Polsce (napływ tanich, masowo produkowanych win z regionów o łagodniejszym klimacie), drobni wytwórcy powinni doskonalić metody produkcji i wybierać technologie, które w sposób maksymalny wykorzystują potencjał owoców w danym sezonie wegetacyjnym. Tylko dobre jakościowo, prawidłowo wytworzone wino, bez wad i chorób, o specyficznym dla naszych

Adres do korespondencji – Corresponding author: Monika Cioch, Katedra Technologii Fermentacji i Mikrobiologii Technicznej, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków;
e-mail: monika.cioch@urk.edu.pl

warunków klimatycznych smaku i aromacie, ma szansę być zauważonym przez potencjalnego klienta. Jak wiadomo strefa klimatyczna Polski charakteryzuje się znacznie krótszym okresem wegetacji, zmiennością i niestabilnością warunków pogodowych. Powoduje to zmiany parametrów enologicznych otrzymywanych win i zróżnicowanie ich jakości w poszczególnych rocznikach.

Badania dotyczące jakości winogron i wina w naszym kraju są bardzo skromne w porównaniu do światowych, a próba przeniesienia przez winiarzy doświadczeń z krajów o ugruntowanej tradycji winiarskiej na grunt polski, niekoniecznie kończy się sukcesem. Dzieje się tak przede wszystkim ze względu na różnice składu mikrobiologicznego i chemicznego owoców, wynikające nie tylko z zastosowania innych odmian (głównie mieszańców złożonych), ale także wzajemnych interakcji między klimatem, glebą czy warunkami siedliskowymi [3].

Celem artykułu jest przedstawienie wyników przeprowadzonych badań wybranych parametrów win gronowych uzyskanych z czerwonych odmian winorośli Rondo, Regent i Pinot Noir, pozyskanych z winnic południowej Polski.

MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Do badań wykorzystano czerwone wina gronowe pozyskane z winnic usytuowanych na terenie południowej Polski. Do produkcji win wykorzystano odmiany Rondo, Regent oraz Pinot Noir.

Oznaczanie mocy, ekstraktu ogólnego, kwasowości ogólnej oraz pH – zgodnie z metodami OIV [6].

Oznaczenie związków azotowych – pobrane do oznaczenia próbki wina rozcieńczano w wodzie destylowanej i przenoszono po 2 cm^3 do szklanych probówek za pomocą pipety. Następnie dodawano 1 cm^3 barwnego odczynnika ninhydrynowego i gotowano 16 minut we wrzącej łaźni wodnej. Po ochłodzeniu do probówek wprowadzano 5 cm^3 odczynnika do rozcieńczeń, mieszano i mierzono absorbancję przy długości fali 575 nm. Jako próbkę standardową użyto roztworu glicyny zawierającego 2 mg/dm^3 azotu. Wynik obliczono wykorzystując wzory do oszacowania zawartości protein i określenia ilości azotu w próbce.

$$\text{zawartość azotu} = \frac{\text{absorbancja próbki} \bullet \text{2 mg azotu}}{\text{absorbancja r-ru wzorcowego}} \text{ x } 50$$

Oznaczenie cukrów i glicerolu – analizy wykonywano z wykorzystaniem aparatu firmy Shimadzu (Japonia) NEXERA XR z detektorem refraktometrycznym RF-20A. Rozdział prowadzono na kolumnie Asahipak NH2P-50 250×4,6 mm Shodex (Showa Denko Europe, Germany), termostatowanej w temperaturze 30°C. Fazę ruchomą stanowił roztwór wodny acetonitrylu (70%), a izokratyczny program elucji (0,8 ml/min) trwał 16 minut. Do ilościowych oznaczeń wykorzystano krzywe wzorcowe sporządzone dla odpowiednich standardów: glukozy, fruktozy, maltozy, sacharozy, glicerolu.

Oznaczanie składu związków lotnych win metodą GC-SPME – do fiolek o objętości 15 cm^3 dodano po 1 cm^3 wody destylowanej i analizowanych win, razem z wzorcem (4 – metylo – 2 – pentanol – alkohole wyższe; nonanian etylu – estry) o stężeniu 50 mg/dm^3 oraz 0,9 g NaCl. Fiolki zamykano zakrętką z uszczelką teflonową i umieszczano w cieplarce o temperaturze 40ºC, a ich zawartość mieszano za pomocą mieszadła magnetycznego. W warstwie nadpowierzchniowej umieszczano na 35 minut włókno SPME (PDMS, 100 μm, Supelco). Zadsorbowane anality poddawano desorpcji w dozowniku chromatografu gazowego przez 3 minuty. Następnie wykonano krzywe wzorcowe – funkcje zależności stężenia danego związku od pola powierzchni piku dla badanych komponentów chemicznych (acetaldehyd, propanol, alkohole amylowe, 2-fenyloetanol, octan etylu, octan izobutylu). Parametry oznaczenia: temperatura detektora i dozownika 250°C;programowana temperatura kolumny 35°C przez 5 minut, wzrost temperatury z szybkością 5°C/min. do 110°C, a następnie z szybkością 40°C/min. do 220°C i utrzymanie stabilnej temperatury przez 3 minuty; gaz nośny hel; natężenie przepływu gazu nośnego 20 cm^3/min.; natężenie przepływu wodoru 33 cm^3/min.; a natężenie przepływu powietrza 400 cm^3/min.

Wszystkie oznaczenia wykonano w trzech powtórzeniach.

Analiza statystyczna

Rezultaty prezentowane w pracy były średnimi z trzech niezależnych powtórzeń z określeniem odchylenia standardowego. Dane oceniano za pomocą analizy wariancji (ANOVA), celem ustalenia istotności badanych parametrów. Statystycznie istotne różnice pomiędzy średnimi weryfikowano z wykorzystaniem testu Duncan`a przy użyciu programu statystycznego Statistica wersja 10 (StatSoft Polska, Kraków).

WYNIKI I DYSKUSJA

W procesie winifikacji, cukier z owoców zostaje przekształcony przez drożdże w alkohol i dwutlenek węgla. Etanol w winach, ma kluczowe znaczenie dla ich stabilności, starzenia i kształtowania właściwości sensorycznych [2]. Alkohol etylowy ogranicza wzrost mikroorganizmów, a także wpływa na profil i stężenie wytwarzanych związków aromatycznych poprzez działanie na metabolizm drożdży. Jest ważnym rozpuszczalnikiem w ekstrakcji składników z winogron, tj. barwników czy garbników, jak i lotnych związków tworzonych podczas fermentacji. Ponadto, może reagować z kwasami organicznymi znajdującymi się w winie, tworząc estry. W analizowanych winach zawartość alkoholu etylowego wynosiła od 9,9 do 12,2 % v/v (Tab.1). Jego zawartość ma wpływ na odczucia smakowe - wzmacnia m.in. słodycz, zmienia kwasowość wina, a także zwiększa intensywność goryczy, jednocześnie zmniejszając cierpkość powodowaną przez garbniki [2].

Badane wina charakteryzowały się podobną zawartością ekstraktu ogólnego (od 23,2-31,0 g/dm^3). Wyjątek stanowiło wino Regent 2 (41,3 g/dm^3) (Tab.1). Ekstrakt ogólny pomniejszony o zawartość cukrów prostych stanowi o smaku wina. Zbyt niski może oznaczać dodatek wody podczas produkcji napoju, przez co jego smak uznawany jest za „pusty".

Głównym źródłem kwasowości wina są kwasy organiczne zawarte w owocach winorośli, przechodzące do moszczu podczas ich rozdrabniania i tłoczenia oraz powstające w procesie winifikacji. Skład chemiczny winogron oddziałuje na

Tabela 1. Charakterystyka wybranych parametrów win gronowych
Table 1. Characteristics of selected parameters of grape wines

Rodzaj wina	Kwasowość[0]	pH	Alkohol	Ekstrakt ogólny	Zawartość azotu	Glicerol	Glukoza	Fruktoza
	g/dm^3		% v/v	g/dm^3	mg/dm^3	g/dm^3		
Regent 1	5,40 e (± 0,08)	4,01 f (± 0,01)	12,2 f (±0,0)	25,8 c (± 0,0)	122 ab (± 5)	7,7 a (± 0,0)	0,98 a (± 0,03)	1,2 cd (± 0,0)
Regent 2	5,12 d (± 0,08)	3,87 d (± 0,00)	11,0 c (±0,0)	41,3 e (± 0,0)	245b (± 17)	7,0 a (± 0,0)	1,98 c (± 0,21)	20,3 e (± 0,2)
Regent 3	6,08 c (± 0,04)	3,82 c (± 0,01)	9,9 a (±0,0)	31,0 d (± 1,0)	148 ab (± 17)	14,1 b (± 0,0)	1,10 a (± 0,03)	0,8bc (± 0,0)
Rondo 1	5,90 ab (± 0,07)	3,60 a (± 0,01)	11,3 d (±0,0)	28,4 a (± 0,0)	74 a (± 5)	11,2 b (± 0,5)	0,44 b (± 0,01)	0,6 ab (± 0,0)
Rondo 2	5,94bc (± 0,16)	3,73 b (± 0,01)	10,8 b (±0,0)	23,2 b (± 0,0)	88 a (± 2)	7,8 a (± 0,1)	0,29 b (± 0,04)	0,3 a (± 0,0)
Pinot Noir	5,74 a (± 0,08)	3,94 e (± 0,01)	11,8 e (±0,0)	28,4 a (± 0,0)	243 b (± 13)	9,4 b (± 0,4)	1,28 a (± 0,13)	1,4 d (± 0,1)

[0] – wyrażona w przeliczeniu na kwas jabłkowy

Wartości średnie oznaczone różnymi literami w kolumnach wykazują zróżnicowanie według testu Duncana ($p<0,05$)

Źródło: Badania własne

Source: The own study

kompozycję soku i ostatecznie na końcową jakość produktu. Nadmierna koncentracja kwasów organicznych może przyczynić się do kwaśnego smaku napoju, za co odpowiedzialne są głównie L-jabłczany. Kompozycja tych związków determinuje pH wina, które oparte jest na równowadze między protonowymi i aprotonowymi izoformami cząstek organicznych, określając zawartość kwasów organicznych i stopień jonizacji aminokwasów w winie. Wpływa to na rozpuszczalność oraz stan aktywności jonowej i biologicznej wielu molekuł, takich jak m.in. białka, kwasy tłuszczowe czy związki fenolowe [12]. Niewielka zmiana pH (0,05 jednostki) skutkuje modyfikacją kwasowości (0,2-0,5 g/dm^3), oddziałując na cechy organoleptyczne napoju [5]. Kwasowość wpływa także na stabilność mikrobiologiczną wina, przebieg fermentacji jabłkowo-mlekowej, kolor oraz proces dojrzewania. W analizowanych winach wahała się ona w granicach od 5,12 do 6,08 g/dm^3 (Tab.1).

Głównymi cukrami obecnymi w winogronach są glukoza i fruktoza. Zazwyczaj występują one w równych proporcjach, jednak w przypadku przejrzałych jagód odnotowuje się wyższy udział fruktozy. Przeważa ona również w winogronach pokrytych pleśnią *Botrytis cinerea* [8]. Zawartość cukru gronowego zmienia się w zależności od odmiany winorośli, dojrzałości oraz stanu zdrowotności owoców. *Vitis vinifera* osiągają wyższe jego stężenie o ok. 20 %, w odniesieniu do *V.labrusca* czy *V.rotundifolia*. Zawartość cukru gronowego ma kluczowe znaczenie dla wzrostu i metabolizmu drożdży. Podczas procesu fermentacji glukoza przetwarzana jest znacznie szybciej, dlatego też fruktoza stanowi większą część cukru resztkowego w winie. Rzeczywiste ich stężenie w soku winogronowym wynosi od 80 do 130 g/dm^3, dla każdego z cukrów osobno. Ponadto, w śladowych ilościach w winogronach występuje również sacharoza (2-10 g/dm^3), ramnoza (do 0,4 g/dm^3) i arabinoza (do 1,5 g/dm^3) [8]. Po zakończeniu procesu fermentacji, w winie pozostaje pewna ilość cukru, zwana cukrem resztkowym, na który składają się głównie nieprzefermentowane pentozy, a także czasem nieprzefermentowana ilość glukozy i fruktozy. Zawartość glukozy i fruktozy po zakończeniu procesu fermentacji głównej w analizowanych winach wynosiła odpowiednio od 0,29 do 1,98 g/dm^3 i 0,3 do 20,3 g/dm^3 (Tab.1).

Glicerol jest naturalnym produktem ubocznym fermentacji. Po wodzie i etanolu, występuje on w winie, w największych stężeniach, a jego zawartość wynosi 1-15 g/dm^3. Badania wykazały, że w zależności od warunków fermentacji, drożdże wykorzystują od 4 do 10 % źródeł węgla na syntezę glicerolu. Zawartość gliceryny w moszczu gronowym może być wyższa w przypadku wytwarzania win z nadgniłych lub uszkodzonych owoców. Stopień dojrzałości winogron również oddziałuje na poziom glicerolu w winie. Nie wpływa na aromat napoju, jednak ma istotne znaczenie dla jego smaku. Nadaje winom cechy większej ekstraktywności, lepkości oraz pełni smakowej [4,6,10]. Próg wyczuwalności glicerolu wynosi 5,2 g/dm^3, a jego stężenie w winach czerwonych jest znacznie wyższe niż w białych. Ponadto, badania wykazały, że wina produkowane z porażonych pleśnią winogron, mogą zawierać nawet do 30 g/dm^3 tego związku. Nie bez znaczenia pozostają również warunki fermentacji, w tym zawartość cukrów, poziom SO_2, temperatura prowadzenia procesu, pH czy rasa drożdży [2].W analizowanych winach gronowych, zawartość glicerolu kształtowała się na poziomie od 7,0 do 14,1 g/dm^3 (Tab.1). Stosunkowo wysokie jego stężenie stwierdzono w winie otrzymanym z odmiany Rondo 1 (11,2 g/dm^3) i Regent 3 (14,1 g/dm^3). Wina te pochodziły z tej samej winnicy usytuowanej na południu Polski.

Głównym źródłem azotu potrzebnego do wzrostu mikroorganizmów podczas procesu fermentacji są wolne aminokwasy i jony amonowe. Wolny azot aminowy (FAN) stanowi dla winiarstwa bardzo istotną substancję odżywczą i jest kluczowy w utrzymaniu żywotności komórek drożdży we właściwej formie podczas fermentacji. Niedobór substancji odżywczych, a w szczególności azotu w formie amonowej może skutkować zatrzymaniem procesu, co związane jest bezpośrednio z autolizą komórek. Najniższą zawartość azotu aminowego stwierdzono w winach odmiany Rondo (Tab. 1). Stężenie FAN uważane jest za wskaźnik predykcyjny stanu i żywotności drożdży oraz wydajności fermentacji, co pozwala zachować jakość i stabilność wina. Dane

literaturowe wskazują, że niektóre soki mogą zawierać niewystarczającą ilość FAN dla zapewnienia optymalnego rozwoju i namnażania drożdży. Dodatkowo, ich zapotrzebowanie na azot zwiększa się wraz ze wzrostem poziomu cukru w moszczu [1].

Rodzaj użytych winogron oraz sposób obróbki technologicznej oddziałują na zawartość związków lotnych w winach, wpływając na smak i aromat napoju. Ich ilość w dużej mierze uzależniona jest od składu tych komponentów w winogronach, ale jest również wynikiem przemian biochemicznych i technologicznych podczas wytwarzania win [9,13]. W pracy przeprowadzono ocenę ilościową wybranych związków lotnych (Tab. 2). Oznaczono zawartość acetaldehydu, acetonu, propanolu, alkoholi amylowych, 2-fenyloetanolu, octanu etylu oraz octanu izobutylu.

Jedną z głównych grup związków syntetyzowanych przez drożdże są wyższe alkohole, zwane również fuzlami. Wytwarzane są podczas procesu fermentacji i osiągają stężenie od 150 do 550 mg/dm^3. Alkohole fuzlowe wykazują intensywny zapach, który odgrywa istotną rolę w kształtowaniu bukietu wina. Przy niskim stężeniu (poniżej 300 mg/dm^3) pozytywnie oddziałują na jego aromat, natomiast wyższa ich zawartość maskuje właściwy zapach napoju. Liczne doniesienia literaturowe wskazują na obecność w winach propanolu (10-125 mg/dm^3), izobutanolu (15-175 mg/dm^3) oraz alkoholi amylowych (12-310 mg/dm^3). Zawartość fenyloetanolu wynosi od 5 do 140 mg/dm^3. W znacznie mniejszych ilościach identyfikowany jest tyrozol (5-45 mg/dm^3) i tryptofol (0,3-3 mg/dm^3) [8]. Otrzymane wina charakteryzowały się stosunkowo niewielką zawartością 2-fenyloetanolu (0,24-0,86 mg/dm^3). Propanol kształtował się na zbliżonym poziomie dla wszystkich rodzajów czerwonych win (44,4 - 60,4 mg/dm^3). W analizowanych napojach dominowały alkohole amylowe. Szczególnie wysokie ich stężenie (202 i 243 mg/l) stwierdzono w winach pozyskanych z odmiany Rondo 2 i Regent 2, pochodzących z tej samej winnicy. Wino otrzymane ze szczepu Pinot Noir charakteryzowało się przeszło dwukrotnie mniejszą ilością alkoholi amylowych (Tab.2).

Kolejną grupę związków stanowiły estry, odgrywające istotną rolę w kształtowaniu cech sensorycznych napoju. Jednym z czynników mających wpływ na ilość i rodzaj tych zwiazków są drożdże, gdyż w zależności od szczepu uzyskać można produkt o zróżnicowanej ich zawartości. Ponadto, stężenie estrów uzależnione jest od temperatury fermentacji oraz obecności związków azotowych w moszczu [11]. Drożdże z rodzaju *Saccharomyces* syntetyzują głównie estry etylowe i octanowe. Jednym z nich jest najczęściej występujący w winie octan etylu, którego próg wyczuwalności wynosi ok. 160 mg/dm^3. Badania dowodzą, że niewielkie ilości octanu etylu (50-80 mg/dm^3) pozytywnie wpływją na jakość napoju, jednak zbyt wysokie jego stężenie może prowadzić do obcych posmaków [2]. W młodych winach ich ilość waha się w granicach od 25 do 300 mg/dm^3. Najwięcej estrów tworzonych jest na początku fermentacji, a podczas dojrzewania win ich ilość zmienia się tylko w niewielkim zakresie. Estry mogą również powstawać podczas dojrzewania i przechowywania wina. Otrzymane wina w większości charakteryzowały się wyrównaną zawartością octanu etylu (35,8 - 47,5mg/dm^3). Co ciekawe, w winach, które odznaczały się najwyższą zawartością alkoholi amylowych, odnotowano najniższą ilość octanu etylu (21,7 i 22,5 mg/dm^3). Analizowane napoje charakteryzowały się niewielką zawartością octanu izobutylu (Tab.2).

Aldehydy zawarte w winogronach biorą udział w tworzeniu odmianowych aromatów, a ich ilość w młodych winach nie przekracza zazwyczaj 75 mg/dm^3. Najważniejszym z tej grupy związków jest aldehyd octowy. Odgrywa on istotną rolę w stabilizacji win czerwonych podczas ich starzenia, przyspieszając reakcję polimeryzacji antocyjanów i fenoli. W badanych winach acetaldehyd osiągnął poziom od 23,5 do 56,4 mg/dm^3 (Tab.2). Stężenie związków karbonylowych może znacznie różnić się w zależności od warunków wytwarzania wina i jego przechowywania. Ich zawartość w słodkich winach jest wyższa w porównaniu do wytrawnych, co prawdopodobnie związane jest z utlenianiem cukrów. Kolejny uboczny produkt fermentacji należący do grupy związków karbonylowych to aceton. Jego ilość uzależniona jest

Tabela 2. Charakterystyka wybranych komponentów lotnych

Table 2. Characteristics of selected volatile components

Rodzaj wina	Acetaldehyd	Aceton	Alkohole izoamylowe	Propanol	2-Fenyloetanol	Octan izobutylu	Octan etylu
	mg/dm^3						
Regent 1	52,8 c (± 2,5)	2,68 c (± 0,08)	150 d (± 6)	60,4 d (± 4,1)	0,65 c (± 0,03)	0,58bc (± 0,05)	35,8 d (± 4,6)
Regent 2	49,1 b (± 1,0)	3,04 d (± 0,04)	244 f (± 4)	53,3 c (± 3,1)	0,25 a (± 0,04)	0,65 c (± 0,04)	22,5 a (± 2,0)
Regent 3	23,5 a (± 0,1)	4,02 a (± 0,04)	83 a (± 2)	45,2 ab (± 4,1)	0,48 b (± 0,03)	0,85 a (± 0,03)	47,5 c (± 2,3)
Rondo 1	24,8 a (± 0,8)	5,67 e (± 0,07)	137 c (± 5)	51,2bc (± 3,1)	0,86 d (± 0,02)	0,86 a (± 0,02)	42,2 b (± 2,3)
Rondo 2	24,7 a (± 0,5)	2,25 b (± 0,05)	202 e (± 4)	44,4 a (± 3,1)	0,24 a (± 0,03)	0,89 a (± 0,02)	21,7 a (± 1,6)
Pinot Noir	56,4 d (± 1,3)	4,02 a (± 0,02)	111 b (± 5)	47,5abc (± 2,3)	0,50 b (± 0,05)	0,57 b (± 0,06)	44,6bc (± 2,3)

Wartości średnie oznaczone różnymi literami w kolumnach wykazują zróżnicowanie według testu Duncana ($p<0,05$)

Źródło: Badania własne

Source: The own study

głównie od zastosowanego szczepu drożdży. W przefermentowanych moszczach gronowych zaobserwowano podobne ilości acetonu, mieszczące się w granicach od 2,25 do 5,67 mg/dm^3.

PODSUMOWANIE

Analizowane wina różniły się zawartością ekstraktu ogólnego (23,2-41,3 g/dm^3) oraz stężeniem etanolu (9,9-12,2% v/v). Zdecydowana większość z nich charakteryzowała się niewielką zawartością cukrów (poniżej 4 g/dm^3) oraz kwasowością od 5,12 do 6,08 g kwasu jabłkowego na 1 dm^3. Dominującymi związkami lotnymi win były alkohole wyższe, głównie alkohole amylowe oraz propanol.

Chociaż Polska nie jest wiodącym producentem wina w Europie, to jego konsumpcja i produkcja w ostatnich latach stale wzrasta. Położenie geograficzne naszego kraju sprawia, że uprawa winorośli, jak i wytwarzanie dobrej jakości wina jest trudniejsze niż w krajach o łagodniejszym klimacie. Z tego względu istnieje potrzeba ciągłego doskonalenia i kontroli całego procesu.

LITERATURA

[1] **FLEET G.H. 1993.** Wine Microbiology and Biotechnology. Harwood Academic Publishers, Chur, Switzerland.

[2] **JACKSON R. S. 2008.** Wine science: Principles, practice, perception. Academic Press, San Diego, USA: 232–275.

[3] **KAPUSTA I. 2016.** Właściwości fizykochemiczne winogron oraz win produkowanych w południowowschodniej Polsce. Praca habilitacyjna. Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego.

[4] **LAMBRECHTS M.G., I.S. PRETORIUS. 2000.** „Yeast and its importance to wine aroma – a review". South African Journal for Enology and Viniculture 21: 97-129.

[5] **MARGALIT Y. 1997.** Concepts in Wine Chemistry. Wine Appreciation Guilg Ltd. San Francisco, USA.

[6] **MEDINA K., E. BOIDO, L. FARINA, O. GIOIA, M.E. GOMEZ, M. BARQUET, C. GAGGERO, E. DELLACASSA, F. CARRAU. 2013.** „Increased flavor diversity of Chardonnay wines by spontaneous fermentation and co-fermentation with *Hanseniaspora vineae*". Food Chemistry 141: 2513-2521.

[7] **OIV. 2012.** Compendium of International methods of wine and must analysis. Organisation Internationale de la Vigne et du Vin, Paris.

[8] **RIBÉREAU – GAYON P., D. DUBOURDIEU, B. DONÈCHE, A. LONVAUD. 2006.** Handbook of Enology. Volume 1 – The Microbiology of Wine and Vinifications. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, England.

[9] **ROCHA S.M., F. RODRIGUES, P. COUTINHO, I. DELGADILLO, M.A. COIMBRA. 2004.** „Volatile composition of Baga red wine, Assessment of the identification of the would-be impact odourants". AnalyticaChimica Acta 513: 257-262.

[10] **SWIEGERS J. H., E.J. BARTOWSKY, P.A. HENSCHKE, I.S. PRETORIUS. 2005.** „Yeast and bacterial modulation of wine aroma and flavor". Australian Journal of Grape and Wine Research 11: 139–173.

[11] **TORREA D., P. FRAILE, T. GARDE, C. ANCIN. 2003.** „Production of volatile compounds in the fermentation of Chardonnay musts inoculated with two strains of *S.cerevisiae* with different nitrogen demands". Food Control 14: 565 – 571.

[12] **VOLSCHENK H., M.H. VILJOEN-BLOOM. 2006.** „Differential malic acid degradation by selected strains of *Saccharomyces* during alcoholic fermentation". International Journal of Food Microbiology 83: 49–61.

[13] **XU Y., S. CHEN. 2010.** „The influence of yeast strains on the volatile flavour compounds of chinese rice wine". Journal of the Institute of Brewing 116: 190–196.

Inż. Tomasz SZAJNA
Dr hab. inż. Zbigniew PAŁACHA, prof. SGGW
Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji
Wydział Nauk o Żywności, SGGW w Warszawie

BADANIE KINETYKI SORPCJI PARY WODNEJ CHIPSÓW ZIEMNIACZANYCH®

Investigation on the kinetics of water vapor sorption in potato chips®

Słowa kluczowe: chipsy ziemniaczane, kinetyka sorpcji, woda, model Ficka.

W pracy prezentowanej w artykule badano kinetykę sorpcji pary wodnej chipsów ziemniaczanych w środowisku o zróżnicowanej wilgotności względnej powietrza. Wyznaczono krzywe kinetyczne sorpcji pary wodnej oraz wykorzystano model Ficka do opisu danych sorpcyjnych. Sorpcja pary wodnej oraz zawartość wody w materiale wzrastała wraz ze wzrostem wilgotności względnej środowiska i była uwarunkowana różnicą wilgotności między otoczeniem a badanym materiałem. Obecność tłuszczu w chipsach ziemniaczanych spowodowała znaczne obniżenie ich zdolności sorpcyjnych. Model kinetyczny Ficka bardzo dobrze opisywał dane sorpcyjne chipsów ziemniaczanych (R^2 > 0,99).

Key words: potato chips, sorption kinetics, water, Fick's model.

In the work presented in the article, the kinetics of water vapor sorption of potato chips in the environment of different relative humidity of the air was investigated. The kinetics curves of water vapor sorption were determined and the Fick's model was used to describe the sorption data. The sorption of water vapor and the water content in the material increased with increasing relative humidity of the environment and was conditioned by the difference in humidity between environment and the tested material. The presence of fat in potato chips caused a significant reduction in their sorption capacity. The Fick's model very well described the sorption data of potato chips (R^2 >0,99).

WSTĘP

Chipsy ziemniaczane są jednym z najbardziej znaczących produktów na rynku przekąsek. Są to cienkie plastry ziemniaka poddane smażeniu w gorącym tłuszczu [8]. Za protoplastę chipsów uważa się kucharza Georga Gruma, który wprowadził ten produkt pod nazwą „Saratoga Chips" w restauracji znajdującej się w mieście Saratoga Springs (USA).

Produkt charakteryzuje się wysoką wartością odżywczą i energetyczną. W celu ograniczenia wartości energetycznej chipsów ziemniaczanych stosowane są nowoczesne technologie ich wytwarzania, zmierzające do zmniejszenia w nich zawartości tłuszczu. Efekt ten uzyskuje się poprzez skrócenie czasu smażenia, wstępne usunięcie części wody z plastrów ziemniaka przez zastosowanie obróbki osmotycznej oraz wykorzystanie obróbki cieplnej mikrofalami, gorącym powietrzem lub parą przegrzaną [4].

W technologii wytwarzania chipsów ziemniaczanych istotnym zjawiskiem jest proces sorpcji, zachodzący już na etapie produkcji. Podczas smażenia plastrów ziemniaczanych zachodzi desorpcja pary wodnej z jednoczesną adsorpcją tłuszczu. Adsorpcja tłuszczu znajdującego się na powierzchni chipsów zachodzi również podczas wychładzania plastrów po wyjściu ze smażalnika. Dlatego bardzo ważnym etapem produkcji chipsów ziemniaczanych jest pakowanie produktu w atmosferze ochronnej w opakowanie barierowe (najczęściej zgrzewana, laminowana folia propylenowa) zapobiegające niekorzystnym procesom utleniania tłuszczu jak również eliminujące proces sorpcji pary wodnej z otaczającego produkt wilgotnego środowiska [9, 12].

Po otworzeniu opakowania z chipsami ziemniaczanymi następuje bezpośredni kontakt materiału z wilgotnym powietrzem. Jednym z niekorzystnych procesów zachodzących na powierzchni chipsów jest sorpcja pary wodnej. Znajomość kinetyki procesu sorpcji pary wodnej pozwala na przewidywanie czasu, po którym produkt może utracić swoje korzystne właściwości fizyczne (sztywna, krucha i chrupiąca struktura) lub może dojść do utraty stabilności mikrobiologicznej [5].

Czynnikami determinującymi w największym stopniu kinetykę procesu sorpcji pary wodnej są: skład chemiczny, fizykochemiczny stan składników, struktura fizyczna produktu oraz wilgotność i temperatura otoczenia. Dyfuzja molekularna, do której można zaliczyć transport wilgoci w produkcie, jest opisywana pierwszym prawem Ficka i zależy ona od wartości współczynnika dyfuzji, prężności pary wodnej stanowiącej siłę napędową procesu oraz grubości materiału warunkującej jego opór masowy. Ponadto, obecność domen o zróżnicowanym powinowactwie do wody (forma amorficzna lub krystaliczna) oraz ich rozkład w przestrzeni produktu, wpływają na transport wody w materiale [5, 13]. W dostępnej literaturze praktycznie brak jest informacji na temat kinetyki procesu sorpcji pary wodnej w chipsach ziemniaczanych. Poniższy materiał stanowi uzupełnienie wiedzy na ten temat.

Celem artykułu jest pokazanie kinetyki sorpcji pary wodnej chipsów ziemniaczanych w środowisku o zróżnicowanej wilgotności względnej powietrza. Zakres prezentowanej pracy obejmuje wyznaczenie krzywych kinetycznych sorpcji pary wodnej badanego materiału oraz wykorzystanie modelu Ficka do opisu danych sorpcyjnych.

METODYKA BADAŃ

Materiał badawczy

Materiał badawczy stanowiły chipsy płaskie o smaku zielona cebulka „Lay's" (Frito Lay Poland Sp. z o.o.) w opakowaniu o masie 40 g. W skład materiału badawczego wchodziły: ziemniaki, oleje roślinne (palmowy, słonecznikowy), preparat aromatyzujący (sól, cebula w proszku, serwatka w proszku), wzmacniacze smaku (glutaminian monosodowy, 5'-rybonukleotydy disodowe), aromaty (zawierające białka mleka), ser w proszku, regulatory kwasowości (kwas cytrynowy i jabłkowy), barwniki (annato, ekstrakt z papryki), czosnek w proszku i maltodekstryna. Zawartość przyprawy w chipsach wynosiła 6% z zakresem tolerancji ±1%. W tabeli 1 przedstawiono zawartość składników odżywczych chipsów ziemniaczanych.

Tabela 1. Zawartość składników odżywczych w chipsach ziemniaczanych deklarowana przez producenta

Table 1. Nutrient content declared by the manufacturer

Składnik	Zawartość składnika w 100 g produktu [g/100g]
Tłuszcz w tym nasycone kwasy tłuszczowe	31 10
Węglowodany w tym cukry	53 2,9
Białko	6,3
Błonnik	4,4
Sól	1,7

Źródło: Dane producenta

Source: Manufacturer's data

Metody analityczne

1. Oznaczenie początkowej zawartości wody

Początkową zawartość wody w chipsach ziemniaczanych oznaczano metodą suszenia pod obniżonym ciśnieniem w suszarce próżniowej Memmert VO500. Próbki materiału suszono w temperaturze 70 ±1°C, pod ciśnieniem 1 kPa, przez 24 godziny [1].

2. Oznaczenie początkowej aktywności wody

Początkową aktywność wody chipsów ziemniaczanych zmierzono za pomocą miernika aktywności wody AquaLab w temperaturze 25 ±1°C. Pomiar przeprowadzono w 3 równoległych powtórzeniach.

3. Wyznaczenie kinetyki procesu sorpcji pary wodnej

Do wyznaczenia kinetyki procesu sorpcji pary wodnej chipsów ziemniaczanych w warunkach nieustalonych wykorzystano układ pomiarowy, którego zasadniczym elementem była waga analityczna RADWAG WAS 220/C/2 znajdująca się w pomieszczeniu o stałej temperaturze 25°C, podłączona do komputera z oprogramowaniem Pomiar-Win v.3.0.24 (Radwag). Jako czynniki higrostatyczne zastosowano trzy nasycone wodne roztwory soli ($MgCl_2$, $Mg(NO_3)_2$, NaCl) oraz wodę destylowaną, które gwarantowały w otoczeniu badanej próbki stałą wilgotność względną powietrza na poziomie 32,8, 52,9, 75,3 i 100,0% [3]. Materiał, po otworzeniu opakowania, rozdrobniono na cząstki o powierzchni ok. 0,5 cm^2, a następnie poddano go suszeniu pod obniżonym ciśnieniem zgodnie z metodyką podaną w p. 1. Suchy materiał umieszczono w naczynku pomiarowym wykonanym z folii aluminiowej (masa próbki ok. 1 g). Z kolei, naczynko z próbką wstawiono na szalkę wagi, montowano pojemnik z czynnikiem higrostatycznym i natychmiast zapisywano początkową masę próbki oraz uruchamiano program komputerowy. Program komputerowy rejestrował przyrost masy próbki z dokładnością ±0,0001 g co 10 minut i gromadził dane przez 65,5 h. W celu sprawdzenia reprezentatywności pomiaru, wykonano go w dwóch powtórzeniach dla każdej wilgotności względnej środowiska.

Metody obliczeniowe

1. Obliczenie początkowej zawartości wody w materiale

Początkową zawartość wody w chipsach obliczono ze wzoru:

$$u_p = \frac{m_b - m_c}{m_b - m_a} \cdot 100 \qquad (1)$$

gdzie: u_p – początkowa zawartość wody, %,
m_a – masa pustego naczynka, g,
m_b – masa pustego naczynka z próbką przed suszeniem, g,
m_c – masa pustego naczynka z próbką po suszeniu, g.

2. Obliczanie zawartości wody w materiale po czasie τ

Zawartość wody w chipsach, przeliczona na 100 g suchej substancji, obliczono ze wzoru:

$$u_\tau = \frac{m_\tau - m_o}{m_o} \cdot 100 \qquad (2)$$

gdzie: u_τ – zawartość wody po czasie τ, g wody/100 g s.s.,
m_o – pierwotna masa próbki suchej, g,
m_τ – masa próbki po czasie τ, g.

Zawartość wody w chipsach, przeliczona na 100 g suchej substancji beztłuszczowej, obliczono ze wzoru:

$$u_{tb} = \frac{m_\tau - m_o}{m_o - \left(\frac{m_t}{100 - u_p}\right) \cdot m_o} \cdot 100 \qquad (3)$$

gdzie: u_{tb} – zawartość wody po czasie τ, g wody/100 g s.s.b.,
m_t – zawartość tłuszczu w chipsach, g/100 g produktu.

3. Dopasowanie modelu kinetycznego Ficka do danych sorpcyjnych

Parametry kinetyczne procesu sorpcji pary wodnej wyznaczono z modelu Ficka [2] wykorzystując program komputerowy TableCurve™ 2D v.5.01.01:

$$\frac{u_r - u_\tau}{u_r - u_o} = A \cdot \exp(-K \cdot \tau) \quad (4)$$

gdzie: u_o – początkowa zawartość wody, g wody/100 g s.s.,
u_r – równowagowa zawartość wody, g wody 100 g s.s.,
A – współczynnik kształtu (stała),
K – stała powiązana ze współczynnikiem dyfuzji,
τ – czas, min.

Jakość dopasowania modelu do danych sorpcyjnych określono na podstawie wartości współczynnika determinacji (R^2) obliczonego w programie TableCurve™ 2D v.5.01.01.

OMÓWIENIE I DYSKUSJA WYNIKÓW

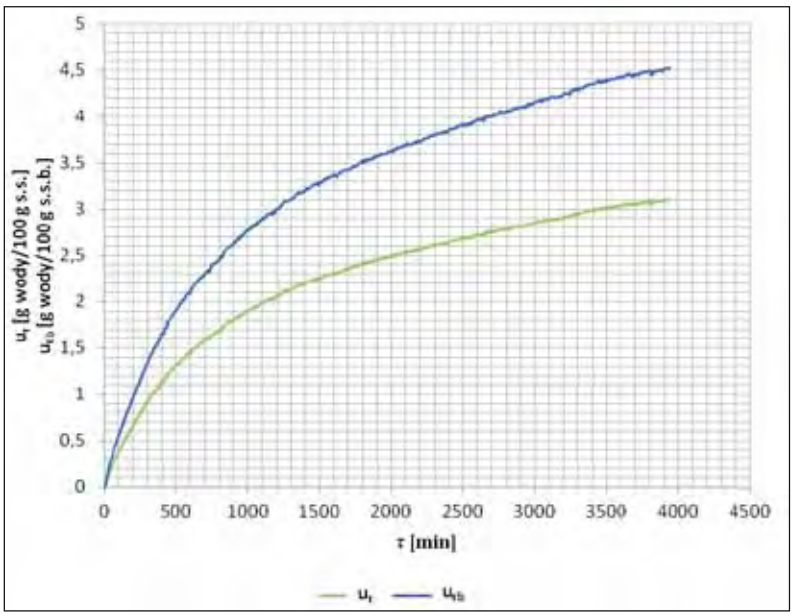
Charakterystyka badanego materiału

Średnia zawartość wody w badanych chipsach ziemniaczanych wyniosła 0,95 ±0,19 %, a średnia aktywność wody materiału wyniosła 0,203 ±0,008. Zgodnie z podziałem żywności w zależności od poziomu jej aktywności wody, chipsy ziemniaczane należą do żywności o niskiej zawartości wody ($0,00 < a_w < 0,55$) [7].

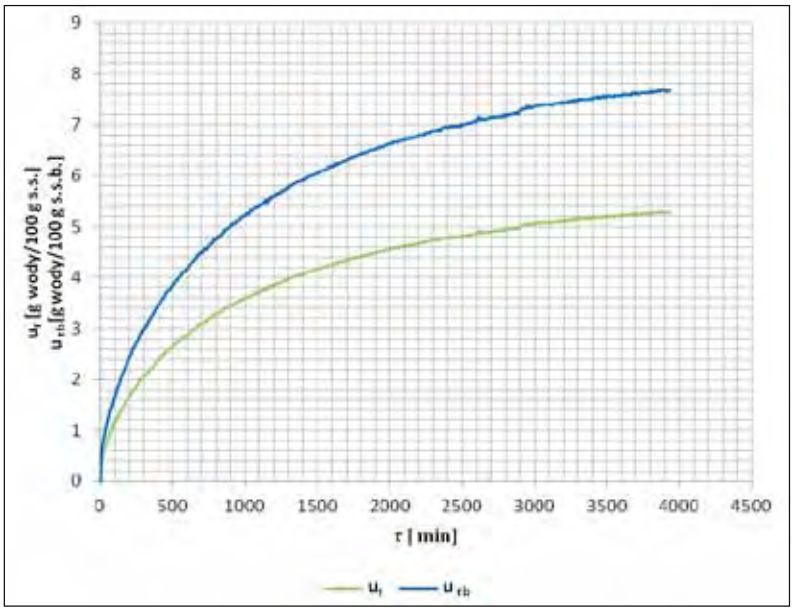
Przebieg krzywych kinetycznych sorpcji pary wodnej

Na rysunku 1 przedstawiono przebieg krzywych kinetycznych sorpcji pary wodnej w środowisku o najniższej wilgotności względnej 32,8 %. Materiał osiągnął początkową zawartość wody (zawartość wody w chipsach po otworzeniu opakowania, u_p = 0,95 %) w 290 minucie procesu sorpcji. Sorpcja pary wodnej przebiegała najszybciej do 1380 minuty procesu sorpcji. W tym czasie materiał wchłonął ok. 72 % całkowitej masy wody zaadsorbowanej w procesie sorpcji (65,5 h). Następnie tempo sorpcji pary wodnej zmalało, a materiał nie osiągnął stanu równowagi wilgotnościowej z otaczającym go wilgotnym powietrzem. Przebieg krzywej kinetycznej odnoszącej się do zawartości wody w chipsach w przeliczeniu na 100 g s.s.b. (u_{rb}) był proporcjonalnie wyższy od przebiegu krzywej kinetycznej odnoszącej się do u_τ (zawartość wody, przeliczona na 100 g s.s.). O masie wody zaadsorbowanej w chipsach decydowała liczba centrów aktywnych suchej matrycy zdolnych do wiązania cząsteczek wody. Ponieważ tłuszcz obecny w chipsach jest substancją hydrofobową, niezdolną do adsorbowania cząsteczek wody, stąd masa wody odnoszona do suchej substancji beztłuszczowej była znacznie większa, a potwierdzeniem tego był przebieg krzywej kinetycznej.

Przebieg krzywych kinetycznych w środowisku o wilgotności względnej 52,9 % przedstawiono na rysunku 2. Materiał osiągnął początkową zawartość wody (u_p = 0,95 %) w 50 minucie trwania procesu sorpcji, czyli prawie 6 – krotnie



Rys. 1. Krzywe kinetyczne sorpcji pary wodnej w chipsach w środowisku o wilgotności względnej 32,8%.
Fig. 1. Kinetic curves of water vapor sorption in chips in an environment with a relative humidity of 32,8%.
Źródło: Badania własne
Source: The own study



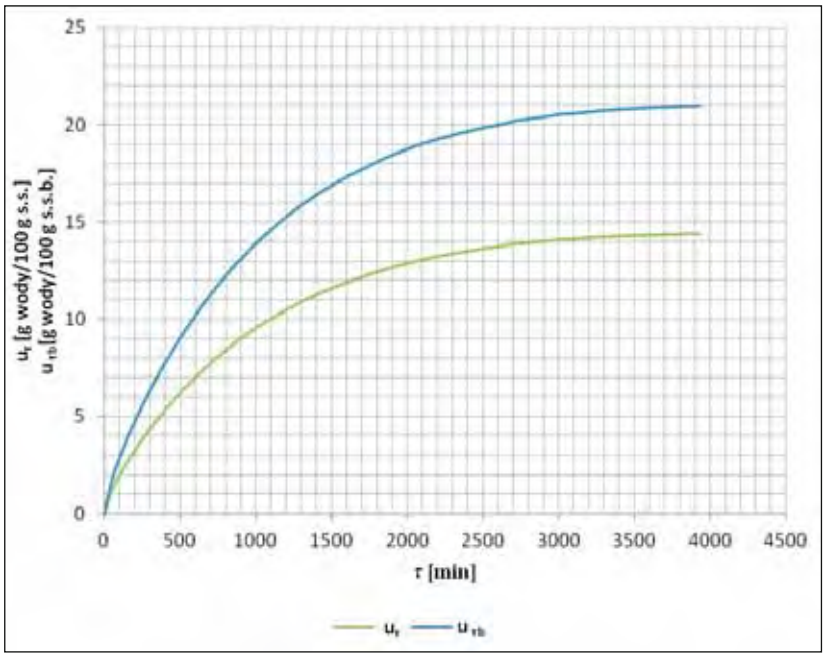
Rys. 2. Krzywe kinetyczne sorpcji pary wodnej w chipsach w środowisku o wilgotności względnej 52,9%.
Fig. 2. Kinetic curves of water vapor sorption in chips in an environment with a relative humidity 52,9%.
Źródło: Badania własne
Source: The own study

szybciej niż w środowisku o φ = 32,8 %. Sorpcja pary wodnej przebiegała najszybciej do 1300 minuty procesu sorpcji i w tym czasie materiał wchłonął ok. 77 % całkowitej masy wody zaadsorbowanej podczas trwania procesu sorpcji. Stwierdzono, że po tym czasie, tempo sorpcji pary wodnej zmalało w większym stopniu niż w środowisku o φ = 32,8 %. Tym niemniej, materiał nie osiągnął stanu równowagi wilgotnościowej z otaczającym go środowiskiem wilgotnym. Przebieg krzywej kinetycznej odnoszącej się do $u_{\tau b}$ był proporcjonalnie wyższy od przebiegu krzywej kinetycznej odnoszącej się do u_{τ}.

Na rysunku 3 przedstawiono przebieg krzywych kinetycznych w środowisku o wilgotności względnej 73,5 %. Materiał osiągnął początkową zawartość wody (u_p = 0,95 %) w 50 minucie trwania procesu sorpcji, podobnie jak w środowisku o φ = 52,9 %. Sorpcja pary wodnej przebiegała najszybciej do 1850 minuty procesu sorpcji i w tym czasie materiał wchłonął aż 93 % całkowitej masy wody zaadsorbowanej w procesie sorpcji. Po tym czasie, tempo sorpcji pary wodnej zdecydowanie zmalało, w znacznie większym stopniu niż w środowisku o wilgotności względnej 32,8 i 52,9 %. Chipsy ponownie nie osiągnęły stanu równowagi wilgotnościowej z otaczającym ich środowiskiem wilgotnym. Przebieg krzywej kinetycznej odnoszącej się do $u_{\tau b}$ był proporcjonalnie wyższy od przebiegu krzywej kinetycznej odnoszącej się do u_{τ}.

W środowisku o najwyższej wilgotności względnej (φ = 100 %), chipsy osiągnęły początkową zawartość wody (u_p = 0,95 %), już w 10 minucie trwania procesu sorpcji (rys. 4). Sorpcja pary wodnej przebiegała najszybciej do 1100 minuty procesu sorpcji a materiał wchłonął ok. 73 % całkowitej masy wody zaadsorbowanej w procesie sorpcji. Po tym czasie, tempo sorpcji pary wodnej zmalało, ale w znacznie mniejszym stopniu niż w środowisku o wilgotności względnej 75,3 %. Chipsy ponownie nie osiągnęły stanu równowagi wilgotnościowej z otaczających ich środowiskiem wilgotnym. Przebieg krzywej kinetycznej odnoszącej się do $u_{\tau b}$ był proporcjonalnie wyższy od przebiegu krzywej kinetycznej odnoszącej się do u_{τ}.

Na rysunku 5 przedstawiono przebieg krzywych kinetycznych sorpcji pary wodnej chipsów w środowisku o różnej wilgotności względnej, odnoszących się do suchej substancji (u_{τ}). Ogólnie, im wyższa była wilgotność względna środowiska w otoczeniu chipsów, tym materiał adsorbował większą masę pary wodnej. W pierwszej godzinie procesu sorpcji materiał w środowisku o φ = 52,9 % wchłonął 3,2 razy więcej pary wodnej niż w środowisku o φ = 32,8 %, a w 24 godzinie procesu, prawie 2 razy więcej. Z kolei, chipsy w środowisku o φ = 75,3 %, w pierwszej godzinie procesu sorpcji wchłonęły 5,4 razy więcej pary wodnej niż w środowisku o φ = 32,8 %, a w 24 godzinie procesu, 4,7 razy więcej. Natomiast w środowisku o największej wilgotności względnej (φ = 100 %), w pierwszej godzinie procesu sorpcji materiał wchłonął 12,7 razy więcej pary wodnej niż w środowisku o φ = 32,8 %, a w 24 godzinie procesu, 10,3 razy więcej.

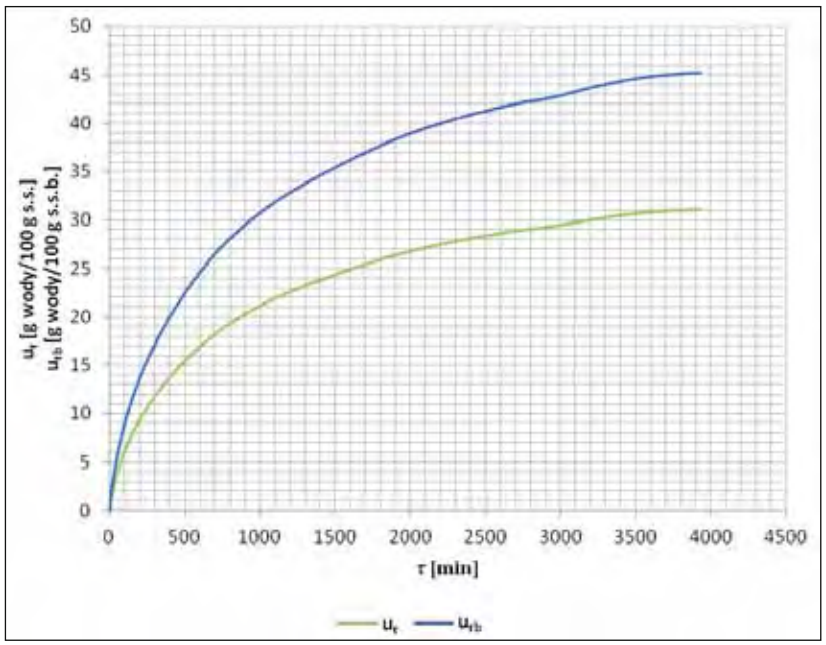


Rys. 3. Krzywe kinetyczne sorpcji pary wodnej w chipsach w środowisku o wilgotności względnej 75,3%.

Fig. 3. Kinetic curves of water vapor sorption in chips in an environment with a relative humidity 75,3%.

Źródło: Badania własne

Source: The own study

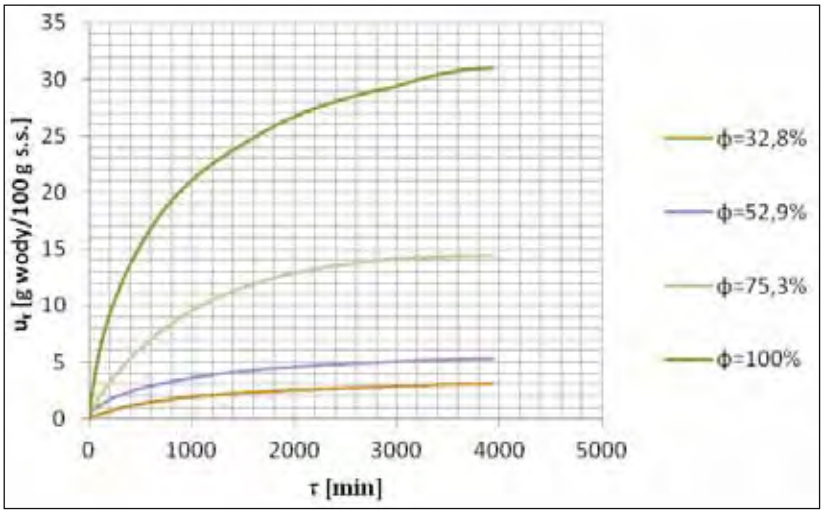


Rys. 4. Krzywe kinetyczne sorpcji pary wodnej w chipsach w środowisku o wilgotności względnej 100%.

Fig. 4. Kinetic curves of water vapor sorption in chips in an environment with a relative humidity 100%.

Źródło: Badania własne

Source: The own study



Rys. 5. Krzywe kinetyczne sorpcji pary wodnej w chipsach w środowisku o różnej wilgotności względnej.

Fig. 5. Kinetic curves of water vapor sorption in chips in an environment with different relative humidity.

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Dopasowanie modelu Ficka do danych sorpcyjnych

W tabeli 2 zestawiono obliczone parametry kinetyczne modelu Ficka oraz pokazano zgodność dopasowania modelu, wyrażoną przez współczynnik determinacji (R^2). Wartość współczynnika determinacji była wyższa od 0,99, co świadczy o bardzo dobrym dopasowaniu modelu do danych sorpcyjnych.

Tabela 2. Parametry modelu Ficka dopasowanego do danych sorpcyjnych

Table 2. Parameters of the Fick's model fitted to the sorption data

Wilgotność względna środowiska [%]	u_r [g wody/100 g s.s.]	K	A	R^2
32,8	3,296	0,000821	0,9194	0,9923
52,9	5,287	0,000949	0,8380	0,9939
75,3	14,722	0,001012	0,9630	0,9998
100,0	30,987	0,000978	0,8633	0,9926

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Równowagowa zawartość wody (u_r) była najniższa w środowisku o wilgotności względnej 32,8 % (3,296 g wody/100 g s.s.) i zwiększała się wraz ze wzrostem wilgotności środowiska, osiągając najwyższą wartość w środowisku o φ = 100 % (30,887 g wody/100 g s.s.). Zwiększenie wilgotności względnej środowiska kolejno do 52,9, 75,3 i 100,0 % spowodowało odpowiednio wzrost równowagowej zawartości wody o 1,6, 4,5 i 9,4 razy. Wartości równowagowej zawartości wody (u_r) były nieznacznie wyższe od końcowej zawartości wody w chipsach po 65,5 godzinach procesu sorpcji pary wodnej. Oznacza to, że chipsy w badanych wilgotnych środowiskach nie osiągnęły z nimi stanu równowagi wilgotnościowej i konieczny jest dłuższy czas do osiągnięcia tego stanu.

Wartości parametru K, powiązanego ze współczynnikiem dyfuzji, zwiększały się wraz ze wzrostem wilgotności względnej środowiska do poziomu 75,3 %, a w środowisku o φ = 100 % stwierdzono nieznacznie niższą wartość (tab. 2). Można stwierdzić ogólną prawidłowość, że dyfuzja pary wodnej w materiale zwiększała się, kiedy wilgotność powietrza otaczającego badaną próbkę chipsów była wyższa.

Wartości stałej A (współczynnik kształtu) mieściły się w przedziale od 0,838 (φ = 52,9 %) do 0,963 (φ = 75,3 %) (tab. 2). Nie stwierdzono jednoznacznego wpływu wilgotności względnej środowiska na wartości tej stałej.

Porównanie badań własnych z danymi literaturowymi

Wyniki badań własnych kinetyki sorpcji pary wodnej chipsów ziemniaczanych porównano z badaniami wybranych higroskopijnych produktów żywnościowych.

Kawa zbożowa orkiszowa po 24 h procesu sorpcji pary wodnej w środowisku o wilgotności względnej 55 % zaadsorbowała 9,3 g wody/100 g s.s. [10]. Badane chipsy ziemniaczane po 24 h procesu sorpcji przy zbliżonej wilgotności względnej środowiska 52,9 %, zaadsorbowały dwukrotnie mniej wody. Prawdopodobnie większe zdolności sorpcyjne kawy zbożowej orkiszowej wynikały głównie ze składu chemicznego i stopnia rozdrobnienia kawy, większej liczby centrów aktywnych matrycy sorpcji oraz mniejszej zawartości tłuszczu.

Ekstrudowane pszenne pieczywo chrupkie po 24 h procesu sorpcji pary wodnej w środowisku o wilgotności względnej 32,8 i 100,0 % zaadsorbowało odpowiednio 7,37 i 47,4 g wody/100 g s.s. [6]. Badane chipsy po 24 h procesu sorpcji w środowisku o wilgotności względnej 32,8 % zaadsorbowały 3,2 razy mniej pary wodnej, a w środowisku o wilgotności względnej 100 % zaadsorbowały dwukrotnie mniej wody. Prawdopodobnie większe zdolności sorpcyjne ekstrudowanego pszennego pieczywa chrupkiego wynikały przede wszystkim z dużej porowatości materiału, większej liczby centrów aktywnych matrycy sorpcji oraz znacznie mniejszej zawartości tłuszczu.

Z kolei, grzanki w zupach instant po 24 h procesu sorpcji pary wodnej w środowisku o wilgotności względnej 55 i 100 % zaadsorbowały odpowiednio 4,5 i 13,5 g wody/100 g s.s. [11]. Badane chipsy po 24 h procesu sorpcji w środowisku o φ = 52,9 % osiągnęły podobną zawartość wody, a w środowisku o φ = 100 % zaadsorbowały prawie 2 razy więcej pary wodnej. Mniejsze zdolności sorpcyjne grzanek w zupach instant mogły wynikać głównie z dużej zawartości tłuszczu pochodzącej ze stosowania powłok tłuszczowych utrudniających sorpcję pary wodnej.

Susz jabłkowy po 24 h procesu sorpcji pary wodnej w środowisku o φ = 100 % osiągnął zróżnicowaną zawartość wody w zależności od metody suszenia jabłek. Jabłka suszone konwekcyjnie osiągnęły od 13,2 do 15,7 g wody/100g s.s. Z kolei jabłka liofilizowane osiągnęły znacznie wyższą zawartość wody wynoszącą od 73,4 do 81,3 g wody/100 g s.s. [14]. Badane chipsy po 24 h procesu

sorpcji pary wodnej w środowisku o φ = 100 % zaadsorbowały 1,8 razy więcej wody od jabłek suszonych metodą konwekcyjną oraz 3,5 razy mniej wody od jabłek liofilizowanych. Suszenie materiałów metodą liofilizacji sprzyja ograniczeniu skurczu materiału, zwiększeniu jego porowatości, zmienia strukturę składników (więcej domen amorficznych) i w konsekwencji zwiększa liczba centrów aktywnych matrycy sorpcji. Zdolności sorpcyjne porowatej struktury chipsów powstającej podczas usuwania wody w procesie smażenia są ograniczone przez adsorpcję tłuszczu w jej miejsce [4].

WNIOSKI

1. Sorpcja pary wodnej oraz zawartość wody w chipsach ziemniaczanych wzrastała wraz ze wzrostem wilgotności względnej środowiska i była uwarunkowana różnicą wilgotności między otoczeniem a badanym materiałem.
2. Obecność tłuszczu w chipsach ziemniaczanych spowodowała znaczne obniżenie ich zdolności sorpcyjnych.
3. Chipsy ziemniaczane po 65,5 godzinach procesu sorpcji pary wodnej nie osiągnęły równowagowej zawartości wody w środowisku o zróżnicowanej wilgotności względnej.
4. Model kinetyczny Ficka bardzo dobrze opisywał dane sorpcyjne chipsów ziemniaczanych. Uzyskane wartości współczynnika determinacji były większe od 0,99.

LITERATURA

[1] **AOAC 1966.** „Official methods of analysis". Association of Official Analitycal Chemists. Arlington, VA.

[2] **GONDEK E., P.P. LEWICKI. 2007**. „Izotermy sorpcji pary wodnej suszonych i kandyzowanych owoców". Acta Scientarium Polonarum. Technologia Alimentaria 4(1): 63-71.

[3] **GREENSPAN L. 1977**. „Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions". Journal of Research of the National Bureau of Standards – A. Physics and Chemistry 81A: 89-96.

[4] **KROKIDA M.K., V. OREOPOULOU, Z.B. MARAULIS, D. MIRINOS-KOURIS 2001**. „Deep Fat Frying of potato strips – quality issues". Drying Technology 19(5): 879-935.

[5] **LABUZA T.P., B. ALTUNAKAR. 2007.** „Diffusion and Sorption Kinetics of Water in Foods". In: Water Activity in Foods (eds. G.B. Barbosa-Cánovas, A.J. Fontana Jr, S.J. Schmidt, T.P. Labuza). IFT Press, Blackwell Publishing Ltd.: 215-237.

[6] **MARZEC A., P.P. LEWICKI 2004.** „Właściwości sorpcyjne pieczywa chrupkiego". Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 4(41): 44-56.

[7] **PAŁACHA Z. 2010**. Właściwości sorpcyjne. W: Właściwości fizyczne żywności (red. Z. Pałacha, I. Sitkiewicz), Warszawa: WNT: 143-169.

[8] **PAŁASIŃSKI M. 1972.** Ziemniak jako surowiec przemysłowy. W: Technologia przetwórstwa ziemniaczanego (red. F. Nowotny), Warszawa: WNT.

[9] **PEDRESCHI F., P. MOYANO. 2005.** „Effect of predrying on texture and oil uptake of potato chips". LWT – Food Science and Technology 38: 599-604.

[10] **RUSZKOWSKA M. 2012**. „Modelowe porównanie właściwości sorpcyjnych kawy zbożowej i orkiszowej". Inżynieria i Aparatura Chemiczna 50(2): 32-35.

[11] **RUSZKOWSKA M., A. OCIECZEK, P. PALICH. 2006**. „Właściwości sorpcyjne grzanek zawartych w zupach instantyzowanych". Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 2(47): 271-279.

[12] **SOUTHERN C.R., X.D. CHEN, M.M. FARAD, B. HOWARD, L. EYRES. 2000.** „Determining international oil uptake and water content of fried thin potato crisps". Trans Institution of Chemical Engineers 78: 119-125.

[13] **SPIESS W.E.L., W. WOLF. 1986.** „The results of the COST project on water activity". In: Physical Properties of Foods (eds. R. Jowitt, F. Escher, M. Kent, B. McKenna, M. Roques). London: 65-87.

[14] **WITROWA-RAJCHERT D., A. FABISIAK, J. STAWCZYK. 2006.** „Wpływ metody suszenia i temperatury procesu na właściwości higroskopijne suszu jabłkowego". Inżynieria Rolnicza 7: 457-463.

Dr inż. Joanna KRUK
Mgr inż. Michał PANCERZ
Mgr inż. Kacper KACZMARCZYK
Dr hab. inż. Anna PTASZEK
Dr inż. Maciej KABZIŃSKI
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Technologii Żywności
Katedra Inżynierii i Aparatury Przemysłu Spożywczego

ŚLEDZENIE PROCESU ŻELOWANIA Z WYKORZYSTANIEM TECHNIKI DYNAMICZNEGO ROZPRASZANIA ŚWIATŁA LASEROWEGO (DLS)®

Following the gelling process using dynamic light scattering technique®

Badania zostały sfinansowane z dotacji celowej na naukę przyznanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego*

W pracy przedstawionej w artykule zastosowano technikę dynamicznego rozpraszania światła do charakterystyki procesu żelowania w układzie guma konjac – guma ksantanowa. W przypadku wszystkich badanych układów wyznaczono punkt żelowania. Wykazano, że żelowanie w badanych układach dwuskładnikowych zachodziło dwuetapowo, co wynika z obecności łańcuchów o różnych masach cząsteczkowych. Wzrost stężenia stosowanych polisacharydów powoduje wzrost temperatury żelowania. Zjawiska tego nie odnotowano w przypadku układu wzorcowego w postaci żelatyny wieprzowej.

In this work was used the dynamic light scatterig technique to characterisation gelling process in konjac gum – xanthan gum systems. In the case of all research systems the gelling point was determined. It was shown that in two-component research systems the gelling was two-step process, what was caused by presence of chains wiht different molar mass. Increase using polysaccharides concentration cause the increase of gelling temperature. This phenomenon has not been observed in the case of a standard system with porcine gelatine.

WPROWADZENIE

Proces żelowania odgrywa bardzo istotną rolę w przemyśle spożywczym, gdyż wiele produktów spożywczych to żele lub układy, w których stosowane są substancje żelujące w celu uzyskania odpowiedniej lepkości mającej bezpośrednie przełożenie na teksturę produktu i właściwości sensoryczne [1]. Jednym z najbardziej rozpowszechnionych biopolimerów tworzących żele jest żelatyna. Oprócz niej stosowane są również białka serwatkowe, karagen, agar, a także różne rodzaje skrobi. Wykorzystywane są również polisacharydy takie jak guma konjac czy guma ksantanowa, które samodzielnie nie żelują lub proces żelowania z ich udziałem zachodzi w specyficznych warunkach, tj. w obecności zasad [8,13].

Guma konjac jest roślinnym glukomannanem pozyskiwanym z bulw gatunku *Amorphophallus konjac*. Jednostki D-glukozy i D-mannozy połączone wiązaniem β-1,4-glikozydowym pozostają w stosunku 1:1.6 [19]. Natomiast guma ksantanowa jest zewnątrzkomórkowym polisacharydem produkowanym przez bakterie *Xanthamonas campestris*. Celulozowy łańcuch główny utworzony z D-glukozy jest regularnie podstawiony przez trisacharydowe łańcuchy boczne: mannoza, kwas glukuronowy, mannoza. Końcowe jednostki mannozy mogą dodatkowo zawierać kwas pirogronowy, natomiast początkowe mogą posiadać przyłączone grupy aceltylowe [4,14].

W celu otrzymania charakterystyki żelowania roztworów biopolimerów najczęściej wykorzystuje się różnicową kalorymetrię skaningową (DSC) [3,11]. W tym przypadku analiza badanego układu odbywa się wobec układu kontrolnego o zdefiniowanej pojemności cieplnej w badanym zakresie temperaturowym. Wielkością mierzoną jest różnica ilości ciepła niezbędna do zapewnienia liniowych zmian (wzrost lub spadek) temperatury badanego układu w funkcji temperatury. Do tego celu można również zastosować reometrię rotacyjną. Na podstawie zmian lepkości pozornej badanego układu zachodzących na skutek podwyższania, a następnie obniżania temperatury możliwe jest określenie temperatury żelowania. Uzyskanie tego typu informacji możliwe jest również przy wykorzystaniu badań

Adres do korespondencji – Corresponding author: Joanna Kruk, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Technologii Żywności, Katedra Inżynierii i Aparatury Przemysłu Spożywczego, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków, e-mail: j.kruk@ur.krakow.pl

oscylacyjnych, w których procedura pomiarowa składa się z dwóch etapów. Pierwszy polega na wyznaczeniu obszaru liniowej lepkosprężystości dla badanego układu i wyborze nieniszczącej wartości oscylacji ścinających. W drugim etapie badaną próbkę poddaje się działaniu wybranej częstotliwości w warunkach obniżania temperatury w odpowiednio dobranym zakresie. Na podstawie punktu przecięcia G' i G'' wyznacza się temperaturę żelowania badanego układu [3,10,12,18]. Interesującą techniką, którą można zastosować do monitorowania przebiegu procesu żelowania jest dynamiczne rozpraszanie światła (DLS). Technika ta standardowo jest stosowana w celu określenia wielkości cząsteczek znajdujących się w roztworze na podstawie parametrów funkcji autokorelacji [15,16]. W przypadku niniejszych badań wyznaczenie punktu żelowania następuje na podstawie obserwacji zmian liczby fotonów rozpraszanych przez łańcuchy obecne w badanym roztworze przy zapewnieniu liniowego spadku temperatury układu [17].

Celem artykułu jest przedstawienie możliwości wykorzystania techniki dynamicznego rozpraszania światła (DLS) do wyznaczania punktu żelowania hydrokoloidów spożywczych oraz analiza wyników badań dotyczących zdolności żelowania gumy konjac i gumy ksantanowej.

MATERIAŁY I METODY

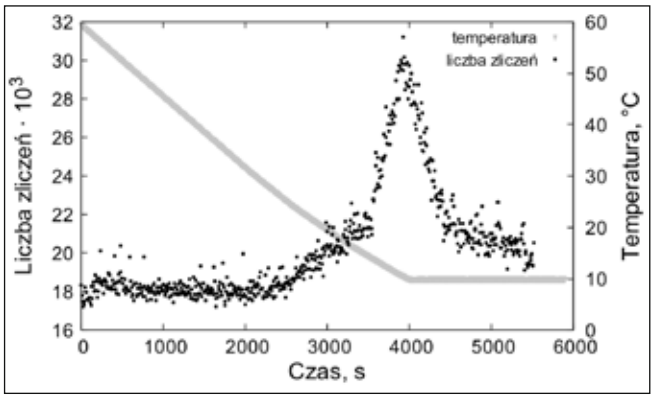
Materiał badawczy stanowiły handlowe preparaty gumy konjac (AGRO-SMAK, Dębe–Kolonia, Polska) – średnia wagowo masa cząsteczkowa M_w=9.9·10^5 g·mol^{-1}, średnia liczbowo masa cząsteczkowa M_n=6.2·10^5 g·mol^{-1}, polidyspersja=1,6 i preparat gumy ksantanowej (Regis, Bochnia, Polska) – M_w=19,6·10^5 g·mol^{-1}, M_n=0,022 g·mol^{-1}, polidyspresja=871. Średnie masy molowe zostały wyznaczone z wykorzystaniem chromatografii żelowej, zgodnie z metodyką zaproponowaną przez Łukasiewicza i Kowalskiego [7]. Żelatynę wieprzową (Gellwe, Zabierzów, Polska) wykorzystano jako materiał odniesienia.

Wodne roztwory badanych hydrokoloidów przygotowywano przy wykorzystaniu obydwu hydrokoloidów w stosunku 1:1, przy całkowitym ich stężeniu wynoszącym 0,0025; 0,005; 0,01 g/100 mL. Próbki wytrząsano w temperaturze 60°C przez 4 godziny. Stężenia roztworów żelatyny wieprzowej były analogiczne jak w przypadku prób właściwych.

Charakterystykę procesu żelowania i wyznaczenie punktu żelowania badanych roztworów (temperatury przemiany typu sol-żel) przeprowadzono z wykorzystaniem zestawu do dynamicznego rozpraszania światła. Zestaw złożony był z goniometru Brookhaven DLS/SLS BI-160 z cyfrowym autokorelatorem BI-9000AT (Brookhaven, New York, USA). Jako źródło światła zastosowano laser na ciele stałym (JDSU, CDPS532M-050) o mocy wyjściowej wynoszącej 50 mW i długości fali λ=532 nm. Wszystkie pomiary były prowadzone przy kącie pomiędzy wiązką światła laserowego a ramieniem goniometru ze zintegrowanym detektorem, który wynosił 90º. Ilość zliczeń fotonów w czasie monitorowano w sposób ciągły przy spadku temperatury o 0,83K/minutę od początkowej temperatury próbki wynoszącej 60°C do 10°C. Po upływie tego czasu i osiągnięciu temperatury 10ºC pomiar kontynuowano utrzymując temperaturę próbki na poziomie 10ºC przez 30 minut.

WYNIKI I DYSKUSJA

Na rysunku 1 przedstawiono zależność liczby zliczeń fotonów trafiających do detektora w czasie, dla roztworu żelatyny wieprzowej o stężeniu 0,01 g/100mL (układ wzorcowy), przy obniżaniu temperatury rozpoczętym od 60ºC. Początkowo pomimo zmniejszającej się temperatury liczba zliczeń utrzymywała się na poziomie wynoszącym około 18·10^3 na sekundę. Poniżej temperatury 25ºC zaobserwowano stopniowy przyrost liczby zliczeń w czasie. Po osiągnięciu temperatury 20ºC nastąpił gwałtowny wzrost liczby zliczeń fotonów. Przy dalszym obniżaniu temperatury wartości tego parametru rosły, a maksymalną wartość (31,22·10^3) zarejestrowano w temperaturze 10,2ºC (tab. 1). Po przekroczeniu tego punktu następuje gwałtowny spadek liczby zliczeń. Opisany wzrost i późniejszy spadek liczby zliczeń można zaobserwować w postaci wyraźnego piku (rys.1). Po pewnym czasie w temperaturze 10ºC zaobserwowano plateau utrzymujące się na poziomie ilości zliczeń wynoszącym około 20·10^3 na sekundę. Badania wykonano również dla stężeń 0,0025 i 0,005 g/100mL uzyskując w obydwu przypadkach maksimum zliczeń w temperaturze 10,1ºC (tab. 1). Opisane obserwacje są zgodne z mechanizmem zaproponowanym przez Shibayama i Norisuye [15]. Idea pomiaru z wykorzystaniem metody dynamicznego rozpraszania światła i charakterystyka zmian zachodzących podczas żelowania została przedstawiona na rysunku 2. W pierwszym etapie (I) istnieją łańcuchy polimeru luźno rozproszone w roztworze. Oddziaływania pomiędzy nimi są niewielkie.



Rys. 1. Zależność ilości zliczeń fotonów w funkcji czasu przy spadku temperatury – żelatyna wieprzowa stężenie 0,005g/100mL.

Fig. 1. Dependence of amount of photon count rate as a function of time with decreasing temperature – porcine gelatine concentration 0,005g/100mL.

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Intensywność fluktuacji i wartość liczby zliczeń związana jest ze stopniem polidyspersji i rozmiarem cząsteczek obecnych w roztworze. W drugim etapie (II) wraz ze spadkiem temperatury cząsteczki zaczynają agregować, co objawia się zwiększeniem intensywności zliczeń. Wytworzenie uporządkowanej sieci powoduje znaczne ograniczenie ruchomości cząsteczek, a liczba zliczeń ulega zmniejszeniu.

W trzecim etapie (III) liczba zliczeń stabilizuje się – sieć jest w pełni uformowana. Liczba zliczeń jest większa niż w pierwszym etapie, a fluktuacje mniejsze. Spowodowane

jest to wytworzeniem uporządkowanej sieci połączeń, która mocniej rozprasza światło niż pojedyncze cząsteczki. Natomiast ograniczona możliwość przemieszczania się cząsteczek względem siebie ma odzwierciedlenie w stabilnej liczbie zliczeń.

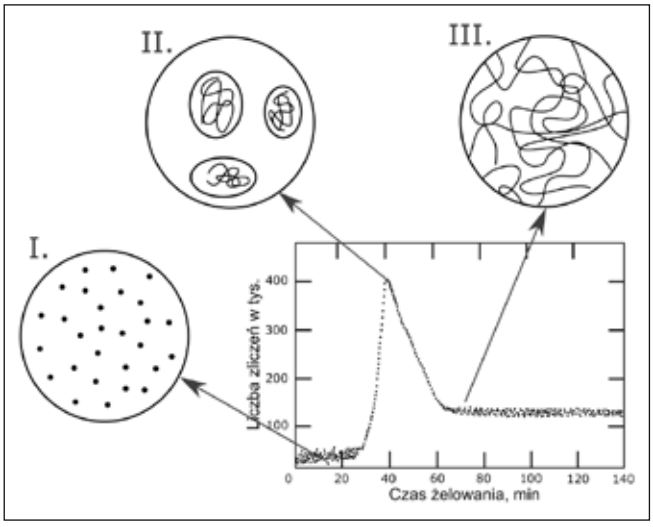
Tabela 1. Temperatury żelowania badanych układów biopolimerowych w zależności od stężenia

Table 1. Gelling temperature of research biopolymer systems depending on

Całkowite stężenie próbki	Punkt żelowania		
	Żelatyna wieprzowa	Guma konjac + guma ksantanowa	
	T1	T1	T2
g/100 mL	ºC	ºC	ºC
0,0025	10,1	18,5	13,0
0,005	10,1	20,1	14,6
0,01	10,2	21,5	16,0

Źródło: Badania własne

Source: The own study



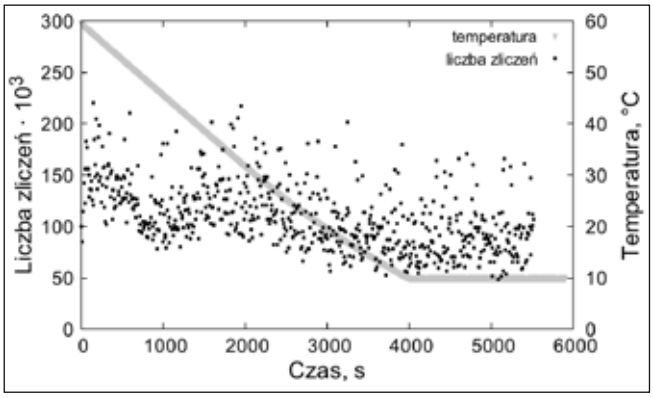
Rys. 2. Schemat przemian zachodzących w procesie żelowania przy śledzeniu zmian z wykorzystaniem dynamicznego rozpraszania światła.

Fig. 2. Diagram of transformations occurring in the gelling process with tracking changes using dynamic light scattering.

Źródło: Na podstawie badań Shibayama i Norisuye (2002) [15]

Source: Based on Shibayama and Norisuye (2002) reasearch [15]

W przypadku roztworu gumy ksantanowej przeprowadzone doświadczenie wykazało, że proces żelowania nie zachodzi. Uzyskana liczba zliczeń fotonów oscylowała w zakresie od $50 \cdot 10^3$ do $200 \cdot 10^3$ na sekundę (Rys. 3). Nie zaobserwowano piku świadczącego o przemianie typu zol-żel. W trakcie trwania eksperymentu wraz ze spadkiem temperatury próbki zaobserwowano stopniowe, powolne zmniejszenie liczby zliczeń. Zjawisko to spowodowane jest ograniczeniem ruchomości cząsteczek obecnych w roztworze wynikającym z obniżenia temperatury, a co za tym idzie spadkiem ich energii kinetycznej. Duże fluktuacje liczby zliczeń w czasie związane są z dużą polidyspersją cząsteczek gumy ksantanowej. Zmiana stężenia badanego roztworu hydrokoloidu nie wpływa na zmianę obserwowanego zachowania.



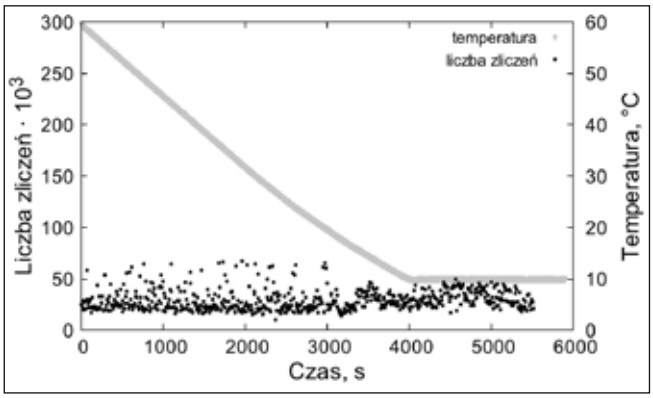
Rys. 3. Zależność ilości zliczeń fotonów w funkcji czasu przy spadku temperatury –guma ksnatanowa stężenie 0,005g/100mL.

Fig. 3. Dependence of amount of photon count rate as a function of time with decrease of temperature –xanthan gum concentration 0,005g/100mL.

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Analiza przeprowadzona dla roztworu gumy konjac wykazała, że podobnie jak w przypadku gumy ksantanowej nie zaobserwowano procesu żelowania. Otrzymany wykres zależności zmian liczby zliczeń fotonów w czasie nie zawiera wyraźnych maksimów. Ilość zliczeń kształtuje się na niższym poziomie niż w przypadku roztworu gumy ksantanowej i związane jest to z mniejszą masą cząsteczkową łańcuchów gumy konjac. Obserwowane fluktuacje w obrębie ilości zliczeń są mniejsze niż w przypadku gumy ksantanowej, co wynika ze znacznie mniejszej polidyspersji cząsteczek tego hydrokoloidu. Podobnie jak w przypadku gumy ksantanowej zmniejszenie lub zwiększenie zawartości hydrokoloidu w roztworze nie indukuje procesu żelowania.



Rys. 4. Zależność ilości zliczeń fotonów w funkcji czasu przy spadku temperatury – guma konjac stężenie 0,005g/100mL.

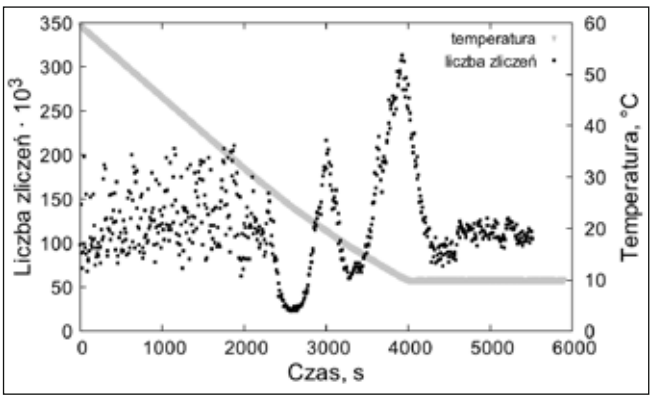
Fig. 4. Dependence of amount of photon count rate as a function of time with decrease of temperature – konjac gum concentration 0,005g/100mL.

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Badania prowadzone z wykorzystaniem dynamicznego rozpraszania światła ujawniły, ze proces żelowania zachodzi w roztworach będących mieszaniną gumy konjac i gumy ksantanowej (rys. 5). Jest to zgodne z doniesieniami badaczy,

którzy wykazali istnienie interakcji, występujących pomiędzy łańcuchami tych hydrokoloidów, umożliwiających tworzenie termoodwracalnych żeli [2,5,9]. Kształtowanie uporządkowanej struktury żelu odbywa się przy udziale fragmentów łańcucha głównego gumy konjac zawierającego reszty glukozy, które wiążą się z łańcuchem celulozowym gumy ksantanowej [5,9]. W przypadku mieszaniny tych gum zaobserwowano, że początkowo liczba zliczeń fluktuuje, co związane jest z obecnością dwóch hydrokoloidów o rożnych masach cząsteczkowych. W temperaturze około 27ºC następuje wyraźne ograniczenie fluktuacji, jak również spadek liczby zliczeń. Podczas dalszego obniżania temperatury próbki zarejestrowano pierwsze minimum w temperaturze około 24ºC. Związane jest to z ograniczeniem ruchomości cząsteczek w wyniku czego zostało zapoczątkowane tworzenie uporządkowanej struktury związane ze wzmocnieniem interakcji pomiędzy łańcuchami tych dwóch hydrokoloidów. Następnie na skutek niewielkiego obniżenia temperatury zaobserwowano intensywny wzrost ilości zliczeń fotonów do poziomu pierwszego maksimum wynoszącego około $217 \cdot 10^3$ na sekundę (20,1ºC – tab. 1). Wraz z dalszym obniżaniem temperatury następuje spadek ilości zliczeń do poziomu drugiego minimum, a zaraz potem ponowny gwałtowny wzrost do wartości drugiego maksimum – około $307 \cdot 10^3$ na sekundę (14,6ºC). Dalsze obniżanie temperatury powoduje podobnie jak w przypadku roztworu żelatyny spadek ilości zliczeń i ustalenie się plateau w zakresie od $100 \cdot 10^3$ do $130 \cdot 10^3$ zliczeń na sekundę. Występowanie dwóch maksimów wskazuje, że proces żelowania przebiega dwuetapowo. Zjawisko to jest związane z występowaniem dwóch frakcji gumy konjac o różnych masach cząsteczkowych. Zaobserwowane zachowanie potwierdzają wcześniejsze badania dotyczące koligatywnych właściwości wodnych roztworów gumy konjac [6], w których wykazano istnienie dwóch głównych czasów relaksacji łańcuchów gumy konjac (szybkie i wolne procesy relaksacyjne). Dalsze badania wykazały, że dwukrotne zmniejszenie stężenia roztworu (do 0,0025g/100mL) powoduje obniżenie I i II temperatury żelowania do wartości odpowiednio 18,5ºC i 13,0ºC. Zwiększenie stężenie roztworu (do 0,01g/100mL) powoduje podwyższenie I i II temperatury żelowania do wartości odpowiednio 21,5ºC i 16,0ºC.



Rys. 5. Zależność ilości zliczeń fotonów w funkcji czasu przy spadku temperatury – guma konjac + guma ksnatanowa stężenie 0,005g/100mL.

Fig. 5. Dependence of amount of photon count rate as a function of time with decreasing temperature – konjac gum + xanthan gum concentration 0,005g/100mL.

Źródło: Badania własne

Source: The own study

WNIOSKI

1. Technika dynamicznego rozpraszania światła może być z powodzeniem wykorzystywana do określania zdolności żelowania hydrokoloidów spożywczych.
2. Analiza zmian liczby zliczeń fotonów w czasie umożliwia otrzymanie charakterystyki procesu żelowania, a także wyznaczenie punktu żelowania (temperatury przemiany zol–żel).

*Badania Młodych 2015 pn. *„Właściwości koligatywne i hydrodynamiczne roztworów wybranych hydrokoloidów i białek”*

LITERATURA

[1] **BANERJEE S., S. BAHATTACHARYA. 2012.** „Food gels: Gelling process and new applications.” Critical Reviews in Food Science and Nutrition 52: 334–346.

[2] **DEA I.C.M., E.R. MORRIS, D.A. REES, E.J. WELSH, H.A. BARNES, J. PRICE. 1977.** „Associations of like and unlike polysaccharides: Mechanism and specificity in galactomannans, interacting bacterial polysaccharides, and related systems.” Carbohydrate Research 57: 249–272.

[3] **DU L., T. BRENNER, J. XIE, S. MATSUKAWA. 2016.** „A study on phase separation behavior in kappa/iota carrageenan mixtures by micro DSC, rheological measurements and simulating water and cations migration between phases.” Food Hydrocolloids 55: 81–88.

[4] **GARCIA-OCHOA F., V.E. SANTOS, J.A. CASAS, E. GOMEZ. 2000.** „Xanthan gum: production, recovery and properties.” Biotechnology Advances 18: 549–579.

[5] **GOYCOOLEA F.M., R.K. RICHARDSON, E.R. MORRIS, M.J. GIDLEY. 1995.** „Stoichiometry and conformation of xanthan in synergistic gelation with locust bean gum or konjac glucomannan: evidence for heterotypic binding.” Macromolecules 28 (24): 8308–8320.

[6] **KRUK J., K. KACZMARCZYK, A. PTASZEK, U. GOIK, P. PTASZEK. 2017.** „The effect of temperature on the colligative properties of food-grade konjac gum in water solutions.” Carbohydrate Polymers 174: 456–463.

[7] **ŁUKASIEWICZ M., S. KOWALSKI. 2012.** „Low power microwave-assisted enzymatic esterification of starch.” Starch–Stärke 64(3): 188–197.

[8] **MAEKAJI K. 1974.** „The mechanism of gelation of konjac mannan.” Agr. Bio. Chon. 38 (2): 315–321.

[9] **MAO C.F., W. KLINTHONG, Y.C. ZENG, C.H. CHEN. 2012.** „On the interaction between konjac glucomannan and xanthan in mixed gels: an analysis based on the cascade model.” Carbohydrate Polymers 89(1): 98–103.

[10] **MIYOSHI E., T. TAKAYA, K. NISHINARI. 1994a.** „Gel-sol transition in gellan gum solutions. I. Rheological studies on the effects of salts.” Food Hydrocolloids 8(6): 505–527.

[11] **MIYOSHI E., T. TAKAYA, K. NISHINARI. 1994b.** „Gel-sol transition in gellan gum solutions. II. DSC studies on the effects of salts.” Food Hydrocolloids 8(6): 529–542.

[12] **MLEKO S. 2004.** „Żelowanie preparatów serwatkowych.” Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 1(38): 25–33.

[13] **MOFFAT J., V.J. MORRIS, S. AL-ASSAF, A.P. GUNNING. 2016.** „Visualisation of xanthan conformation by atomic force microscopy.” Carbohydrate Polymers 148: 380–389.

[14] **PHILLIPS G.O., P.A. WILLIAMS. 2009.** Handbook of hydrocolloids (2nd ed.), Boston, CRC Press.

[15] **RATCLIFFE I., P.A. WILLIAMS, C. VIEBKE, J. MEADOWS. 2005.** „Physicochemical characterization of konjac glucomannan.” Biomacromolecules 6: 1977–1986.

[16] **RODD A.B., D.E. DUNSTAN, D.V. BOGERA. 2000.** „Characterisation of xanthan gum solutions using dynamic light scattering and rheology.” Carbohydrate Polymers 42(2): 159–174.

[17] **SHIBAYAMA M., T. NORISUYE. 2002.** „Gel formation analyses by dynamic light scattering.” Bulletin of the Chemical Society of Japan 75: 641–659.

[18] **VICINI S., M. CASTELLANO, M. MAURI, E. MARSANO. 2015.** „Gelling process for sodium alginate: New technical approach by using calcium rich micro-spheres.” Carbohydrate Polymers 134: 767–774.

[19] **WANG C., M. XU, W. LV, P. QIU, Y. GONG, D. LI. 2012.** „Study on rheological behavior of konjac glucomannan.” Physics Procedia 33: 25–30.

Dr hab. inż. Katarzyna SZWEDZIAK prof. PO
Mgr inż. Ewa POLAŃCZYK
Inż. Małgorzata KUŻEL
Katedra Inżynierii Biosystemów, Wydział Inżynierii Produkcji i Logistyki
Politechnika Opolska

WPŁYW TECHNOLOGII PRODUKCJI KAWY TYPU ARABICA I ROBUSTA NA ICH JAKOŚĆ SENSORYCZNĄ®

The influence of arabica and robusta coffee technologies on their sensory quality®

W artykule określono wpływ technologii produkcji kawy typu arabica i robusta na ich jakość sensoryczną. Określono parametry, które zostały wybrane do przeprowadzenia badania oceny sensorycznej takie jak: smak, zapach, cielistość, kwasowość.

The article specifies the influence of arabica coffee production technology and robusta for their sensory quality. Parameters were selected that were selected for sensory evaluation, such as taste, smell, body and acidity.

WSTĘP

Kawa otrzymywana jest z małego, zielonego ziarenka, które nie ma aromatu ani żadnego smaku, dopiero proces palenia uwalnia wszystkie te czynniki. Liście kawowca są zielone i woskowe. Kwiaty delikatne i białe, o aromacie podobnym do jaśminu, zwisają w kiściach. Małe owoce przypominają czereśnie, kiedy dojrzewają zmieniają barwę z zielonej na żółtą, w końcu stają się czerwone. Kawowiec na obszarach, gdzie deszcz pada cały rok, rośnie i kwitnie przez cały ten czas, dlatego też owoce i kwiaty mogą znaleźć się na jednej i tej samej gałązce. Ziarno mniejsze niż orzeszek ziemny składa się z dwóch, identycznych części. Ziarna są chronione łuską, o srebrzystym kolorze, zwaną pergaminem [1,3].

Ziarna kawy odmiany robusta są bardziej odporne i mniej wrażliwe niż arabica na działanie szkodników. Liście są pofałdowane i nieco większe niż u odmiany arabica. Robusta ma większe ziarna i jest ich więcej, ponieważ kwitnie na małych wysokościach. Wysoka produktywność powoduje jednak gorszy smak ziaren, które zawierają podwójną ilość kofeiny w porównaniu z kawą arabica [1].

Ziarna z owoców można wydobyć dwoma podstawowymi sposobami. Metoda na mokro polega na miażdzeniu owoców, co powoduje oddzielenie skórki i miąższu od ziarna. Ziarna pokryte osnówką są namaczane i fermentują przez 24 godziny. W celu usunięcia resztek miąższu ziarna są myte. Mokre ziarna zostawia się na słońcu, przeczesuje i często obraca, aż całkowicie wyschną. Taki proces może trwać nawet dwa lub trzy dni. Metoda na sucho polega na wysuszeniu ziaren na pełnym słońcu przez parę dni do momentu aż miąższ będzie suchy i odpadnie od ziaren. Takie ziarna są znowu suszone, tym razem już bez miąższu, aż do uzyskania odpowiedniego poziomu wilgotności [1,3,4].

Ziarna kawy arabica uprawiane są podobnie, jak ziarna kawy robusta. Jednak arabica potrzebuje mniej czasu – około ośmiu miesięcy aby wytworzyć owoc. Jest także różnica między zbiorem obu kaw. Robusta zbierana jest mechanicznie, w przypadku arabici wybiera się ręcznie tylko te dojrzałe ziarna [1, 3].

Ziarna kawy arabica są niewielkie, lecz mają intensywny smak. Arabica jest mniej odporna na szkodniki, choroby czy upały. Trzy czwarte światowej produkcji stanowi właśnie ta kawa. Krzewy tej odmiany najlepiej rosną od 900 do 1900 m n.p.m., na wulkanicznym podłożu, o dobrym i głębokim drenażu [1, 2, 3].

Kawa arabica rośnie na małych plantacjach lub na stromych zboczach, ziarna zbierane są ręcznie i delikatnie. Otrzymywane ziarna są małe, ciężkie i o intensywnym smaku z uwagi na to, iż rosną na wysokości [1].

Smak i jakość kawy zbieranej ręcznie są znacznie lepsze niż tej zbieranej mechanicznie. Ziarna kawy araica także są wydobywane na mokro, jednak te ziarna muszą być suszone na słońcu, gdyż w innym wypadku ich jakość może ulec pogorszeniu [1].

W mieszankach kaw, mniejszą część stanowią ziarna kawy arabica, których używa się w celu poprawy smaku, gęstości jak i pożądanej kwasowości [1, 3].

Celem artykułu jest prezentacja wyników badań sensorycznych dotyczących porównania technologii produkcji kawy typu arabica i robusta poprzez określenie wybranych parametrów sensorycznych.

METODYKA BADAŃ

Badania zostały przeprowadzone w formie oceny sensorycznej. Za pomocą zmysłów: węchu, smaku oraz wzroku, ocenione zostały różnice smaku, zapachu i wyglądu kawy przy różnych metodach zaparzania i różnych wielkościach zmielonego ziarna. Ocenę sensoryczną przeprowadzono

Adres do korespondencji – Corresponding author: Katarzyna Szwedziak, Politechnika Opolska, Wydział Inżynierii Produkcji i Logistyki, Katedra Inżynierii Biosystemów, ul. Mikołajczyka 5, 45-271 Opole, email: k.szwedziak@po.opole.pl

wśród losowo wybranych osób. Oceniły one kawę zaparzoną na 3 sposoby:

- W ekspresie ciśnieniowym
- W kawiarce
- W zaparzaczu tłokowym(french press).

Ziarna kawy mielono na bieżąco, przed każdym zaparzeniem. Osoby oceniające kawę miały za zadanie wpisać do tabelki cyfry, które według nich najlepiej pasują do wybranych parametrów sensorycznych kawy.

Do oceny sensorycznej użyto dwóch rodzajów kawy:

Kawa 1 – kawa arabica pochodząca z wyżyn Salwadoru i Ameryki Środkowej, zbierana ręcznie i selekcjonowana przez plantatorów. Jest ona uprawiana w częściowo lesistych i zacienionych rejonach, powyżej 1350 metrów nad poziomem morza. Ziarna są suszone na mokro, co daje słodki, delikatny i aksamitny smak.

Rys. 1. Kawa arabica ziarna.
Fig. 1. Coffee arabica beans.
Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

Kawa 2 – kawa pochodzącą z Indii, uważana jest za wzorcowy przykład robusty. Plantacje tego rodzaju kawy znajdują się na południowym krańcu Indii, na wysokości między 500 a 1000 metrów nad poziomem morza. Ziarna tych kaw po zebraniu poddawane są metodzie obróbki na sucho. Dzięki temu można uzyskać ziarna najwyższej jakości czyli ziarna pełne, które mają regularny kształt [10,11].

Rys. 2. Kawa robusta ziarna.
Fig. 2. Robusta coffee beans.
Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

Charakterystyka wybranych parametrów sensorycznych

- **Smak**

Smak kawy zależy od ziaren, także stopnia ich palenia, wody, urządzenia do zaparzania, a także sposobu jej zaparzania. Aby poczuć smak na wszystkich partiach języka ważne jest tzw. siorbanie. Dzięki temu kawa dociera do całego podniebienia, przez co smak i zapach kawy dociera wszędzie [5,7,8]:

Można wyróżnić różne smaki kawy, jak na przykład:

- Cytrusowy
- Kakaowy
- Orzechowy
- Korzenny

Niektóre smaki są bardziej wyczuwalne i wyraźne, z kolei inne są tak delikatne, że ciężko poczuć ten smak.

- **Aromat (zapach)**

Zapach jest często związany ze smakiem kawy, dlatego warto rozpoczynać degustację kawy od określenia jej zapachu. Aromat kawy oddziałuje na organizm bardzo ożywczo. Zarówno w smaku jak i zapachu można wyczuć różne aromaty kawy [5,6,7,8]:

- Ziemisty
- Korzenny
- Kwiatowy
- Orzechowy

- **Kwasowość**

Termin używany jest do określenia smaku, a nie odczynu pH kawy. Kawa, która ma wysoką kwasowość jest określana jako orzeźwiająca, rześka, żywa i nie ma posmaku. Kawa z niską kwasowością sprawia wrażenie delikatnej, ze smakiem, który zostaje w ustach na dłużej [5,8].

- **Cielistość „body”**

Można określić ją jako różnicę między tłustym mlekiem, a chudym, między herbatą a śmietanką. Kawę można odczuć jako mniej lub bardziej jedwabistą, jako mniej lub bardziej oleistą. Body może być: duże, ciężkie, jedwabiste, pełne. Średnie body może być: syropowate, kremowe, krągłe, gładkie. Jeśli body odczuwane jest jako pełne, oznacza to, że smak zaparzonej kawy zostaje w ustach na długo. Z kolei lekkie body może być: lekkie, herbaciane, wodniste lub aksamitne. Jeżeli body odczuwa się jako lekkie, można wtedy powiedzieć, że smak kawy nie utrzymuje się zbyt długo na języku [5,8,9].

Metodyka przygotowania kawy do oceny sensorycznej

- **Kawiarka**

Świeżą, średnio zmieloną kawę nasypano do lejka z sitkiem na kawę, równo do jego krawędzi, następnie nalano wody do pojemniczka, pod zaworek, mocno przykręcony górną częścią urządzenia do jego podstawy. Następnie kawiarkę umieszczono na małym ogniu. Po około 3 minutach, kawa zaparzyła się i była gotowa do poddania jej ocenie [12].

- **French press (zaparzacz tłokowy)**

Kawę grubo zmieloną wsypano do naczynia i zalano gorącą wodą, mieszano, zostawiono na parę minut, założono pokrywę, następnie odczekano 3-4 minuty i spokojnym ruchem przeciśnięto tłok do dna urządzenia. Napar został przelany do filiżanek i poddany ocenie [12,13,14].

- **Ekspres ciśnieniowy**

Drobno zmieloną kawę wsypano do kolby, którą umieszczono w ekspresie. Następnie zaparzono kawę, poprzez przepuszczenie wody pod ciśnieniem przez zmieloną warstwę. Napój został zrobiony bezpośrednio w filiżance, przez co od razu po zaparzeniu można było go ocenić [12].

ANALIZA WYNIKÓW

Przeprowadzenie oceny sensorycznej

W ocenie sensorycznej brało udział 40 osób, które oceniały dwa rodzaje kawy, zaparzone na 3 różne sposoby. W badaniu uczestniczyło 20 kobiet i 20 mężczyzn w wieku od 21 do 45 lat. Po przeprowadzeniu oceny sensorycznej zaznaczyli oni odpowiedzi według poniższej tabeli:

Tabela 1. Tabela oceny sensorycznej

Table 1. Sensory evaluation table

L.P.	Zmysł	OCENA					
1.		1	2	3	4	5	6
2.	Smak						
3.		1	2	3	4	5	6
4.	Aromat(zapach)						
5.		1	2	3	4	5	6
6.	Cielistość						
7.		1	2	3	4	5	6
8.	Kwasowość						
9.		1	2	3	4	5	6
10.	Ocena własna						

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Skala ocen do zmysłów:

— Smaku od 1 do 4, gdzie:
  - 1 – cytrusowy
  - 2 – kakaowy
  - 3 – orzechowy
  - 4 – korzenny

— Zapachu od 1 do 4, gdzie:
  - 1 – ziemisty
  - 2 – korzenny
  - 3 – kwiatowy
  - 4 – orzechowy

— Cielistości „body" od 1 do 2, gdzie:
  - 1 – cielistość lekka
  - 2 – cielistość pełna

— Kwasowości od 1 do 2, gdzie:
  - 1 – żywa, orzeźwiająca, bez posmaku
  - 2 – delikatna, smak pozostaje w ustach na dłużej

— Ocena własna od 1 do 5, gdzie:
  - Skala ta była dobierana indywidualnie, według smaku każdej osoby przeprowadzającej ocenę organoleptyczną.
  - 1 – kawa, która w smaku jest najgorsza
  - 5 – kawa, która ma najlepszy smak

Pozostałe punkty (2,3,4) osoby dobierały adekwatnie do smaków, które odczuwały przy próbowaniu poszczególnych kaw.

Tabela 2. Współczynnik ważkości zmysłów

Table 2. The weighting factor of the senses

Zmysł	Współczynnik ważkości	
Smak	0,25 pkt	
Aromat (zapach)	0,25 pkt	
Cielistość	0,2 pkt	
Kwasowość	0,2 pkt	
Ocena własna	0,1 pkt	
	Suma	1,0 pkt

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Pierwszą ocenianą cechą był zapach kaw, następnie badany był smak, później osoby oceniające sprawdzały cielistość oraz kwasowość. Na samym końcu wystawiały ocenę własną całego produktu. W tabeli poniżej przedstawiono średnią arytmetyczną wszystkich cech badanych oraz ich wyniki pomnożone przez współczynnik ważkości czyli ocenę całkowitą.

Tabela 3. Ocena całkowita

Table 3. Overall assessment

Zmysł	Kawa I Kawiarka	Kawa I French press	Kawa I Ekspres ciśnieniowy	Kawa II Kawiarka	Kawa II French press	Kawa II Ekspres ciśnieniowy
Smak	2,5	3,5	3,25	3	2,5	3,25
Aromat (zapach)	1,75	1,25	3,5	2	3,5	2,75
Cielistość	1,5	1,5	1,25	1	1,2	2
Kwasowość	1,75	1,25	1,75	1,25	1,25	1,75
Ocena własna	2,25	3	3,5	2	3,25	2
Ocena całkowita	1,84	2,04	2,64	1,9	2,32	2,45

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Najwyższą ocenę całkowitą otrzymała kawa arabica zaparzona w ekspresie ciśnieniowym, najniższą notę ta sama kawa lecz zaparzona w kawiarce. Smakowo najlepszą ocenę otrzymała także arabica, ale zrobiona w french pressie. Pod względem zapachu zarówno kawa arabica, zaparzona w ekspresie, jak i robusta, zaparzona w zaparzaczu tłokowym, otrzymały najwyższe noty. W ocenie własnej najlepiej została oceniona kawa robusta zaparzona w french pressie, a najniższe noty otrzymała także robusta, ale zrobiona w kawiarce.

Reasumując, najlepszą ocenę otrzymała kawa arabica zaparzona w ekspresie, najgorszą notę dostała ta sama kawa, ale zaparzona w kawiarce. Arabica, która jest uważana za najlepszą kawę bardziej przypadła do gustu oceniającym, co można zobaczyć w tabelce z wynikami końcowymi. Na drugiej pozycji znalazła się kawa robusta. Obie kawy, które uzyskały najlepsze rezultaty były przygotowane w ekspresie ciśnieniowym. Oceniającym najbardziej smakowała kawa przygotowana właśnie w ten sposób. Najgorsze oceny uzyskały obie odmiany kawy, ale przygotowane w kawiarce. Czas gotowania naparu w kawiarce był zbyt długi co mogło źle wpłynąć na smak, a także zapach, obu kaw. Prawdopodobnie arabica i robusta zaparzone w zaparzaczu tłokowym, uzyskały oceny, które można odebrać jako neutralne, w porównaniu do kawy z ekspresu – najlepszej i kawy z kawiarki – najgorszej.

Na wynik końcowy wpływ miały także odmiany kaw. Zostały one zakupione parę dni przed rozpoczęciem badania, były to więc kawy świeże, mielone przed zaparzaniem. Na jakość przygotowanych naparów wpływ mogły mieć także czynniki takie jak: jakość oraz twardość wody.

PODSUMOWANIE

Kawa była, jest i prawdopodobnie ciągle będzie pita na świecie. Jest ona jednym z wielu źródeł przeciwutleniaczy, kilka filiżanek wypitych dziennie dostarcza witamin takich jak: C, A, E. Najnowsze badania pokazują, że polifenole zawarte w kawie, ochraniają komórki nerwowe, przez co mogą zapobiegać chorobie Alzheimera oraz Parkinsona [6]. W zależności od preferencji ludzi, niektórym bardziej smakuje kawa arabica (łagodniejsza w smaku), z kolei inni mogą wybrać robustę. W zaprezentowanej w artykule pracy, celem przeprowadzonych badań było zestawienie cech dwóch najbardziej popularnych kaw na świecie, czyli arabica i robusta, oraz porównanie smaku, zapachu czy też wyglądu ich naparów. Badanie pokazało, iż osobom badanym bardziej smakowała kawa typu arabica. Mogło to wynikać z faktu, że arabica jest bardziej delikatną odmianą kawy. Przez tą delikatność jest też bardziej wymagająca pod względem uprawy. Z kolei robusta odporniejsza niż arabica, produkuje dużo więcej kofeiny(pomaga jej walczyć ze szkodnikami), przez co jej smak jest całkiem inny niż arabica. W badaniu przeprowadzonym w pracy, udział wzięło 40 osób. Według danych, najlepsza w smaku była kawa arabica zaparzona w ekspresie ciśnieniowym, uzyskała ona 2,64 punktów. Najsłabszy wynik otrzymała kawa robusta przygotowana w kawiarce, otrzymała ona 1, 84 punktów.

LITERATURA

[1] **ALGRAFT R. 2012.** Kawa. Welpol Adventure, Pruszków :ISBN 9788362935611

[2] **Autor nieznany. 2002.** Kawa G+J Gruner +Jahr Polska, Warszawa: ISBN83-89221-00-4

[3] **FIEDORUK A. 2008.** Kawa. Agora SA, Warszawa: ISBN 978-83-7552-207-5

[4] **GAWĘCKA J., JĘDRYKA T. 2001.** Analiza sensoryczna. Wybrane metody i przykłady zastosowań, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu: ISBN 83-88760-19-X

[5] **GRABOŃ I. 2017.** Kawa. Instrukcja obsługi najpopularniejszego napoju na świecie, ISBN 9788375154290

[6] **WOŹNY S. 2015.** Tajemnice kawy. Zysk i S-Ka: ISBN 978-837785-639-0

[7] http://archiwum.radiozet.pl/Rozrywka/Podroze/Kultura-picia-kawy-Jak-mala-czarna-pija-rozne-kraje-na-swiecie-00002417, 9 stycznia 2018

[8] http://popularcoffee.pl/cupping-zweryfikuj-swoja-kawe/, 11 stycznia 2018

[9] http://blog.pocztakawowa.com/2013/03/27/body-cialo-lub-cielistosc-kawy/, 11stycznia 2018

[10] http://kobieta.interia.pl/archiwum/news-smak-kawy-,nId,408124, 10 stycznia 2018

[11] https://www.tommycafe.pl/azja-i-oceania/1227-kawa-indiecherry-aa-robusta.html?gclid=CjwKCAiA-KzSBRAnEiwAkmQ155yPK7KodN_JFJllN2wJBuXZJKiY2FnQh0JAllxxVTSzEGVHq5e1bhoC57UQAvD_BwE, 11 stycznia 2018

[12] https://www.flemming-cafe.pl/pl/kawa/208-el-salvador-shg.html, 10 stycznia 2018

[13] http://kawowy.guru/jak-zmielic-kawe-rodzaje-mielenia-kawy/, 11 stycznia 2018

[14] https://www.coffeedesk.pl/blog/french-press-przepis-parzenie-kawy/, 11stycznia 2018 r.

Dr inż. Monika DĄBROWSKA-MOLENDA
Inż. Anna HUNCZA
Katedra Inżynierii Biosystemów, Wydział Inżynierii Produkcji i Logistyki
Politechnika Opolska

WPŁYW SPOSOBU PARZENIA RÓŻNYCH RODZAJÓW CZARNYCH HERBAT NA ZAWARTOŚĆ SZCZAWIANÓW ROZPUSZCZALNYCH®

The influence of the manner of breaking different types of black tea on the content of soluble oxaletes®

Słowa kluczowe: czarna herbata, napar, szczawiany rozpuszczalne.

Wielki chiński wynalazek jakim jest herbata to najczęściej – po wodzie – wybierany napój na świecie. Zbiór liści herbacianych w skali światowej szacowany jest na około 3,7 miliona ton w ciągu roku. Oprócz cennych związków mających pozytywny wpływ na organizm człowieka herbata zawiera między innymi sole kwasu szczawiowego. Kwas szczawiowy i jego sole mogą być szkodliwe z uwagi na ich antyodżywcze działania w stosunku do składników pożywienia, jak również ze względu na ich toksyczność. Przedmiot przeprowadzonych badań stanowiło 14 czarnych herbat liściastych i granulowanych trzech odmian Assam, Yunnan i Cejlon, pochodzących z różnych części świata. Do oznaczenia rozpuszczalnych soli kwasu szczawiowego w wybranych próbkach herbat zastosowano metodę manganometryczną.

Key words: black tea, infusion, soluble oxalates.

A great Chinese invention that is tea is the most-often-chosen drink on the world, after water. The collection of tea leaves on a global scale is estimated at around 3.7 tonnes per year. Oxalic acid and its salts may be harmful due to their anti-nutritional effects on food ingredients as well as their toxicity. The object of the study consisted of 14 black leaf teas and granulated three varieties of Assam, Yunnan and Ceylon from different parts of the world. A manganometric method was used to determine the soluble salts of oxalic acid in selected tea samples.

WSTĘP

Herbata to przerobione w specjalny sposób nierozwinięte pączki listkowe oraz młode liście herbacianego krzewu *Camellia*, który to występuje w dwóch odmianach botanicznych charakterystycznych dla regionu jego uprawy: *Camellia sinensis* – regionem jej uprawy są Chiny, Japonia i Tybet oraz *Camellia assamica* – miejscem jej występowania są Indie, Indochiny i Birma. Z tych odmian krzewów powstało wiele innych mieszanek uprawianych w określonej lokalizacji [2, 4, 7].

Najwięksi producenci herbaty to Japonia, która rocznie produkuje około 1,1 miliona ton oraz Chiny produkujące rocznie 0,9 miliona ton. Produkowana jest również na Sri Lance, w Kenii czy Turcji. Szacuje się, że do Europy eksportowanych jest około 30 tysięcy ton herbaty rocznie. W Europie największe jej spożycie na osobę występuje w Anglii i wynosi ono około 2,6 kg rocznie. Polska zajmuje wysokie trzecie miejsce. Przeciętny Polak pija 2-3 porcje herbaty dziennie [2,4,8]. Wzrost zainteresowania używkami takimi jak herbata może być spowodowany coraz to większą ilością asortymentu na rynku tych używek jak również świadomością o wielu korzystnych działaniach herbaty na organizm ludzki. Należy jednak zwrócić uwagę, iż w swoim bogatym składzie herbaty zawierają obok wartościowych i cennych składników także liczne związki mogące utrudniać wykorzystanie przez organizm składników mineralnych spożywanych w posiłkach. Do substancji o takim działaniu należą m.in. kwas szczawiowy, fityniany czy taniny.

Kwas szczawiowy zaliczany jest do najprostszych kwasów dikarboksylowych którego najczęstszym miejscem występowania są rośliny. **Herbata zawiera sporą ilość soli kwasu szczawiowego, zwłaszcza czarna zalewana wrzątkiem.** Herbaty zielone, parzone w niższej temperaturze (60-80°C), cechują się mniejszą zawartością tych związków. **Szczawiany** łączą się ze składnikami mineralnymi zawartymi w pokarmie, tworząc nierozpuszczalne sole, przez co **mogą zwiększać ryzyko pojawienia się kamicy nerkowej.** Ponadto **zawarte w herbatach polifenole ograniczają absorpcję żelaza w przewodzie pokarmowym nawet o 80%**, poprzez wiązanie żelaza niehemowego. Z tego powodu **nie zaleca się spożywania dużych ilości herbaty osobom z niedokrwistością wynikającą z jego z niedoboru** [1, 3, 5, 6].

Adres do korespondencji – Corresponding author: Monika Dąbrowska-Molenda, Politechnika Opolska, Wydział Inżynierii Produkcji i Logistyki, Katedra Inżynierii Biosystemów, ul. Mikołajczyka 5, 45-271 Opole, e-mail: m.dabrowska-molenda@po.opole.pl

Celem artykułu jest prezentacja wyników oznaczenia zawartości rozpuszczalnych soli kwasu szczawiowego w naparach herbat czarnych liściastych oraz ekspresowych jak również analizy zależności mogących wpływać na ich zawartość w spożywanych przez nas naparach.

W literaturze można odnaleźć kilka metod oznaczania tych związków między innymi metody chromatograficzne i konduktometryczne. W niniejszym artykule zawartość rozpuszczalnych soli kwasu szczawiowego w czarnych herbatach została oznaczona metodą manganometryczną, która cechuje się prostotą wykonania, jak również nie wymaga pracy z kosztownym sprzętem aparaturowym.

MATERIAŁY I METODYKA

Do badań wykorzystano 14 próbek wybranych herbat czarnych dostępnych na rynku, w tym 8 herbat liściastych oraz 6 ekspresowych (tab. 1). Wszystkie herbaty poddane badaniom były w okresie przydatności do spożycia. W celu przeprowadzenia analizy herbaty ekspresowe zostały wyjęte z papierowych torebek dzięki czemu każda z próbek miała tą samą wagę. Z tak przygotowanych próbek herbat przygotowywano napar.

Tabela 1. Herbaty stanowiące materiał badawczy

Table 1. Teas that are research material

Nr herbaty	Odmiana (różni producenci)	Pochodzenie herbaty	Rodzaj herbaty
1	Assam	Indie	Herbata czarna liściasta
2	Assam	Indie	Herbata czarna liściasta
3	Assam	Indie	Herbata czarna ekspresowa
4	Assam	Indie	Herbata czarna ekspresowa
5	Younnan	Chiny	Herbata czarna liściasta
6	Younnan	Chiny	Herbata czarna liściasta
7	Younnan	Chiny	Herbata czarna liściasta
8	Younnan	Chiny	Herbata czarna ekspresowa
9	Ceylon	Sri Lanka	Herbata czarna liściasta
10	Ceylon	Sri Lanka	Herbata czarna liściasta
11	Ceylon	Sri Landka	Herbata czarna liściasta
12	Ceylon	Sri Lanka	Herbata czarna ekspresowa
13	Ceylon	Sri Lanka	Herbata czarna ekspresowa
14	Ceylon	Sri Lanka	Herbata czarna ekspresowa

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Do przygotowania naparu herbacianego odważono po 3g±0,01 każdego rodzaju herbaty i zalewano 50 ml wrzącej, demineralizowanej wody o temperaturze $100^0C \pm 2^0C$. Czas parzenia herbat wynosił odpowiednio 3 oraz 5 minut zgodnie z zaleceniami producenta umieszczonymi na opakowaniu. Po upływie tego czasu napar dekantowano oraz przesączono za pomocą sączków ilościowych miękkich. Następnie próbki zostały odstawione w celu wystudzenia do temperatury pokojowej. Gdy napary uzyskały odpowiednią temperaturę, odmierzono po 3 ml każdego z nich do probówek wirowych o pojemności 10 ml.

Do wcześniej przygotowanego naparu herbacianego dodano 1,75 ml 5% roztworu chlorku wapnia oraz 1,75 ml acetonu, po czym całość wymieszano. Tak przygotowane próbki wstawiono do lodówki na okres 30 minut. Po tym czasie zaobserwowano powstanie osadu, który następnie odwirowano za pomocą wirówki w czasie 10 minut przy 3000 obrotów na minutę.

Po odwirowaniu próbek odlano płyn zgromadzony nad osadem oraz ilościowo przeniesiono osad za pomocą 10% roztworu kwasu siarkowego do kolby stożkowej o pojemności 50 ml. Następnie próbki umieszczono w łaźni wodnej gdzie pod wpływem odczynnika oraz gorącego środowiska kwas szczawiowy uległ rozpuszczeniu. Próbki miareczkowano (na gorąco) 0,02N roztworem nadmanganianu potasowego do uzyskania jasno różowej barwy, utrzymującej się przez około 1 minutę.

Badania przeprowadzono w trzech powtórzeniach. Uzyskane wyniki zostały poddane analizie statystycznej oraz przedstawione za pomocą średniej oraz odchyleniea standardowego (SD).

ANALIZA I OCENA WYNIKÓW

Podczas wykonywania badania zauważono widoczne różnice między herbatami liściastymi a ekspresowymi. Barwa sporządzonych naparów różniła się od siebie w zależności od odmiany, lecz w przypadku herbat ekspresowych można było również dostrzec duże zmętnienie co mogło sugerować większą zawartość szczawianów rozpuszczalnych w tego typu herbatach. Po wykonaniu badania okazało się, iż zawartość tych substancji w naparach herbat czarnych nie jest zależna od zmętnienia.

Zawartość szczawianów w czternastu rodzajach herbat czarnych mieści się w granicach: dla 3 minut od 9 mg/g do 19,8 mg/g zaś dla naparów o czasie parzenia 5 minut wynosiła od 14,4 mg/g do 23,4 mg/g. Największą zawartością tych substancji charakteryzowały się w przypadku czasu parzenia 3 minut herbaty czarne Ceylon pochodzące z Sri Lanki zaś najmniejszą herbata Assam pochodząca z Indii, gdy czas parzenia wynosił 5 minut najmniejszą ilością szczawianów wykazywały się herbaty Younnan oraz Assam zaś największą herbata czarna odmiany Ceylon (tab. 2).

Na rys. 1 widać, że najwyższą zawartością szczawianów rozpuszczalnych wśród herbat ekspresowych charakteryzuje się odmiana Ceylon w czasie parzenia 5 minut, najniższa zawartość tego związku znajduje się w herbacie Younnan parzonej przez 3 minuty. Rys. 1 przedstawia wzrost stężenia badanej substancji przy wydłużeniu czasu parzenia. Najbardziej znaczącą różnicę zauważa się dla odmiany Younnan, z kolei rozbieżność ta w najniższym stopniu występuje w herbatach odmiany Assam.

Tabela 2. Średnia zawartość szczawianów rozpuszczalnych otrzymana z trzech powtórzeń

Table 2. The average content of soluble oxalates obtained from three replications

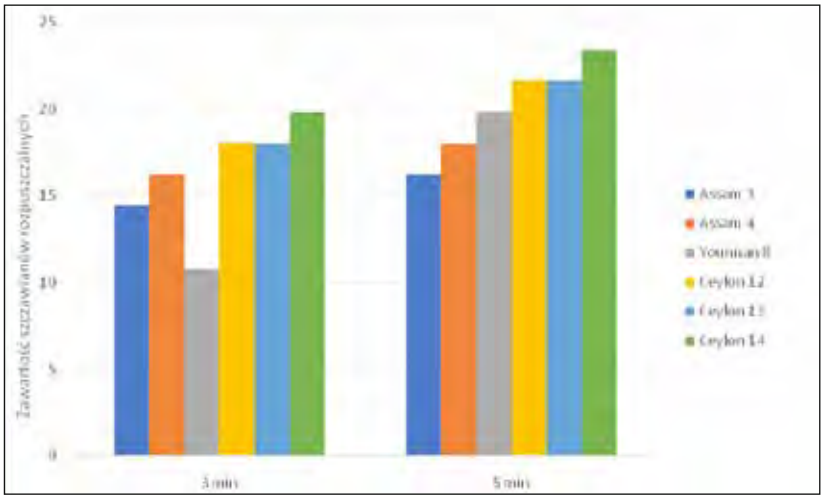
Nr herbaty	Odmiana	Średnia zawartość szczawianów ±SD	
		3 min	5 min
1	Assam	9,26±0,45	16,20±1,25
2		10,83±0,86	14,46±0,08
3		14,46±0,94	16,23±0,52
4		16,20±1,25	18,03±0,26
5	Younnan	12,66±0,82	14,40±0,56
6		14,43±1,68	18,00±0,82
7		10,76±1,93	14,49±0,65
8		10,80±0,22	19,83±0,45
9	Ceylon	16,23±0,46	18,06±0,33
10		19,96±0,09	21,60±0,40
11		14,40±0,36	16,23±1,25
12		18,06±0,44	21,66±0,89
13		18,00±0,21	21,63±0,72
14		19,80±0,08	23,40±0,18

Źródło: Badania własne

Source: The own study

W przypadku herbat czarnych liściastych to herbaty odmiany Younnan charakteryzują się najniższą zawartością szczawianów w swoich naparach zarówno w czasie parzenia trzy- jak i pięciominutowego (rys. 2).

Po obliczeniu średnich dla każdej z odmian poddanych badaniu próbek (tab. 3) można zauważyć, iż największą zawartością rozpuszczalnych szczawianów wyróżnia się herbata Ceylon, bez względu na długość czasu parzenia. Herbaty Younnan oraz Assam pomimo innego regionu uprawy charakteryzują się w przypadku trzech oraz pięciu minut parzenia zbliżoną do siebie zawartością szczawianów w naparach. Można zatem przypuszczać, iż w tego rodzaju herbatach stosowane są podobne zabiegi agrotechniczne oraz zastanowić się czy to nie region uprawy a tym samym warunki klimatyczne wpływają na zawartość kwasu szczawiowego w suszu herbat czarnych.

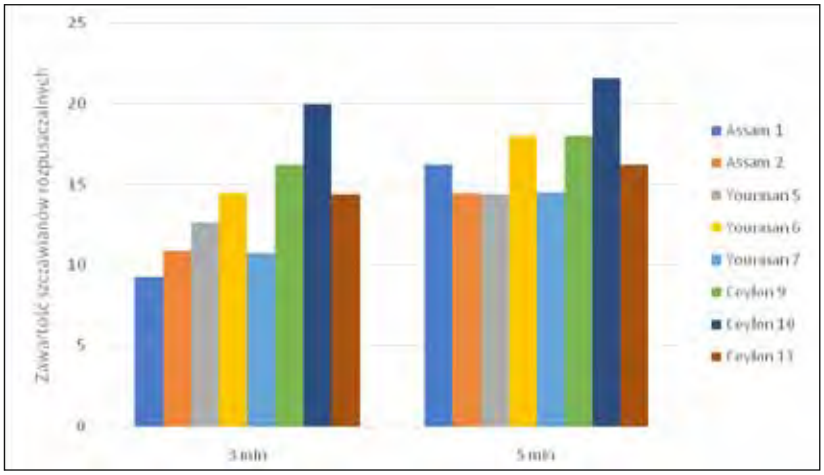


Rys. 1. Zawartość szczawianów rozpuszczalnych w różnych odmianach herbat czarnych ekspresowych w zależności od czasu parzenia.

Fig. 1. The content of oxalates soluble in various types of black tea in brewing bags, depending on the time of brewing.

Źródło: Badania własne

Source: The own study



Rys. 2. Zawartość szczawianów rozpuszczalnych w różnych odmianach herbat czarnych liściastych w zależności od czasu parzenia.

Fig. 2. The content of oxalates soluble in various varieties of deciduous black tea depending on the time of brewing.

Źródło: Badania własne

Source: The own study

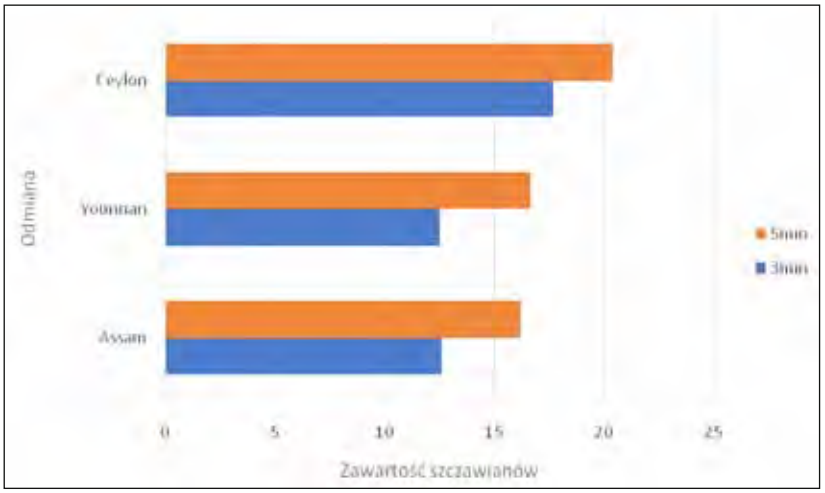
Tabela 3. Średnia zawartość szczawianów rozpuszczalnych z wyszczególnieniem odmiany herbat

Table 3. Average content of soluble oxalates with specification of tea variety

Nr herbaty	Odmiana	Czas parzenia [min]	Liczba prób	Średnia ±SD (mg/g suchego produktu)	p
1-4	Assam	3	12	12,61±2,77	0,661
		5	12	16,26±1,26	0,705
5-8	Younnan	3	12	12,16±1,51	0,299
		5	12	16,68±2,32	0,259
9-14	Ceylon	3	18	17,74±1,94	0,518
		5	18	20,09±2,48	0,221

Źródło: Badania własne

Source: The own study



Rys. 3. Średnia zawartość szczawianów rozpuszczanych w różnych odmianach herbat czarnych zależna od długości parzenia.

Fig. 3. The average content of oxalates dissolved in different varieties of black teas depends on the length of brewing.

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Najmniejszą wydajność uwalniania szczawianów do naparów (biorąc pod uwagę wszystkie badane próbki), można zauważyć w herbacie pochodzącej z Indii czyli Assam następnie Younnan zaś najwięcej danej substancji zostało odnalezionej w naparach herbaty Ceylon pochodzących z Sri Lanki (rys. 3).

Istnieje niewiele udokumentowanych badań mówiących o zawartości szczawianów rozpuszczalnych w naparach herbat czarnych. Informacje w nich zawarte są jednak w dużym stopniu rozbieżne i trudne do porównania. Sytuacja taka może być zatem uwarunkowana różnicami występującymi w surowcach. Na podstawie przeprowadzonych badań można przypuszczać, iż na zawartość rozpuszczalnych soli kwasu szczawiowego w czarnej herbacie może mieć wpływ jej pochodzenie oraz w minimalnym stopniu poziom rozdrobnienia. Herbaty ekspresowe, uważane za gorsze jakościowo, nie odznaczały się o wiele wyższą zawartością szczawianów. Jak można zauważyć w tabeli 3 odmiana wpływa na ilość badanej substancji, jednak nie są to duże różnice a pod względem statystycznym przyjmowane są jako nieistotne ($p>0,05$). Na podstawie przeprowadzonej analizy metodą manganometryczną można stwierdzić, iż czas parzenia ma duży wpływ na uwalnianie się szczawianów w naparach herbacianych. Wydłużenie czasu parzenia powoduje wzrost poziomu badanych substancji w analizowanych próbkach. W przypadku herbat wykorzystanych do badania nie było jednak podanych informacji dotyczących klasy czy też okresu zbioru oraz stosowanych zabiegów agrotechnicznych przy uprawie które to mogą w istotny sposób decydować o ilości szczawianów w nich występujących.

WNIOSKI

Przeprowadzona analiza uzyskanych wyników wykazała, że zawartość szczawianów rozpuszczalnych w dużym stopniu zależy od odmiany herbaty. Można zatem stwierdzić, że kraj pochodzenia w przypadku herbat czarnych wpływa na zawartość badanego związku, jednak jego różnice są statystycznie nieistotne. Zaobserwowano również zależność między producentem danej herbaty a zawartością w jej naparze szczawianów rozpuszczalnych. Pomimo tej samej odmiany oraz pochodzenia wyniki różniły się między sobą.

Czas parzenia w dużej mierze wpływa na ilość szczawianów uwolnionych do naparu herbacianego. Wraz z wydłużeniem czasu parzenia wzrasta ilość szczawianów w naparach herbat czarnych.

Uważane za gorszej jakości herbaty ekspresowe nie wykazują o wiele wyższej zawartości szczawianów rozpuszczalnych w stosunku do herbat zaparzanych z całych liści, tak więc stopień rozdrobnienia nie wpływa istotnie na poziom tego składnika w końcowym produkcie.

Ze względu na występowanie szczawianów w herbatach czarnych konsument powinien większą uwagę zwrócić na ilość spożywanych naparów w ciągu dnia. Powinno to być kontrolowane w szczególności u osób cierpiących na dolegliwości związane z kamica nerkową, innymi zaburzeniami nerek oraz niedokrwistością.

LITERATURA

[1] **KOLARZYK E. 2016.** Antyodżywcze i antyzdrowotne aspekty żywienia człowieka. Kraków: Wydawnictwo Uniwerytetu Jagielońskiego: 598-604.

[2] **ŁADNIAK A. 2006.** Herbata Przewodnik. Łódź: Wydawnictwo Piątek Trzynastego.

[3] **MICHALAK-MAJEWSKA M. 2013.** „Analiza zawartości szczawianów w popularnych naparach herbat i kaw". Bromat.Chem.Toksykol, XLVI, 1:74-79.

[4] **MIZGA-SŁAWIŃSKA M., A. GRZEGORCZYK. 2014.** Herbaty - rodzaje, właściwości, jakość i zafałszowanie. Kosmos Problemy Nauk Biologicznych Tom 63, nr 3: 473-479.

[5] **SPERKOWSKA B., G. BAZYLAK. 2010.** „Wpływ warunków ekstrakcji rozpuszczalnych szczawianów w wodnych naparach herbat zielonych i herbatek ziołowych". Żywność, Nauka, Technologia, Jakość 4 (71): 107-121.

[6] **STAŃCZYK A. 2010.** „Właściwości zdrowotne wybranych gatunków herbat". Bromat. Chem, Toksykol XLII,4: 498-504.

[7] **ŚWIDERSKI F., B. WASZKIEWICZ-ROBAK. 2010.** Towaroznawstwo żywności przetworzonej z elementami technologii. Warszawa: Wydawnictwo SGGW: 524-535.

[8] **WIERZEJEWSKA R. 2014.** „Wpływ picia herbaty na zdrowie – aktualny stan wiedzy". Przegląd Epidemiologiczny 68: 595-599.

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

BADANIA PROTOTYPOWEGO URZĄDZENIA DO ODWADNIANIA MIODU®

Research on a prototype honey dehydration device®

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

Słowa kluczowe: odwadnianie miodu, przepływy powietrza, CFD, analizy numeryczne.

W pracy zaprezentowanej w artykule przedstawiono oryginalną konstrukcję urządzenia do niskotemperaturowego odwadniania (zagęszczania) miodu opartą o patent nr PL218759B1 wraz ze szczegółowej analizą wpływu rozwiązania konstrukcyjnego i parametrów pracy komory osuszania miodu na wydajność odwadniania. Zaprezentowano wyniki badań wpływu parametrów konstrukcyjnych oraz procesowych na charakterystykę przepływu powietrza przez komorę roboczą w oparciu o jej modele CAD (Computer Aided Design) przy wykorzystaniu metod symulacyjnych CFD (Computational Fluid Dynamics) przy różnych warunkach początkowych. Uzyskane z symulacji wyniki porównano z pomiarami empirycznymi przepływu powietrza wykonanymi w warunkach rzeczywistych w powstałej konstrukcji wraz z wyznaczeniem uzyskanego błędu między dwoma metodami. Wyznaczono również masową wydajność odwadniania miodu płynnego w prototypie urządzenia z dwoma wariantami rozwiązania komory osuszającej. Średni błąd numerycznego modelowania w analizowanych przypadkach wynosił od 12,88% do 27,09%. Przeprowadzone symulacje numeryczne zweryfikowane empirycznie pozwoliły wypracować rozwiązanie konstrukcyjne komory osuszania w urządzeniu prototypowym do odwadniania miodu o znacznie większej efektywności od pierwotnie przyjętej konstrukcji. Wariant 2 komory osuszającej okazał się o ponad 60% efektywniejszy do Wariantu 1.

Key words: honey dehydration, air flows, CFD, numerical analyzes.

The paper presented in the article presents the original design of a device for low-temperature honey dehydration based on patent no. PL218759B1 and a detailed analysis of the impact of the construction solution and the dehydration chamber's operating parameters on the dehydration capacity. The paper also presents the results of investigations on the impact of construction and process parameters on the air flow characteristics through the working chamber based on CAD (Computer Aided Design) models using CFD simulation methods (Computational Fluid Dynamics) under different initial conditions. The results obtained from the simulation were compared with the empirical measurements of air flow performed in real conditions in the construction prototype. Also a numerical modeling error was determined between the two measurement methods used. Also determined was the mass dehydration efficiency of liquid honey in the prototype of the device with two variants of the dehydration chamber solution. The average numerical modeling error in the analyzed cases ranged from 12.88% to 27.09%. The numerical simulations and empirical studies allowed to work out a constructional solution of the dehydration chamber in a prototype dehydration device with much higher efficiency than the originally adopted structure – Variant 2 dehydration chamber turned out to be over 60% more effective to Variant 1.

WSTĘP

W przemyśle spożywczym do zagęszczania produktów w postaci ciekłej wykorzystuje się głównie wyparki, w których proces realizowany jest w podwyższonej temperaturze i przy podciśnieniu. Nie wszystkie jednak produkty można zagęszczać przy wykorzystaniu tych urządzeń ze względu na ich termolabilość i utratę składników aromatycznych. Do takich produktów należy m.in. miód pozyskiwany przez pszczelarzy, który nierzadko nie spełnia wymogów PN i dyrektyw UE w zakresie zawartości wody [9]. Pozyskiwanie miodu o zwiększonej zawartości wody wynika ze specyficznych warunków pogodowych i przebiegu pożytków, które często „zachodzą na siebie". Problem ten szczególnie uwydatnia się przy pozyskiwaniu poszukiwanych, późnych miodów odmianowych, takich jak miód wrzosowy i nawłociowy. Z tego też powodu pszczelarze i firmy konfekcjonujące stosują różne metody zagęszczania miodu [11, 20, 21, 23]. Większość z nich opiera się na odparowaniu nadmiaru wody z miodu w kontrolowanych warunkach w specjalnych urządzeniach przy temperaturze poniżej 45°C bezpośrednio z plastrów lub z patoki po odwirowaniu [9, 15]. Jako

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

czynnik odbierający parującą wodę z miodu wykorzystuje się powietrze o obniżonej wilgotności [10, 11, 14]. Efektywność takiego procesu jest zwykle niewielka ze względu na niską temperaturę, do której można podgrzewać miód podczas zagęszczania.

Dotychczasowe rozwiązania konstrukcyjne służące do odwadniania miodu po odwirowaniu z plastrów są urządzeniami stacjonarnymi wyposażonymi w komory o specjalnej budowie, do których płynny miód należy przetłoczyć [7, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22]. Po zakończeniu procesu zagęszczania obrabiany surowiec powinien być dokładnie spuszczony a urządzenie skrupulatnie wymyte. Często komory te mają znaczne objętości sięgające wielu tysięcy litrów, co generuje wysokie nakłady energetyczne procesu a ich efektywność zależy od stopnia wypełnienia. Z tego też względu konstrukcje te są głównie wykorzystywane przez duże podmioty zajmujące się konfekcjonowaniem miodu [13, 21, 22].

Żadna z dostępnych dzisiaj konstrukcji nie uwzględnia możliwości odwadniania miodu w stanie półpłynnym (częściowo skrystalizowanym). Tymczasem w wyniku krystalizacji następuje wzrost aktywności wody w miodzie i tym samym wodę można łatwiej z niego usunąć [1]. Wynika to głównie z problemów związanych z transportem (pompowaniem) zawiesiny krystalicznej z opakowania magazynowego do urządzenia odwadniającego. Miód należy do płynów o złożonych właściwościach reologicznych [2]. W stanie płynnym jest zaliczany do płynów newtonowskich a jego lepkość zależy głównie od temperatury i zawartości wody, zaś w postaci zawiesiny krystalicznej należy do płynów nienewtonowskich, pseudoplastycznych rozrzedzanych ścinaniem [2, 4]. Obecne w miodzie kryształy podczas przetłaczania powodują blokowanie większości konstrukcji pomp wyporowych. Jest to wynik gromadzenia się fazy stałej w szczelinach pomiędzy elementami roboczymi a obudową, a także między wirującymi rotorami. Wzrost lepkości przetłaczanego medium wpływa na zmniejszenie sprawności, wysokości podnoszenia i wydajności pompy a w efekcie na znaczący wzrost poboru mocy.

Stwierdzone słabości istniejących na rynku urządzeń do odwadniania miodu stały się przyczynkiem do opracowania własnej oryginalnej konstrukcji, która ma charakter mobilny, nie wymaga dodatkowych zbiorników – montowana jest na opakowanie magazynowe (beczkę) oraz umożliwia zagęszczanie miodu półpłynnego. Uzyskała ona patent nr PL218759B1 pod nazwą „urządzenie do zagęszczania miodu w stanie płynnym lub półpłynnym" [3]. Głównym zespołem tego urządzenia zapewniającym wysoką efektywność pracy jest komora, w której dochodzi do kontaktu spływającego miodu z wirującym powietrzem. Z konieczności miniaturyzacji konstrukcji i maksymalizacji procesu wymiany masy zastosowano analogicznie, jak w cyklonach, wirową komorę odwadniającą, w której powietrze przepływa w warunkach turbulentnych a struga powietrza jest dodatkowo zawirowana.

Celem artykułu jest przedstawienie oryginalnej budowy urządzenia do niskotemperaturowego odwadniania (zagęszczania) miodu opartej na patencie nr PL218759B1 oraz szczegółowej analizy wpływu rozwiązania konstrukcyjnego i parametrów pracy komory osuszania miodu (będącej głównym zespołem konstrukcji) na wydajność odwadniania. Zaprezentowano wyniki badań wpływu parametrów konstrukcyjnych oraz procesowych na charakterystykę przepływu powietrza przez komorę roboczą wraz z modelem CAD komory roboczej i przeprowadzanymi symulacjami CFD przepływu przy różnych warunkach początkowych. Uzyskane z symulacji wyniki porównano z pomiarami empirycznymi przepływu powietrza wykonanymi w warunkach rzeczywistych w powstałej konstrukcji wraz z wyznaczeniem uzyskanego błędu między dwoma metodami. Wyznaczono również masową wydajność odwadniania miodu płynnego w prototypie urządzenia z dwoma wariantami rozwiązania komory osuszającej.

METODYKA BADAWCZA

Opis urządzenia do odwadniania miodu przeprowadzono w oparciu o schemat konstrukcyjny uwzględniający wszystkie zespoły robocze i stanowiący odwzorowanie rzeczywistej konstrukcji. Dodatkowo zamieszczono rzeczywisty wygląd powstałej konstrukcji, która ma charakter prototypowy. Na fotografii zaznaczono poszczególne zespoły urządzenia oraz uwidoczniono aparaturę pomiarową zastosowaną w trakcie wykonywania doświadczeń.

Badania procesów przepływowych w komorze osuszającej składały się z trzech etapów. W pierwszym dokonano symulacji przepływu powietrza przez komorę osuszania urządzenia. Analizy symulacyjne przeprowadzono przy wykorzystaniu narzędzi numerycznej mechaniki płynów CFD zaimplementowanych z pakietu SolidWorks. Wyznaczono trajektorie ruchu cząsteczek powietrza i rozkłady prędkości w komorze. Niemniej pierwszym krokiem analizy numerycznej przepływu było stworzenie modelu geometrycznego (CAD) komory. Model ten został zaprojektowany w pakiecie SolidWorks 2013. Analizę wykonano zgodnie z poniższą procedurą:

1. Wygenerowano siatkę obliczeniową składającą się z 21680 elementów.
2. Określono wejścia i wyjścia do modelu – króciec dolny stanowił wejście strugi powietrza do modelu zaś krócieć górny wyjście.
3. Przyjęto wartości prędkości przepływu powietrza (5 $m \cdot s^{-1}$ i 10 $m \cdot s^{-1}$) oraz jego parametry fizyczne (temperatury 25°C i gęstości1,2 $kg \cdot m^{-3}$, wilgotność względna 30%) na wejściu do modelu – w przekroju poprzecznym króćca dolnego.
4. Ustalono na podstawie badań empirycznych wartość ciśnienia na wyjściu z modelu wynoszącą 950-980 hPa.
5. Przeprowadzono symulację przepływu strugi powietrza przez komorę osuszania w oparciu o zaimplementowany w środowisku FlowWorks model k-ε:
   - intensywność turbulencji wyznaczono ze wzoru 3:

$$I_t = \frac{1}{U_{śr}} \sqrt{\frac{2}{3} k_e} \qquad (1)$$

   - Kinematyczną energię turbulencji k_e wyznaczono na podstawie pomiarów eksperymentalnych rozkładu prędkości powietrza przy wykorzystaniu przenośnego termo-anemo-manometru MP200 wyposażonego

w rurkę Pitota w przekroju króćca wlotowego z zależności [8]:

$$k_e = \frac{1}{2}\left(U_x^2 + U_y^2 + U_z^2\right), \quad (2)$$

gdzie: $U_{śr}$ – średnia prędkość liniowa przepływu powietrza [m·s^{-1}];

U_x, U_y, U_z – prędkość przepływu powietrza w przekroju króćca wlotowego wyznaczona eksperymentalnie dla kierunków x, y, z w prototypie komory osuszania [m·s^{-1}];

- skala długości wyznaczona została z równania [5, 6]:

$$L = 0{,}07D_h, \quad (3)$$

gdzie: $D_h = 4\frac{F}{B}$ [m]– średnica zastępcza dla przepływu strugi przez przekrój inny niż kołowy: B– obwód zwilżany strugi [m], F – pole przekroju strugi [m^2]. Warunki brzegowe w otworze wlotowym przyjęto w postaci w pełni rozwiniętego przepływu w przewodzie.

6. Wyznaczono rozkład prędkości przepływu w przekroju poprzecznym króćca wlotowego, w płaszczyźnie przekroju wzdłużnego (symetralnej) komory oraz w płaszczyźnie przekroju poprzecznego komory na wysokości symetralnej płaszczyzny króćca wlotowego i wylotowego.
7. Wyznaczono trajektorię strugi w komorze.

W drugim etapie skonstruowano komorę roboczą w oparciu o wcześniej stworzony model CAD i przeprowadzono badania empiryczne charakterystyk przepływu powietrza przez tą konstrukcję. Przy badaniach empirycznych zastosowano analogiczne parametry wejściowe jak w badaniach numerycznych: temperatura przepływającego powietrza T=25°C, prędkość przepływu 5 m s^{-1} i 10 m s^{-1}. Pomiar prędkości przepływu powietrza realizowano za pomocą przenośnego termo-anemo-manometru MP200 wyposażonego w rurkę Pitota. Pomiary wyznaczono w przekroju króćca wlotowego i wylotowego komory osuszania w punktach równomiernie rozłożonych na przekroju oraz w płaszczyźnie symetralnej komory w punktach rozłożonych równomiernie na przekroju (rys. 4). Wyznaczenie liczby Reynoldsa dla przepływu powietrza przez komorę osuszania przeprowadzono w oparciu o uzyskane wyniki pomiarów rozkładu prędkości w przekroju króćca wylotowego z równania:

$$Re = \frac{U_{EXPśr} D_h}{\upsilon}, \quad (4)$$

gdzie: υ – lepkość kinematyczna powietrza dla temperatury analiz [m^2·s^{-1}];

$U_{EXPśr}$ – średnia prędkość przepływu powietrza w danym przekroju określona eksperymentalnie [m·s^{-1}].

W trzecim etapie przeprowadzono badania wpływu usytuowania powierzchni spływu miodu na wydajność odwadniania miodu w postaci płynnej. Badania konstrukcji prototypowej realizowano w dwóch różnych wariantach konstrukcji komory osuszania:

a) Wariant 1 – komora prosta ze spływem miodu po powierzchni zewnętrznej rury transportera ślimakowego (rys. 5a);
b) Wariant 2 – komora ze spływem miodu po gładkiej powierzchni wewnętrznej komory osuszania (rys. 5b).

Materiał badawczy stanowił miód płynny wielokwiatowy o początkowej zawartości wody 24%. Pozostałe parametry procesu odwadniania przyjmowały następujące wartości:

a) prędkość przepływu powietrza w króćcu wlotowym komory osuszania v_{p1}= 2 m·s^{-1} i v_{p1}= 5 m·s^{-1};
b) początkowa masowa wydajność przetłaczania miodu $\dot{m}$ = 180 kg h^{-1};
c) temperatura miodu T_{m1} = 25°C i T_{m2} = 30°C;
d) temperatura powietrza T_{p1} = 30°C i Tp1 = 35°C.

Badania empiryczne prowadzono w przedziale czasu wynoszącym 8h dla każdej z konstrukcji komory osuszania. Średnią wydajność masową odwadniania miodu określono dzieląc masę skroplin m_{skr} uzyskanych w trakcie procesu odwadniania przez czas prowadzenia tego procesu t_n:

$$\dot{m}_w = \frac{m_{skr}}{t_n}. \quad (5)$$

Uzyskane wyniki pomiarów empirycznych porównano z wynikami uzyskanymi w symulacji numerycznej. Ocenę stopnia dopasowania uzyskanych danych numerycznych do danych eksperymentalnych przeprowadzono na podstawie zależności (15):

$$E_{CFD} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \frac{\left|\left|u_{CFD}^i\right| - \left|u_{EXP}^i\right|\right|}{\left|u_{EXP}^i\right|} 100\%, \quad (6)$$

gdzie: E_{CFD} – błąd numerycznego modelowania [%];

u^i_{EXP} – wyniki pomiarów parametrów przepływu w i-tym punkcie modelu;

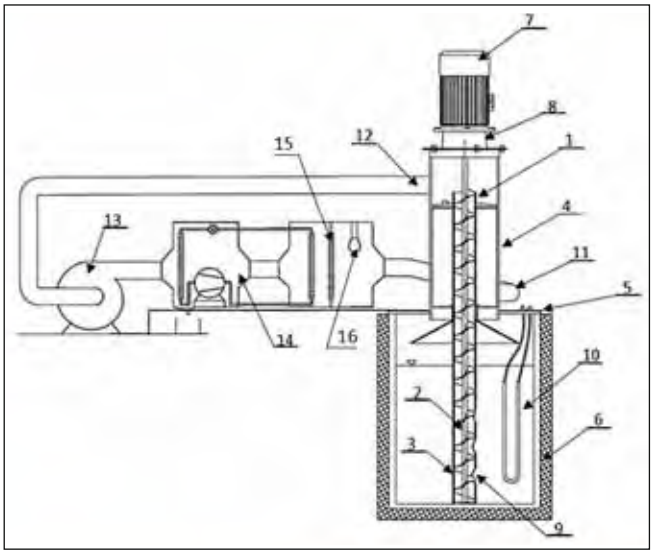
u^i_{CFD} – wyniki symulacji parametrów przepływu w i-tym punkcie modelu.

Błędy pomiarów bezpośrednich MPE obliczono metodą różniczki zupełnej.

KONSTRUKCJA URZĄDZENIA

Na rys. 1 przedstawiono schemat konstrukcji urządzenia do zagęszczania miodu opartego na patencie nr PL218759B1, które było przedmiotem badań w poniższej pracy a na rys. 2 fotografię prototypu tego urządzenia. Jest ono montowane na standardowym opakowaniu magazynowym – beczce z miodem (o objętości 200 litrów) i umożliwia prowadzenie procesu odwadniania w obiegu zamkniętym powietrza. Urządzenie składa się ze ślimakowego układu transportowego 1 składającego się z rury transportowej 3 i ślimaka 2. Ślimak transportuje miód z beczki do komory osuszania 4 (najważniejszego zespołu konstrukcyjnego urządzenia), w której dochodzi do kontaktu spływającego po ściance miodu z wirującym powietrzem osuszającym. Komora osuszania 4 przytwierdzona jest na trwałe do pokrywy 5 standardowej beczki 6 do przechowywania miodu. Napęd ślimaka realizowany

jest za pomocą silnika 7 zamocowanego na komorze osuszającej na kołnierzu 8. Prędkość kątowa ślimaka regulowana jest falownikiem. Miód do transportera zasysany jest poprzez okrągłe otwory 9 znajdujące się w dolnej części rury transportowej 3, a wypływa górną krawędzią rury w komorze osuszania i spływa grawitacyjnie w dół komory do beczki. Dla potrzeb prowadzonych badań zastosowano elektryczny układ podgrzewający miód 10 a beczkę izolowano termicznie. Komora osuszania stanowi układ współosiowych cylindrów, do którego powietrze „suche" jest doprowadzane stycznie w dolnej części króćcem wlotowym 11 a wilgotne odpływa króćcem 12 poprzez zassanie wentylatorem 13. Następnie kierowane jest do układu osuszającego 14 będącego sprężarkowym agregatem chłodniczym. Najpierw następuje wykroplenie się pary wodnej z powietrza na parowniku a następnie jego podgrzanie w skraplaczu tego samego układu sprężarkowego. Do podgrzania powietrza do wymaganej temperatury procesu zastosowano dodatkową grzałkę 15. Powietrze jest sterylizowane za pomocą lampy UV 16. Na fotografii zamieszczonej na rys. 2 przedstawiono rzeczywisty wygląd prototypu urządzenia wraz z przyrządami pomiarowymi do pomiaru mocy i rejestracji wyników.



Rys. 1. Schemat konstrukcji oryginalnego urządzenia do zagęszczania miodu opartego na patencie nr PL218759B1.

Fig. 1. Diagram of the structure of the original honey dehydration device based on the patent No. PL218759B1.

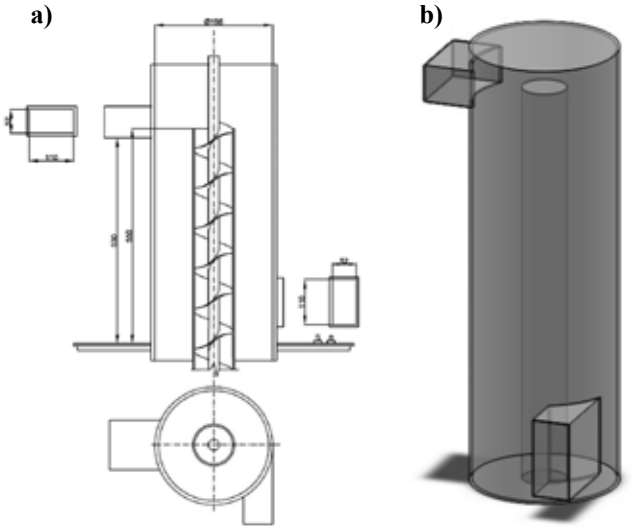
Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

Konstrukcja komory osuszania została przedstawiona na rys. 3. Wykonana jest w postaci rury o średnicy zewnętrznej 0,2 m zamkniętej z jednej strony pokrywą z otworem na wał ślimaka, zaś z drogiej strony standardową pokrywą z beczki do przechowywania miodu. Na rys. 3a przedstawiony jest przekrój przez komorę, a na rys 3b model CAD komory osusznia. Wysokość komory wynosi 0,5m a w jej bocznej powierzchni znajdują się króćce wlotowy (stycznie) i wylotowy powietrza (środkowo). Króciec wlotowy ma kształt prostokątnego profilu zamkniętego o wymiarach $55x110 \cdot 10^{-3}$ m i jest umiejscowiony w dolnej części komory. Przesunięcie króćca wlotowego względem płaszczyzny symetralnej komory zapewnia styczne ukierunkowanie strugi względem powierzchni komory oraz zawirowanie przepływu. Króciec wylotowy o wymiarach $55x110 \cdot 10^{-3}$ m jest umiejscowiony u góry komory w płaszczyźnie symetralnej. Do tego króćca podłączony jest przewód ssawny z wentylatora.

Rys. 2. Konstrukcja prototypu urządzenia do zagęszczania miodu w trakcie pracy.

Fig. 2. Construction of the prototype of the honey dehydration device during operation.

Źródło: Fot. K. Miastkowski
Source: Photo K. Miastkowski



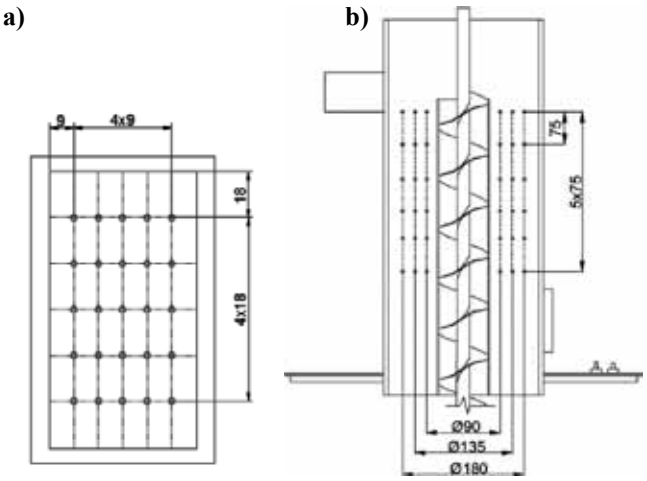
Rys. 3. Schemat konstrukcji komory osuszania a) przekrój, b) model CAD.

Fig. 3. Diagram of the dehydration chamber structure a) cross section, b) CAD model.

Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

Rozmieszczenia punktów pomiaru prędkości przepływu powietrza w przekroju króćca wlotowego i w przekroju komory osuszającej przedstawiono na rys. 4.

Na rys. 5 przedstawiono dwa warianty rozwiązania konstrukcyjnego komory osuszającej. Pierwszy uzyskano poprzez spływ miodu po zewnętrznej powierzchni rury transportowej ślimaka. Drugi powstał w wyniku spływ miodu po powierzchni wewnętrznej rury zewnętrznej komory osuszającej.

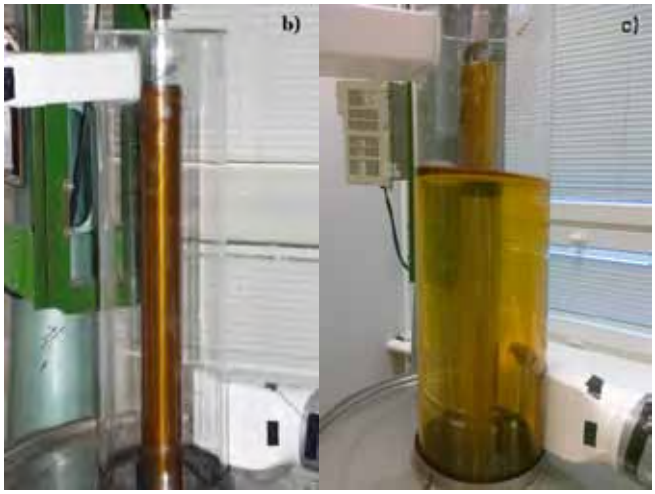


Rys. 4. Schemat rozmieszczenia punktów pomiarowych: a) w przekroju króćca wlotowego, b) w przekroju komory.

Fig. 4. Diagram of distribution of measuring points: a) in the cross-section of the inlet connector, b) in the cross-section of the chamber.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study



Rys. 5. Warianty pracy komory osuszającej: a) spływ po róże wewnętrznej, b) spływ po róże zewnętrznej.

Fig. 5. Works of the dehydration chamber: a) flow down to internal roses, b) runoff for external roses.

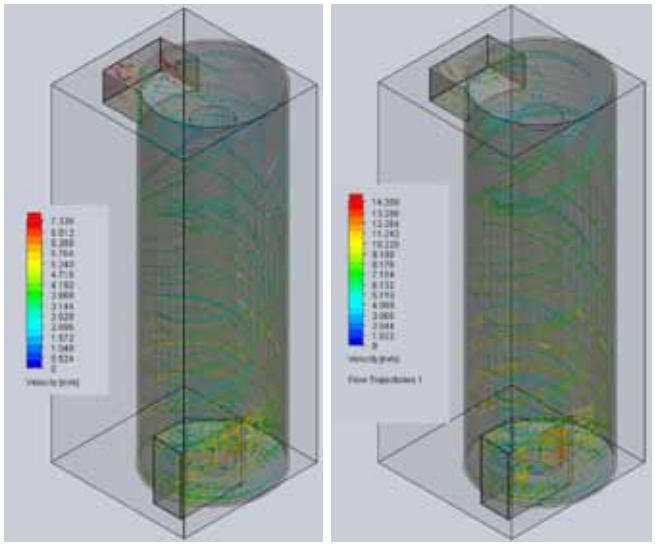
Źródło: Fot. K. Miastkowski

Source: Photo K. Miastkowski

WYNIKI BADAŃ

Na rys. 6 przedstawiono wyniki symulacji numerycznej trajektorii przepływu strugi powietrza przez komorę osuszania przy prędkości na wlocie do komory wynoszącej 5 $m \cdot s^{-1}$ i 10 $m \cdot s^{-1}$. Uzyskane rezultaty pokazują wyraźny charakter wirowy przepływu powietrza z wyższymi prędkościami na wlocie do komory osuszania i na wylocie, gdzie uzyskano silny efekt zmieszania powietrza w strudze.

Analiza rozkładu prędkości przepływu powietrza w przekroju poprzecznym komory roboczej na wysokości króćca wlotowego została przedstawiona na rys. 7. Zgodnie z oczekiwaniami w osi komory prędkość przepływu powietrza jest znacząco niższa niż na obrzeżach komory. Występują przy



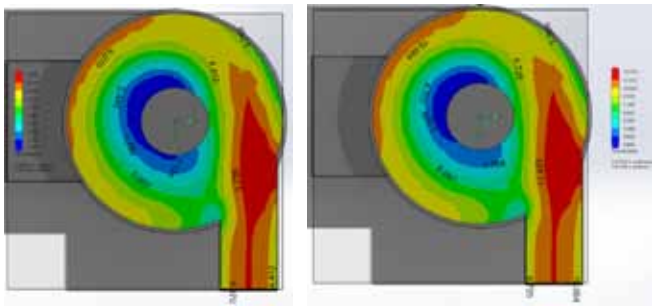
Rys. 6. Symulacja CFD trajektorii przepływu powietrza przez komorę roboczą dla prędkości na wlocie do komory a) 5$m \cdot s^{-1}$ i b) 10 $m \cdot s^{-1}$.

Fig. 6. CFD simulation of the air flow trajectory through the working chamber for velocity at the inlet to the chamber a) 5$m \cdot s^{-1}$ i b) 10 $m \cdot s^{-1}$.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

tym przestrzenie, w których wartość prędkości powietrza jest bliska zeru (niebieski obszar na rys. 7).



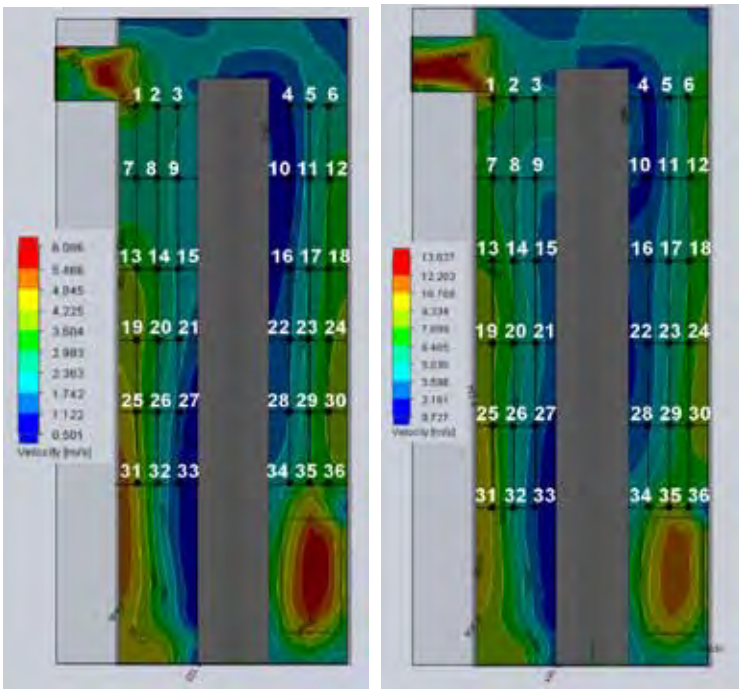
Rys. 7. Symulacja CFD rozkładu prędkości strugi powietrza w przekroju poprzecznym komory roboczej na wysokości króćca wlotowego dla prędkości powietrza na wlocie do komory a) 5$m \cdot s^{-1}$ i b) 10 $m \cdot s^{-1}$.

Fig. 7. CFD simulation of the velocity distribution of the air stream in the cross-section of the working chamber at the height of the inlet connection for the air velocity at the inlet to the chamber a) 5$m \cdot s^{-1}$ i b) 10 $m \cdot s^{-1}$.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Weryfikację uzyskanych wyników symulacji numerycznych prędkości przepływu powietrza przez komorę osuszania przeprowadzono poprzez porównanie ich wartości z wartościami zmierzonymi eksperymentalnie. Na rys. 8 i rys. 9 przedstawiono wyniki symulacji numerycznych z naniesionymi punktami pomiarowymi badań empirycznych. Wyniki porównania danych numerycznych i eksperymentalnych przedstawiono w tabeli 1 i tabeli 2. Porównanie to umożliwiło oszacowanie dokładności odwzorowania wyników symulacji przepływu strugi powietrza przez komorę osuszania.

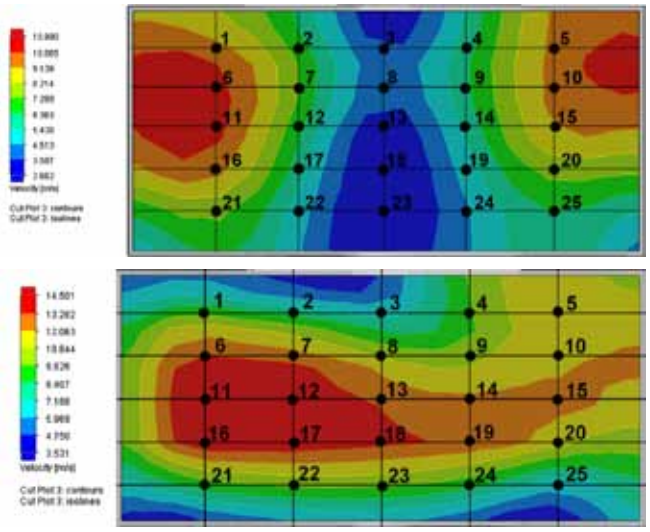


Rys. 8. Symulacja CFD rozkładu prędkości strugi powietrza w przekroju wzdłożnym komory roboczej dla prędkości powietrza na wlocie do komory a) 5 m·s^{-1} i b) 10 m·s^{-1} z naniesionymi punktami pomiarów empirycznych.

Fig. 8. CFD simulation of the air stream velocity distribution in the longitudinal section of the working chamber for air velocity at the inlet to the chamber a) 5 m·s^{-1} i b) 10 m·s^{-1}with empirical measurements points.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study



Rys. 9. Symulacja CFD rozkładu prędkości strugi powietrza w przekroju poprzecznym króćca wylotowego z komory roboczej dla prędkości powietrza na wlocie do komory a) 5 m·s^{-1} i b) 10 m·s^{-1}.

Fig. 9. CFD simulation of the air stream velocity distribution in the cross-section of the outlet nozzle from the working chamber for the air velocity at the inlet to the chamber a) 5 m·s^{-1} i b) 10 m·s^{-1}.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Pomiary empiryczne prędkości przepływu powietrza w płaszczyźnie symetralnej komory osuszania pokazują, iż rozkład prędkości jest analogiczny, jak ten zaobserwowany przy symulacjach numerycznych (rys. 8). Wraz ze zwiększaniem się promienia komory rośnie prędkość przepływu powietrza przez komorę osuszania (rys. 8, tab. 1). Wyniki symulacji są wyższe od wyników pomiarów empirycznych, zaś średni błąd względny symulacji wynosi 27,09% przy analizach przepływu przez komorę z prędkością wlotową 5 m s^{-1} i 18,48% przy prędkości wlotowej powietrza do komory osuszania10 m·s^{-1}.

Pomiary empiryczne prędkości przepływu powietrza w przekroju króćca wylotowego (przy ustalonej prędkości przepływu powietrza na wlocie do komory osuszania) wykazały niższe wartość prędkości przepływu niż w przypadku symulacji numerycznej (tabela 2). Średnia prędkość przepływu powietrza w przekroju króćca wylotowego komory przy prędkości wlotowej 5 m·s^{-1} wynosiła 5,83 m·s^{-1} zaś prędkość uzyskana przy analizie numerycznej 6,66 m·s^{-1} (rys. 9). Średni błąd pomiędzy wynikami pomiarów empirycznych i numerycznych wyniósł 12,88%. Podobnie w przypadku analizy przepływu powietrza przez komorę roboczą z prędkością wlotową 10 m·s^{-1} uzyskane wyniki empiryczne były niższe od wartości symulacji numerycznej, zaś błąd dopasowania wyniósł 15,45%.

Wartość liczby Reynoldsa przy przepływie powietrza przez przekrój króćca wylotowego z komory osuszania obliczona ze wzoru (4) dla prędkości przepływu powietrza 5 m·s^{-1} na wlocie do komory wyniosła Re_1=26437. Po zwiększeniu prędkości przepływu powietrza na wlocie do komory do 10 m·s^{-1} wartość liczby Reynoldsa wyniosła Re_2=45120. Uzyskane wartości liczb Reynoldsa wskazują, iż przepływ powietrza na wylocie z komory osuszania ma charakter turbulentny i umożliwia dobre wymieszanie strugi powietrza co jest bardzo istotne ze względu na realizację wykraplania wody. Wysoka wartość liczby Reynoldsa poprawia również warunki wymiany masy w komorze osuszania i intensyfikuje proces odwadniania miodu.

Powyższe wyniki miały charakter analiz wstępnych, które wizualizowały procesy przepływowe zachodzące w komorze osuszającej. Pozwoliły one na dokładną analizę zachodzących procesów, optymalizowanie rozwiązania konstrukcyjnego komory oraz dobór parametrów pracy urządzenia. W efekcie wypracowano dwa warianty konstrukcyjne rozwiązania przepływu w komorze osuszającej zaprezentowane wcześniej na fotografiach zamieszczonych na rys. 5. W tabeli 3 przedstawiono natomiast wyniki końcowe średniej wydajności odwadniania miodu w obu wariantach konstrukcyjnych komory osuszania prototypowego urządzenia do odwadniania miodu uzyskane przy różnych kombinacjach wartości głównych parametrów procesowych.

Najwyższą wydajność odwadniania uzyskano przy wariancie 2 rozwiązania konstrukcyjnego komory osuszającej z przepływem powietrza z prędkością 10 m·s^{-1}, temperaturze miodu 30°C i temperaturze powietrza osuszającego 35°C. Wartość ta była o ponad 34% wyższa od najniższej wartości wydajności odwadniania zarejestrowanej przy badaniu komory według wariantu nr 1. Wzrost temperatury miodu, prędkości przepływu powietrza i jego temperatury powodo-

Tabela 1. Wyniki symulacji numerycznych i pomiarów empirycznych prędkości przepływu powietrza przez komorę osuszania w płaszczyźnie symetralnej

Table 1. Results of numerical simulations and empirical measurements of air flow velocity through the drying chamber in the symmetrical pl

Punkt pomiarowy	Prędkość powietrza na wlocie 5 m s^{-1}				Prędkość powietrza na wlocie 10 m s^{-1}			
	Symulacja	Pomiar		Błąd względny symulacji E_{CFD}[%]	Symulacja	Pomiar		Błąd względny symulacji E_{CFD}[%]
	$U_{CFDśr}$ [m·s^{-1}]	$U_{EXPśr}$ [m·s^{-1}]	MPE [%]		$U_{CFDśr}$ [m·s^{-1}]	$U_{EXPśr}$ [m·s^{-1}]	MPE [%]	
1	3,90	2,11	11,70	39,48	8,60	6,64	18,17	22,79
2	2,70	1,89	13,30	28,20	5,75	4,92	13,85	14,43
3	2,70	2,01	14,43	25,56	5,75	5,06	13,36	12,00
4	0,80	0,67	11,75	16,25	1,40	1,01	12,36	27,86
5	2,05	1,52	17,70	22,56	4,30	3,74	9,46	13,02
6	2,70	2,01	14,77	28,20	5,75	4,48	13,85	22,09
7	2,70	2,46	9,94	18,52	5,75	4,58	12,20	20,35
8	2,70	1,80	8,03	33,33	5,75	4,63	14,91	19,48
9	2,05	1,35	14,61	22,56	4,30	3,77	9,46	12,25
10	0,80	0,49	11,30	38,75	1,40	1,22	14,20	12,86
11	2,70	2,10	13,09	28,20	4,30	3,66	7,74	14,88
12	3,30	2,50	6,08	33,84	7,20	5,81	19,28	19,36
13	3,30	1,98	14,58	40,00	7,20	5,98	13,50	16,94
14	2,70	1,86	12,07	28,20	5,75	4,90	13,85	14,78
15	2,05	1,45	7,97	22,56	4,30	3,45	9,46	19,77
16	1,40	0,90	7,86	35,71	2,85	2,12	9,58	25,61
17	2,70	1,78	9,86	28,20	4,30	3,89	7,74	9,53
18	3,30	2,05	12,56	33,84	5,70	4,60	12,08	19,36
19	3,90	2,36	14,65	39,48	8,60	6,58	11,50	23,49
20	3,30	2,68	17,85	18,79	7,20	5,41	15,71	24,86
21	2,05	1,56	11,55	22,56	4,30	3,47	9,46	19,30
22	1,40	1,18	14,05	15,98	3,55	3,12	8,70	12,25
23	2,70	1,96	12,64	28,20	3,60	2,98	14,60	17,22
24	3,30	2,41	16,54	26,97	7,20	5,81	17,47	19,36
25	3,90	2,31	14,34	39,48	7,90	6,10	17,50	22,79
26	2,70	2,04	16,24	28,20	7,15	6,01	17,30	15,93
27	1,40	1,21	11,84	15,98	4,30	3,48	12,76	19,07
28	2,05	1,59	15,74	22,56	2,85	2,50	12,50	12,28
29	2,70	2,20	13,93	28,20	4,30	3,62	12,80	15,93
30	3,60	2,13	13,53	39,48	6,50	5,24	15,75	19,36
31	3,90	2,20	11,43	39,48	7,90	6,40	21,47	18,99
32	2,70	2,14	15,93	28,20	7,15	6,12	14,50	14,41
33	0,80	0,72	12,33	10,34	4,30	3,78	18,70	12,09
34	2,70	2,09	9,43	28,20	5,05	4,07	10,68	19,36
35	3,30	2,16	12,53	33,84	8,60	6,35	21,30	26,22
36	3,30	2,45	9,33	25,76	8,60	6,94	24,51	19,36
Średnia	2,66	1,90	13,21	27,09	5,74	4,64	14,37	18,48

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Tabela 2. Wyniki symulacji numerycznych i pomiarów empirycznych prędkości przepływu powietrza w przekroju poprzecznym króćca wylotowego z komory osuszania

Table 2. Results of numerical simulations and empirical measurements of air flow velocity in the cross-section of the outlet nozzle from the drying chamber

Punkt pomiarowy	Prędkość powietrza na wlocie 5 m s^{-1}				Prędkość powietrza na wlocie 10 m s^{-1}			
	Symulacja	Pomiar		Błąd względny symulacji E_{CFD}[%]	Symulacja	Pomiar		Błąd względny symulacji E_{CFD}[%]
	$U_{CFDśr}$ [m·s^{-1}]	$U_{EXPśr}$ [m·s^{-1}]	MPE [%]		$U_{CFDśr}$ [m·s^{-1}]	$U_{EXPśr}$ [m·s^{-1}]	MPE [%]	
1	9,60	8,45	12,04	11,98	9,00	7,89	13,42	12,33
2	6,85	5,89	13,01	14,01	7,80	6,98	10,37	10,50
3	4,05	3,25	8,02	19,75	6,55	5,96	9,75	9,00
4	5,90	5,12	15,60	13,22	9,00	7,92	8,67	12,00
5	9,60	8,59	14,56	10,52	11,45	9,87	9,79	13,80
6	10,55	9,10	19,61	13,75	12,70	10,59	9,75	16,63
7	6,85	5,78	13,01	15,62	12,70	11,01	7,97	13,31
8	4,15	3,47	8,38	16,39	10,20	8,82	10,89	13,50
9	5,90	5,25	15,26	11,02	10,20	8,96	11,02	12,16
10	9,60	8,39	14,50	12,63	11,45	9,68	11,85	15,46
11	10,55	9,23	16,56	12,51	13,90	11,38	9,33	18,13
12	6,85	6,02	10,39	12,12	13,90	12,30	9,58	11,51
13	3,15	2,48	5,13	21,27	12,85	11,23	12,10	12,61
14	5,90	5,33	11,41	9,66	12,85	10,25	10,54	20,23
15	8,65	7,67	21,69	11,38	12,85	10,39	10,26	19,14
16	9,85	8,54	12,50	13,25	13,90	12,70	11,29	8,63
17	5,90	5,43	15,26	8,00	13,90	10,25	11,01	26,26
18	3,15	2,89	6,47	8,25	13,90	11,56	11,69	16,83
19	4,95	4,56	6,44	7,88	12,85	10,87	12,00	15,41
20	7,75	6,96	11,67	10,25	11,45	9,49	8,94	17,12
21	7,75	7,02	19,55	9,42	9,00	7,78	9,54	13,56
22	4,95	3,98	15,59	19,60	10,20	8,48	8,64	16,86
23	3,15	2,78	10,25	11,75	10,20	8,79	10,00	13,82
24	4,05	3,36	6,41	17,04	9,00	7,85	9,94	12,78
25	6,85	6,12	9,47	10,66	6,50	5,92	12,26	8,88
Średnia	6,66	5,83	12,51	12,88	11,82	9,95	10,48	15,45

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Tabela 3. Wyniki pomiarów średniej wydajności odwadniania miodu w zależności od rozwiązania konstrukcyjnego komory osuszającej i wartości parametrów procesowych

Table 3. Results of measurements of the average honey dehydration capacity depending on the construction solution of the drying chamber and the values of the process parameters

Masowy przepływ miodu [kg h^{-1}]	180							
Prędkość przepływu powietrza [m s^{-1}]	5				10			
Temperatura miodu [°C]	25		30		25		30	
Temperatura powietrza [°C]	30	35	30	35	30	35	30	35
Wydajność odwadniania $\dot{m}_w$ [kg h^{-1}] Wariant 1 komory osuszającej	0,087	0,105	0,119	0,141	0,169	0,195	0,179	0,193
Wydajność odwadniania $\dot{m}_w$ [kg h^{-1}] Wariant 2 komory osuszającej	0,195	0,215	0,228	0,237	0,276	0,293	0,285	0,298

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

wał wzrost wydajności odwadniania miodu w każdym z badanych przypadków realizacji procesu.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone symulacje numeryczne zweryfikowane empirycznie pozwoliły wypracować rozwiązanie konstrukcyjne komory osuszania w urządzeniu prototypowym do odwadniania miodu o znacznie większej efektywności od pierwotnie przyjętej konstrukcji. Wariant 2 komory osuszającej okazał się o ponad 60% efektywniejszy do Wariantu 1.

Analizy CFD stanowią skuteczne narzędzie inżynierskie przy projektowaniu konstrukcji urządzeń przepływowych. Średni błąd numerycznego modelowania w analizowanych przypadkach wynosił od 12,88% do 27,09%. Analizy CFD pozwalają na optymalizacje konstrukcji z jednoczesną wizualizacją zachodzących procesów. Umożliwia to skrócenie czasu uzyskania wyników oraz obniża znacznie koszty opracowania nowych konstrukcji.

Efektem końcowym pracy jest korekta pierwotnego pomysłu konstrukcyjnego i wypracowanie oryginalnego rozwiązania urządzenia do osuszania miodu, które ma szereg zalet w stosunku do urządzeń obecnie wykorzystywanych. Autorzy mają nadzieję, że będzie ono efektywnie wykorzystywane w gospodarstwach pszczelarskich umożliwiając uzyskanie miodów odmianowych o wyższej jakości.

LITERATURA

[1] **BAKIER S. 2007a**. **„**Influence of glucose changes on water activity in selected honeys". Acta Agrophysica 9(1): 7-19.

[2] **BAKIER S. 2007b. „**Influence of temperature and water content on the rheological properties of polish honeys". Pol. J. Food Nutr. Sci., Vol57, No2(A): 17-23.

[3] **BAKIER S., K. MIASTKOWSKI. 2015.** Urządzenie do zagęszczania miodu w stanie płynnym lub półpłynnym. Patent PL 218759B1.

[4] **BAKIER S., K. MIASTKOWSKI, J. R. BAKONIUK. 2016**. „Rheological properties of some honeys in liquefied and crystallised state". J. Apic. Sci. vol 61 no 2:127-140.

[5] **BRANNY M., J. SZMYD, M. JASZCZUR, R. NOWAK, W. FILIPEK, W. WODZIAK. 2013. „**Badania modelowe przepływu w strefie przodkowej wyrobiska z wentylacją lutniową". Górnictwo i Geologia T8, z3.

[6] **ELSNER J. 1987.** Turbulencja przepływów. Warszawa: PWN.

[7] **GILL R. S., V. S. HANS, S. SINGH, P. P.SINGH, S. S. DHALIWAL. 2015.** "A small scale honey dehydrator". J Food Sci Technol 52(10): 6695-6702.

[8] **JĘDRAL W. 2007.** Efektywność energetyczna pomp i instalacji pompowych, Warszawa: Krajowa Agencja Poszanowania Energii SA.

[9] **KĘDZIA B., E. HOŁDERNA-KĘDZIA 2008.** Miód. Skład i właściwości biologiczne. Warszawa: Przedsiębiorstwo Wydawnicze Rzeczpospolite SA.

[10] **LIPSKA B. 2006.** Kontrola jakości numerycznego modelowania przepływu powietrza w pomieszczeniach wentylowanych. Gliwice: Politechnika Śląska, Zeszyty naukowe nr 1718,

[11] **MALCOLM T. SANFORD. 2003.** Moisture in Honey. Entomology and Nematology Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. ENY130.

[12] **PATENT FR2645042, 1989.** Concentrateur en couches minces dans gaz neurte ur air deshydratate pour produits visqueux et sensible.

[13] **PATENT PCT/FR2010/051499. 2010.** Device for dehumidifying food products such as honey.

[14] **SEMKIW P., W. SKOWRONEK, P. SKUBIDA. 2008. „**Changes in water content of honey during ripening under controlled condition". Journal of Apicultural Science Vol. 52 No. 1: 57-63.

[15] **TOSI E., M. CIAPPINI, E. RÉ, H. LUCERO. 2002. „**Honey thermal treatment effects on hydroxymethylfurfural content". Food Chemistry 77: 71-74.

[16] **UNITED STATES PATENT 2693420. 1953.** Solidified honey product and process for making the same.

[17] **UNITED STATES PATENT 3483032. 1969.** Method of drying sugar-containing materials.

[18] **UNITED STATES PATENT 3718484. 1970.** Solidified product from high fructose corn syrup and process for the preparation thereof.

[19] **UNITED STATES PATENT 3879567. 1975.** Method of preparing a dried honey tablet.

[20] **UNITED STATES PATENT 4472450. 1984.** Removing water from honey at ambient pressure.

[21] **UNITED STATES PATENT 4763572. 1988.** Apparatus for removing moisture from honey.

[22] **UNITED STATES PATENT 5356650. 1994.** Process for producing solid honey.

[23] Http://www.frenchbeefarm.com/drying_down_honey.html (data odwiedzin 22,01,2018)

Dr inż. Dominika MATUSZEK
Agnieszka KORPOWSKA
Katedra Inżynierii Biosystemów
Wydział Inżynierii Produkcji i Logistyki
Politechnika Opolska

TEKSTURA PIECZYWA UZYSKANEGO Z RÓŻNYCH MIESZANEK ZBÓŻ®

Texture of bread obtained from various cereal mixtures®

Słowa kluczowe: pieczywo, jakość pieczywa, tekstura, TPA, mieszanki zbóż.

W artykule przedstawiono wyniki oceny tekstury pięciu rodzajów pieczywa przeprowadzonej w różnych okresach od wypieku. Do badań wykorzystano własnoręcznie wypieczone bochenki: orkiszowy, żytni, owsiany, pszenny pełnoziarnisty i kukurydziany. Pomiaru twardości dokonywano w dzień, dwa dni i siedem dni od wypieku. Do przeprowadzenia analizy tekstury skorzystano z instrumentalnego testu TPA, wykonanego z użyciem Analizatora CT3. Dla uzyskanych wyników twardości obliczono podstawowe statystyki oraz dokonano analizy porównawczej w oparciu o test Fishera. Wyniki analizy wykazały statystycznie istotną różnicę twardości różnych rodzajów pieczywa dla każdego przypadku. Największe zróżnicowanie zaobserwowano dla wypieku świeżego i 2 dni po wypieku, natomiast najmniejsze dla pieczywa siedmiodniowego. Uzyskane wyniki wskazują na wpływ czasu przechowywania na wzrost twardości pieczywa.

Key words: bread, quality of breads, texture, TPA method, cereal mixtures.

Thje article presents the results of texture evaluation of five types of bread made in different periods from baking. The research involved the use of self-baked loaves: spelled, rye, oat, wheat whole grain and corn. Hardness measurements were made day, two days and seven days after baking. An instrumental TPA test was used to analyze the texture, which was made using the CT3 Analyzer. For the gotten results, basic statistics and comparative analysis based on the Fisher test were calculated. The results of the analysis showed a statistically significant difference in the hardness of different types of bread for each case. The greatest variation was observed for fresh baking and 2 days after baking, while the smallest for seven-day bread. The obtained results indicate the influence of storage time on the increase of hardness of bread.

WSTĘP

Główne wyznaczniki jakości produktów spożywczych, które wyczuwalne są bezpośrednio przed, jak i trakcie spożycia to zapach, smak a także tekstura Dziki [3], Gellynck [5]. Pieczywo ulega bardzo szybkiemu procesowi czerstwienia, co pogarsza jego jakość organoleptyczną i odbiór przez klienta Ambroziak [1]. Tekstura produktu jest bardzo ważna zarówno dla konsumentów jak i producentów, ponieważ zmienia się w wyniku przetwarzania oraz przechowywania. Producenci żywności coraz bardziej świadomi są tego, że tekstura jest jednym z głównych wskaźników jakościowych Gąsiorowski [4]. Jakość pieczywa zależy od rodzaju użytej mąki, jej zawartości oraz udziału i rodzaju pozostałych składników. Pieczywo wytwarza się głównie z udziałem mąk chlebowych, wyjątkiem są pieczywa z ziaren zbóż niechlebowych, w przypadku produkcji chlebów bezglutenowych (np. mąka ryżowa). Niezwykle ważny przy produkcji chleba jest wybór dobrych jakościowo składników oraz zapewnienie odpowiednich warunków w trakcie wypieku Kawka [6], Zięć [12]. Analiza tekstury pieczywa może być prowadzona metodą organoleptyczną. Uzyskane wyniki są trudne lub niemożliwe do osiągnięcia innymi metodami, co wynika z indywidualnego odbierania intensywności poszczególnych doznań teksturalnych przez konsumenta Zadernowski [11]. Inna metoda opiera się na wykorzystaniu odpowiedniej aparatury pomiarowej tzw. teksturometrów. Badania z wykorzystaniem narzędzi tego typu cechuje znacznie mniejsza czasochłonność, duża powtarzalność, jak również to, że nie wymagają zapewnienia odpowiedniego zespołu oceniającego, co wpływa na niższy koszt realizacji badań. Niewątpliwą zaletą jest również niezależność od czynników psychofizycznych osób oceniających. Metody instrumentalne są wykorzystywane przy opracowywaniu i projektowaniu danego produktu. Służą do porównywania docelowego produktu z wzorcami, określania parametrów zachodzących procesów oraz wpływu poszczególnych składników na teksturę produktu Marzec [7], Obiedzieński [8], Zadernowski [11].

Opracowana w latach 60-tych XX w metoda pomiarowa nazwana analizą profilu teksturometrycznego – TPA pozwala w sposób ilościowy na precyzyjny pomiar, jak również obliczenie wielu własności. Pomiar TPA dokonywany jest przez dwukrotną kompresję badanej próbki z rejestracją wymiarów

Autor do korespondencji – Corresponding author: Dominika Matuszek, Katedra Inżynierii Biosystemów, Wydział Inżynierii Produkcji i Logistyki, Politechnika Opolska, ul. Mikołajczyka 5, 45-271 Opole. E-mail: d.matuszek@po.opole.pl

próbki, siły oraz dystansu. Dzięki przeprowadzanym badaniom zmian własności teksturometrycznych, uwzględniając ich złożoną genezę, można wnioskować o składzie, jak również o zachodzących w próbkach procesach. W przypadku oceny pieczywa można przedstawić kilka zależności: miękisz chleba o właściwościach sprężystych, twardych informuje o zajściu procesu transferu wody ze skrobi do glutenu, natomiast kruchość i twardość skórki chleba zależy od migracji i parowania wody Bourne [2], Szcześniak [10].

Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań dotyczących wpływu czasu przechowywania (1, 2 i 7 dni) oraz składu mieszanki (5 rodzajów mieszanek) na teksturę pieczywa.

METODYKA BADAŃ

Badania przeprowadzono na własnoręcznie przygotowanych wypiekach pięciu rodzajów pieczywa. Badanymi próbkami były: chleb orkiszowy, chleb żytni, chleb owsiany, chleb pszenny pełnoziarnisty, chleb kukurydziany.

Rys. 1. Rodzaje pieczywa poddanego analizie.
Fig. 1. Types of bread subjected to analysis.
Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

Do wypieku wykorzystano mąki: mąkę orkiszową - firmy Melwit, mąkę żytnią typ 580 – Młyn Dalachów, mąkę pszenną razową typ 1850 – Młyn Dalachów, mąkę pszenną typ 750 – Młyn Dalachów oraz mąkę kukurydzianą – Firmy Melwit. Zakwas (prowadzony metodą pośrednią) oraz mąka – Młyn Dalachów pochodziły z Piekarni GS Rudniki, a pozostałe dodatkowe składniki zakupiono w sklepie. Skład poszczególnych mieszanek do wypieku pieczywa przedstawiał się następująco Ojakangas [9]:

1. **Chleb orkiszowy:**
   - 500 g mąki orkiszowej
   - 360 g wody
   - 115 g mleka krowiego 3,2%
   - 50 g drożdży piekarniczych
   - 6 g soli
   - 6 g cukru białego
   - 125 g otrębów pszennych
   - 50 g słonecznika
   - 75 g sezamu

2. **Chleb żytni:**
   - 480 g wody
   - 240 g ciepłej wody
   - 14 g granulowanych drożdży instant
   - 575 g mąki żytniej
   - 12 g soli

3. **Chleb owsiany:**
   - 230 g zakwasu
   - 24 g cukru białego
   - 600 g ciepłej wody
   - 130 g odtłuszczonego mleka w proszku
   - 110 g płatków owsianych górskich
   - 800 g mąki pszennej chlebowej typ 500
   - 7 g suszonych drożdży granulowanych

4. **Chleb pszenny pełnoziarnisty:**
   - 7 g granulowanych drożdży instant
   - 60 g ciepłej wody
   - 36 g cukru białego
   - 130 g mąki pszennej razowej typ 1850
   - 160 g mąki pszennej typ 500
   - 250 g stopionego masła

5. **Chleb kukurydziany:**
   - 230 g zakwasu
   - 190 g mąki kukurydzianej
   - 380 g mleka krowiego 3,2 %
   - 24 g cukru białego
   - 60 g stopionego ciepłego masła
   - 6 g soli
   - 15 g sody oczyszczonej

Ciasto miesiono ręcznie, bezpośrednio po umieszczeniu wszystkich składników w pojemniku mieszającym. Następnie przykrywano je i pozostawiano w naczyniu do momentu wyrośnięcia. Po zakończeniu rozrostu, formowano ciasto, które umieszczano w formie o wymiarach 30cm x 11cm x 7cm. Następnie formę wkładano do wcześniej nagrzanego do odpowiedniej temperatury piekarnika. Wypiek przeprowadzono w odpowiednich dla danego pieczywa temperaturach oraz określonym czasie (tabela 1). Wypieczone bochenki pozostawiono do wystygnięcia w temperaturze pokojowej.

Tabela 1. Parametry wypieku pieczywa
Table 1. Parameters of baking bread

Rodzaj pieczywa	Temperatura wypieku [°C]	Czas wypieku [min]
Chleb orkiszowy	170	50
Chleb żytni	175	30
Chleb owsiany	200	30
Chleb pszenny pełnoziarnisty	200	30
Chleb kukurydziany	200	30

Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

Uzyskane wypieki przechowano w tych samych warunkach. Każdy bochenek poddano ocenie jakościowej dzień, dwa i siedem dni po wypieku. W tym celu skorzystano

Rys. 2. Stanowisko badawcze: 1. Komputer, 2. Analizator CT3, 3. Stolik pomiarowy TA-RT-KI, 4. Sonda cylindryczna TA4/1000.

Fig. 2. Research position: 1. Computer, 2. CT3 analyzer, 3. TA-RT-KI measuring table, 4. Cylinder probe TA4/1000.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

z analizatora tekstury Brookfield CT3. Do analizy krojono kromki o grubości 1,5 cm. Tak przygotowane próbki umieszczano na stoliku pomiarowym i uruchamiano analizator. Do badań użyto sondy cylindrycznej (36 mm Ø) przy prędkości badania 2 mm/s. W pomieszczeniu, w którym była przeprowadzana analiza tekstury, temperatura powietrza wynosiła 22°C. Badane próbki ułożono tak, by sonda dotykała kromek na środku ich powierzchni. Dzięki takiemu ułożeniu unika się możliwości wyjścia sondy poza badany obszar. Deformację rejestrowano w niutonach i gramach. Dla każdej próbko dokonano trzykrotnego powtórzenia pomiarów. Stanowisko badawcze składało się z komputera z zainstalowanym oprogramowaniem TexturePro CT, analizatora CT3 10 kg firmy Brookfield. Analizator wyposażony był w stolik pomiarowy TA-RT-KI wraz z sondą cylindryczną TA 4/1000 (rysunek 2).

WYNIKI BADAŃ

Uzyskane wyniki dotyczące tekstury pieczywa (uzyskane w programie komputerowym współpracującym z analizatorem) przedstawiono w tabelach 2-4 oraz w sposób graficzny na rysunkach 3-5.

Tabela 2. Wyniki analizy tekstury chlebów badanych pierwszego dnia od wypieku

Table 2. Results of the texture analysis of bread tested on the first day after baking

Rodzaje chleba / Parametry	Orkiszowy	Żytni	Owsiany	Pełnoziarnisty pszenny	Kukurydziany
Średnia twardość, [g]	2511,67	2930,33	1781	5112,33	5916,33
Niepewność standardowa	133,56	26,44	122	86,44	714,44
Średnia praca (energia) do punktu twardości, [mJ]	94,77	129,70	81,43	246,70	332,90
Niepewność standardowa	14,02	3	9,84	7	38,80
Średnia całkowita praca, [mJ]	117,50	168,70	104,57	306,03	378,27
Niepewność standardowa	16,27	4,27	11,09	4,76	28,42
Średnia twardość (obciążenie) w nadmiarze, [g]	2511,67	2930,33	1781	5112,33	4374,33
Niepewność standardowa	133,56	26,44	122	86,44	440,89

Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

Tabela 3. Wyniki analizy tekstury chlebów badanych drugiego dnia od wypieku

Table 3. Results of the texture analysis of bread tested on the two days after baking

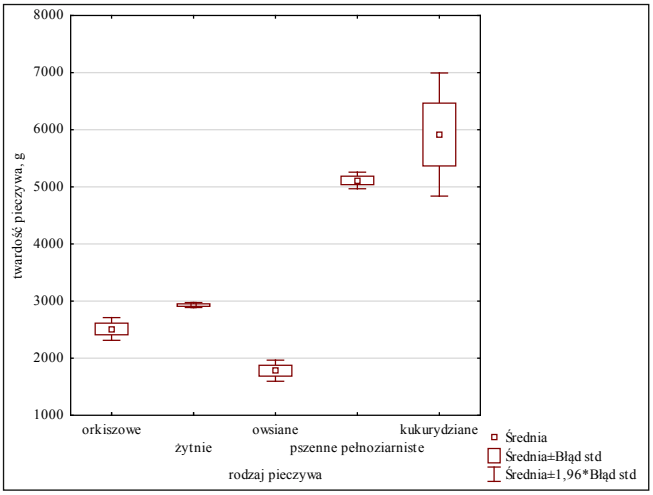
Rodzaje chleba / Parametry	Orkiszowy	Żytni	Owsiany	Pełnoziarnisty pszenny	Kukurydziany
Średnia twardość, [g]	3059,67	3768,33	2632,33	7797,33	4070,67
Niepewność standardowa	397,11	297,56	119,56	288,22	339,78
Średnia praca (energia) do punktu twardości, [mJ]	136,77	181,57	139,30	373,27	183,93
Niepewność standardowa	22,89	12,71	9,070	8,09	5,76
Średnia całkowita praca, [mJ]	162,30	221,53	169,23	444,27	218,47
Niepewność standardowa	26	15,29	11,02	12,62	12,58
Średnia twardość (obciążenie) w nadmiarze, [g]	3059,67	3768,33	2632,33	7797,33	4039
Niepewność standardowa	397,11	297,56	119,56	288,22	318,67

Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

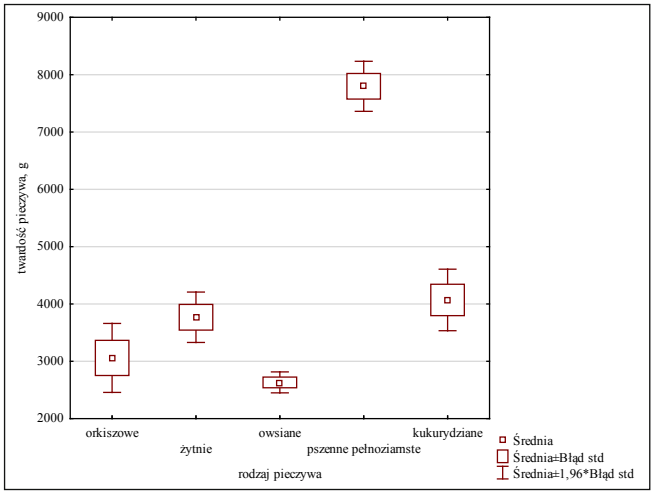
Tabela 4. Wyniki analizy tekstury chlebów badanych siódmego dnia od wypieku
Table 4. Results of the texture analysis of breads examined on the seven days after baking

Parametry \ Rodzaje chleba	Orkiszowy	Żytni	Owsiany	Pełnoziarnisty pszenny	Kukurydziany
Średnia twardość, [g]	8351,67	5805,33	3195	8449	5770
Niepewność standardowa	2335,78	559,11	490	828,67	568,67
Średnia praca (energia) do punktu twardości, [mJ]	291,83	248,03	144,57	318,90	232,77
Niepewność standardowa	66,09	42,71	29,09	72,60	71,09
Średnia całkowita praca, [mJ]	345,50	297,50	172,27	387,73	267,70
Niepewność standardowa	81,60	46,47	32,82	83,58	76
Średnia twardość (obciążenie) w nadmiarze, [g]	8351,67	5805,33	3195	8449	5770
Niepewność standardowa	2335,78	559,11	490	828,67	568,67

Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study



Rys. 3. Wykres ramka-wąsy twardości pieczywa dzień po wypieku.
Fig. 3. Diagram box - plots of bread hardness the day after baking.
Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study



Rys. 4. Wykres ramka-wąsy twardości pieczywa dwa dni po wypieku.
Fig. 4. Diagram box - plots of bread hardness two days after baking.
Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

Analizując przedstawione wyniki można zaobserwować, że najniższym poziomem twardości cechowało się pieczywo owsiane zarówno dzień, dwa jak i siedem dni od wypieku. Najwyższą twardość uzyskano pierwszego dnia dla pieczywa kukurydzianego natomiast drugiego i siódmego dnia dla pieczywa pszennego pełnoziarnistego. W przypadku pieczywa pszennego pełnoziarnistego odnotowano ponadto największy wzrost twardości w czasie przechowywania. W czterech z pięciu przebadanych wypieków twardość zwiększyła się pod wpływem czasu przechowywania. Jedynie w przypadku pieczywa kukurydzianego odnotowano krótkotrwały spadek twardości (dwa dni po wypieku) a następnie jego wzrost. Najbardziej miękkie okazały się wypieki z mieszanek zawierających głównie mąkę owsianą, żytnią i orkiszową. W początkowych dniach od wypieku można zaobserwować znaczne zróżnicowane twardości testowanych chlebów (rys. 3 i 4). W siódmym dniu jest ono mniej widoczne (rysunek 5). W tym ostatnim pomiarze odnotowano ponadto największe zróżnicowanie analizowanych próbek (największe wartości niepewności standardowej).

W następnej części badań dokonano statystycznej analizy porównawczej twardości pieczywa w kolejnych okresach od wypieku. W tym celu skorzystano z analizy wariancji (test Fishera) przyjmując poziom istotności α=0,05. W analizie przyjęto następujące założenia.

Hipoteza zerowa:

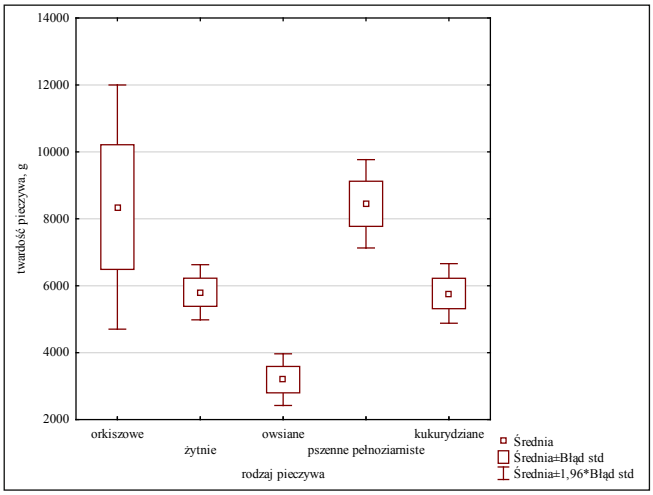
$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 \quad (1)$$

Średnia wartość twardości pieczywa w danym okresie od wypieku jest równa, r=5

Hipoteza alternatywna:

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \quad (2)$$

Średnia wartość twardości pieczywa w danym okresie od wypieku jest różna, r=5.



Rys. 5. Wykres ramka-wąsy twardości pieczywa siedem dni po wypieku.

Fig. 5. Diagram box - plots of bread hardness seven days after baking.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Wyniki statystycznej analizy porównawczej przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Wyniki statystycznej analizy porównawczej

Table 4. The results of statistical comparative analysis

Okres przechowywania	F	p
1 dzień	47,97	0,00000
2 dni	75,98	0,00000
7 dni	5,32	0,01465

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Uzyskane wyniki (tabela 4) wskazują na występowanie statystycznie istotnej różnicy w twardości pieczywa w kolejnych okresach przechowywania. Można zauważyć, że najniższy poziom zróżnicowania uzyskano dla próbek testowanych siedem dni od wypieku. Analiza statystyczna potwierdzała zatem wcześniejsze obserwacje.

Podczas realizacji testów zaobserwowano ponadto, że:

- Chleb pszenny pełnoziarnisty oraz chleb żytni charakteryzował się najbardziej elastycznym i wytrzymałym podczas badań miękiszem.
- Chleb owsiany kruszył się nieznacznie, natomiast miękisz chleba orkiszowego kruszył się znacząco.
- Chleb kukurydziany cechował się właściwościami typowymi dla pieczywa bezglutenowego – miękisz łatwo ulegał rozerwaniu, występował brak charakterystycznej dla pieczywa skórki.

WNIOSKI

- Czas przechowywania znacząco wpływa na wzrost twardości pieczywa, co wskazuje na postęp procesu czerstwienia.
- Wyniki analizy statystycznej wykazały statystycznie istotną różnicę twardości różnych rodzajów pieczywa w miarę upływu czasu od wypieku. Największe zróżnicowanie zaobserwowano dla wypieku świeżego i 2 dni po wypieku, natomiast najmniejsze dla pieczywa siedmiodniowego.
- Mieszanki zawierające w swoim składzie znaczne ilości mąki owsianej, orkiszowej i żytniej pozwoliły na uzyskanie pieczywa bardziej miękkiego. Ponadto proces czerstwienia w ich przypadku przebiegał mniej intensywnie.
- Największą twardością cechował się chleb kukurydziany a najmniejszą chleb owsiany.
- Największa utrata elastyczności wystąpiła w przypadku pieczywa pszennego pełnoziarnistego.

LITERATURA

[1] **AMBROZIAK Z., E. STASZEWSKA, H. LIPIŃSKA, H. LUBCZYŃSKA. 2002.** Receptury, Normy, Porady i Przepisy Prawne. Warszawa: Wydawnictwo HUSSCH.

[2] **BOURNE M.C. 2002.** Food texture and viscosity: concept and measurement. Second Ed., Food Sci. Technol., Inter. Series, New York: Acad. Press.

[3] **DZIKI D., M. SIASTAŁA, J. LASKOWSKI. 2011.** „Ocena właściwości fizycznych pieczywa handlowego". Acta Agrophysica 18 (2): 235-244.

[4] **GĄSIOROWSKI H. (pod red.). 2005.** Pszenica. Chemia i technologia. Warszawa: PWRiL.

[5] **GELLYNCK X., B. KÜHNE, F. VAN BOCKSTAELE, D. VAN DE WALLE, K. DEWETTINCK. 2009.** „Consumer perception of bread quality". Appetite 53: 16-23.

[6] **KAWKA A., D. GÓRECKA. 2010.** „Porównanie składu chemicznego pieczywa pszenno-owsianego i pszenno-jęczmiennego z udziałem zakwasów fermentowanych starterem LV2". Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 3(70): 44-55.

[7] **MARZEC A. 2007.** „Tekstura żywności". Przemysł Spożywczy 5: 6-10.

[8] **OBIEDZIŃSKI M. 2009.** Wybrane zagadnienia z analizy żywności. Warszawa: SGGW.

[9] **OJAKANGAS B. 2002.** Chleb pieczemy w domu. Warszawa : Wydawnictwo Klub Dla Ciebie.

[10] **SZCZEŚNIAK A.S. 1963.** "Classification of textural characteristic". Journal of Food Science 28: 410.

[11] **ZADERNOWSKI R. 2009.** Wybrane zagadnienia z analizy żywności. Warszawa: Wydawnictwo SGGW.

[12] **ZIĘĆ G. 2016.** „Właściwości teksturalne miękiszu i jakość chlebów pszenno-owsianych". Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 3(106): 102-117.

Dr inż. Konrad KOWALIK
Dr inż. Barbara SYKUT
Mgr. inż. Wojciech HUS
Politechnika Lubelska
Wydział Mechaniczny
Instytut Transportu, Silników Spalinowych i Ekologii

OCENA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA ANALIZATORA OPTYCZNEGO DO BADANIA STABILNOŚCI PIANY W PIWIE®

Evaluation of the possibility of using an optical analyzer to study foam stability in beer®

Słowa kluczowe: piwo, piana, stabilność, analizator optyczny.

W artykule przedstawiono metodykę i wyniki badań, których celem była ocena możliwości wykorzystania analizatora optycznego do badania stabilności piany uzyskiwanej z piwa. Urządzenie umożliwia pozyskanie wyników o grubości uzyskiwanej warstwy, procesie jej opadania jak również innych parametrów charakteryzujących pianę. Wadą metody jest pośrednio uzyskiwana wartość grubości warstwy piany i konieczność umieszczania małej próbki w naczyniu pomiarowym.

Key words: beer, foam, stability, optical analyzer.

The article shows the methodology and research results, the aim of which was to assess the possibility of using an optical analyzer to study the stability of foam obtained from beer. The device allows obtaining results about the thickness of the obtained layer, the process of its falling as well as other parameters characterizing the foam. The disadvantage of the method is indirectly obtained value of the thickness of the foam layer and the necessity of placing a small sample in the measuring vessel.

WPROWADZENIE

Piwo to napój orzeźwiający, którego zadaniem jest gaszenie pragnienia. Może ono także służyć jako napój rozgrzewający w postaci piwa grzanego z dodatkiem przypraw takich jak goździk. Oprócz walorów smakowych piwo jest również źródłem wielu cennych związków z punktu widzenia zdrowia człowieka. Umiarkowane spożywanie piwa zmniejsza ryzyko wystąpienia chorób układu krążenia i cukrzycy typu II [7].

Jednym z parametrów, oprócz smaku i barwy, ważnym dla konsumentów i smakoszy jest jakość piany, która powstaje po napełnieniu naczynia piwem. Istotna jest zarówno jej ilość, jak i czas jej utrzymywania się. Wytwórcy piwa muszą więc dbać, by ich produkty zachowywały również ten parametr na wysokim poziomie.

Piany to układy heterofazowe, w których fazą rozpraszającą jest ciecz a rozproszoną gaz. Są one układami dość niestabilnymi, a ich powstawanie ułatwia obecność substancji powierzchniowo czynnych (surfaktantów) [12]. Piana powstaje dzięki banieczkom gazu, które otaczają się powierzchniowo czynnymi składnikami piwa pociągając je ku górze. Składniki te mają niskie napięcie powierzchniowe przez co w określonych granicach rozszerzają tę powierzchnię. Tworzenie się pęcherzyków następuje z przesyconego piwa w miejscu zarodkowania w szkle. Delikatne nalewanie i niskie napięcie powierzchniowe piwa powodują tworzenie się mniejszych pęcherzyków, z których powstaje bardziej stabilna piana typu „kremowego". Załamywanie piany zaczyna się zaraz po jej wytworzeniu, ale szybkość tego procesu może być bardzo różna. Na poszczególne pęcherzyki gazu w pianie działają różne siły, z których najbardziej destabilizującą jest siła ciążenia. Powoduje ona odpływ cieczy w dół naczynia ze ścianek pęcherzyków. Wskutek tego pękają najpierw pęcherzyki położone najwyżej, zmniejszając stopniowo objętość piany. Jednocześnie dzięki parowaniu piana w górnej warstwie ulega wzmocnieniu [12,13]. Końcowy etap zapaści piany jest spowodowany dysproporcjonowaniem, gdy gaz z mniejszych pęcherzyków, który znajduje się pod wyższym ciśnieniem, dyfunduje do większych pęcherzyków, które są pod niższym ciśnieniem, tworząc większe pęcherze zapadające się szybciej [10].

Stabilność piany zależy od surowców i technologii wytwarzania piwa. Spośród surowców największy wpływ ma słód. Zawiera białka, melanoidy, polifenole, węglowodany stabilizujące pianę oraz lipidy działające niekorzystnie na tworzenie piany [4]. Negatywny wpływ na trwałość piany wywierają także alkohole wyższe i alkohol etylowy oraz osłabienie i autoliza drożdży. Pozytywny wpływ mają wyższe końcowe temperatury suszenia słodu i dłuższe przerwy

Adres do korespondencji – Corresponding author: Konrad Kowalik, Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Instytut Transportu, Silników Spalinowych i Ekologii, ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin, e-mail: k.kowalik@pollub.pl

białkowe. Na etapie dystrybucji najgorsze dla piany jest działanie tłuszczów. Tłuste szklanki mogą zniwelować cały wysiłek browaru związany z utworzeniem wysokiej pienistości piwa. Rodzaj gazu w instalacji wyszynkowej także decyduje o pienistości piwa. Gazy łatwo rozpuszczalne w piwie dają trwalszą pianę. W wielu piwach stosowany jest gazowy azot, który jednak zmienia smak trunku na łagodniejszy, często mdły. Środki stabilizujące pianę to alginiany, guma arabska, sole metali [13]. Duży wpływ ma również chmiel i produkty chmielowe. Wśród składników chmielu najważniejsze z punktu widzenia stabilności piany są kwasy goryczkowe, głównie izo-α-kwasy. Związki te reagują z polipeptydami wzmacniając pianę [5,9]. Nieznaczny wpływ ma woda wnosząca jony metali, którym przypisuje się rolę wzmacniania wiązań pomiędzy kwasami goryczkowymi i polipeptydami powstającymi w wyniku rozkładu białek jęczmienia. Użycie w produkcji piwa surowców niesłodowanych jako zamienników części słodu powoduje zmniejszenie stężenia związków wprowadzanych ze słodem, tj. polipeptydów, polifenoli, melanoidyn, b-glukanów oraz także, jeżeli występują, związków negatywnie wpływających na pianę, takich jak lipidy [6]. Bamforth twierdzi, iż w piwach, szczególnie produkowanych w całości ze słodu, zawartość związków stabilizujących pianę jest dwu- lub trzykrotnie wyższa niż jest to konieczne, by uzyskać trwałą pianę. Sugeruje więc, iż stabilność piany w piwach produkowanych w całości ze słodu nie jest wcale wyższa niż w piwach, do produkcji których używane są surowce niesłodowane, nawet w dużych ilościach [1]. Badania innych naukowców jednak tego nie potwierdzają. Obecnie wielu autorów kwestionuje ten pogląd. Niektórzy twierdzą, że im większy udział surowców niesłodowanych, tym niższa stabilność piany [8]. W badaniach wykazywano również, że częściowe zastąpienie pszenic słodu o dużym potencjale pianotwórczym ma negatywny wpływ na stabilność piany [3]. Produktami metabolizmu drożdży są ponadto kwasy tłuszczowe. Są to związki o krótkich łańcuchach, zawierające od 6 do 12 atomów węgla, których negatywne działanie na trwałość piany jest nieznaczne [2,11].

Pienistość piwa jest na tyle istotną jego cechą, że opracowano kilka metod instrumentalnych do jej oceny, np.:

- metoda Rudin,
- metoda Nibem,
- metoda Matrix Foaming Potential – MFP,
- metoda Pouring Test.

Za dwie podstawowe uznaje się metody Rudin oraz Nibem.

Badanie stabilności uzyskanej warstwy piany według Rudin polega na pomiarze czasu, jaki upływa, gdy piana ze zgazowanego piwa opadnie pomiędzy dwoma punktami zaznaczonymi na naczyniu pomiarowym. Piwo odgazowane umieszcza się w wąskiej rurce, a CO_2 wprowadza się na dno. Piwo zgazowuje się, aby utworzyć piankową koronę, aż do osiągnięcia zadanej linii. Następnie mierzona jest prędkość z jaką piana zapada się pomiędzy dwoma zaznaczonymi punktami. Zadowalająca warstwa to taka, która utrzymuje się dłużej niż 90 sekund [10].

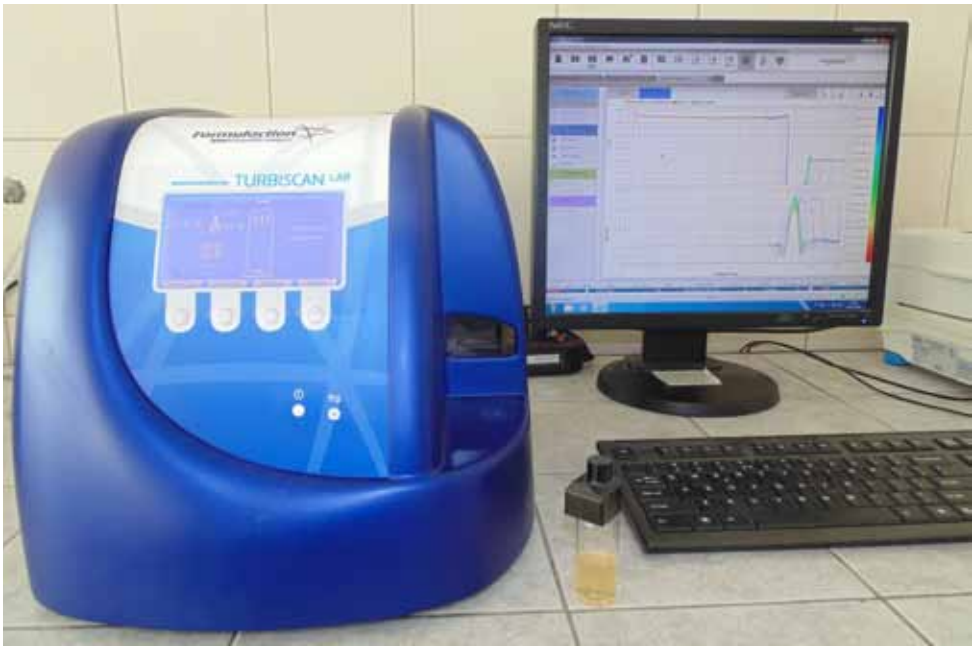
Metoda Nibem polega na zmierzeniu czasu opadania piany o 10 mm, 20 mm i 30 mm. Ruchoma płyta zawierająca trzy elektrody jest opuszczana tak, że spoczywa na powierzchni piany piwnej. Gdy piana zapada się, zmniejsza się sygnał odbierany przez elektrody. Płyta przesuwa się w dół, aby utrzymać kontakt z pianą. Im szybciej igły przesuwają się w dół, tym mniej stabilna jest piana. Stabilność jest zadowalająca, kiedy piana utrzymuje się przez okres 260-280 sekund [10].

Chociaż najczęściej używane są metody instrumentalne, wykorzystuje się wiele innych metod, które mierzą stabilność piany. Wiele z nich opiera się na wizualnej czyli sensorycznej ocenie piany. Bardziej zaawansowane systemy wykorzystują technologie komputerowe oraz różne urządzenia współpracujące z komputerem jak np. analiza w podczerwieni.

Celem artykułu jest prezentacja wyników przeprowadzonych badań własnych dotyczących możliwości wykorzystania analizatora optycznego do badania stabilności piany w piwie.

METODYKA BADAŃ

Badania przeprowadzono w laboratorium Zakładu Inżynierii Procesowej, Bezpieczeństwa i Ekologii Wydziału Mechanicznego Politechniki Lubelskiej. Urządzeniem wykorzystywanym do badania stabilności piany był analizator optyczny Turbiscan TLab Expert (rys. 1) współpracujący z komputerem z zainstalowanym oprogramowaniem, które zapewniało rejestrację, wizualizację, analizę oraz archiwizację wyników badań.



Rys. 1. Analizator optyczny Turbiscan TLab Expert.
Fig. 1. Optical Analizer Turbiscan TLab Expert.
Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

Analizator Turbiscan umożliwia badanie stabilności emulsji, zawiesin i pian na podstawie analizy światła o określonej długości fali, przechodzącego przez próbkę lub wstecznie rozpraszanego. Przeprowadzenie badań wymagało przelania próbki do fiolki pomiarowej o maksymalnej pojemności 27 ml. Do pobierania próbek wykorzystywano próbnik, którym przenoszono z oryginalnego opakowania około 10 mililitrów piwa. Badania prowadzono w temperaturze ok. 23 ºC.

Materiałem badanym było sześć produktów (piwo) oznaczonych literami alfabetu łacińskiego. W tabeli 1 przedstawiono wybrane cechy badanych produktów.

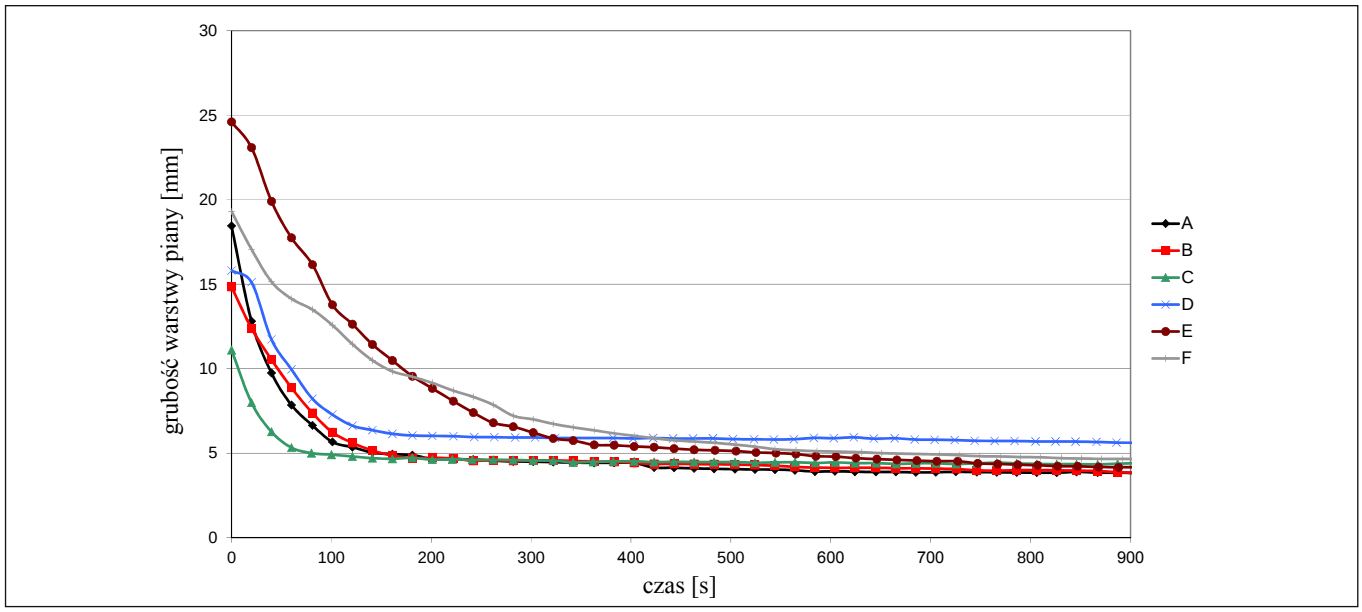
Tabela 1. Wybrane cechy badanych piw

Table 1. Selected characteristics of the tested beers

Oznaczenie	A	B	C	D	E	F
Opakowanie	puszka 500 ml	puszka 500 ml	butelka 500 ml	butelka 500 ml	puszka 500 ml	butelka 500 ml
Zawartość alkoholu:	5,7%	6%	4,1%	7%	2%	6%
Zawartość ekstraktu:	11,7%	12,2%	11,9%	14%	10%	13%

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

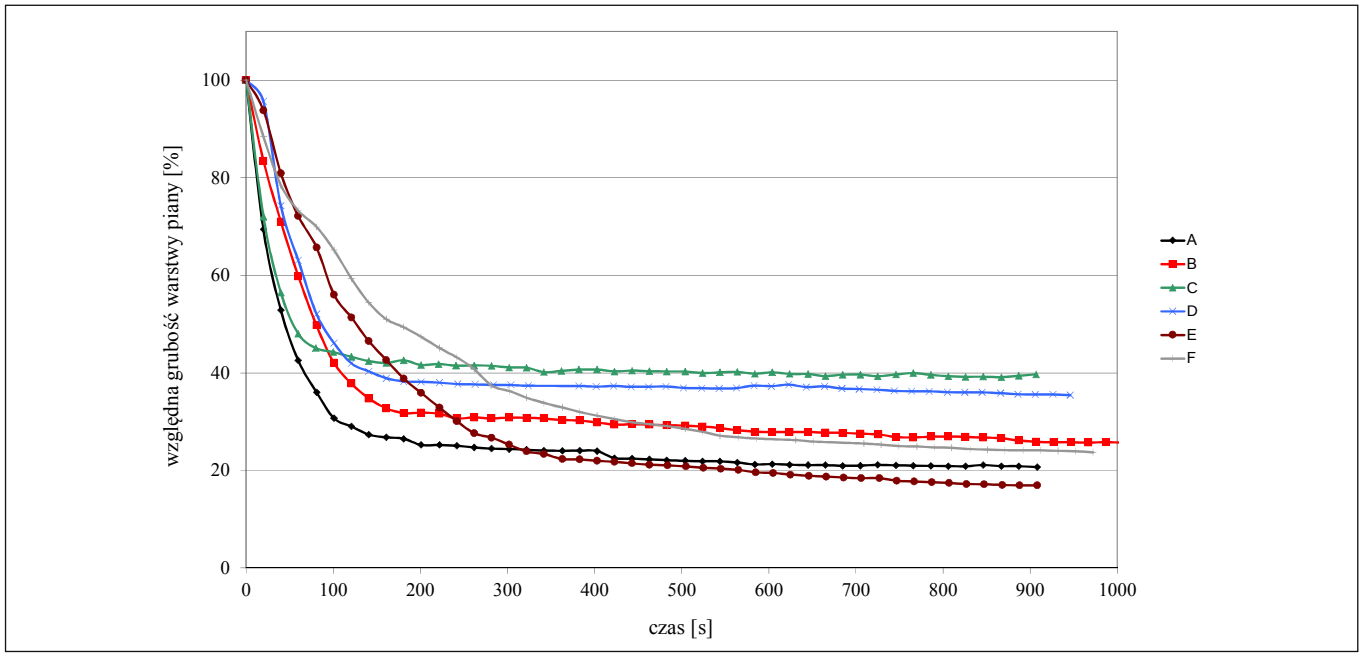


Rys. 2. Grubość warstwy piany uzyskanej z badanych produktów.

Fig. 2. Thickness of the foam layer obtained from the tested products.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study



Rys. 3. Względna grubość warstwy piany uzyskanej z badanych produktów.

Fig. 3. The relative thickness of the foam layer obtained from the tested products.

Źródło: Opracowanie własne

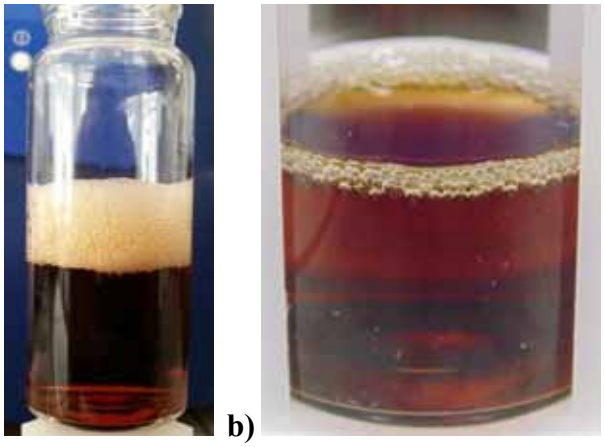
Source: Own study

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Oprogramowanie dostarczane z urządzeniem nie umożliwiało bezpośredniego odczytania grubości warstwy piany. Wartość tą uzyskiwano po obliczeniu różnicy pomiędzy górną granicą piany a górną granicą cieczy w próbce, rejestrowaną w czasie wykonywanych pomiarów. Program umożliwia zaimportowanie wyników badań do arkusza kalkulacyjnego co ułatwia dokonywanie obliczeń i analiz uzyskanych danych. Wyniki rejestrowanej w czasie grubości warstwy piany, dla wszystkich badanych piw, przedstawiono na rysunku 2. Najwięcej piany powstawało z piwa oznaczonego literą F, najmniej z produktu C.

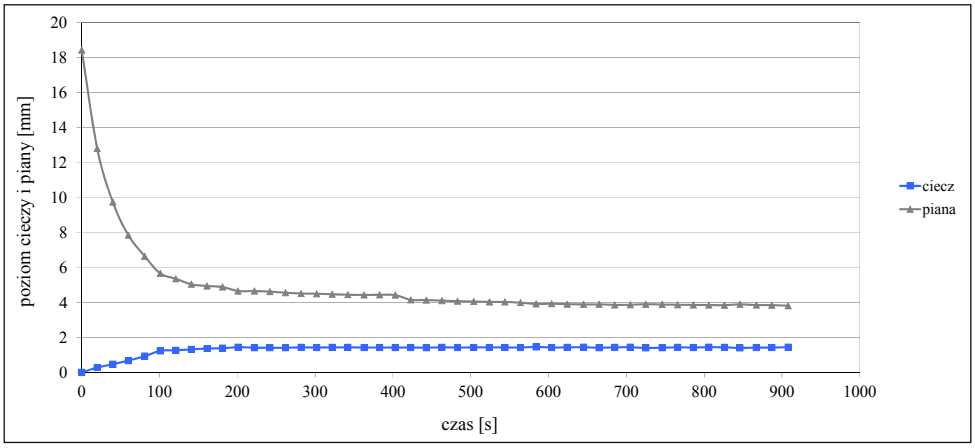
Obliczono również względną grubość warstwy piany w odniesieniu do grubości zmierzonej zaraz po nalaniu produktu do fiolki pomiarowej. Wyniki przedstawiono na rysunku 3.

Kształt krzywych przedstawionych na rysunkach 2 i 3 pozwala na porównanie tempa opadania piany. Najszybciej



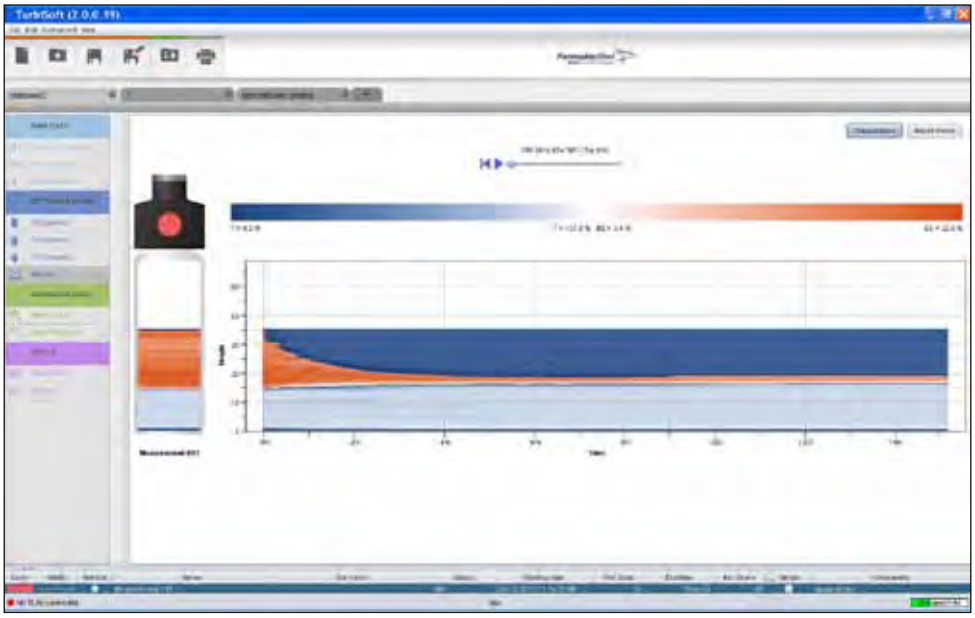
Rys. 4. Naczynie pomiarowe z próbką po czasie zapadania piany: a) 300 s, b) 900 s.
Fig. 4. Measuring vessel with sample after foam falling time: a) 300 s, b) 900 s.

Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study



Rys. 5. Poziom cieczy i piany dla próbki A.
Fig. 5. Liquid and foam level for sample A.

Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study



Rys. 6. Kadr z wizualizacji zarejestrowanych wyników badań.
Fig. 6. A frame from the visualization of registered research results.

Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

piana opadała w próbkach oznaczonych literami A i C, najwolniej E oraz F. Obserwujemy, że końcowa względna grubość warstwy piany, po czasie pomiaru wynoszącym 900 s wynosiła od ok. 17 do ok. 39 %. Te względnie duże wartości wynikają z niewielkiej grubości uzyskanej warstwy piany w odniesieniu do wielkości pęcherzyków dwutlenku węgla, które często pozostawały w próbce przez długi czas tworząc jednak tylko „pierścień" przy ściankach fiolki pomiarowej (rys. 4b). Taka piana, rejestrowana przez analizator jako warstwa, prawdopodobnie nie miałaby znaczenia dla konsumenta.

Istotną informacją możliwą do uzyskania na podstawie zarejestrowanych danych jest ilość cieczy powstającej z piany w czasie uwalniania się z niej gazu (rys. 5).

Urządzenie wykorzystywane do badań, wraz z oprogramowaniem, umożliwia dostosowanie częstotliwości wykonywanych pomiarów i czasu badania do potrzeb wynikających z zachowania próbek. Na podstawie zarejestrowanych danych tworzona jest również wizualizacja zachowania próbki co ułatwia wnioskowanie. Przykład kadru z takiej wizualizacji przedstawiono na rysunku 6.

WNIOSKI

1. Zastosowany analizator optyczny umożliwia prowadzenie badań stabilności piany powstającej z piwa. Pozwala na wykonanie pomiaru grubości warstwy piany oraz ocenę szybkości jej zapadania.
2. W przypadku badanych próbek najszybciej piana zapadała się w próbce oznaczonej literą A a najwolniej w próbce F. Próbki E oraz F charakteryzowały się najgrubszą uzyskaną warstwą piany po nalaniu do fiolki pomiarowej.
3. Grubość warstwy piany nie jest wartością uzyskiwaną bezpośrednio co stanowi wadę metody.
4. Wyniki badań prezentowane są również w postaci wizualizacji filmowej co ułatwia wnioskowanie.
5. Analizator optyczny Turbiscan umożliwia również uzyskanie informacji charakteryzujących pianę lub ciecz, z której powstała np. ilość cieczy powstałej z piany.
6. Wadą stosowanej metody jest konieczność pobierania próbek i mała ilość próbki w odniesieniu do rozmiarów pęcherzyków powstającej piany.
7. Przeprowadzone badania z wykorzystaniem analizatora optycznego należy rozszerzyć o badania porównawcze z innymi metodami instrumentalnymi oraz badaniami organoleptycznymi.

LITERATURA

[1] **BAMFORTH C. W. 2004.** "The relative significance of physics and chemistry for beer foam excellence: theory and practice". J. Inst. Brew. 110: 259-266.

[2] **COOPER D. J., F. A. HUSBAND, E. N. C. MILLS, P. J. WILDE. 2002.** "Role of beer lipid-binding proteins in preventing lipid destabilization of foam". J. Agric. Food Chem. 50: 7645–7650.

[3] **DEPRAETERE S. A., F. DELVAUX, S. COGHE, F. R. DELVAUX. 2004.** "Wheat variety and barley malt properties: influence on haze intensity and foam stability of wheat beer". J. Inst. Brew. 110: 200–206.

[4] **EVANS E., M. SHEEHAN, L. ROBINSON, A. HILL, R. TOLHURST, K. GALE, A. BARR. 2001.** "The influence of protein composition on beer haze and foam stability". Proc. 10th Aust. Barley Tech. Symp.

[5] **HUGHES P. S., I. D. MENNEER, M. T. WALTERS, G. MARINOVA. 1997.** "Differential behavior of cis- and trans-iso-a-acids". Proc. Congr. Eur. Brew. Conv., Maastricht: 231–238.

[6] **KORDIALIK-BOGACKA E. 2005.** "Surowce a stabilność piany piwa". Agro Przemysł 3: 33-35.

[7] **KORDIALIK-BOGACKA E. 2011.** „Wartość żywieniowa piwa". Żywność projektowana. Designer Ford. Część I, Kraków: 124-134.

[8] **LEWIS M. J., A. S. LEWIS. 2003.** "Correlation of beer foam with other beer properties". Tech. Q. Master Brew. Assoc. Am. 40: 114-124.

[9] **LUSK L., P. TING, H. GOLDSTEIN, D. RYDER, A. NAVARRO. 1998.** "Foam tower fractionation of beer proteins and bittering acids". Proc. Eur. Brew. Conv. Symp. Beer Foam Quality, Amsterdam: 166 – 187.

[10] **O'ROURKE T. 2002.** "Getting a head". The Brewer International 2(7): 10-13.

[11] **WILDE P. J., F. A. HUSBAND, D. COOPER, M. J. RIDOUT. 2003.** "Destabilization of beer foam by lipids: structural and interfacial effects". J. Am. Soc. Brew. Chem. 61: 196-202.

[12] http://cbimo.zut.edu.pl/fileadmin/pliki/cbimo/grafika/3._Piany.pdf [dostęp 27.04.2018]

[13] https://www.beerlovers.pl/piwopedia/piwne-pojecia/pienistosc-piwa/ [dostęp 27.04.2018]

Dr inż. Maciej KABZIŃSKI
Dr inż. Joanna KRUK
Mgr inż. Kacper KACZMARCZYK
Mgr inż. Małgorzata GOLONKA
Mgr inż. Michał PANCERZ
Dr hab. inż. Paweł PTASZEK
Dr hab. inż. Anna PTASZEK
Katedra Inżynierii i Aparatury Przemysłu Spożywczego
Wydział Technologii Żywności
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNE PIAN SPOŻYWCZYCH Z DODATKIEM INULINY WYTWARZANYCH METODĄ PÓŁOKRESOWĄ I OKRESOWĄ®

Rheological properties of food foams with addition of inulin produced by semi-continuous method®

Słowa kluczowe: Piany spożywcze, inulina, właściwości reologiczne.

Praca zaprezentowana w artykule przedstawia porównanie metod: okresowej i półokresowej wytwarzania pian na bazie albuminy jaja kurzego z dodatkiem inuliny w różnym stężeniu. Eksperymenty prowadzono w miesiarce planetarnej zmodyfikowanej przez dodanie dodatkowego króćca podającego powietrze. Przygotowane w ten sposób piany poddano testowi oscylacyjnemu w celu określenia ich cech reologicznych. Wykazano różnice w kształtowaniu się cech sprężystych i lepkich układów wytwarzanych klasycznie oraz poddanych dodatkowemu napowietrzaniu.

Key words: Food foams, inulin, rheological properties.

The paper presents a comparison of methods: periodic and semi-periodic of production of foams based on ovalbumin with the addition of inulin at various concentrations. Experiments were carried out in a planetary mixer modified by the addition of an additional air supply pipe. Foams prepared in this way were subjected to an oscillatory test to determine their rheological characteristics. The differences in the formation of elastic and viscous features of the systems produced classically and subjected to additional aeration were shown.

WSTĘP

Piany stanowią liczną grupę układów w przemyśle spożywczym – szczególne miejsce zajmują one w produkcji mleczarskiej, mięsnej oraz cukierniczej [2]. Układy takie wytwarzane są w przeważającej części na bazie białka jaja kurzego lub białek serwatkowych [1]. Piany, jako układy termodynamicznie niestabilne, cechują się rozpadem struktury w miarę upływu czasu [6]. Z tego powodu, ważnym aspektem z punktu widzenia technologicznego jest poprawa stabilności takich układów, realizowana dwoma możliwymi sposobami: poprzez dodatek substancji powodujący obniżenie napięcia powierzchniowego [7] lub poprzez zwiększenie lepkości fazy ciągłej [9]. Drugi sposób poprawy stabilności pian realizowany jest poprzez dodatek różnorodnych hydrokoloidów. Przedstawicielem tej grupy związków jest inulina (INU), będąca polisacharydem zbudowanym z merów fruktozowych połączonych wiązaniami B-2,1-glikozydowymi, tworzących nierozgałęziony łańcuch [5]. Dodatek inuliny do układu, z punktu widzenia właściwości reologicznych, powoduje powstanie lub wzmocnienie cech tiksotropowych i sprężystych, przy jednoczesnym znacznym zwiększeniu lepkości [8].

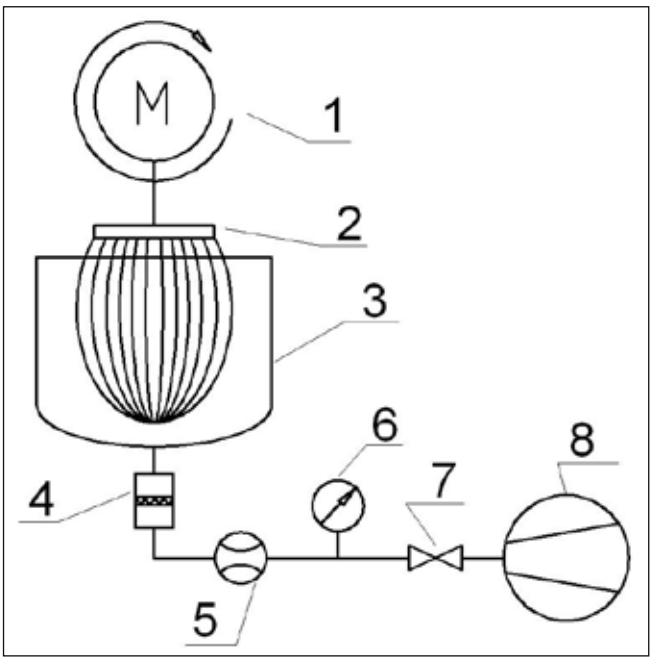
Celem artykułu jest przedstawienie wpływu stężenia inuliny w układzie oraz dodatkowego napowietrzania na właściwości reologiczne pian spożywczych.

MATERIAŁY I METODY

W badaniach wykorzystano piany charakteryzujące się stosunkiem suchej masy do wody wynoszącym 9:1. Suchą masę stanowiła albumina jaja kurzego (Ovopol, Polska) oraz inulina (Hortimex, Polska), której stężenie (w suchej masie) wynosiło odpowiednio 0,6%; 1,3% oraz 2,0%. Układy wykorzystywane w badaniach wytwarzano przy użyciu miesiarki planetarnej FCM (producent: Stalgast, Polska) zaopatrzonej w mieszadło rózgowe. W celu przeprowadzenia eksperymentów zmodyfikowano dzieżę miesiarki poprzez wykonanie

Adres do korespondencji – Corresponding author: Maciej Kabziński, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Technologii Żywności, Katedra Inżynierii i Aparatury Przemysłu Spożywczego, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków, e-mail: maciej.kabzinski@urk.edu.pl

w jej dnie otworu i umieszczenie w nim króćca z zainstalowanym dystrybutorem gazu. Gaz podawano za pośrednictwem kompresora a przepływ mierzono i regulowano przy użyciu kontrolera przepływu SLMF 4800 (producent: Brooks Instruments). W tak przygotowanym urządzeniu badane układy ubijano w czasie 120 sekund przy prędkości obrotowej wynoszącej 300 obrotów na minutę, przy przepływie powietrza wynoszącym 0,00025 $m^3 \cdot s^{-1}$.



Rys. 1. Schemat stanowiska pomiarowego.
Fig. 1. The research stand scheme.
Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

Następnie, wytworzone piany poddano badaniom reometrycznym przy wykorzystaniu reometru rotacyjnego Haake RS6000. Przeprowadzono test oscylacji w liniowym zakresie lepkosprężystości, amplituda (gamma-zero) 0,01, w temperaturze otoczenia (23 st.C).

Na podstawie uzyskanych danych pomiarowych (obejmujących naprężenie ścinające, odkształcenie próbki oraz czas) wyznaczono wartości modułu zachowawczego – opisującego naprężenia proporcjonalne do odkształcenia właściwe dla sił sprężystości oraz modułu stratności – reprezentującego, charakterystyczne dla sił lepkości, naprężenia proporcjonalne do szybkości ścinania [3]. Moduły te obliczono na podstawie zależności [4]:

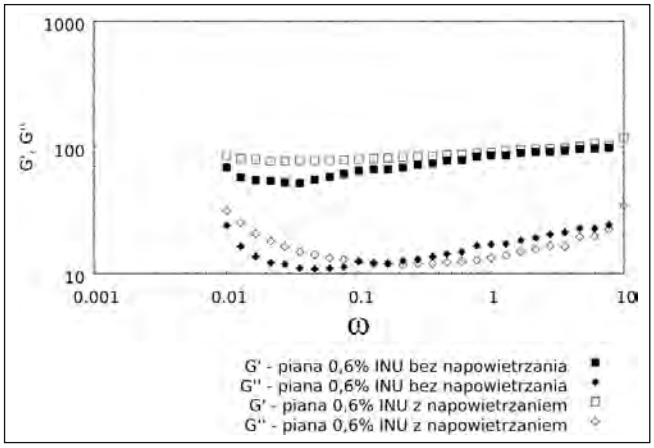
$$G' = \frac{\tau_0}{\gamma_0} \cos\varphi \quad (1)$$

$$G'' = \frac{\tau_0}{\gamma_0} \sin\varphi \quad (2)$$

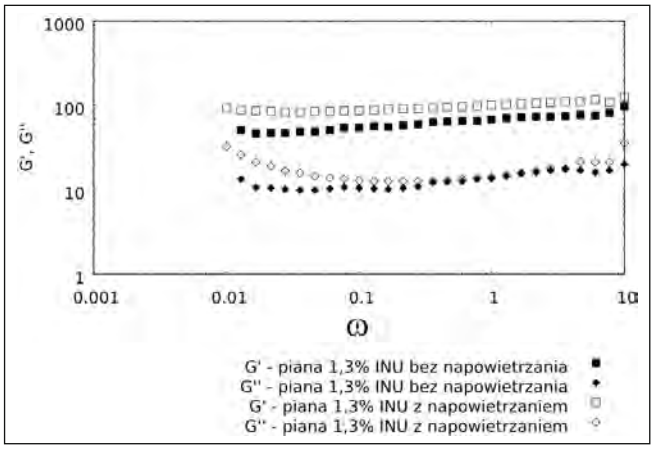
gdzie: G' – moduł zachowawczy [Pa]
G" – moduł stratności [Pa]
τ_0 – amplituda naprężenia
γ_0 – amplituda odkształcenia
φ – kąt przesunięcia fazowego [rad].

WYNIKI BADAŃ

W celu opisu właściwości sprężystolepkich badanych układów sporządzono wykresy zależności wartości modułów zachowawczego i stratności od amplitudy oscylacji (ω), które przedstawiono na rys. (2-4).

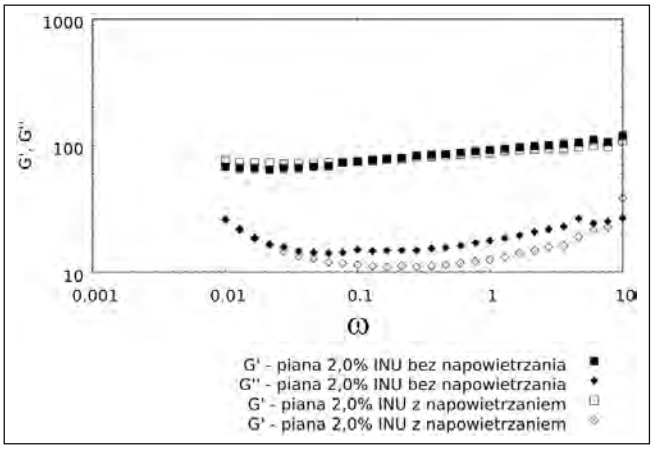


Rys. 2. Zależność wartości modułu zachowawczego i modułu stratności od amplitudy dla pian z dodatkiem 0,6% inuliny.
Fig. 2. The function of value of storage modulus and loss modulus in amplitude for foams with 0,6% inulin addition.
Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study



Rys. 3. Zależność wartości modułu zachowawczego i modułu stratności od amplitudy dla pian z dodatkiem 1,3% inuliny.
Fig. 3. The function of value of storage modulus and loss modulus in amplitude for foams with 1,3% inulin addition.
Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

Dla wszystkich badanych pian wyraźnie widoczna jest przewaga cech sprężystych nad lepkimi, zależna od stężenia hydrokoloidu w układzie oraz wartości amplitudy oscylacji. Widoczny jest również wpływ napowietrzania na cechy sprężyste i lepkie ośrodków wykorzystywanych w eksperymentach. W przypadku pian z dodatkiem inuliny wynoszącym 0,6% widoczne jest, przy zastosowaniu dodatkowego napowietrzania układu, zwiększenie wpływu cech



Rys. 4. Zależność wartości modułu zachowawczego i modułu stratności od amplitudy dla pian z dodatkiem 2,0% inuliny.

Fig. 4. The function of value of storage modulus and loss modulus in amplitude for foams with 2,0% inulin addition.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

sprężystych w niższych wartościach amplitudy oscylacji. Ponadto, w niższych wartościach amplitudy oscylacji obserwuje się zwiększenie lepkości układu dodatkowo napowietrzanego względem wytwarzanego metodą okresową. Piana z dodatkiem inuliny wynoszącym 1,3%, zachowuje się podobnie, przy czym lepiej widoczny jest wzrost sprężystości układu poddanego napowietrzaniu, występujący w całym zakresie amplitudy oscylacji. Podobnie jak w przypadku pian zawierających 0,6% inuliny, układy z inuliną o stężeniu 1,3% wykazują wzrost lepkości po napowietrzaniu w niższych wartościach amplitudy oscylacji, przy czym dla wartości wyższych wzrost ten jest niezauważalny. Odmiennie natomiast kształtują się opisywane właściwości w przypadku pian z 2,0% dodatkiem inuliny. W takim wypadku napowietrzenie nie wpływa znacząco na cechy sprężyste układu aerowanego, natomiast widoczny jest spadek lepkości piany po poddaniu jej dodatkowemu napowietrzeniu.

WNIOSKI

Prowadzenie operacji wytwarzania pian metodą półokresową (z dodatkowym napowietrzaniem) ma wpływ na zmiany właściwości lepkosprężystych takich układów względem ośrodków wytwarzanych za pomocą metody okresowej (w standardowej miesiarce przemysłowej). Zmiany te mają charakter nieliniowy i zależą od wielkości dodatku hydrokoloidu do rozpatrywanego układu. Z punktu widzenia technologa żywności zastosowanie dodatkowego napowietrzenia jest przydatne do wytwarzania pian o niższym stężeniu inuliny, celem uzyskania produktu o zwiększonej sprężystości i lepkości.

LITERATURA

[1] **ABU-GHOUSH M., T. J. HERALD, A. M. ARAMOUNI. 2010.** "Comparative study of egg white protein and egg alternatives in an angel food cake system". Journal of Food Processing and Preservation 34: 411-425.

[2] **BALERIN C., P. AYMARD, F. DUCEPT, S. VASLIN, G. CUVELIER. 2007.** "Effect of formulation and processing factors on the properties of liquid food foams". Journal of Food Engineering 78: 802-809.

[3] **DZIUBIŃSKI M., T. KILJAŃSKI, J. SĘK. 2014.** Podstawy teoretyczne i metody pomiarowe reologii. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej: 69-99.

[4] **FERGUSON J., Z. KEMBŁOWSKI. 1995.** Reologia stosowana płynów. Łódź. Wydawnictwo Marcus: 28-47.

[5] **IMESON A. (2010).** Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents. Wiley-Blackwell Publishing: 180-194.

[6] **INDRAWATI L., Z. WANG, G. NARSIMHAN, J. GONZALEZ. 2008.** "Effect of processing parameters on foam formation using continuous system with mechanical whipper". Journal of Food Engineering 88: 65-74.

[7] **PATINO J. M. R., A. M. R. PILOSOF. 2011.** "Protein-polysaccharide interactions at fluid interfaces". Food Hydrocolloids 25: 1925-1937.

[8] **TERRAGA A., J. D. TORRES, E. COSTELL. 2011.** "Influence of the chain-length distribution of inulin on the rheology and microstructure of prebiotic dairy desserts". Journal of Food Engineering 104: 356-363

[9] **THAKUR R. K., CH. VIAL, G. DJELVEH. 2003.** "Influence of operating conditions and impeller design on the continuous manufacturing of food foams". Journal of Food Engineering 60: 9-12.

Dr inż. Barbara SYKUT
Dr inż. Konrad KOWALIK
Mgr inż. Wojciech HUS
Politechnika Lubelska
Wydział Mechaniczny
Instytut Transportu, Silników Spalinowych i Ekologii

BADANIE JAKOŚCI I ZAFAŁSZOWAŃ MIODÓW NATURALNYCH®

Examination of quality and adulteration of natural honeys®

Słowa kluczowe: miód naturalny, zafałszowania miodów, badanie jakości miodów.

W artykule przedstawione zostały badania jakościowe – fizykochemiczne miodów takie jak: wilgotność, kwasowość, zanieczyszczenia mechaniczne oraz badania zafałszowań miodów naturalnych skrobią i sacharozą. Przebadano i przedstawiono wyniki badań 4 odmian miodu naturalnego: lipowego, wrzosowego, akacjowego i spadziowego.

Key words: natural honey, adulteration of honey, testing honey quality.

The paper presents qualitative – physicochemical tests of honey such as: moisture, acidity, mechanical impurities of honey and research on adulterations of natural honey with starch and sucrose. Four varieties of natural honey were tested and presented: linden, heather, acacia and honeydew.

WSTĘP

Miód jest jednym z niewielu naturalnych produktów spożywczych, które nie wymagają utrwalenia i specjalnych sposobów konserwacji. Nie powinno się dodawać do niego żadnych składników [5].

Miód produkują pszczoły z nektaru lub spadzi. Pszczoły zbierając nektar z poszczególnych gatunków roślin kwitnących, np. z akacji, lipy, rzepaku, czy gryki, dostarczają nam **miód nektarowy**, zwany też odmianowym. Natomiast **miód spadziowy** jest pochodną rosy miodowej, która jest wydzieliną mszyc, miodówek i czerwców, występujących u nas na takich gatunkach drzew jak: jodła, świerk, modrzew, klon, lipa [7].

Do sprawdzenia i potwierdzenia deklarowanych przez pszczelarza odmian miodu stosowane są badania cech organoleptycznych: smaku, barwy, zapachu, sposobu krystalizacji, a następnie porównanie uzyskanego opisu z cechami przypisanymi poszczególnym odmianom miodu. Bardziej pewne wyniki w określeniu odmiany miodu daje analiza pyłkowa. Ustalono, że udział pyłku przewodniego dla większości miodów wynosić powinien nie mniej niż 45%. Oznacza to, że jeżeli w danym miodzie jest co najmniej 45% pyłku, np. z kwiatów rzepaku, to jest to miód rzepakowy. Wyjątkiem jest miód lipowy – jeżeli zawiera co najmniej 20% pyłku z lipy, jest wtedy już lipowym, akacjowy – co najmniej 30% pyłku z akacji i wówczas jest też miodem odmianowym – akacjowym.

Naturalny produkt pszczeli, charakteryzuje się określonymi cechami organoleptycznymi oraz bogatym składem chemicznym. Skład ten sprawia, że jest produktem aktywnym biologicznie, który wykazuje cenne właściwości odżywcze i terapeutyczne. Właściwości lecznicze miodu odkryte zostały już w czasach starożytnych, a produkt ten był wykorzystywany przez ówczesnych lekarzy dla zachowania zdrowia człowieka, jego sprawności psychicznej i fizycznej.

Zachowanie wysokiej jakości miodu zabezpiecza go przed utratą jego cennych właściwości biologicznych, i dlatego może on być wykorzystywany nie tylko jako produkt spożywczy, ale także jako środek leczniczy w różnego rodzaju chorobach [8].

Jakość miodu stanowi zespół cech fizykochemicznych oraz organoleptycznych (szczegółowo określonych w aktach prawnych), do których zaliczana jest m.in. barwa, smak, zapach, konsystencja, zawartość wody, zawartość 5-HMF, zawartość cukrów redukujących.

Czynnikami, które odgrywają istotną rolę w utrwalaniu jakości miodów, są: odbieranie miodu z ula, sposób konfekcjonowania oraz przechowywania. Zbyt szybkie odebranie miodu z ula może spowodować wzrost wody w miodzie, a zbyt wysoka temperatura przechowywania miodu lub niewłaściwie prowadzona dekrystalizacja mogą spowodować wzrost zawartości 5-hydroksymetylofurfuralu (5-HMF) a także spadek aktywności enzymatycznej [2,6,9].

Miód jest produktem, który zawiera wszystkie składniki niezbędne do prawidłowego przebiegu przemiany materii w organizmie człowieka, a mianowicie: węglowodany, kwasy organiczne, enzymy, aminokwasy, biopierwiastki i witaminy. Związki te działając pojedynczo lub kompleksowo decydują o wielokierunkowym działaniu miodu: antybiotycznym, rozkurczowym, przeciwzapalnym, regenerującym, i przeciwbólowym.

Adres do korespondencji – Corresponding author: Barbara Sykut, Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Instytut Transportu, Silników Spalinowych i Ekologii, ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin, e-mail: b.sykut@pollub.pl

Świeże miody mają konsystencję bardzo gęstej i lepkiej cieczy, są barwy od jasnożółtej do żółtobrunatnej, o aromatycznym zapachu i słodkim smaku. Z upływem czasu miody krystalizują: wolno – miody bogate we fruktozę np. miód akacjowy lub szybko – miody bogate w glukozę np. miód rzepakowy [1,2,6].

Zafałszowanie miodu może być dokonywane różnymi sposobami. Najczęściej spotykane to: dokarmianie pszczół sacharozą, dodatek do gotowego wyrobu syropów skrobiowych, kukurydzianych, melasy, sztucznego miodu. Nieprawidłowe praktyki pszczelarskie np. dokarmianie pszczół prowadzą do wystąpienia w produkcie ostatecznym pozostałości substancji słodzących, a w szczególności wysokiego poziomu sacharozy. Miód jest uważany również za zafałszowany, jeżeli odwirowano go, gdy nie był w pełni dojrzały, bądź, gdy świadomie usunięto z niego lub dodano do niego wodę[3,4]. Analiza głównych parametrów fizykochemicznych ułatwia identyfikację miodów i daje informacje odnośnie prawidłowości ich przetwarzania. Zbyt małe wartości takich parametrów jak zawartość popiołu, aktywność enzymów, zawartość proliny, mogą oznaczać zafałszowanie miodu cukrami, a wysoki poziom 5-hydroksymetylofurfuralu (HMF powyżej 4 mg·100 g–1) w miodzie zazwyczaj świadczy o przechowywaniu produktu w podwyższonej temperaturze lub przegrzaniu miodu podczas konfekcjonowania. Przewodność elektryczna miodu, jako jeden z parametrów fizykochemicznych, może służyć do charakteryzowania jego pochodzenia botanicznego, ponieważ w dużym stopniu zależy od pożytku roślinnego, z którego został wytworzony miód. W celu potwierdzenia autentyczności lub wykrycia zafałszowań poszukuje się markerów czyli substancji specyficznych dla określonych odmian miodów, które mogą pozwolić na botaniczną i geograficzną identyfikację miodów. Takimi markerami mogą być: substancje lotne, aromatyczne aldehydy, aromatyczne kwasy karboksylowe, związki heterocykliczne, związki fenolowe, oraz cukry [4].

METODYKA BADAŃ

Przedmiotem badań były 3 rodzaje miodów jakie znajdują się w sprzedaży detalicznej na terenie Lublina i 1 rodzaj miodu zakupiony w wolnym handlu:

1. miód lipowy – zakupiony od prywatnego właściciela pasieki, znajdującej się na terenie Podlasia,
2. miód wrzosowy – pochodził z gospodarstwa Pasiecznego „Sądecki Bartnik”,
3. miód akacjowy – pochodził z Bielska-Białej,
4. miód spadziowy – ze spadzi iglastej, z Roztoczańskiego Związku Pszczelarzy.

Badania jakości miodów pszczelich

1. Badanie wilgotności miodów

Zasada oznaczania wilgotności metodą grawimetryczną polega na wysuszeniu próbki 2 (g) miodu z dokładnością do 0,0002 (g) w suszarce w temperaturze 130° w ciągu 1 godziny i określeniu wilgotności na podstawie ubytku masy.

Wilgotność (W) obliczamy ze wzoru:

$$W=\frac{(m_1-m_2)}{(m_1-m)}\cdot 100\% \qquad (1)$$

gdzie: m – masa naczynka (g),
m_1 – masa naczynka z próbką przed suszeniem (g),
m_2 – masa naczynka z próbką po suszeniu (g)

2. Badanie kwasowości ogólnej miodu

Kwasowość oznaczamy metoda miareczkową, odważamy 5 (g) miodu z dokładnością do 0,01 (g) i rozpuszczamy go w 100 cm wody destylowanej, następnie dodajemy 3 krople 2% alkoholowego roztworu fenoloftaleiny i miareczkujemy 0,1 n roztworem NaOH do uzyskania słabo różowego zabarwienia nie znikającego w ciągu 1 minuty.

Stopień kwasowości miodu (X) określamy ze wzoru:

$$X=20Vn \qquad (2)$$

gdzie: V – objętość NaOH zużyta podczas miareczkowania,
n – normalność NaOH.

3. Badanie zanieczyszczeń mechanicznych miodów

25 g miodu odważamy z dokładnością do 0,01 g i rozcieńczamy w 100 ml wody w temperaturze 70^0C, sączek ilościowy suszymy w naczynku wagowym w temperaturze 100^0C-150^0C przez 1 godzinę i ważymy z dokładnością do 0,0001g. Rozpuszczony miód sączymy przez przygotowany sączek a powstały osad na sączku przemywamy czterokrotnie wodą o temperaturze 70^0C. Sączek z osadem umieszczamy w zważonym naczynku wagowym i suszymy przez 1 godzinę w suszarce w temperaturze 100^0C-150^0C. Po ostudzeniu ważymy sączek z dokładnością do 0,0001g. Zawartość zanieczyszczeń mechanicznych (Z) określamy ze wzoru:

$$Z=\frac{m_z}{m}\cdot 100\% \qquad (3)$$

gdzie: m_z – masa zanieczyszczeń (g),
m – masa oznaczanego miodu (g).

Badanie zafałszowań miodów

1. Wykrywanie obecności skrobi w miodzie

Badany miód rozcieńczamy z wodą w stosunku 1:4, gotujemy, studzimy a następnie dodajemy 2-3 krople roztworu Lugola i wstrząsamy. Niebieskie zabarwienie świadczy o zafałszowaniu miodu skrobią.

2. Badanie zafałszowań miodu sacharozą

Do kolby miarowej o pojemności 100cm^3 przenosimy 6,5 g miodu i dodajemy ciepłej destylowanej wody do około ¾ objętości kolby, mieszamy roztwór przez 15 min i odstawiamy na kilka minut, następnie odlewamy połowę roztworu i przeprowadzamy klarowanie roztworu odczynnikami: 2 cm^3 żelazocyjanku potasu 15%-ego roztworu i 4 cm^3 octanu cynkowego 23%-ego roztworu. Kolbę uzupełniamy wodą do 50 cm^3, mieszamy i po kilku minutach sączymy przez sączek ilościowy. Przeprowadzamy pomiar zawartości sacharozy na polarymetrze.

Procentową zawartość sacharozy (C) obliczamy ze wzoru:

$$C= 0{,}26(a+\Delta a)4=1{,}04(a+\Delta a) \qquad (4)$$

gdzie: 0,26 – współczynnik do obliczenia %-wej zawartości sacharozy,

a – zawartość sacharozy odczytana z polarymetru,

Δa – poprawka na temperaturę:

$$\Delta a = 0{,}01(T_p + T_w)$$

T_p – temperatura podanego produktu, ^{0}C,

T_w – temperatura wzorcowa, ^{0}C.

WYNIKI I ANALIZA BADAŃ

Na podstawie przeprowadzonych badań uzyskano następujące wyniki (tab.1-5).

Tabela 1. Wyniki badań wilgotności miodów metodą grawimetryczną

Table 1. Results of the honey moisture measurement by gravimetric method

Odmiana miodu	Nr próbki	Masa naczynka	Masa naczynka z próbką przed suszeniem m_1 (g)	Masa naczynka z próbką po suszeniu m_2 (g)	Wilgotność W (%)	Wartość średnia $W_{śr}$(%)
Miód wrzosowy	1 2 3	28,3902 271787 28,5473	30,2556 29,1965 30,7471	299497 28,8901 30,4105	16,3986 15,1848 15,3013	15,6282
Miód lipowy	1 2 3	27,5734 26,4659 29,8720	29,7830 28,6599 31,8700	29,4802 28,3532 31,5897	13,7038 13,9790 14,0290	13,9039
Miód akacjowy	1 2 3	28,3365 29,1379 31,1026	30,9686 31,3355 33,1102	30,6116 30,8456 32,8301	13,5633 14,5124 13,9519	14,0092
Miód spadziowy	1 2 3	30,1708 28,3945 26,0482	32,5570 30,3910 28,1501	32,1974 30,1032 27,8423	15,0699 14,4152 14,6438	14,7096

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Tabela 2. Wyniki oznaczania kwasowości miodów

Table 2. Results of honey acidity determination

Odmiana miodu	Nr próbki	Objętość NaOH	Objętość NaOH zużyta na miareczkowanie V (cm^3)	Stopień kwasowości X (^{0})	Wartość średnia $Z_{śr}$
Miód lipowy	1 2 3 4	0,1n	2,0 1,9 1,9 1,9	4,0 3,8 3,8 3,8	3,85
Miód wrzosowy	1 2 3 4	0,1n	1,6 1,7 1,5 1,6	3,2 3,4 3,0 3,2	3,2
Miód akacjowy	1 2 3 4	0,1n	1,8 2,0 2,0 1,9	3,6 4,0 4,0 3,8	3,85
Miód spadziowy	1 2 3 4	0,1n	2,3 2,2 2,3 2,3	4,6 4,4 4,6 4,6	4,55

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Tabela 3. Wyniki oznaczania zanieczyszczeń mechanicznych w miodach
Table 3. Results of determination of mechanical impurities in honey

Odmiana miodu	Nr próbki	Masa sączka suchego m_{ss} (g)	Masa sączka zanieczyszczonego m_{sz} (g)	Masa zanieczyszczeń mechanicznych m_z (g)	Zawartość zanieczyszczeń mechanicznych Z (%)	Wartość średnia $Z_{śr}$ (%)
Miód lipowy	1	1,1852	1,2749	0,0897	0,35	0,45
	2	1,1630	1,3208	0,1578	0,63	
	3	1,1942	1,2987	0,1045	0,4	
	4	1,1921	1,3011	0,1090	0,43	
Miód wrzosowy	1	1,1911	1,2967	0,1056	0,42	0,49
	2	1,1884	1,3233	0,1349	0,53	
	3	1,1729	1,2998	0,1269	0,50	
	4	1,1823	1,3153	0,1730	0,53	
Miód akacjowy	1	1,1631	1,3054	0,1423	0,56	0,52
	2	1,1670	1,3002	0,1332	0,53	
	3	1,1822	1,3131	0,1309	0,52	
	4	1,1692	1,2948	0,1256	0,50	
Miód spadziowy	1	1,2009	1,3552	0,1543	0,61	0,58
	2	1,2105	1,3428	0,1323	0,52	
	3	1,1575	1,3255	0,1580	0,63	
	4	1,1968	1,3446	0,1478	0,59	

Źródło: Badania własne
Source: The own study

Tabela 4. Wyniki oznaczania skrobi w miodach
Table 4. Results of starch determination in honey

Odmiana miodu	Roztwór miodu w wodzie	Obecność skrobi
Miód lipowy	1:4	Nie wykryto
Miód wrzosowy	1:4	Nie wykryto
Miód akacjowy	1:4	Nie wykryto
Miód spadziowy	1:4	Nie wykryto

Źródło: Badania własne
Source: The own study

Tabela 5. Wyniki oznaczania zawartości sacharozy w miodach
Table 5. Results of determination of sucrose content in honey

Odmiana miodu	Nr próbki	Zawartość sacharozy, odczytana z polarymetru a (^{0}S)	Średnia wartość sacharozy $a_{śr}$ (^{0}S)	Procentowa zawartość sacharozy C(%)	Wartość średnia $C_{śr}$ (%)
Miód lipowy	1	2,0	2,08	0,52	0,536
	2	2,1		0,54	
	3	2,1		0,54	
	4	2,1		0,54	
	5	2,1		0,54	
	6	2,1		0,54	
Miód wrzosowy	1	0,65	1,0	0,168	0,255
	2	0,95		0,247	
	3	1,1		0,28	
	4	1,1		0,28	
	5	1,1		0,28	
	6	1,1		0,28	
Miód akacjowy	1	0,2	0,21	0,052	0,054
	2	0,23		0,059	
	3	0,2		0,052	
	4	0,23		0,059	
	5	0,2		0,052	
	6	0,2		0,052	
Miód spadziowy	1	0,1	0,13	0,026	0,034
	2	0,15		0,039	
	3	0,15		0,039	
	4	0,15		0,039	
	5	0,1		0,026	
	6	0,15		0,039	

Źródło: Badania własne
Source: The own study

Analiza wyników badań wykazała, że przebadany miód w większości przypadków mieści się w granicach wyznaczonych przez Polską Normę [10]. Jedynie zawartość zanieczyszczeń mechanicznych jest znacznie przekroczona w badanych miodach. Podwyższona zawartość zanieczyszczeń mechanicznych, może być wynikiem zanieczyszczeń środowiska naturalnego terenów z jakich badane miody pochodzą.

WNIOSKI

Analiza wyników badań wykazała, że:

1. Wilgotność badanych próbek miodów mieści się w granicach jakie podają Polskie Normy, które dopuszczają maksymalną wilgotność do 20%.
2. Miodem o najniższej kwasowości jest miód wrzosowy $3,2^0$, natomiast najwyższą kwasowość ma miód spadziowy $4,55^0$. Wyniki badania kwasowości w wybranych miodach nie budzą zastrzeżeń, gdyż Polska Norma mówi, iż kwasowość ogólna w miodzie pszczelim powinna zawierać się w przedziale 1-5 cm^3 1n NaOH na 100g miodu.
3. W miodach zostały przekroczone dopuszczalne ilości zanieczyszczeń mechanicznych podane w Normie. W przebadanych miodach zawartość zanieczyszczeń wahała się od 0.45% w miodzie lipowym, 0,49% w miodzie wrzosowym, 0,52% w miodzie akacjowym do 0,58% w miodzie spadziowym. Dopuszczalna zawartość zanieczyszczeń według Polskiej Normy wynosi 0,1%.
4. Badane miody nie były zafałszowane skrobią. Obecność skrobi w miodzie według Polskiej Normy jest cechą dyskwalifikującą miód.
5. Zawartości sacharozy w miodach nie budzi zastrzeżeń, gdyż jest znacznie niższa niż podaje Polska Norma (5% dla miodu nektarowego, 7% dla miodu nektarowo-spadziowego, 10% dla miodu spadziowego).

LITERATURA

[1] **CURYŁO J. 1987.** Hodowla pszczół. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.

[2] **MAJEWSKA E. 2009.** „Porównanie wybranych właściwości miodów pszczelich jasnych i ciemnych.” Nauka Przyroda Technologie 3(4): 143.

[3] **MAJEWSKA E., B. DRUŻYŃSKA, J. KOWALSKA, R. WOŁOSIAK, M. CIECIERSKA, D. DEREWIAK. 2017.** „Zastosowanie metod fizycznych i chemometrycznych do oceny jakości i autentyczności botanicznej miodów gryczanych.” Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 589:59-68.

[4] **MAJEWSKA E. 2013.** Studia nad wykorzystaniem wybranych parametrów fizyko-chemicznych i związków lotnych do określania autentyczności polskich miodów odmianowych. Warszawa: Wydawnictwo SGGW.

[5] **MORAWSKI M., L. MORAWSKA. 2014.** Encyklopedia pszczelarska.

[6] Rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 29 maja 2015 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych wymagań w zakresie jakości handlowej miodu (Dz.U. z 2015 r., poz. 850).

[7] **RYBAK-CHMIELEWSKA H. 2002.** „Jakość miodu a jego wartości odżywcze i lecznicze”. Materiały konferencyjne.

[8] **SZCZĘSNA T. 2018.** „Problemy z jakością miodu na rynku krajowym”. Pasieka 3.

[9] **ŻAK N., A. WILCZYŃSKA, P. PRZYBYŁOWSKI. 2017.** „Jakość miodów zagranicznych w odniesieniu do polskich standardów – badania wstępne”. Problemy Higieny i Epidemiologii 98(3): 245-249.

[10] PN – 88/A-77626 – Miód pszczeli.

Prof. dr hab. Bohdan ACHREMOWICZ
Wydział Biologiczno – Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski
Prof. dr hab. Alicja CEGLIŃSKA
Wydział Nauk o Żywności, SGGW Warszawa
Mgr inż. Leszek DARDZIŃSKI
Prof. dr hab. Tadeusz HABER
Dr inż. Agnieszka OBIEDZIŃSKA
Prof. dr hab. Mieczysław OBIEDZIŃSKI
Mgr inż. Emilia SZABŁOWSKA
Prof. dr hab. Bożena WASZKIEWICZ – ROBAK
Wydział Informatyki i Nauk o Żywności
Państwowa Wyższa Szkoła Informatyki i Przedsiębiorczości w Łomży

CHARAKTERYSTYKA MIŁKI ABISYŃSKIEJ I MOŻLIWOŚCI JEJ WYKORZYSTANIA W PRZETWÓRSTWIE ZBÓŻ®

Characteristic of Teff and possibilities of use in cereal processing®

Słowa kluczowe: Miłka abisyńska, skład chemiczny nasion, wzbogacanie chleba, możliwości wykorzystania w technologii zbóż.

W wielu krajach pieczywo jest podstawowym i najważniejszym produktem spożywczym dla wszystkich grup społecznych. Wypiekane jest z ciasta, w skład którego wchodzą: mąka pszenna lub żytnia (względnie obie), woda, drożdże piekarskie i sól. Oprócz wymienionych surowców mogą być wykorzystane inne, których zadaniem jest poprawa wartości odżywczej pieczywa, poprzez podwyższenie w nim zawartości wielu, deficytowych, a niezbędnych składników. Ostatnio, popularnymi dodatkami do pieczywa są mąki ze zbóż niechlebowych lub nasion tzw. pseudozbóż względnie produkty z nich otrzymane. Takim potencjalnym dodatkiem może być także mąka uzyskana z nasion miłki afrykańskiej (teff), uznawanej za jedno z najstarszych zbóż wywodzących się z Afryki Północnej.

Key words: Teff, chemical composition of seeds, enrichment bread, possibilities of use in cereal processing.

In many countries, bread is the basic and the most important food product for all social groups. It is baked from a dough consisting of: wheat flour or rye flour (or both), water, baker's yeast and salt. One may also use other raw materials in order to improve the nutritional value of bread by increasing the content of many, scarce, and necessary ingredients in it. Recently, popular additions to bread include flours from non-cereal cereals, or seeds, socalled pseudocereals or products obtained from them. Flour obtained from the seeds of the Teff, considered one of the oldest North African cereals is one of them.

WSTĘP

Miłka abisyńska (*Eragrostis abyssinica*), nazywana także: tef, teff lub trawa abisyńska, jest rośliną sklasyfikowaną w następujący sposób [26]:

- Klasa: okrytonasienne,
- Rząd: wiechlinowce,
- Rodzina: wiechlinowate,
- Rodzaj: miłka,
- Gatunek: miłka abisyńska.

Należy do tej samej rodziny, do której należą także: jęczmień, kukurydza, owies oraz proso, czyli zboża od lat znane, uprawiane i wykorzystywane do celów żywieniowych tak w Polsce jak i na świecie.

Miłka abisyńska pochodzi z północno-wschodniej Afryki, gdzie jest jej naturalne środowisko [29]. Jest znana i uprawiana od przeszło 5000 lat, bardzo rozpowszechniona w wielu kulturach afrykańskich. Uznawana jest jako roślina zbożowa przede wszystkim Etiopii, a także Erytrei, Dżibuti, południowo-wschodniego Sudanu i północnej Kenii [10]. Nasiona mielone są, przede wszystkim, na mąkę, która stanowi bazowy surowiec do produkcji miejscowego, specjalnego pieczywa oraz służy także jako środek zagęszczający do zup i sosów [10]. Nasiona wykorzystywane są również do produkcji piwa i alkoholowych napojów etnicznych, lub przeznaczane do produkcji kaszy i puddingu. Szacuje się, że w Etiopii miłka abisyńska zaspokaja około 2/3 tamtejszego, całego zapotrzebowania na żywność [26].

Adres do korespondencji – Corresponding author: Tadeusz Haber, Państwowa Wyższa Szkoła Informatyki i Przedsiębiorczości w Łomży, Wydział Informatyki i Nauk o Żywności, ul. Akademicka 1, 18-400 Łomża, e-mail: tadeusz.haber@poczta.onet.pl.

Jest znana i uprawiana także, ale już na znacznie mniejszą skalę, w Azji (szczególnie w Indiach) i w Australii oraz na północy Ameryki Południowej [8]. Zyskuje także uznanie w Stanach Zjednoczonych, gdzie jest już wykorzystywana, między innymi, do produkcji płatków śniadaniowych, wafli oraz jako dodatek wzbogacający tradycyjne pieczywo [24]. W USA, Kanadzie i w Australii rozpoczęto nawet uprawę miłki abisyńskiej na cele komercyjne [21], wykorzystując na ten cel grunty przeznaczane dotychczas pod uprawę pszenicy [1]. Popularność miłki abisyńskiej wzrasta także w Europie, a dotyczy to szczególnie Hiszpanii [24].

Wzrastające zainteresowanie miłką abisyńską na świecie wynika z możliwości w miejscowych warunkach glebowo-klimatycznych, istotna jest także duża łatwość adaptacji do warunków środowiskowych [24]. Uważa się [6], że miłka jest rośliną o ogólnie niskim ryzyku, dzięki czemu można ją uprawiać w „trudnych środowiskach", których większość zbóż nie akceptuje. Innym powodem zainteresowania jest skład chemiczny nasion miłki abisyńskiej.

Miłka abisyńska uzyskuje przeciętnie wysokość do około 1 m. Ma wąskie, długie i szorstkie liście, a wiecha kłosowa osiąga długość dochodzącą nawet do 40 cm (rys. 1.).

Nasiona miłki mają kształt wydłużony, jajowaty. W zależności od odmiany, nasiona mogą mieć różne zabarwienie, od jasnego (białego), poprzez czerwone do brązowego [29]. Wygląd nasion brązowych i białych przedstawiono na rys. 2. [25]. Nasiona jasne (białe), charakteryzują się bardzo mocnym, wyraźnie dominującym, smakiem kasztanowym [29]. Natomiast nasiona ciemne (czerwone lub brązowe) wykazują smak znacznie łagodniejszy, bardziej zbliżony do typowego smaku orzechowego [29].

Zawartość najważniejszych składników chemicznych nasion miłki abisyńskiej przedstawiono w tabeli 1. Dla porównania podano także skład chemiczny nasion soi oraz ziarna pszenicy, żyta oraz ryżu białego.

Rys. 1. Wygląd kłosów miłki abisyńskiej *(Eragrostis abyssinica)* [26].
Fig. 1. The appearance of the ear of Teff [26].

Rys. 2. Wygląd nasion miłki abisyńskiej odmian brązowo (A) i biało (B) nasiennych [25].
Fig. 2. The appearance of the Teff seeds of the brown (A) and white (B) seed varieties [25].

Porównując dane przedstawione w tabeli, można zauważyć, że nasiona miłki abisyńskiej mają wysoką wartość energetyczną, przewyższającą nie tylko ziarno ryżu, żyta czy pszenicy (odpowiednio o: 12,6; 22,0 i 22,4%), ale także nasiona soi (o 1,6%), które są znacznie zasobniejsze w białko ogółem jak i w tłuszcze. Pod względem zawartości białka ogółem nasiona miłki abisyńskiej ustępują nasionom soi, w których ilość tego składnika jest przeszło trzy razy wyższa, natomiast dorównują ziarnu pszenicy (tab. 1.).

Bekele [7] uważa, że w białku miłki abisyńskiej najważniejszą rolę spełniają prolaminy, stanowiące od 3 do 15% ich składu ilościowego. Ich znaczenie podkreślają także Taylor i Emmambux [23], ale jednocześnie wskazują, że albuminy i globuliny, też mogą decydować o właściwościach funkcjonalnych białek, a tym samym o walorach nasion miłki i produktów z nich otrzymanych. Rolę i znaczenie albumin i globulin potwierdzają także nowsze badania, cytowane przez Adebowale i wsp. [3]. Autorzy ci podają, że frakcje te, w porównaniu z frakcjami prolamin i glutelin, zawierają więcej argininy, kwasu asparaginowego czy lizyny. Zwraca na to uwagę także Bekele [7], wskazując jednocześnie na stosunkową niską zawartość lizyny, przy zdecydowanie wyższej zawartości kwasu glutaminowego, alaniny, leucyny czy proliny. Adebowale i wsp. [3] uważają jednak, że prolaminy zawarte w nasionach miłki są głównym białkiem zapasowym. Dopatrują się też dużego podobieństwa między białkami miłki i innych roślin tropikalnych. Uważają też, że prolaminy miłki są bardziej hydrofilowe, mniej spolaryzowane i mają niższą stabilność cieplną.

Tabela 1. Skład chemiczny nasion miłki abisyńskiej, soi oraz ziarna wybranych zbóż [1, 15, 17, 29]
Table 1. The chemical composition of the Teff seeds, soya and grains of selected cereals [1, 15, 17, 29]

Lp.	Badany składnik chemiczny (zawartość w 100 g)	Jedn.	Nasiona miłki abisyńskiej	Nasiona soi	Ziarno pszenicy	Ziarno żyta	Ziarno ryżu białego
1.	**Wartość kaloryczna**	kJ	1622,0	1597,0	1325,0	1333,0	1440,0
		kcal	387,0	382,0	317,0	318,0	344,0
2.	**Białko ogółem**	g	10,9	34,3	11,1	7,9	6,7
3.	**Sacharydy ogółem**	g	73,1	32,7	70,5	74,2	78,9
	w tym: skrobia	g	*)	4,8	56,8	48,8	74,1
	sacharoza	g	*)	4,8	0,5	2,5	0,2
4.	**Tłuszcz ogółem**	g	2,4	19,6	2,4	2,2	0,7
	w tym: nasycone	g	*)	2,82	0,35	0,31	0,15
	jednonienasycone	g	*)	4,07	0,28	0,24	0,18
	wielonienasycone	g	*)	11,29	1,10	1,04	0,26
5.	**Błonnik pokarmowy**	g	8,0	15,7	8,9	8,5	2,4
6.	**Związki mineral. ogółem**	mg	2600,0	*)	*)	*)	*)
	w tym: wapń (Ca)	mg	170,0	240,0	37,0	37,0	10,0
	fosfor (P)	mg	450,0	743,0	330,0	302,0	135,0
	potas (K)	mg	431,0	2132,0	340,0	420,0	111,0
	sód (Na)	mg	2,0	1,0	4,0	3,0	6,0
	magnez (Mg)	mg	180,0	216,0	120,0	89,0	13,0
	żelazo (Fe)	mg	7,6	8,9	3,8	3,4	0,8
	miedz (Cu)	mg	4,4	1,5	0,37	0,35	0,17
7.	**Aminokwasy: Leucyna**	mg	927	2725	757	512	525
	Izoleucyna	mg	436	1712	467	343	340
	Lizyna	mg	382	2337	325	282	204
	Metionina	mg	447	429	225	154	199
	Cystyna	mg	*)	560	316	240	158
	Fenyloalanina	mg	621	1670	507	360	332
	Tyrozyna	mg	*)	1252	332	274	345
	Treonina	mg	*)	1359	367	278	238
	Tryptofan	mg	153	608	122	66	96
	Walina	mg	60	1753	601	486	422
	Arginina	mg	*)	2355	568	414	480
	Histydyna	mg	349	1061	282	211	162
	Alanina	mg	*)	1419	420	380	362
	Glicyna	mg	*)	1419	465	374	302
	Prolina	mg	*)	1950	1108	757	310
	Seryna	mg	*)	1639	614	336	351
	Kwas asparaginowy	mg	*)	3697	694	682	578
	Kwas glutaminowy	mg	*)	6353	2930	1751	1297
8.	**Witaminy: Tiamina B_1**	mg	0,450	0,690	0,423	0,363	0,520
	Ryboflawina B_2	mg	0,100	0,189	0,110	0,154	0,027
	Niacyna (PP)	mg	2,000	1,180	3,270	1,000	0,820
	Witamina E	mg	*)	0,780	1,490	1,170	0,330
	Witamina B_6	mg	*)	0,810	0,280	0,270	0,170

*) – brak danych. *) – no data.

W tych różnicach, Adebowale i wsp. [3] upatrują przyczyn wyższych cech funkcjonalnych nasion miłki abisyńskiej, a także lepszych produktów z nich otrzymanych.

Podobnie jest z zawartością tłuszczu, z tym, że różnice między nasionami miłki i soi są tu jeszcze większe niż w wypadku białka ogółem. Ogólna zawartość tłuszczu jest niższa niż w ziarnie kukurydzy czy owsa, natomiast zbliżona do poziomu występującego w ziarnie pszenicy, żyta czy jęczmienia. Nie ma też istotnych różnic w składzie kwasów tłuszczowych [1, 7, 13]. Ogólna zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych wynosi około 72,5%, a dominują kwasy wielonienasycone (39,91%), których jest niemal dwukrotnie więcej niż kwasów nasyconych (20,06%) [1, 7, 13, 20].

Korzystniej, dla nasion miłki, wypada także porównanie zawartości wapnia, magnezu, żelaza i fosforu, szczególnie w odniesieniu do ziarna tradycyjnych zbóż chlebowych [1, 3, 7, 13].

Celem artykułu jest ogólna charakterystyka miłki abisyńskiej (teffu) oraz możliwości jej wykorzystania w szeroko rozumianym przetwórstwie zbóż, a szczególnie do wzbogacania chleba.

WARTOŚC PROZDROWOTNA MIŁKI ABISYŃSKIEJ

Skład chemiczny nasion, wyraźnie wskazuje, że miłka abisyńska ma walory rośliny o działaniu prozdrowotnym. Ważnym czynnikiem jest brak w jej nasionach białek glutenowych: gliadyny i gluteniny. Nasiona miłki są odpowiednie dla chorych na celiakię i nie tylko dla nich, bowiem coraz częściej uważa się, że pod względem zdrowotnym dieta bezglutenowa jest lepsza od diety tradycyjnej i bardziej pomocna przy wielu innych schorzeniach, jak np. alergiach, nie mówiąc o stanach po stosowaniu chemioterapii [2].

Coraz częściej dostrzegane są korzyści spożywania pokarmów nie zawierających glutenu [15]. Potrzebę taka widzą już nie tylko lekarze, ale także producenci żywności. W dużym stopniu, szersze wykorzystanie, dotyczy również miłki abisyńskiej, szczególnie jako surowca bezglutenowego [15].

Rys. 3. Typowy wygląd injery – pieczywa o gąbczastej strukturze miękiszu [28].
Fig. 3. A typical appearance of an injera – bread with a sponge-like crumb structure [28].

Rys. 4. Tradycyjny wypiek injery (*flat bread*) [28].
Fig. 4. Traditional baking of injera (*flat bread*) [28].

Jak podają Hozyasz i Słowik [15] w Zachodniej Europie, a także w Czechach i Słowacji chorzy będący na diecie bezglutenowej, zachęcani są przez lekarzy, by częściej korzystali z produktów uzyskanych z tzw. „zdrowych" zbóż, do których zaliczana jest również miłka abisyńska.

W krajach niemieckojęzycznych coraz szersza jest oferta, a wraz z nią dostępność mąki i wyrobów piekarskich, ze znacznym udziałem miłki abisyńskiej. Miłka abisyńska popularyzowana jest jako roślina bezpieczna dla chorych na celiakię, bezpieczniejsza niż np. produkty otrzymywane z ziarna owsa [15].

Wielu autorów [1, 12, 15] słusznie uważa, że popularyzacja i wzrost wykorzystania w praktyce nasion miłki abisyńskiej, jak i produktów spożywczych z niej otrzymanych, w dużym stopniu, zależy od lekarzy i dietetyków oraz ich wiedzy na temat cech samej rośliny i jej wartości prozdrowotnych.

PRAKTYCZNE WYKORZYSTANIE NASION MIŁKI ABISYŃSKIEJ

Nasiona miłki wykorzystywane są do przemiału na mąkę, a także do produkcji napojów alkoholowych (np. etiopskiego piwa „tella") [12, 26]. Mąka z miłki to podstawowy surowiec do produkcji tradycyjnej etiopskiej potrawy o nazwie „injera" (czytaj: „yndżera") [28]. Jest to swoisty rodzaj pieczywa („*flat bread*"), wytwarzanego z ciasta ukwaszonego i wypiekanego w formie płaskich placków, mających wyraźną strukturę gąbczastą [28], w dużym stopniu są one podobne do naleśników. Wygląd etiopskiej „injery" przedstawiono na rys. 3. [28], natomiast na rys. 4. pokazano sposób tradycyjnego jej wypieku na blachach [28].

Powszechnie uważa się, że injera jest podstawą diety etiopskich biegaczy, a szczególnie słynnych na całym świecie maratończyków [26]. Ich sukcesy są powszechnie znane i podziwiane na najwyższej rangi światowych zawodach sportowych. Brak jest badań, czy sukcesy te rzeczywiście mają bezpośredni związek ze spożywanymi produktami z miłki abisyńskiej, czy jest to tylko rozpowszechniana fama.

Jedną z cech mąki uzyskanej z nasion miłki jest jej podwyższona wodochłonność [1]. Jest to cecha bardzo korzystna z punktu widzenia piekarstwa, bowiem bezpośrednio sprzyja uzyskiwaniu wyższej wydajności ciasta, a tym samym i pieczywa. Uważa się [1, 9], że wyższa wodochłonność mąki jest bezpośrednio związana z małymi rozmiarami granulek skrobiowych oraz ich wyrównaną wielkością. Dzięki tym cechom skrobia z miłki wolniej ulega retrogradacji [9], a to z kolei, przekłada się na wolniejsze czerstwienie pieczywa.

Małe rozmiary i wyrównana wielkość granulek skrobiowych miłki abisyńskiej stwarzają duże, potencjalne możliwości wykorzystania ich także, w przemyśle farmaceutycznym i kosmetycznym.

Wykazane wyżej cechy i właściwości nasion miłki abisyńskiej wyraźnie wskazują, że może i powinna ona być wykorzystana do wzbogacania zwykłego, tradycyjnego pieczywa europejskiego. Próby takie były już podjęte i są nadal kontynuowane [4, 11, 18, 24,]. Należy jednak przyjąć, że jest to zadanie trudne, przede wszystkim ze względu na brak białek glutenowych w nasionach miłki, a także inne właściwości samych nasion jak i mąki z nich uzyskanej [3, 4, 11].

Nasiona i mąka z miłki już są przetwarzane na różnego rodzaju produkty żywnościowe i napoje, jak np.: pieczywo, słodki chleb przaśny, naleśniki, herbatniki, ciastka, ciasta, dania z grilla, zapiekanki, a także: zupy, gulasz, puddingi oraz piwo, czy ogólnie napoje alkoholowe [6].

Wysoka zawartość błonnika i brak białek glutenowych (glutenu) powoduje, że w wielu krajach miłka abisyńska staje się popularnym surowcem do produkcji żywności bezglutenowej, a zwłaszcza wyrobów piekarskich [6].

WYKORZYSTANIE MIŁKI ABISYŃSKIEJ W PIEKARSTWIE

Przemiał nasion miłki na mąkę pełnowyciągową jest najwłaściwszy i najprostszy. Za takim sposobem przemiału przemawia zarówno wielkość nasion jak i ich skład chemiczny, a przede wszystkim składniki mineralne zawarte w okrywie owocowo-nasiennej.

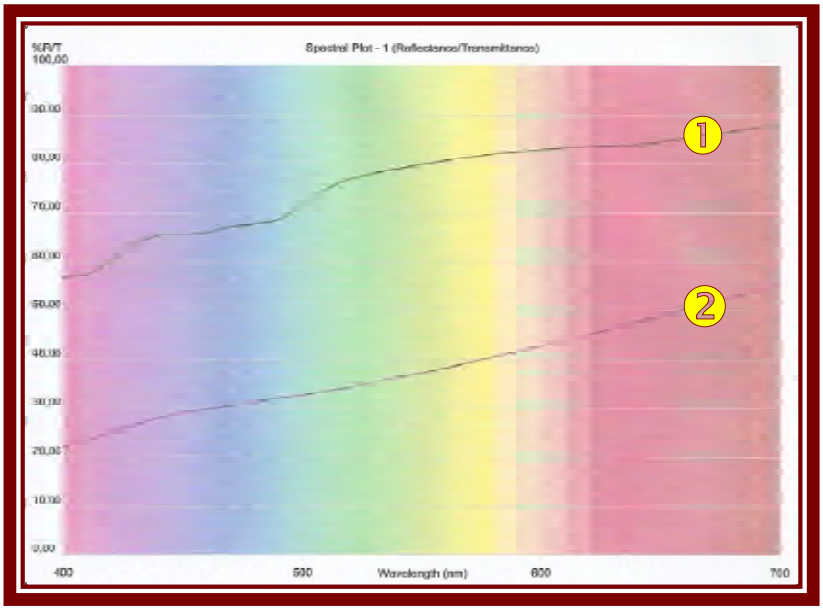
Próby wykorzystania nasion miłki abisyńskiej i mąki z nich uzyskanej w technologii piekarstwa podejmowało wielu autorów [4, 11, 18, 19, 24]. Wykorzystywali oni również mąki pszenne o różnym wyciągu, a tym samym o różnej zawartości popiołu. Otrzymywali pieczywo pszenne zwykłe jak i też prowadzone na zakwasach (starterach). Do wzbogacania pieczywa stosowali mąkę z nasion miłki, którą sami uzyskiwali, względnie pochodzącą od różnych dystrybutorów. Zróżnicowane były także dodatki mąki z miłki, wynoszące od 5 do nawet 30%, w stosunku do użytej mąki pszennej.

Bardzo zróżnicowany był zakres podjętych badań, przy czym, najczęściej, ograniczano się do badania podstawowych cech ciasta i otrzymanego pieczywa.

Jedne z ostatnich prac na ten temat, to badania podjęte na Wydziale Informatyki i Nauk o Żywności w PWSIiP

Rys. 5. Nasiona miłki abisyńskiej i uzyskana z nich mąka pełnowyciągowa stosowane w badaniach przeprowadzonych w Łomży [11].

Fig. 5. Teff seeds and full-meal flour obtained from them used in research carried out in Łomża [11].



Rys. 6. Porównanie barwy mąki pszennej Luksusowa typ 550 i mąki z miłki abisyńskiej (odmiana o nasionach brązowych) (Spektrofotometr Hunter ColorFlex EZ).
1 – mąka pszenna Luksusowa typ 550, 2 – mąka z miłki abisyńskiej [11].

Fig. 6. Comparison of the color of wheat flour type 550 and flour from Teff (a variety with brown seeds)
(Hunter ColorFlex EZ spectrophotometer).
1 - wheat flour Luksusowa type 550, 2 – Teff flour [11].

w Łomży [11]. W badaniach tych prowadzonych przez Dardzińskiego i wsp. [11] do wyprowadzenia ciasta, użyto handlową mąkę pszenną Luksusową typ 550 oraz pełnowyciągową (otrzymaną laboratoryjnie) mąkę z nasion miłki abisyńskiej. Nasiona miłki abisyńskiej (odmiana o nasionach brązowych) otrzymano za pośrednictwem Firmy „Pięć przemian". Wg uzyskanych informacji od dostawcy, nasiona miłki pochodziły z RPA.

Ich wartość energetyczna wynosiła:

- 1398 kJ (334 kcal),

a zawartość najważniejszych składników chemicznych przedstawiała się następująco:

- tłuszcz – 2,1% (w tym kwasy tłuszczowe nasycone 0,7%),
- sacharydy ogółem – 65,4% (w tym cukry – 5,6%),
- białko ogółem – 12,3% oraz
- błonnik surowy – 7,9%.

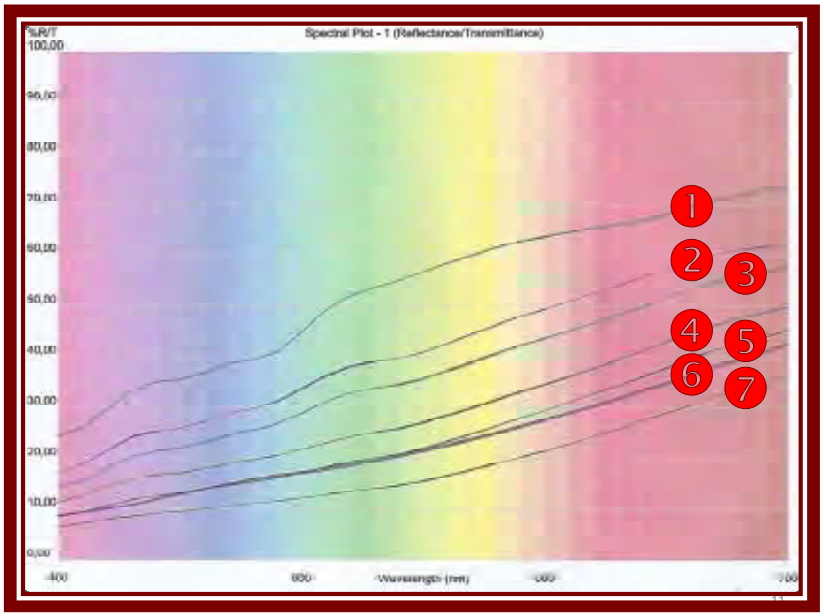
Użyte w omawianych badaniach [11] nasiona miłki abisyńskiej (rys. 5.) miały następujące wymiary:

- długość 1,0,
- szerokość 0,5 mm oraz
- masa 1000 nasion w granicach: 0,280 – 0,300 g [11].

Z danych tych wyraźnie wynika, że nasiona miłki abisyńskiej są bardzo małe, przypuszczalnie najmniejsze spośród wszystkich nasion/ziaren bogatych w sacharydy, a zwłaszcza skrobię, a jednocześnie stanowią wyjątkowo bogate źródło błonnika i składników mineralnych, w tym wapnia i żelaza [6].

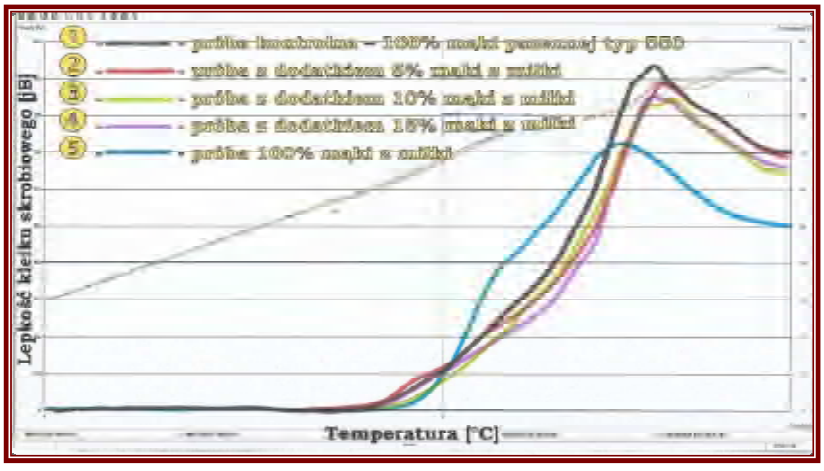
Na rys 5. przedstawiono wygląd i barwę nasion miłki abisyńskiej oraz pełnowyciągowej mąki z nich uzyskanej, natomiast na rys. 6., diagram barwy mąki w porównaniu z barwą handlowej mąki pszennej Luksusowa typ 550 [11]. Przedstawiony rys., jest to wykres komputerowy, uzyskany przy badaniu barwy za pomocą spektrofotometru Huntera ColorFlex EZ. Wykres przedstawia kolorymetryczny model przestrzeni barw, rozciągający się pomiędzy barwami przeciwstawnymi, tworzącymi następujące wymiary: wymiar „L" (oznaczający jasność) oraz wymiary „a" i „b", przedstawiające odpowiednio: udział barwy czerwonej (+a) i barwy żółtej (+b) [27].

W taki sam sposób na rys. 7. i 8., przedstawiono zmiany barwy ciasta pszennego pod wpływem dodatku mąki z miłki abisyńskiej (nasiona brązowe) i zmiany barwy miękiszu uzyskanego chleba [11]. Natomiast w tabeli 2. zebrano wszystkie dokonane pomiary barwy (tj: nasion miłki, handlowej mąki pszennej



Rys. 7. Zmiany barwy ciasta pszennego pod wpływem dodatku mąki z miłki abisyńskiej (spektrofotometr Hunter ColorFlex EZ).
1 – próba kontrolna, ciasto z mąki pszennej Luksusowej typ 550,
2 – ciasto pszenne z dodatkiem 5% mąki z miłki,
3 – ciasto pszenne z dodatkiem 10% mąki z miłki,
4 – ciasto pszenne z dodatkiem 15% mąki z miłki,
5 – ciasto pszenne z dodatkiem 20% mąki z miłki,
6 – ciasto pszenne z dodatkiem 50% mąki z miłki,
7 – ciasto z mąki z miłki (100%) [11].

Fig. 7. Changes in the color of the wheat dough after addition of Teff flour (Hunter ColorFlex EZ spectrophotometer).
1 – control sample, wheat flour type 550, 2 - wheat flour with 5% flour from Teff,
3 – wheat flour with 10% flour from Teff,
4 – wheat cake with the addition of 15% flour with Teff,
5 – wheat cake with the addition of 20% flour from Teff,
6 – wheat cake with the addition of 50% flour from Teff,
7 – a cake made of Teff flour (100%) [11].



Rys. 8. Zmiany lepkości kleiku skrobiowego mąki pszennej Luksusowa typ 550 pod wpływem dodatku mąki z miłki abisyńskiej [11].

Fig. 8. Changes in the viscosity of the starchy pasty wheat flour Luksusowa type 550 after addition of flour from Teff.
1 – control sample, 100% wheat flour type 550, 2 – sample wheat flour with 5% flour from Teff, 3 – sample wheat flour with 10% flour from Teff, 4 – sample wheat flour with 15% flour from Teff, 5 – sample 100% flour from Teff [11].

Tabela 2. Porównanie barwy mąki pszennej typ 550 i mąki z miłki abisyńskiej oraz wpływ dodatku mąki z miłki abisyńskiej na barwę ciasta i miękiszu chleba pszennego z mąki pszennej Luksusowa typ 550 [11]

Table 2. Comparison of the color of wheat flour type 550 and flour from the Teff and the effect of the addition of flour from the eragrostis teff to the color of the dough and bread crumb made of wheat flour type 550 [11]

Lp.	Badane ciasto/miękisz chleba	Barwa (spektrofotometr HUNTER COLORFLEX EZ)		
		L (jasność)	+ a (czerwień)	+ b (żółcień)
1.	Mąka pszenna Luksusowa typ 550	90,97	0,59	10,81
2.	Mąka z miłki abisyńskiej	67,82	4,87	12,38
3.	Ciasto z mąki pszennej (bez dodatku)	79,35	3,15	22,27
4.	Ciasto z dod. 5% mąki z miłki	70,66	5,60	21,18
5.	Ciasto z dod. 10% mąki z miłki	66,80	6,13	21,34
6.	Ciasto z dod. 15% mąki z miłki	59,91	8,14	19,17
7.	Ciasto z dod. 20% mąki z miłki	55,12	9,37	20,72
8.	Ciasto z dod. 50% mąki z miłki	54,77	8,93	18,34
9.	Ciasto z mąki z miłki (100%)	54,11	7,59	19,62
10.	Chleb kontrolny (bez dodatku)	69,02	1,22	20,84
11.	Chleb z dodatkiem 5% mąki z miłki	57,53	4,06	18,61
12.	Chleb z dodatkiem 10% mąki z miłki	49,96	5,13	17,47
13.	Chleb z dodatkiem 15% mąki z miłki	49,37	6,15	17,30
14.	Chleb z dodatkiem 20% mąki z miłki	44,05	7,25	16,90

Luksusowa typ 550 i mąki uzyskanej z miłki, ciast z różnym udziałem obu mąk oraz miękiszów uzyskanych chlebów). We wszystkich badanych próbach określono: jasność badanych produktów (L) oraz zawartość barwników: czerwonego (+a) i żółtego (+b).

Barwa jest bardzo ważnym wyróżnikiem jakości wszystkich produktów spożywczych i zależy od wielu czynników. W wypadku mąki wpływ na barwę ma głównie ilość i wielkość cząstek okrywy owocowo-nasiennej, które dostają się do mlewa (mąki). Czyli barwa bezpośrednio zależy od wyciągu (wydajności) mąki. Innymi ważnymi czynnikami wpływającymi na barwę mąki są także: gatunek i odmiana zboża/rośliny, jego/jej barwa, struktura i barwa bielma oraz rodzaj i ilość występujących zanieczyszczeń [16].

Jak z przedstawionych wyżej danych wynika, mąka uzyskana z brązowych nasion miłki abisyńskiej była wyraźnie ciemniejsza niż, użyta w badaniach, mąka pszenna Luksusowa typ 550. Oddziaływanie mąki z miłki na barwę uzyskanego ciasta i miękiszu wypieczonego z niego chleba było bardzo duże i istotne (rys. 7. i 8. oraz tabela 2.). Jednocześnie należy podkreślić, że zmieniona barwa miękiszu chlebów została pozytywnie oceniona i akceptowana przez 10. osobowy zespół oceniający cechy organoleptyczne uzyskanego pieczywa [11].

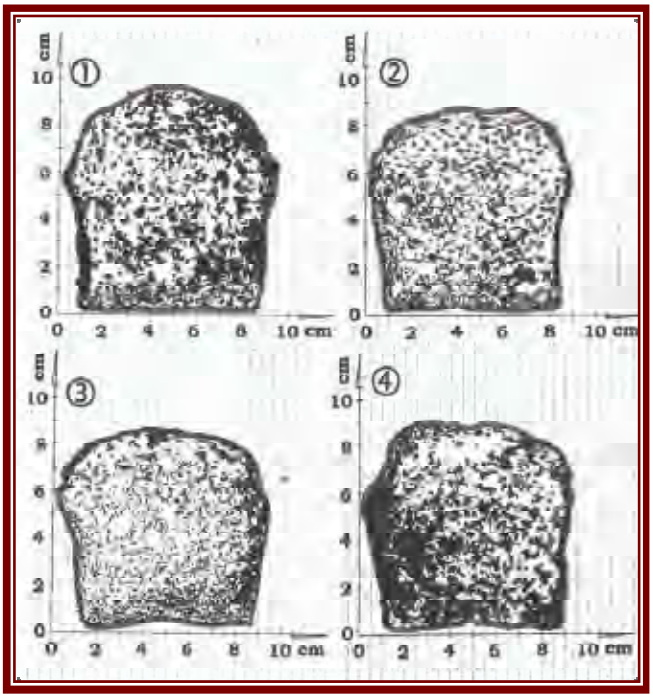
Określając wpływ mąki z nasion miłki abisyńskiej na cechy ciasta, w badaniach prowadzonych w Łomży [11], szczególną uwagę zwrócono na aktywność enzymatyczną zarówno mąki pszennej typ 550 jak i mąki z nasion miłki. W tym celu wykonano zarówno analizę amylograficzną obu mąk jak i badanie ich liczby opadania. Do przeprowadzenia analiz wykorzystano Micro Visco – Amylo – Graph Brabendera i Aparat Hagberga – Pertena [11].

Na podstawie badań amylograficznych określa się zarówno aktywność enzymatyczną mąki, aktywność zawartej w niej alfa (α) – amylazy, względnie podatność skrobi, zawartej w mące, na działania tego enzymu. Przy zawartości skrobi trudno podatnej na działanie amylazy, uzyskiwane wykresy są strome i wysokie, znacznie przekraczające lepkość 500 j.B. (umownych jednostek Brabendera) [16]. Natomiast liczba opadania (LO), określana za pomocą aparatu Hagberga – Pertena, jest miarą aktywności α – amylazy. Jest to wyróżnik jakościowy, powszechnie stosowany w praktyce piekarskiej. Alfa (α) – amylaza działa na skrobię, odbudowując (rozkładając) ją do glukozy lub maltozy, cukrów niezbędnych do fermentacji alkoholowej, poprawiając tym samym działanie drożdży piekarskich, a przez to wpływając na jakość uzyskanego pieczywa. Poziom α – amylazy powinien być niski co ogranicza rozkład skrobi w zbyt wysokim

Tabela 3. Wpływ dodatku mąki z miłki abisyńskiej na ocenę amylograficzną i liczbę opadania mąki pszennej Luksusowa typ 550 [11]

Table 3. The influence of the addition of flour from the Teff on the amylographic evaluation and falling number of wheat flour type 550 [11]

Lp.	Badana próba	Początk. lepkość zawiesiny [jB]	Początek kleikowania skrobi		Koniec kleikowania skrobi		Liczba opadania [s]
			Temp. [°C]	Lepkość [jB]	Temp. [°C]	Maksym. lepkość [jB]	
1.	Mąka pszenna 100%	**19**	**60,2**	**19**	**88,9**	**896**	**425**
2.	Dod. mąki z miłki 5%	18	60,9	18	88,1	**943**	**405**
3.	Dod. mąki z miłki 10%	**17**	**60,4**	**17**	**87,5**	**861**	**458**
4.	Dod. mąki z miłki 15%	**19**	**61,6**	**19**	**88,8**	**845**	**459**
5.	Mąka z miłki 100%	17	65,5	17	84,5	728	470



Rys. 9. Struktura miękiszu chlebów pszennych z mąki Luksusowa typ 550 z różnym dodatkiem mąki z miłki abisyńskiej.
1. – próba kontrolna – bez dodatku mąki z miłki abisyńskiej,
2. – próba z dodatkiem 5%, 3. – próba z dodatkiem 10%,
4. – próba z dodatkiem 15% mąki z miłki abisyńskiej [11].

Fig. 9. The structure of bread crumbs from type wheat flour Luksusowa type 550 with various additions of Teff flour.
1. – control test - without the addition of flour from Teff,
2. – a test with the addition of 5%, 3. - a test with the addition of 10%,
4. – a sample with an addition of 15% Teff flour [11].

stopniu. To z kolei, ma bezpośredni wpływ na lepkość ciasta, a pośrednio na jakość uzyskanego pieczywa. Wysoka liczba opadania wskazuje niską aktywność α – amylazy, a tym samym wysoką przydatność mąki na cele piekarskie [5, 16].

Uzyskane wyniki badań zebrano w tabeli 3 i przedstawiono graficznie na rys. 8. i 9. Same mąki, pszenna typ 550 i z miłki, wykazywały stosunkowo niską aktywność enzymatyczną, albo wysoką odporność skrobi na działanie α – amylazy. Stwierdzone maksymalne lepkości kleików skrobiowych wynosiły odpowiednio: 896 i 728 j.B. Początek kleikowania skrobi pszennej rozpoczynał się w temp. 60,2^{0}C, a skrobi miłki abisyńskiej w temp. nieco wyższej – 65,5^{0}C. Jest to zgodne z ogólnymi poglądami [5, 14, 16], w myśl których, skrobie o mniejszych wymiarach granulek są bardziej odporne na działanie temperatury niż te o większych. W omawianych badaniach [11] pogląd ten w pełni znalazł potwierdzenie.

Dodatek do mąki pszennej 5., 10. lub 15% mąki z miłki powodował zmiany zarówno początkowej jak i końcowej temp. kleikowania, jak i maksymalnej lepkości kleików skrobiowych, których zmiany były większe. Przy najniższym dodatku (5%) następował wzrost maksymalnej lepkości kleiku skrobiowego o ok. 5%, a przy wyższych dodatkach, spadek o ok. 4 lub 6%, w stosunku do próby kontrolnej. Można przypuszczać, że nastąpiło to nie tylko pod wpływem aktywności enzymatycznej obu użytych mąk, ale także różnej odporności skrobi w nich zawartych, na działanie enzymów. Mogły też zachodzić różne interakcje, trudne do przewidzenia i określenia ich skutków [14, 16].

Przypuszczenie to potwierdzają przeprowadzone badania liczby opadania, będące miarą aktywności α – amylazy w ziarnie/mące. Obie użyte w badaniach mąki wykazywały wysoką liczbę opadania (mąka pszenna – 425 s, mąka z miłki – 470 s). Słowik [22] uważa, że wartości liczby opadania powyżej 300 s wskazują na niską aktywność amylolityczną. Mimo to, Jakubczyk i Haber [16] uważają, że do otrzymania ciasta chlebowego, z powodzeniem, mogą być użyte mąki, których liczba opadania mieści się w granicach 300 – 400 s.

W omawianych badaniach Dardzińskiego i wsp. [11] dodatek 5% mąki z miłki abisyńskiej do mąki pszennej, powodował spadek liczby opadania o 4,7%, a dodatki wyższe – wzrost, odpowiednio o 7,8 i 8,0% (rys. 9.). Różnice w liczbie opadania w próbach z dodatkiem 10. i 15% mąki z miłki były minimalne i nieistotne.

Istotne i znaczące zmiany pod wpływem dodatku mąki z nasion miłki abisyńskiej do mąki pszennej Luksusowej typ 550, stwierdzono natomiast w procesie wypieku chleba i cechach uzyskanego pieczywa. Znalazło to swoje odbicie, przede wszystkim, w upieku, stracie wypiekowej całkowitej, objętości pieczywa oraz strukturze jego miękiszu.

Próbne wypieki laboratoryjne przeprowadzono stosując jednofazową metodę prowadzenia ciasta [16]. Próbę wzorcową stanowiło ciasto z mąki pszennej Luksusowej typ 550. W próbach właściwych stosowano dodatek mąki z brązowych nasion miłki abisyńskiej w ilości: 5., 10. i 15% w stosunku do mąki pszennej. We wszystkich próbach wydajność ciasta wynosiła 162,5%. Wyniki badań przedstawiono, odpowiednio, w tabelach 4. i 5. Na rys. 9. przedstawiono strukturę, a na rys. 10 zmiany barwy miękiszów uzyskanych chlebów.

Tabela 4. Strata wypiekowa oraz wydajność pieczywa pszennego z różnymi dodatkami mąki z miłki abisyńskiej [11]

Table 4. Baking loss and yield of wheat bread with various additions of flour from Teff [11]

Lp.	Badana próba	Wydajność ciasta [%]	Strata wypiekowa		Wydajność pieczywa [%]
			Upiek [%]	Całkowita [%]	
1.	Próba kontrolna (bez dodatków)	162,5	14,4	17,5	133,7
2.	Próba z dod. 5% mąki z miłki	162,5	14,2	17,4	133,8
3.	Próba z dod. 10% mąki z miłki	162,5	14,2	17,4	133,9
4.	Próba z dod. 15% mąki z miłki	162,5	12,5	15,5	136,9
5.	Próba z dod. 20% mąki z miłki	162,5	12,6	15,6	135,1

Tabela 5. Zmiany objętości pieczywa pszennego pod wpływem dodatku mąki z miłki abisyńskiej [11]
Table 5. Changes in the volume of wheat bread after addition of flour from Teff [11]

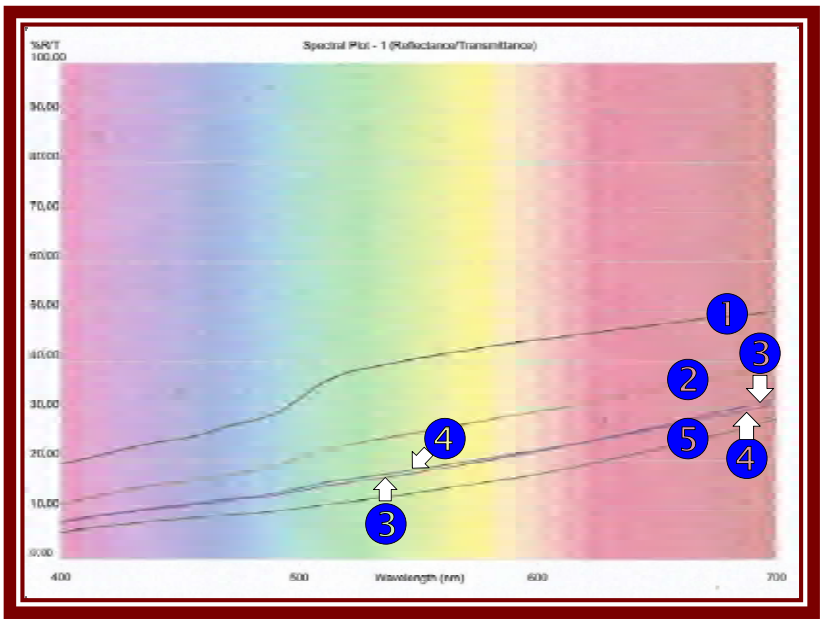
Lp.	Badana próba	Objętość pieczywa:			Współczynnik objętości pieczywa [pkt]
		całkowita [cm³]	100 g pieczywa [cm³]	uzyskan. ze 100 g mąki [cm³]	
1.	Próba kontrolna (bez dodatków)	1016,0	307,8	411,5	406
2.	Próba z dod. 5% mąki z miłki	961,9	291,5	381,5	381
3.	Próba z dod. 10% mąki z miłki	951,4	287,8	385,3	385
4.	Próba z dod. 15% mąki z miłki	920,6	272,4	372,8	373
5.	Próba z dod. 20% mąki z miłki	890,6	267,0	360,7	361

Każdy dodatek mąki z miłki abisyńskiej do pszennego ciasta chlebowego, powodował zmniejszenie strat wypiekowych (upieku i straty wypiekowej całkowitej). Przy dodatku 5. lub 10% mąki z miłki, były to zmiany minimalne, rzędu 1,5 – 0,6%, w stosunku do próby kontrolnej. Można uznać, że były to zmiany w granicach błędu. Przy dodatku 15% mąki z miłki, zarówno upiek jak i strata wypiekowa całkowita były już wyraźne i znaczące, wynoszące odpowiednio: 13,2 i 11,4%, niższe w stosunku do próby kontrolnej. Zmniejszenie obu strat wypiekowych w bezpośredni sposób przekładało się na wzrost wydajności uzyskanego pieczywa, maksymalnie następował wzrost o ok. 2,5%, w stosunku do próby kontrolnej przy maksymalnym dodatku mąki z miłki [11].

Przypuszczać należy, że stwierdzone korzystne zmiany zmniejszenia upieku i straty wypiekowej całkowitej, a w ich następstwie także zwiększenie wydajności pieczywa, bezpośrednio związane były ze skrobią zawartą w nasionach/mące miłki, a konkretnie wielkością granulek, ich wyższą wodochłonnością i wolniejszym oddawaniem wody.

Dodatek mąki z nasion miłki abisyńskiej zdecydowanie niekorzystnie wpływał na objętość uzyskanego chleba jak i na strukturę jego miękiszu. W tabeli 5. przedstawiono zmiany objętości całkowitej, objętości 100 g chleba i objętości chleba uzyskanego ze 100 g mąki oraz zmiany wyliczonego współczynnika objętości. Ta ostatnia wartość bezpośrednio zależy od objętości pieczywa uzyskanego ze 100 g mąki. Na rys. 9 przedstawiono strukturę miękiszów chleba kontrolnego oraz z dodatkiem 5, 10 i 15% mąki z miłki abisyńskiej. Już nawet najniższy dodatek mąki z miłki abisyńskiej powodował obniżenie badanych objętości pieczywa o ok. 5,5%, w stosunku do próby kontrolnej. Dalsze zwiększanie udziału mąki z miłki w cieście powiększało spadek objętości pieczywa, aż o przeszło 12%, przy 20% jej dodatku. Równolegle ze wzrostem ilości dodanej mąki z miłki do ciasta, pogorszeniu ulegała struktura miękiszu uzyskanego chleba. Stawał się on bardziej zbity, mniej pulchny o porach mniejszych i gorzej wykształconych. Znalazło to odbicie w ogólnej porowatości i strukturze miękiszu (rys. 9.), nie mówiąc o objętości pieczywa.

Obniżenie objętości pieczywa i pogorszenie struktury jego miękiszu stwierdzali też inni autorzy, badający skutki dodatku mąki z miłki abisyńskiej do ciast chlebowych [4, 24]. Główną przyczyną obserwowanych, niekorzystnych zmian był, przede wszystkim, brak białek glutenowych w nasionach miłki abisyńskiej.



Rys. 10. Zmiany barwy miękiszu chleba pszennego pod wpływem dodatku do ciasta mąki z miłki abisyńskiej (spektrofotometr Huntera ColorFlex EZ).
1 – próba kontrolna, chleb bez dodatku,
2 – próba z dodatkiem 5% mąki z miłki abisyńskiej,
3 – próba z dodatkiem 10% mąki z miłki abisyńskiej, 4 – próba z dodatkiem 15% mąki z miłki abisyńskiej, 5 – próba z dodatkiem 20% mąki z miłki abisyńskiej [11].

Fig. 10. Changes in the color of the bread crumb after addition of Teff flour (Hunter ColorFlex EZ spectrophotometer).
1 – control test, bread without additions Teff,
2 – test with 5% erigrostis teff flour, 3 - a test with the addition of 10% Teff flour,
4 – a test with the addition of 15% Teff flour,
5 – a test with the addition of 20% Teff flour [11].

Pod wpływem dodatku mąki z miłki abisyńskiej do ciasta z mąki pszennej, w badaniach Dardzińskiego i wsp. [11], stwierdzono także wyraźną zmianę zabarwienia miękiszu uzyskanych chlebów. W miarę zwiększania dodatku mąki z miłki do ciasta, miękisze chlebów stawały się coraz ciemniejsze (bardziej brązowe). Wyniki zebrano tabeli 2., a także przedstawiono, w formie diagramu, na rys. 10. Zmiany barwy miękiszów chlebów pod wpływem dodatku mąki z miłki abisyńskiej można oceniać różnie. W badaniach Dardzińskiego i wsp. [11], było to następstwo użycia odmiany miłki o nasionach ciemnych, brązowych (rys. 5.). Przypuszczać należy, że użycie miłki o nasionach jasnych (białych), nie spowodowałoby takich zmian barwy miękiszów uzyskanych chlebów. W badaniach cytowanych wcześniej autorów [4, 24] nie badano takich aspektów. Jest natomiast pewne, że chleby ze zmienionym zabarwieniem miękiszów, znalazły uznanie wśród zespołu oceniającego jakość chlebów [11].

W badaniach Alaunyte i wsp. [4] starano się poprawić jakość chleba zwykłego pszennego i chleba na zakwasie, poprzez dodatek mąki z miłki abisyńskiej, zastępując nią 10, 20 lub 30% mąki tradycyjnie stosowanej do sporządzenia ciasta. Stwierdzono [4], że w miarę zwiększania dodatku mąki z miłki następowało pogorszenie cech zarówno ciasta jak i otrzymanego pieczywa. Ciasto stawało się mniej stabilne, wzrastał czas jego rozwoju i zmniejszała się odporność na mieszanie, przy jednoczesnym wzroście wydajności, co było cechą wysoce korzystną. Wzrost wydajności ciasta był następstwem wyższej wodochłonności mąki z miłki abisyńskiej, natomiast zmiany jego czasu rozwoju i rozmiękczenia to efekt braku białek glutenowych.

Wolska i wsp. [24] badały ciasto i pieczywo uzyskane z mąki pszennej typ 750 i mąki z miłki abisyńskiej, sporządzając mieszanki, w których udział tej drugiej mąki wynosił, odpowiednio: 6, 12, 18 lub 24%. Jak we wszystkich badaniach tego typu, próbę kontrolną stanowiło pieczywo bez dodatku mąki z miłki abisyńskiej. Ciasto wytwarzano metodą bezpośrednią, jednofazową [5, 16]. Wytworzone ciasta poddano wielu badaniom, w tym ocenie amylograficznej i ocenie alwograficznej. Oba te badania pozwalają określić podstawowe cechy reologiczne ciasta, a na ich podstawie określić wartość technologiczną (wypiekową) mąki. Pod wieloma względami oceniono także uzyskane chleby.

Zarówno w badaniach Alaunyte i wsp. [4] jak i w późniejszych badaniach Wolskiej i wsp. [24], zgodnie stwierdzono pogorszenie cech uzyskanego pieczywa: obniżenie jego objętości i pogorszenie struktury jego miękiszu. Zmianą zdecydowanie niekorzystną było pogorszeniu smaku pieczywa, które stawało się wyraźnie gorzkawe. Zwracają na to uwagę przede wszystkim Alaunyte i wsp. [4]. Dla poprawy cech ciasta i chleba z dodatkiem mąki z miłki stosowali oni [4] równoległy dodatek do ciasta wybranych preparatów enzymatycznych, czyli coś w rodzaju polepszaczy enzymatycznych. Jak podają Alaunyte i wsp. [4] do tego celu mogą być wykorzystane, m.in., ksylanaza, amylaza lub oksydaza glukozowa. Stwierdzono [4], że przy dodatku tych enzymów ulegają poprawie nie tylko cechy organoleptyczne pieczywa, w tym niekorzystny gorzki smak, ale poprawie ulega także struktura jego miękiszu.

Wzbogacaniem pieczywa tradycyjnego mąką z nasion miłki abisyńskiej zajmowali się również Mariam i wsp. [19]. Podobnie jak Dardziński i wsp. [11]. dodawali oni mąkę z miłki w ilościach: 5, 10, 15 i 20% w stosunku do mąki powszechnie stosowanej do wyprowadzenia ciasta na chleb. Cytowani autorzy [19] oceniali zarówno cechy organoleptyczne jak i żywieniowe uzyskanego chleba. Badano, m.in., zawartość białka, popiołu, liczbę opadania, jak również cechy reologiczne ciasta z przygotowanych mieszanek mącznych. Przeprowadzono także badania jakości uzyskanego pieczywa. Zwrócono uwagę, że zastąpienie mąki pszennej mąką z miłki powodowało znaczne zwiększenie zawartości popiołu i znaczne zmniejszenie zawartości białka w pieczywie. Stwierdzenie zmniejszenia zawartości białka w uzyskanym pieczywie jest trochę zaskakujące i nie stwierdzane w innych badaniach [4, 11, 24]. Bowiem zawartość białka w nasionach miłki abisyńskiej jest, mniej więcej, na takim samym poziomie jak w większości ziarna pszenic i mąk z nich otrzymanych (tabela 1.). Zatem zastąpienie części mąki pszennej, mąką z miłki abisyńskiej, nie powinno mieć wpływu na stwierdzoną zawartość białka w uzyskanym pieczywie. Innym zagadnieniem jest stwierdzenie zmniejszenia zawartości glutenu w cieście sporządzonym z mieszanek mącznych z udziałem mąki z nasion miłki abisyńskiej. Potwierdzają to także Wolska i wsp. [24], że w miarę wzrostu dodatku mąki z miłki do mąki pszennej zmniejszała się w mieszance zawartość glutenu, przy jednoczesnym zachowaniu ilości białka ogółem na tym samym, niezmiennym poziomie.

Mariam i wsp. [19] badali także liczbę opadania mieszanek mącznych i stwierdzili, że zwiększała się ona znacząco w miarę wzrostu dodatku mąki z miłki abisyńskiej. Podobne, chociaż nie były to znaczące zmiany liczby opadania, zaobserwowali Dardziński i wsp. [11].

Wszyscy, cytowani wyżej autorzy [4, 19], zgodnie podkreślają że wzbogacanie pieczywa nasionami miłki abisyńskiej może przyczynić się do wyższego spożycia żelaza, co byłoby szczególnie korzystne przy niedoborze tego składnika u dzieci, kobiet w wieku rozrodczym, kobiet w ciąży i kobiet karmiących. Według dokonanych wyliczeń w badaniach Alaunyte i wsp. [4] spożycie 200g chleba z dodatkiem miłki abisyńskiej (na poziomie 10%), może przyczynić się do pokrycia ponad 75% dziennej dawki zapotrzebowania na żelazo.

Są doniesienia, że wzbogacanie pieczywa nasionami miłki abisyńskiej lub produktami z nich uzyskanymi (mąką) już znalazło zastosowanie w praktyce. Lebiedzińska i wsp. [18] opracowali i wdrożyli receptury na mieszanki wypiekowe i sam wypiek pieczywa dietetycznego, prozdrowotnego, w skład którego wchodzi, między innymi, mąka z miłki abisyńskiej.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Nasiona miłki abisyńskiej jak i produkty z nich otrzymane (np.: mąka pełnowyciągowa) to cenne źródło wielu składników odżywczych, niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania organizmu ludzkiego.

Tak jak w składzie chemicznym ziarna podstawowych zbóż tradycyjnych, tak i w nasionach miłki abisyńskiej, najważniejsze i występujące w największych ilościach są trzy grupy związków chemicznych: białka, sacharydy (a wśród nich przede wszystkim skrobia) i tłuszcze.

Pod względem zawartości białka ogółem nasiona miłki abisyńskiej zdecydowanie ustępują np. nasionom soi, ale dorównują natomiast ziarnu pszenicy, jęczmienia czy kukurydzy.

Podobnie jest z zawartością tłuszczu, z tym, że różnice między nasionami miłki i soi są jeszcze większe niż w wypadku białka ogółem. Ogólna zawartość tłuszczu jest też niższa niż w ziarnie kukurydzy czy owsa, natomiast jest zbliżona do poziomu jaki występuje w ziarnie innych zbóż, pszenicy, żyta czy jęczmienia. Nie ma istotnych różnic w składzie kwasów tłuszczowych miłki abisyńskiej w porównaniu z ziarnem zbóż czy nasion soi.

Wśród sacharydów dominuje skrobia, której granulki są małe, ale wyrównane pod względem wielkości, co ma wpływ na jej właściwości technologiczne, jak np. zdolność wiązania wody.

Nasiona miłki abisyńskiej mają wysoką wartość energetyczną. Pod tym względem przewyższają nie tylko ziarno zbóż – ryżu, żyta czy pszenicy, ale nawet nasiona soi, które są znacznie zasobniejsze w składniki wysokoenergetyczne, jakimi są, przede wszystkim, tłuszcze.

Skład chemiczny nasion miłki abisyńskiej, wyraźnie wskazuje na jej wartość i walory jako rośliny o działaniu prozdrowotnym. Drugim ważnym czynnikiem świadczącym o wysokiej wartości prozdrowotnej jest brak w jej nasionach białek glutenowych: gliadyny i gluteniny. Jest to istotne nie tylko dla chorych na celiakię, bowiem coraz częściej uważa się, że dieta bezglutenowa jest lepsza od diety tradycyjnej i bardziej pomocna przy wielu innych schorzeniach, jak np. alergiach, nie mówiąc o chemioterapii.

Nasiona miłki wykorzystywane są, przede wszystkim, do przemiału na mąkę, względnie do produkcji napojów alkoholowych. Najwłaściwszym wykorzystaniem mąki jest jej użycie do produkcji pieczywa. Potwierdzają to badania przeprowadzone w wielu krajach, w tym również w Polsce. Najczęściej mąka z nasion miłki abisyńskiej wykorzystywana była jako dodatek wzbogacający tradycyjne pieczywo, przede wszystkim pszenne. Podejmowano próby jej wykorzystania zarówno do pieczywa drożdżowego jak i ukwaszonego.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że dodatek mąki z miłki abisyńskiej, nie powinien przekraczać 10% w stosunku do użytej mąki podstawowej. Ograniczenie to wynika ze znacznego pogorszenia cech technologicznych uzyskanego ciasta, spowodowane obniżeniem zawartości glutenu (mąka z miłki abisyńskiej nie zawiera białek glutenowych). Efektem tego jest również spadek objętości pieczywa, a tym samym pogorszenie cech jego miękiszu. Drugim czynnikiem ograniczającym wysokość dodatku mąki z miłki abisyńskiej do ciast/pieczywa tradycyjnego jest niekorzystny, gorzkawy jego posmak.

Mimo tych ograniczeń są już dostępne na rynku mieszanki wypiekowe nadające się do wykorzystania zarówno w piekarniach jak i do wypieku domowego.

LITERATURA

[1] **ACHREMOWICZ B., T. HABER. 2017.** „Wykorzystanie bezglutenowego ziarna miłki abisyńskiej (teff) jako surowca w piekarstwie". Przegląd Zbożowo-Młynarski 61(6): 14 – 18.

[2] **ACHREMOWICZ B., T. HABER, G. JAWORSKA. 2017.** „Poprawa jakości chleba bezglutenowego". Przegląd Zbożowo-Młynarski 61(3): 39 – 43.

[3] **ADEBOWALE A.-R. A., M. N. EMMAMBUX, M. BEUKES, J. R. N. TAYLOR. 2011.** „Fractionation and characterization of teff proteins". Journal of Cereal Science 54: 380-386.

[4] **ALAUNYTE I., V. STOJCESKA, A. PLUNKETT, P. AINSWORTH, E. DERBYSHIRE. 2012.** „Improving the guality of nutrient – rich Teff (*Eragrostis tef*) breads by combination of enzymes in straight dought and sourdough bredmaking". Journal of Cereal Science 55: 22 – 30.

[5] **AMBROZIAK Z. 1998.** Produkcja piekarsko – ciastkarska. Cz. 1. Warszawa: WSzP: 203 – 205.

[6] **ARENDT E.K., E.ZANNINI. 2013.** Cereal grains for the food and beverages industries. Woodhead Publishing Limited: 351 – 368.

[7] **BEKELE E. 1998.** „Essential and non-essential amino acids in free state and in the major protein fractions of teff seeds". Ethopian Journal of Sciences 18: 79 – 99.

[8] **BOGACZYŃSKI K. 2007.** „Teff – zboże afrykańskie, z którego wyrabia się indżerę". Przegląd Piekarski i Cukierniczy 55(5): 28 – 29.

[9] **BULTOSA G. 2007.** „Physiochemical characteristics of grain and flour teff *(Eragrostis tef)* grain varietes". Journal of Appl. Sc. Res. 3: 2042 – 2051.

[10] **CURTIS K.R., J. ENTSMINGER, M. COVEE, J. DAVISON. 2008.** Market potential for Nevada teff production. Technical Raport Un. Center for Economic Development. Un. Nevada, Reno. NV.

[11] **DARDZIŃSKI L., T. HABER, M. OBIEDZIŃSKI, E. SZABŁOWSKA, B. WASZKIEWICZ–ROBAK. 2017.** Niepublikowane wyniki badań prowadzonych na Wydziale Informatyki i Nauki o Żywności PWSIiP w Łomży.

[12] **DI GHIONNO L., E. G. LEE, O. MARCONI C. J. RICE, V. SILEONI, G. PERRETTI. 2017.** „Gluten-free sources of fermentable extract: effect of temperature and germination time on quality attributes of teff [Eragrostis tef (zucc.) trotter] malt and wort".. Journal of Agricultural and Food Chemistry 65(23): 4777 – 4785.

[13] **EL-ALFY T., S. EZZAT, A. SLEEM. 2011**. "Chemical and biological study of the seed of Eragostis tef (Zucc.)". National Product Research 216: 619 – 629.

[14] **GĄSIOROWSKI H. (red.).** Pszenica. Chemia I technologia. Poznań: PWRiL: 155– 173.

[15] **HOZYASZ K.K., M. SŁOWIK. 2009.** „Teff – cenne zboże bezglutenowe". Przegląd Gastroenterologiczny 4(5): 239 – 240.

[16] **JAKUBCZYK T., T. HABER (red.). 1983.** Analiza zbóż i przetworów zbożowych. Warszawa: Wyd. SGGW – AR: 268 – 278, 291 – 309.

[17] **KUNACHOWICZ H., B. PRZYGODA, I. NADOLNA, K. IWANOW. 1998.** Tabele składu i wartości odżywczej żywności. Warszawa: Wyd. Lek. PZWL: 330 – 451.

[18] **LEBIEDZIŃSKA A., J. SZCZYPSKI, R. ŻBIKOWSKI, J. CZAJA, P. SZEFER. 2008.** „Powrót do zbóż etnicznych – pieczywo MIX „SPORT" i MIX „FITNESS"". Przegląd Piekarski i Cukierniczy 58(3): 12 – 16.

[19] **MARIAM M., M. ABDELMONEIM, O. GAMMAA. 2009.** „Evaluation of Wheat Breads Supplemented with Teff (Eragrostis tef (ZUCC.) Trotter) Grain Flour". Australian Journal of Crop Science 3 (4): 207-212.

[20] **SERNA – SALDIVAR S.O. 2010.** Cereal Grains. Properties, processing and nutritional attributes. CRS Press, Boca Raten – London – New York: 83 – 105.

[21] **SEYFU K. 1997.** „Tef. Eragostis tef (Zucc.) Trotter. Promoting the conservation and use of underutilized crops". Rome: Institute Plant, Genetics and Crop Research.

[22] **SŁOWIK E. 2006.** „Ocena jakości mąki – przegląd najczęściej stosowanych metod badania mąki" (część 1). Przegląd Piekarski i Cukierniczy 54 (11): 14 – 18.

[23] **TAYLOR J.R., M.N. EMMAMBUX. 2008.** „Products containing Rother specjalty grains:sorghum, millets and pseudocereales". In: Hamaker B. (Ed.): Technology and Functional Cereal Products. Woodhead Publ. Abington, UK: 281 – 335.

[24] **WOLSKA P., A. CEGLIŃSKA, J. WOJNIŁOWICZ. 2012.** „Ocena jakości pieczywa pszennego z udziałem mąki teffu". Acta Agrophysica 19(3): 689 – 697.

[25] http://www.milletsplace.com/#top

[26] https://pl.wikipedia.org/wiki/Mi%C5%82ka_abisy%C5%84ska

[27] https://pl.wikipedia.org/wiki/Przestrze%C5%84_barw_L,a,b

[28] https://pl.wikipedia.org/wiki/Ynd%C5%BCera

[29] www.izito.pl/Dobre_Wyniki

Dr inż. Krzysztof KUCHARCZYK
Prof. dr hab. inż. Tadeusz TUSZYŃSKI
Krakowska Wyższa Szkoła Promocji Zdrowia w Krakowie
Prof. dr hab. inż. Krzysztof ŻYŁA
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

FILTRACJA ZACIERU PRZY UŻYCIU KADZI FILTRACYJNEJ®

Mash filtering using lauter tun®

Słowa kluczowe: zacier, filtracja zacieru, kadź filtracyjna, warzelnia.

Filtracja zacieru jest jednym z najważniejszych etapów produkcji brzeczki piwnej. Celem filtracji zacieru jest uzyskanie klarownej brzeczki w wyniku oddzielenia wysłodzin. Do oddzielenia zacieru od wysłodzin stosuje się kadzie filtracyjne i w mniejszym stopniu filtry do zacieru. Materiałem filtracyjnym w kadzi filtracyjnej jest głównie łuska słodu zawierająca dużą ilość celulozy i hemicelulozy. Otrzymana w wyniku filtracji brzeczka kierowana jest do kotła warzelnego celem jej gotowania z chmielem, natomiast wysłodziny są usuwane z kadzi filtracyjnej do specjalnego zbiornika na wysłodziny. Filtracja zacieru w kadzi filtracyjnej jest najbardziej czasochłonnym etapem produkcyjnym na warzelni, na którą składa się: przygotowanie kadzi, utworzenie warstwy filtracyjnej, filtracja brzeczki przedniej i wysłodkowej oraz oczyszczenie kadzi z wysłodzin i wypłukanie wnętrza gorąca wodą przed kolejną filtracją. Kadź filtracyjna wyposażona jest w podwójne dno, obrotowy spulchniacz (mieszadło) z listwą zgarniającą oraz układ do wysładzania warstwy filtracyjnej przy użyciu gorącej wody. Obecnie stosowane kadzie filtracyjne charakteryzują się wysoką wydajnością, niskimi kosztami eksploatacyjnymi, dużą niezawodnością, a jednocześnie zapewniają wysoką jakość uzyskiwanej brzeczki.

Key words: mash, filtration, spent grains, lauter tuns.

Filtration of the mash is one of the most important stages in the wort production in breweries. The result of mash filtration is a clear wort resulting from separation of the brewer's spent grains. Lauter tuns and the mash filters are used for mash filtration. The filtration material in the Lauter tun are malt husks containing a large amount of cellulose and hemicellulose. After filtration, the wort is directed to the wort kettle for boiling with hops, while the spent grains are removed from the lauter tun to the special montejus container. The filtration process of the mash in the Lauter tun is the most time-consuming production stage in the brewhouse. It consists of the preparation of a filtration vessel, the formation of a filtration layer, the proper filtration and the final cleaning of false bottom with hot water before next filtration. The Lauter tun is equipped with a double bottom, a rotary raking machine with blades and a system for sparging filtration layer using hot water. The currently used Lauter tuns are characterized by high efficiency, low operating costs, high reliability, and, at the same time, the vessels ensure high quality of the wort.

WPROWADZENIE

Filtracja zacieru jest procesem w dużym stopniu determinującym kompozycję brzeczki. Oddzielanie wysłodzin od klarownej brzeczki jest najbardziej czasochłonną operacją na warzelni i w największym stopniu decydującą o wydajności tego etapu produkcji piwa [4,5,9].

Celem filtracji jest wydzielenie wysłodzin w celu uzyskania klarownej brzeczki. W wyniku filtracji powinno się uzyskać zawartość osadu w brzeczce nie większą niż 100 mg/L z jednoczesną klarownością poniżej 20 jednostek EBC oraz jak najmniejszym natlenieniem (poniżej 0,20 mg/L).

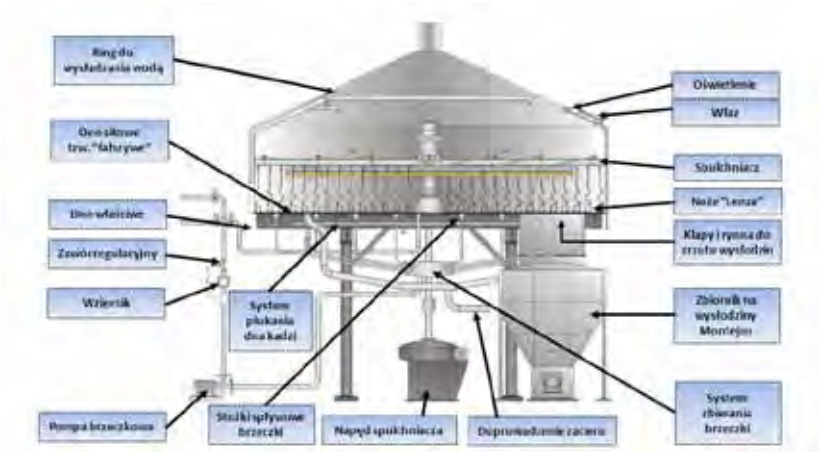
Głównym zadaniem filtracji jest oddzielenie z zacieru klarownej brzeczki zawierającej rozpuszczalne w wodzie komponenty (składniki ekstraktu). Ta czasochłonna czynność w praktyce sprawia wiele problemów technologicznych. Brzeczka przednia i wysłodkowa często porywa z zacieru małe, nierozpuszczalne cząstki strąconych białek i innych zawiesin, które w dalszym procesie technologicznym utrudniają klarowanie piwa, szczególnie podczas fermentacji i filtracji [7,8,10,12].

Podczas filtracji zacieru istotne jest odzyskanie w jak największym stopniu, składników ekstraktu, jednak bez nadmiernego rozcieńczania brzeczki wodami wysłodkowymi. Jest to proces, w którym łuska słodu i ewentualnie jęczmienia (surowiec niesłodowany), spełniają rolę materiału filtracyjnego. Odbywa się ona w dwóch etapach [6,10]:

- spływ brzeczki przedniej – z nalewu głównego do procesu zacierania,
- wymywanie wysłodzin (wody wysładzające).

Do filtracji zacieru stosuje się kadzie filtracyjne (rys. 1) lub filtry zacierowe [1,9]. Szczególnie w kadzi filtracyjnej bardzo ważnym zjawiskiem fizycznym jest utworzenie naturalnej warstwy filtracyjnej. Stan łuski i stopień rozdrobnienia słodu, odgrywają istotną rolę po efektywności i szybkości filtracji.

Adres do korespondencji – Corresponding author: Krzysztof Kucharczyk, e-mail: krzysztof.kucharczyk1@googlemail.com



Rys. 1. Kadź filtracyjna.
Fig. 1. Lauter tun.
Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

Do niekorzystnych zjawisk podczas filtracji należy zaliczyć obecność tlenu, która sprzyja utlenianiu polifenoli (garbników) i tworzeniu się kompleksów białkowo-garbnikowych, w postaci zawiesin utrudniających filtrację.

Podczas filtracji brzeczki przedniej, która trwa zwykle około 30-60 min, zachodzą w dalszym ciągu przemiany enzymatyczne. Działanie enzymów amylolitycznych, głównie β i α-amylazy, poprawia efekt scukrzania i obniża lepkość brzeczki. W procesie filtracji zacieru, a zwłaszcza podczas wysładzania, na skutek wzrostu pH następuje zwiększanie ilości niepożądanych substancji garbnikowych nadających piwu niekorzystny tzw. ściągająco-goryczkowy posmak.

Z punktu widzenia wydajności warzelni, istotnym parametrem jest czas filtracji zacieru. Krótszy czas filtracji wpływa korzystnie na jakość brzeczki, a przede wszystkim na przepustowość warzelni. Istnieje wiele czynników wpływających na przyspieszenie lub wydłużenie procesu filtracji. Przykładem opisu tych zależności jest wzór *Poiseuille-'a* [8,11].

$$Q = \frac{\Pi \cdot \Delta P \cdot r^4 \cdot F \cdot z \cdot t}{8 \cdot \mu \cdot L \cdot \alpha} \qquad (1)$$

gdzie:
- **Q** – objętość przefiltrowanej brzeczki (m^3),
- **ΔP** – różnica ciśnień ($kg/s^2 \cdot m$),
- **r** – promień kanalika kapilary (m),
- **F** – powierzchnia filtracji (m^2),
- **z** – liczba kanalików przypadająca na jednostkę powierzchni filtracji (n/m^2),
- **t** – czas filtracji (s),
- **μ** – lepkość cieczy (brzeczki) (kg/s. m),
- **L** – długość kapilary (m),
- **α** – współczynnik określający zakrzywienie kanalików (kapilar).

Do głównych czynników determinujących wydajniejszą filtrację zacieru należy zaliczyć powierzchnię filtracyjną perforowanego dna kadzi, strukturę warstwy filtracyjnej, którą określa średnica i długość utworzonych kanalików kapilar, a także wytworzona różnica ciśnienia w wyniku zastosowania pompy ściągającej. Do czynników, które utrudniają filtrację zaliczamy lepkość zacieru, wysokość warstwy filtracyjnej oraz szybkość obrotową spulchniacza, którego praca wpływa na strukturę warstwy filtracyjnej, a tym samym na kształt powstających w niej kanalików brzeczkowych.

FILTRACJA ZACIERU PRZY UŻYCIU KADZI FILTRACYJNEJ

Kadź filtracyjna ma kształt zbiornika cylindrycznego z dnem płaskim. Od góry jest przykryta kopułą z wyciągiem kominowym do odprowadzania oparów. Obecnie nowe kadzie filtracyjne wykonuje się wyłącznie ze stali nierdzewnej. Starsze typy kadzi wykonywane były ze zwykłej blachy stalowej, przy czym sita formowano z mosiądzu. Część cylindryczna i górna pokrywa kadzi filtracyjnej są zwykle izolowane wełną mineralną i zabezpieczane blachą przed uszkodzeniem i nawilżaniem.

Powszechnie stosowane kadzie filtracyjne mają objętość od 20 do 1600 hl. Najważniejszą częścią technologiczną kadzi filtracyjnej jest podwójne dno (dno właściwe i dno perforacyjno-sitowe) oraz osprzęt do odbioru brzeczki, elementy spulchniające a także dysze myjące [2].

Na całej powierzchni właściwego dna kadzi są umieszczone równomiernie rurki do spływu brzeczki. W nowoczesnych kadziach liczba rurek ściągających jest tak dobrana, aby na jedną rurkę przypadała powierzchnia kadzi 0,9 – 1,0 m^2, w starszych typach kadzi powierzchnia ta była znacznie większa (1,2 – 1,5 m^2).

Konstrukcja osprzętu mieszadła (spulchniacza) ma istotne znaczenie na wydajność procesu oraz jakość uzyskiwanej brzeczki, zwłaszcza jej klarowność. W celu uzyskania klarownej brzeczki rekomendowana jest maksymalna szybkość obrotowa spulchniacza w ilości 3 obrotów na minutę a jego noże (Lenza) powinny być utrzymywane w odległości od 5 do 8 cm od dna sitowego [4,5].

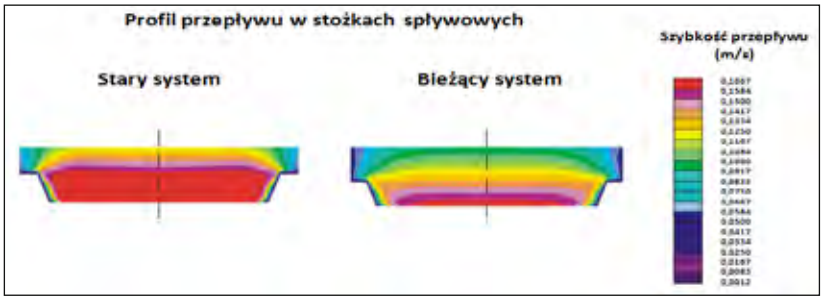
Grubości warstw filtracyjnych są bardzo zróżnicowane w zakresie od 20 do prawie 50 cm, a ich obciążenie może wahać się w przedziale od 150 do 340 kg na m^2, co ma istotny wpływ na liczbę cykli filtracyjnych, których może być od 6 do 12 na dobę [1,7].

Według Jonesa i in. [3] wysokość warstwy filtracyjnej wysłodzin ma wpływ na usuwanie związków lipidowych. W przypadku większego obłożenia sit, mniej komponentów tłuszczowych przechodzi do wody wysłodkowej, co ma korzystny wpływ na jakość piwa.

W kadziach filtracyjnych, w zależności od producenta, rurki odprowadzające brzeczkę łączą się najczęściej w jeden centralny kolektor, ale może być kilka mniejszych kolektorów.

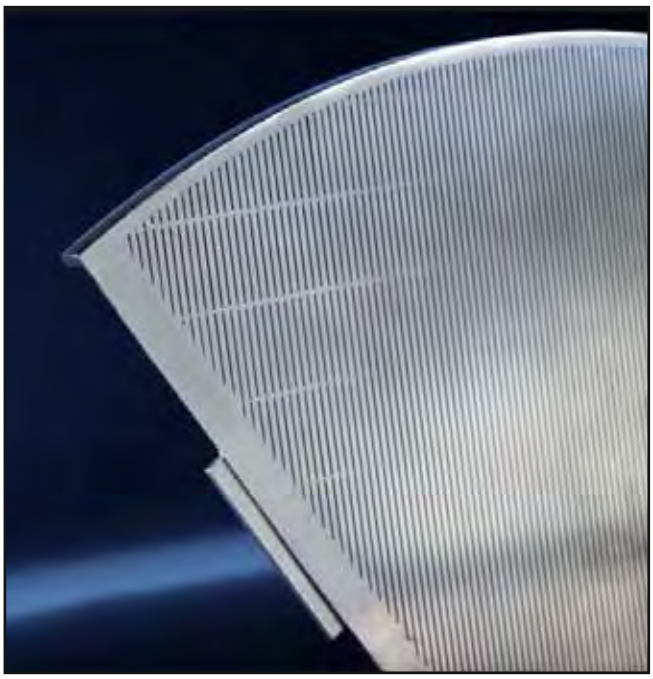
Prędkość przepływu brzeczki w rurkach waha się w zakresie 0,1 – 0,3 m/s (rys. 2).

Połączenia rurek z otworami w dnie kadzi, mają zwykle przekrój stożkowy – średnica otworu w dnie jest większa od średnicy rurki. Daje to efekt zwężenia strumienia brzeczki, a więc następuje wzrost prędkości i obniżenie ciśnienia. W ten sposób uzyskuje się zwiększenie różnicy ciśnień, co ma też wpływ na szybkość filtracji [13].



Rys. 2. Profile przepływu w stożkach spływowych.
Fig. 2. The profiles in the run-off cones.
Źródło: GEA Brewery System 2014 [13]
Source: GEA Brewery System 2014 [13]

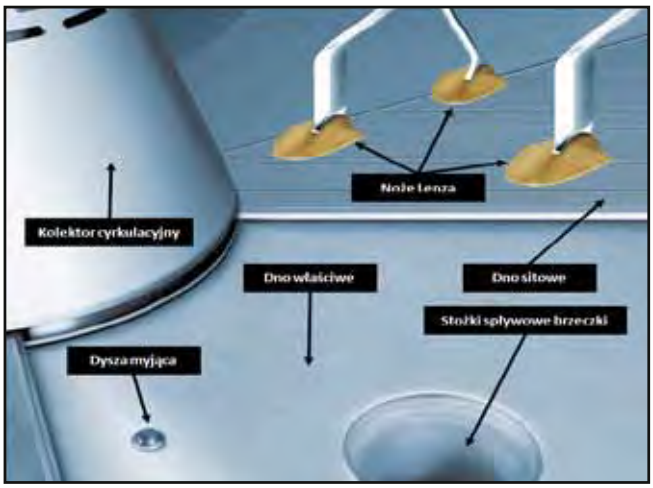
Nad właściwym dnem kadzi, w odległości 5-20 mm, umieszczone jest rozbieralne dno sitowe (rys. 3). Stare typy sit były wykonane z brązu lub mosiądzu, a obecnie są to elementy ze stali kwasoodpornej. Powierzchnia prześwitu kształtuje się w granicach od 6 do 15%. Nowoczesne sita szczelinowe wykonuje się ze specjalnie połączonych ze sobą prętów o przekroju trapezowym. Szerokość szczeliny wynosi 0,5-0,7 mm, a prześwit sit jest korzystniejszy i wynosi od 20 do 35% [8,13].



Rys. 3. Dno sitowe w kadzi filtracyjnej.
Fig. 3. The false bottom in lauter tun.
Źródło: Trislot NV [14]
Source: Trislot NV [14]

Wewnątrz kadzi są zainstalowane mieszadła, tzw. spulchniacze, o liczbie ramion od 2 do 6, do których pionowo przytwierdzono specjalne noże Lenza zwane potocznie *kopaczkami* (rys. 4). Noże służą do spulchniania zacieru podczas filtracji. Spulchniacze są podnoszone lub opuszczane hydraulicznie w zależności od przepuszczalności warstwy filtracyjnej.

Do usuwania wysłodzin z kadzi służą listwy zgarniające, które w sposób automatyczny, poprzez maksymalne podniesienie mechanizmu spulchniającego, w zależności od sekwencji programu „zwalniane" są z ramion spulchniacza. W nowoczesnych spulchniaczach zastosowano noże Lenza, zakończone podwójnymi płużkami przeciwdziałającymi tzw. zaciąganiu *ciasta* przy spulchnianiu i zwiększaniu niekorzystnego zmętnienia brzeczki. Pozwalają one na skrócenie czasu filtracji w wyniku zapobiegania zwiększaniu nadmiernej różnicy ciśnień wewnątrz warstwy wysłodzin pomiędzy lustrem brzeczki, nad i pod wysłodzinami.



Rys. 4. Widok wnętrza kadzi filtracyjnej z wyeksponowanymi nożami Lenza.
Fig. 4. Interior view of the lauter tun with exposed Lenza knives.
Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

PROCES FILTRACJI ZACIERU W KADZI FILTRACYJNEJ

Proces przygotowania kadzi filtracyjnej do przyjęcia zacieru polega na jej nagrzaniu wodą o temperaturze około 80°C oraz usunięciu powietrza z przestrzeni między dennej. Do tak przygotowanego naczynia filtracyjnego wprowadza się zacier o temperaturze 76-78°C. Podczas przetłaczania zacieru mieszadło w kadzi zaciernej powinno być w ruchu, a przepływ zacieru do kadzi filtracyjnej odbywa się z prędkością nie większą niż 1 m/s. Zarówno napływ zacieru od dołu, jak i szybkość przepływu mają wpływ na równomierne ułożenie warstwy filtracyjnej oraz jak najmniejsze jej napowietrzenie. Ma to wpływ na szybkość spływu brzeczki przedniej i jej klarowność. Czas przetłaczania zacieru do kadzi filtracyjnej powinien być możliwie krótki, ok. 10 min. Proces prawidłowego rozprowadzenia zacieru w kadzi filtracyjnej ma istotne znaczenie dla właściwego przeprowadzenia procesu filtracji, zwłaszcza wydajności uzyskiwanego ekstraktu i klarowności powstającej brzeczki.

Cięższe składniki zacieru, jak np. łuski z resztkami bielma, niescukrzone cząstki grubego grysiku i większe grudki osadów opadają szybko na dno. W czasie kilku minut wytwarzają stosunkowo wysoką warstwę filtracyjną. Na tej warstwie osadzają się części lżejsze, jak kawałki łuski, nierozpuszczalne części bielma, resztki warstwy aleuronowej i napęczniałe kłaczki wielkocząsteczkowych białek. Tworzą one

grubą warstwę o konsystencji *ciasta*, która jest mało przepuszczalna i w zależności od jej rozmieszczenia w kadzi filtracyjnej, mniej lub bardziej utrudnia filtrację [8,10,12].

Kolejna warstwa składa się z osiadających drobnych, lekkich osadów, głównie wytrąconych białek. Wysokość tej warstwy jest na ogół niewielka i nie sprawia większych kłopotów w czasie filtracji.

Filtracja brzeczki przedniej

Podczas sedymentacji części stałych przy tworzeniu warstwy filtracyjnej część osadu przenika przez sito i osiada na dnie kadzi. Już w trakcie przepompowania pierwszej części zacieru do kadzi filtracyjnej, w nowoczesnych systemach, rozpoczyna się wewnętrzna cyrkulacja. Osady, które osiadły pod perforowanym dnem są wtedy w większości zawracane na powierzchnię zacieru w kadzi. Od momentu rozpoczęcia filtracji brzeczki do zbiornika pośredniczącego lub kotła warzelnego, następuje zmiana równowagi w warstwie filtracyjnej.

Brzeczka przepływająca przez warstwę wysłodzin pozostawia coraz większą ilość drobnych osadów, wskutek czego przepuszczalność warstwy filtracyjnej stopniowo maleje. W miarę spływu brzeczki na dnie sitowym osiadają cząstki młóta. Po spływie brzeczki przedniej, cząstki zacieru przylegają do sita tak szczelnie, że dla swobodnego przepływu pozostaje zaledwie kilka procent ogólnej powierzchni filtracyjnej sit [6,8,10].

Dla ułatwienia dalszego procesu filtracji zacieru, obniża się położenie noży Lenza i uruchamia mieszadło celem zmieszania całej warstwy wysłodzin przy wstrzymanym ściąganiu brzeczki. Po tej operacji należy znów przeprowadzić proces klarowania i uformowania nowej warstwy filtracyjnej, następnie rozpoczyna się ponowny spływ brzeczki. Dodatkowe operacje wiążą się z opóźnieniem w procesie nawet do 10-15 min.

Na wydajność filtracji istotny wpływ ma temperatura i pH filtrowanego zacieru, gęstość brzeczki, jakość użytego słodu i stopień jego rozdrobnienia. Spadek temperatury zacieru o 1°C powoduje wzrost lepkości o 0,2%. Optymalne pH zacieru dla filtracji waha się w granicach od 5,50 do 5,75. Słód dobrze rozluźniony (dosuszany) w wysokiej temperaturze (80-85°C), mający niską zawartość β-glukanów (poniżej 200 mg/l) wpływa na lepszy przebieg filtracji [8,9].

Przy użyciu klasycznych kadzi filtracyjnych czas filtracji trwa ok. 6 h, a w nowoczesnych kadziach filtracyjnych można przefiltrować brzeczkę od 8 do 12 razy w ciągu doby [7].

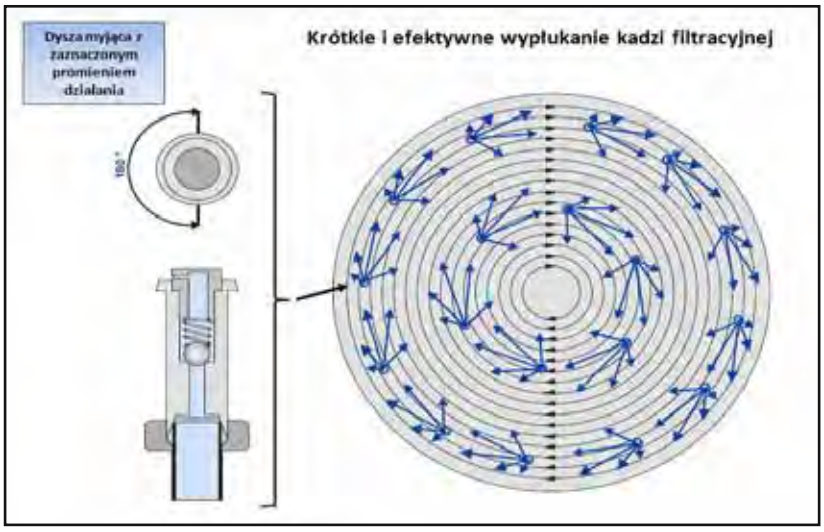
Montaż pomp ściągających brzeczkę, wpływa na skrócenie procesu filtracji zacieru w klasycznych kadziach nawet do 4 godzin i pozwala na odfiltrowanie dwóch warek w ciągu jednej 8-godzinnej zmiany produkcyjnej.

Proces wysładzania

Wysładzanie jest procesem, w którym następuje przemywanie wysłodzin gorącą wodą o temperaturze 76 – 78°C, po ściągnięciu brzeczki przedniej. Wskazane jest rozpoczęcie wysładzania po odfiltrowaniu w większości brzeczki przedniej. W obrębie pracy mieszadła, warstwa wysłodzin jest zawsze unoszona o około 1-3 cm, głównie przez zanurzone w warstwie noże Lenza. W dawnych systemach, brzeczkę przednią ściągano do końca, tzn. do sucha, i dopiero wtedy rozpoczynano przemywanie warstwy wysłodzin gorącą wodą. Takie prowadzenie procesu zapewnia bardzo wysoką wydajność uzyskiwanego ekstraktu, jednak może mieć wpływ na jakość brzeczki, ponieważ następuje zassanie powietrza do warstwy filtracyjnej, co powoduje wiele niekorzystnych przemian chemicznych oraz enzymatycznych, m.in. utlenianie kwasów tłuszczowych. Wskazane jest zatem rozpoczęcie wysładzania z chwilą ukazywania się powierzchni warstwy filtracyjnej.

Wysładzanie prowadzi się porcjami dodawanej wody (z krótkimi przerwami), albo przez stały powolny napływ wody ługującej. Bez względu na wybraną metodę doprowadzenia wody do wysładzania, należy zapewnić właściwy balans pomiędzy ilością odprowadzanej brzeczki z kadzi filtracyjnej, a ilością dodawanej wody w procesie wysładzania. Od momentu dodania pierwszej porcji wody wysładzającej, jej ilość w poszczególnych etapach powinna być większa aniżeli ilość odprowadzanej brzeczki, co zapewni ciągłość przykrycia wodą warstwy wysłodzin i zabezpieczy przed procesami utlenienia. Efektem prawidłowego prowadzenia procesu wysładzania jest odkrycie warstwy wysłodzin dopiero po ściągnięciu ostatniej porcji wody wysładzającej. Uzyskana w tym etapie brzeczka wysłodkowa nie trafia jednak do kotła warzelnego lecz pozostaje w warstwie filtracyjnej lub grawitacyjnie spływa do kanału w etapie osuszania wysłodzin przed usunięciem z kadzi filtracyjnej.

Podczas wysładzania wzrasta pH brzeczki wysłodkowej nawet do 6,5, a to sprzyja rozpuszczaniu garbników, niektórych związków białkowych i innych składników niekorzystnie wpływających na jakość piwa. Ze względu na jakość piwa korzystniej jest prowadzić mniej intensywne ługowanie wysłodzin, do zawartości ekstraktu w brzeczce wysłodkowej



Rys. 5. Dysze myjące oraz ich optymalne ustawienie w przestrzeni pomiędzy dnem właściwym i sitowym.

Fig. 5. Spray nozzle and their optimally arranged in the space between bottom and false bottom.

Źródło: GEA Brewery System 2014 [13]

Source: GEA Brewery System 2014 [13]

w granicach do 0,5-1,5%. Ługowanie do zawartości ekstraktu w brzeczce wysłodkowej poniżej 0,5% wpłynie na wzrost wydajności warzelni, lecz pogorszy jakość piwa [6,8,10].

Po zakończeniu ługowania, następną operacją w kadzi filtracyjnej jest usunięcie z niej młóta. W tym celu zamyka się zawory spływu brzeczki, a otwiera klapy do usuwania wysłodzin i uruchamia mieszadło z opuszczonymi listwami wygarniającymi. Następnie po dokładnym przemyciu wodą górnej części sitowej oraz przestrzeni brzeczkowej przystępuje się do następnej filtracji. Na koniec tygodnia przeprowadza się mycie i dezynfekcję, przy użyciu stacji CIP w połączeniu z dyszami zamontowanymi w dnie kadzi filtracyjnej (rys. 5). Promień działania dysz ustawiony jest w jednym kierunku aby zapewnić jak największą efektywność mycia.

PODSUMOWANIE

Filtracja zacieru jest jednym z ważniejszych procesów produkcji brzeczki, w wyniku którego uzyskuje się klarowny półprodukt, o możliwie jak najmniejszej zawartości osadów. Wyróżnia się filtrację zacieru w kadzi filtracyjnej lub w filtrze zacierowym. Proces filtracji w kadzi filtracyjnej składa się z dwóch głównych etapów, czyli filtracji brzeczki przedniej i wysłodkowej oraz operacji pomocniczych, do których zalicza się przygotowanie kadzi na przyjęcie zacieru, a po zakończonym procesie wysładzania, usunięcie wysłodzin i końcowe wypłukanie. Filtracja w kadzi filtracyjnej jest stosowana w zdecydowanej większości browarów, zarówno w Polsce jak i na świecie. Zaletą stosowania tej metody filtracji jest wykorzystanie łuski i rozdrobnionego słodu jako naturalnego materiału filtracyjnego, oraz łatwość czyszczenia i mycie całego układu po każdej filtracji.

Ciągłe doskonalenia konstrukcji kadzi filtracyjnych oraz ich systemów elektronicznej regulacji i komputerowego obrazowania, stwarzają możliwości do pełnej optymalizacji przebiegu procesu filtracji zacieru.

LITERATURA

[1] **BRIGGS D., CH. BOULTON, P. BROKES, R. STEVENS. 2004.** Brewing Science and Practice, Woodhead Publishing Limited, Cambridge.

[2] **ESLINGER H.M. 2009.** Handbook of brewing, Wiley-VCH, Weinheim.

[3] **JONES M., R. COPE, C. RAINBOW. 1975.** Changes in the free fatty acids and other lipids of worts during boiling and fermentation, Proceedings of the European Brewery Convention Congress, Nice, Elsevier.

[4] **KUHBECK F., W. BACK, M. KROTTENTHALER. 2006.** „Influence of lauter turbidity on wort composition, fermentation performance and beer quality – a review". Journal of the Institute of Brewing 112(3): 215-221.

[5] **KUHBECK F., W. BACK, M. KROTTENTHALER. 2006.** „Influence of lauter turbidity on wort composition, fermentation performance and beer quality in large – scale trials". Journal of the Institute of Brewing 112(3): 222-231.

[6] **KUNZE W. 1999.** Technology Brewing and Malting, VLB Berlin.

[7] **ORMROD H. 1986.** „Centenary review modern brewhouse design and its impact on wort production". Journal of the Institute of Brewing 92: 131-136.

[8] **PAZERA T., T. RZEMIENIUK. 1998**. Browarnictwo – podręcznik dla technikum, WSiP Warszawa.

[9] **SCHNEIDER J., M. KROTTENTHALER, W. BACK, H. WEISSER. 2005.** „Study on the membrane filtration of mash with particular respect to the quality of wort and beer". Journal of the Institute of Brewing 111(4): 380-387.

[10] **SCHNEIDER J., H. WEISSER. 2004.** „Diafiltration of mash". Journal of the Institute of Brewing 110(4): 326-334.

[11] **SUTERA S., R. SKALNIAK. 1993.** The History of Poiseuille's Law Annual Review of Fluid Mechanics. *25: 1–19.*

[12] **WEBSTER R. 1981.** „Prediction of the lautering performance of malt". Journal of the Institute of Brewing 87: 52-56.

[13] https://www.gea.com/en/binaries/LAUTERSTAR_0214_EN_tcm11-12180.pdf

[14] http://www.trislot.be/files/pdf/application%20beerbottom%20polish.pdf

Dr hab. inż. Hanna KOWALSKA, prof. SGGW
Dr hab. inż. Agata MARZEC, prof. SGGW
Dr hab. inż. Dariusz PIOTROWSKI
Dr hab. inż. Jolanta KOWALSKA
Inż. Magdalena ŁUCZKIEWICZ
Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydział Nauk o Żywności
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

ZASTOSOWANIE MIKROTOMOGRAFII DO BADANIA ZMIAN MIKROSTRUKTURY ŻYWNOŚCI W PROCESIE ODWADNIANIA I ZAMRAŻANIA®

Microtomography applying to study of food microstructure in dehydration and freezing®

Badania wspierane finansowo z dotacji MNiSW na działalność statutową Wydziału Nauk o Żywności, Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Słowa kluczowe: mikrotomograf, mikrostruktura, odwadnianie osmotyczne, zamrażanie.

Badanie mikrostruktury podczas przetwarzania żywności umożliwia ulepszenie i optymalizację technologii produkcji oraz podniesienie jakości żywności. Mikrotomografia jest metodą analizy mikrostruktury, która nie wymaga określonego, często skomplikowanego przygotowania próbek, w porównaniu do innych technik.

Potrzebne jest jednak duże doświadczenie w wykonywaniu obrazów mikroskopowych w układach dwu i trójwymiarowych poprzez dostosowanie parametrów skanowania w pierwszym etapie pomiaru oraz podstaw teoretycznych przydatnych do analizy różnych produktów spożywczych.

Key words: microtomograph, microstructure, osmotic dehydration, freezing.

Examination of microstructure during food processing enables improvement and optimization of production technology and food quality improvement. Microtomography is a microstructure analysis method that does not require specific, often complicated samples, compared to other techniques.

However, a lot of experience in performing microscopic images in two and three-dimensional systems by adjusting the scanning parameters in the first stage of measurement and theoretical, foundations useful for the analysis of various food products.

WSTĘP

Obecnie istnieje wiele metod, które umożliwiają badanie mikrostruktury żywności. Poznanie zmian, jakie zachodzą w mikrostrukturze podczas przetwarzania żywności umożliwia ulepszenie i optymalizację technologii produkcji. Większość metod wykorzystywanych do badania mikrostruktury żywności wymaga odpowiedniego przygotowania próbek, co prowadzi do naruszenia ich naturalnych struktur, a pozyskane informacje nie są wystarczająco dokładne. Mikrotomografia komputerowa umożliwia analizę mikrostruktury żywności w sposób nieinwazyjny i nie wymaga wcześniejszej preparatyki próbek. Polega na skanowaniu produktu, rekonstruowaniu gotowego obrazu i analizy wybranych parametrów. Jednocześnie metoda ta jest bardzo dokładna [26].

Owoce odznaczają się dużą zawartością wody. Podczas przechowywania zachodzą w nich procesy fizjologiczne, które wpływają na ich jakość. Stanowią też idealne środowisko do rozwoju drobnoustrojów powodujących zepsucie produktu. W celu wydłużenia okresu przydatności do spożycia a także zapewnienia bezpieczeństwa ich spożycia stosuje się różne metody, które mają na celu usunięcie znacznej ilości wody. Odwadnianie osmotyczne to jedna z nich. Jest to metoda stosowana jako zabieg wstępny przed suszeniem lub zamrażaniem. W wielu badaniach wykazano, że wpływa korzystnie na właściwości mechaniczne, umożliwia zachowanie naturalnej barwy i smaku produktów [33].

Celem artykułu jest przedstawienie możliwości badania mikrostruktury żywności z zastosowaniem mikrotomografu komputerowego na przykładzie odwadniania i zamrażania.

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

ZNACZENIE MIKROSTRUKTURY ŻYWNOŚCI

Badanie mikrostruktury jest bardzo ważnym zagadnieniem w ocenie jakości żywności, w której mogą występować różnorodne struktury wewnętrzne. Struktury komórkowe i włókniste występują w owocach i warzywach, struktury włókniste w mięsie, a wiele produktów spożywczych zawiera sieci białkowe, węglowodanowe lub tłuszczowe [3]. Systemy te wiążą się również z nierównomiernym ich rozmieszczeniem w żywności, zwłaszcza w produktach sypkich lub płynnych (zawiesinach) tworzących układy dyspersyjne i wielofazowe dyspersje oraz układy wielofazowe. Ich badanie nie jest łatwe, ale bardzo ważne ze względu na potrzebę kontroli jakości i projektowanie właściwości produktów żywnościowych.

Znajomość właściwości termodynamicznych umożliwia wgląd w mikrostrukturę żywności, co ma istotne znaczenie w teoretycznej interpretacji zjawisk fizycznych, zachodzących m.in. zależnie od stanu wody, w tym przemiany amorficzne związane z procesami suszenia lub przechowywania [34].

Owoce, warzywa i inne produkty charakteryzują się określonymi właściwościami fizycznymi, jak porowatość, gęstość, przepuszczalność błon komórkowych i adhezyjność. W znacznym stopniu wpływają one na wymianę masy różnych substancji w procesach technologicznych, a także podczas przechowywania żywności. Parametry struktury mają istotny wpływ na właściwości żywności, szczególnie na właściwości mechaniczne [40]. Wskutek osłabienia struktur tkanki możliwe jest występowanie pęknięć, które obniżają wytrzymałość produktu i przyczyniają się do zmian biologicznych, trudnych do wykrycia we wczesnych fazach [17].

Mikrostruktura żywności jest ważnym czynnikiem w projektowaniu żywności i nadawaniu jej określonych cech strukturalnych [24]. Analiza mikrostruktury, a w szczególności rozmieszczenia przestrzennego składników żywności (ich interakcje) jest kluczem do tworzenia nowych produktów pod względem ich właściwości fizycznych i sensorycznych. Wiele informacji o mikrostrukturze można pozyskać, używając różnych technik obrazowania [6].

METODY BADANIA MIKROSTRUKTURY ŻYWNOŚCI

Powszechnie używanymi technikami obrazowania mikrostruktury jest mikroskopia świetlna (LM), skaningowa mikroskopia elektronowa (SEM), mikroskopia sił atomowych (AFM), transmisyjna mikroskopia elektronowa (TEM), rezonans magnetyczny (MRI), a także mikrotomografia komputerowa (μCT) [22, 27, 34].

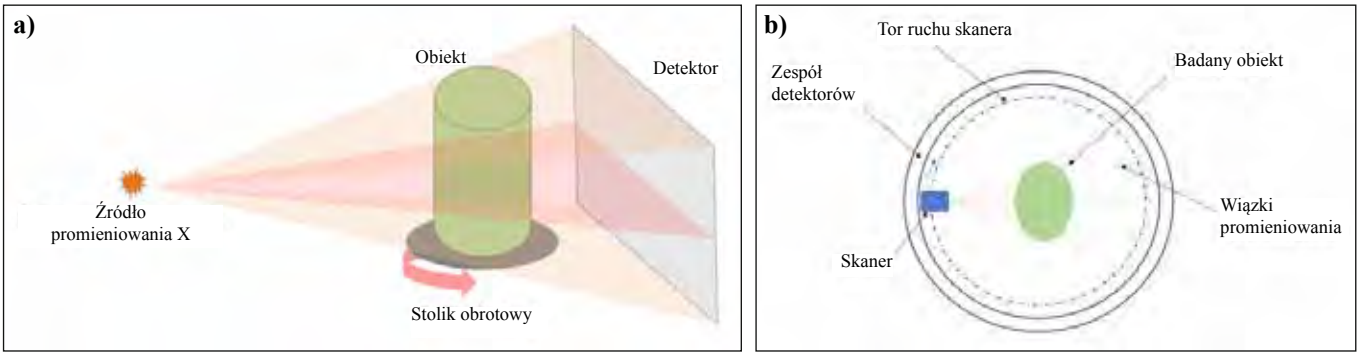
Mikroskopia świetlna (LM) jest najstarszą techniką wykorzystywaną do analizy mikrostruktury żywności. Wykorzystuje ona światło widzialne oraz system soczewek w celu powiększenia obrazu małych i cienkich próbek. Metoda ta wymaga odpowiedniego przygotowania badanego materiału. Z badanego materiału należy wykroić cienkie plastry, a w przypadku próbek płynnych należy rozprowadzić lub zgnieść materiał pomiędzy szkiełkiem podstawowym a nakrywkowym. Preparat może być również barwiony w celu poprawy kontrastu pomiędzy składnikami żywności, dlatego jest to metoda odpowiednia do analizy wieloskładnikowych lub wielofazowych produktów [22, 34].

Odmianą mikroskopii świetlnej jest mikroskopia konfokalna i coraz nowocześniejsze rozwiązania w postaci laserowych mikroskopów konfokalnych z systemem Ramana [37]. Skaningowy mikroskop konfokalny (Confocal Laser Scanning Microscopy CLSM) jest stosowany do badania interakcji mikroorganizmów z żywnością, dostarczając trójwymiarowych informacji bez fizycznego dzielenia próbki [1]. W mikroskopii konfokalnej stosuje się barwniki fluorescencyjne [11, 34]. Uzyskiwany obraz odznacza się wysoką rozdzielczością i kontrastem. Ta metoda badawcza została jednak uznana za czasochłonną, wymagającą dużego doświadczenia [1, 5]. Ponadto mikroskopia świetlna umożliwia badanie tylko fragmentu badanego materiału. Nie bada produktu jako całości, a dodatkowo go niszczy. Wymaga ona bardzo dokładnego przygotowania próbki w celu uzyskania obrazu.

W zależności od tego, jakim procesom została poddana próbka, stosuje się konwencjonalną elektronową mikroskopię skaningową (conventional SEM, SEMs). W tym przypadku badaniu poddaje się próbkę wysuszoną. Natomiast w kriogenicznej skaningowej mikroskopii elektronowej (cryo-SEM, CSEM) w celu wymrożenia wody próbka jest zamrażana do temperatury poniżej -80°C. Stosuje się również skaningową mikroskopię elektronową z zastosowaniem zmiennego ciśnienia (variable pressure SEM, VP-SEM) [16, 34]. Zaletą SEMs jest uzyskanie obrazu o dużej rozdzielczości oraz wysokiej głębi ostrości, wadą natomiast konieczność poddania próbki działaniu wysokiej próżni. Metoda cryo-SEM pozwala na uniknięcie potrzeby suszenia produktu. Próbkę poddaje się procesowi bardzo szybkiego zamrożenia w celu wykształcenia się mikrokryształów lodu. Umożliwia to zachowanie struktury materiału zbliżonej do struktury pierwotnej. Badanie mikrostruktury metodą VP-SEM pozwala na wykonywanie analiz przy zastosowaniu różnych poziomów ciśnienia. Jest narzędziem do obrazowania próbek uwadnianych i próbek o niskim przewodnictwie. VP-SEM to metoda umożliwiająca zachowanie najbardziej naturalnej struktury badanego produktu [14].

Badanie żywności z użyciem mikroskopu sił atomowych (AFM) polega na tworzeniu obrazu poprzez skanowanie powierzchni oraz struktury za pomocą ostrej końcówki lub sondy. Mechanizm obrazowania umożliwia jedynie wizualizację próbki w środowisku ciekłym lub gazowym. Próbka zachowana zostaje w stanie prawie nienaruszonym, ale wymaga odpowiedniego przygotowania. Za pomocą mikroskopii sił atomowych można uzyskać obraz cząsteczek w żywności, kompleksów molekularnych, złożonych materiałów spożywczych. Umożliwia to określenie relacji między strukturą molekularną a jej funkcją [25].

Transmisyjna mikroskopia elektronowa (TEM) umożliwia uzyskanie dwuwymiarowego obrazu wewnętrznej struktury żywności o dużej rozdzielczości. Powstaje on na skutek ugięcia, pochłonięcia i odbicia fali elektronów od różnych części badanego obiektu. W ten sposób możliwe jest zobrazowanie dokładnego położenia atomów, zidentyfikowanie struktury krystalicznej oraz analizowanie składników chemicznych wchodzących w skład budowy obserwowanej żywności [15, 37]. Jest to metoda mikroskopowa, w której odpowiednie przygotowanie próbki jest bardzo ważne i dość skomplikowane. Związane jest to z transmisją elektronów przez materiał, dlatego próbka musi być bardzo cienka



Rys. 1. Schemat działania: a) mikrotomografu z wiązką rozbieżną, b) tomografu komputerowego.
Fig. 1. Scheme of operation: a) microtomograph with divergent beam, b) computed tomograph.
Źródło: Opracowanie własne, na podstawie [12, 13]
Source: Own study based on [12, 13]

(< 100 nm). Ponadto proces prowadzony jest w warunkach bardzo wysokiej próżni. Próbka musi być wysuszona i dodatkowo poddana barwieniu solami metali ciężkich, takimi jak tetratlenek osmu [34]. Ze względu na trudność przygotowania preparatu do badania, transmisyjna mikroskopia elektronowa ma znaczne ograniczenia zastosowania. Odmianą transmisyjnej mikroskopii elektronowej jest cryo-TEM. Polega na badaniu próbki w temperaturach kriogenicznych, nie wymaga barwienia i utrwalenia. Pozwala nie tylko na obrazowanie zamrożonych próbek żywności, ale także materiału, który jest zbyt lotny dla metody klasycznego TEM w temperaturze pokojowej [38].

Rezonans magnetyczny (RM) jest najczęściej stosowaną metodą obrazowania w medycynie. Oparty jest na absorpcji i emisji energii przez próbkę umieszczoną w polu magnetycznym. Pomimo tego, że rezonans magnetyczny może zapewnić dużo informacji o rozmieszczeniu poszczególnych składników w badanej żywności, nie daje szczegółowego obrazu jej wewnętrznej struktury [2].

Mikrotomografia komputerowa (μCT) jest metodą, która nie wymaga ingerencji destrukcyjnej w badany materiał w celu zobrazowania jego wewnętrznej mikrostruktury. Zasada działania i metoda oparta jest częściowo na medycznym tomografie komputerowym (Computer-Aided Tomography, CAT) lecz uzyskany obraz charakteryzuje się znacznie większą rozdzielczością. Próbka badana za pomocą mikrotomografu może mieć wielkości od kilku do kilkudziesięciu milimetrów, co umożliwia zobrazowanie jej w nienaruszonym i macierzystym stanie. Rozdzielczość powstałego obrazu zależna jest od badanego materiału i ustawień, ale zazwyczaj jest ona rzędu kilkudziesięciu mikrometrów. W prezentowanej metodzie próbki nie są poddawane obróbce wstępnej. Wyjątkiem jest żywność, w której trudno odróżnić poszczególne składniki, ponieważ istnieje mały kontrast między nimi. Dlatego też, próbki takie barwi się gęstym barwnikiem, np. tetratlenkiem osmu [34].

ZASADA DZIAŁANIA MIKROTOMOGRAFU

Podstawowa zasada działania mikrotomografu oparta jest na fizyce absorpcyjnej i uzyskaniu odpowiednich obrazów 2D badanego materiału oraz rekonstrukcji matematycznej tych obrazów do formy 3D [21]. Uproszczony schemat budowy i działanie mikrotomografu przedstawiono na rysunku 1. W mikrotomografie komputerowym jednym z najważniejszych elementów jest źródło promieniowania rentgenowskiego. Jest nim lampa rentgenowska, która powinna charakteryzować się małym rozmiarem plamki oraz wykazywać odpowiednią energię i geometrię wiązki promieniowania. Kolejnym elementem jest detektor. Przetwarza on promieniowanie rentgenowskie w impulsy elektryczne. Pomiędzy detektorem a lampą rentgenowską znajduje się manipulator. Dzięki niemu możliwe jest przemieszczanie próbki w trzech prostopadłych do siebie płaszczyznach. Badany obiekt znajduje się na obrotowym stoliku, dlatego podczas skanowania badanego materiału jest on obracany o założony krok kątowy. Obraz transmisyjny próbki powstaje w każdym zadanym kroku. Im kątowy krok obrotowy jest mniejszy, tym powstaje więcej obrazów i dokładniej można odwzorować wewnętrzną strukturę badanego materiału. Podczas skanowania całkowity kąt obrotu musi wynosić minimum 180°. W kolejnym etapie, dzięki uzyskanej projekcji, za pomocą programu komputerowego tworzona jest rekonstrukcja struktury wewnętrznej [10, 39].

Zasadniczą różnicą między tomografem medycznym a mikrotomografem stosowanym do badania np. żywności jest ruchomość badanych obiektów. W tomografie stosowanym w celach medycznych podczas badania pacjent jest nieruchomy, a układ lampa-detektor ulega obrotowi, natomiast w mikrotomografie badana próbka obraca się o określony krok kątowy. Dzięki temu jego konstrukcja jest znacznie prostsza. Kolejna różnica, wiąże się z ogniskiem źródła promieniowania, które w mikrotomografie charakteryzuje się niewielkim rozmiarem. Detektory promieniowania w mikrotomografie powinny cechować się krótkim czasem bezwładności [10].

TWORZENIE OBRAZU W MIKROTOMOGRAFIE

Zdjęcie rentgenowskie to dwuwymiarowa projekcja trójwymiarowego obiektu, na podstawie której analizuje się, w jaki sposób równoległa wiązka promieniowania X oddziałuje z próbką. Uzyskany w ten sposób obraz przedstawiony jest jako zespół punktów o odpowiednim stopniu szarości. Każdy taki punkt zawiera informacje o absorpcji, jakiej uległ promień wiązki podczas przechodzenia przez badany trójwymiarowy obiekt.

Rys. 2. Etapy powstawania obrazu w mikrotomografie komputerowym.
Fig. 2. Stages of image formation in a computer x-ray microtomography.
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [39]
Source: Own study based on [39]

Powstawanie obrazu w mikrotomografie komputerowym podzielone jest na trzy zasadnicze etapy (Rys. 2). W pierwszym etapie tworzone są dane podstawowe. Obrotowy stolik mikrotomografu obraca badany obiekt w przedziale 180 lub 360°. Przy każdym położeniu kątowym zostaje zarejestrowany jeden transmisyjny obraz rentgenowski. Każdy z nich zostaje zapisany w postaci 16 bitowego pliku TIFF (format plików graficznych). W zależności od ilości i zakresu kroków, o które układ obraca się, powstaje liczba zapisanych plików. Oprócz tego, dodatkowo tworzone są obrazy, które umożliwiają rozpoczęcie procesu reorganizacji obrazów w związku z nierównoległością wiązki promieniowania.

Detektor przekazuje informacje o pochłoniętym promieniowaniu przez tkanki badanego materiału. Kolejnym etapem jest rekonstrukcja obrazu. Powstaje ona na podstawie szeregu obliczeń matematycznych. Na tym etapie pozyskiwane są dane w postaci punktów, które powstają na matrycy, czyli obszarze, gdzie tworzony jest obraz. Każdemu punktowi przypisana jest wielkość promieniowania rentgenowskiego, jaka jest tłumiona przez poszczególne obszary materiału. Wynika to z faktu, że badany obiekt ma zróżnicowaną strukturę wewnętrzną. Wszystkim punktom w zależności od poziomu pochłaniania promieniowania przypisywane są różne odcienie szarości w 256-stopniowej skali.

Ostatni etap związany jest z konwersją danych o wielkości 16 bitów z macierzy do obrazu w skali szarości. Algorytm wyszukuje minimalną oraz maksymalną wartość osłabienia sygnału. Wartości przekraczające maksymalne wartości tłumienia przedstawiane są w barwie czarnej, natomiast te, które osiągają wartości poniżej minimalnej wartości tłumienia, w białej. Punkty znajdujące się pomiędzy wartościami brzegowymi przedstawiane są jako półtony. Końcowy obraz może być wyeksportowany do formatów BMP (8- bitowych) oraz TIFF (16- bitowych) [8].

PROCESY KSZTAŁTUJĄCE MIKROSTRUKTURĘ ŻYWNOŚCI ORAZ SPOSOBY ICH MONITOROWANIA

Odwadnianie osmotyczne

Odwadnianie osmotyczne to proces polegający na usunięciu części wody z produktu poprzez zanurzenie go w roztworze hipertonicznym o działaniu odwadniającym [20, 32, 33]. Odwadnianie osmotyczne można prowadzić w celu uzyskania nowych produktów wzbogaconych w bioskładniki [19] lub jako wstępną obróbkę przed suszeniem lub mrożeniem [29].

Większość procesów w przemyśle spożywczym wiąże się z wymianą ciepła i masy, co skutkuje pojawieniem się fizycznych, mikrostrukturalnych i makrostrukturalnych modyfikacji żywności. W produktach o dużej porowatości, czyli w owocach lub warzywach, trudno jest wyjaśnić i przedstawić zjawiska, jakie zachodzą podczas transportu masy ze względu na złożoną morfologię budowy tkanki. Podczas odwadniania osmotycznego zachodzą zmiany w komórce ściany, następuje rozdzielenie regularnej struktury tkankowej, liza membran, kurczenie się komórek, co prowadzi do utrudnienia transportu substancji. Możliwość obserwacji zmian, jakie zachodzą w tkankach roślinnych podczas odwadniania osmotycznego pozwala poznawać i zrozumieć mechanizm przenoszenia masy [18]. W badaniach przeprowadzonych przez Nieto i wsp. [28] w celu zobrazowania tych zmian wykorzystano mikroskopię świetlną oraz skaningowy mikroskop elektronowy (Environmental Scanning Electron Microscopic, ESEM).

Suszenie

Suszenie to jedna z wielu metod utrwalania żywności. Proces ten możliwy jest dzięki ciepłu dostarczonemu z zewnątrz. Usunięcie znacznej ilości wody obniża aktywność wody materiału, co umożliwia przedłużenie trwałości produktów spożywczych [23].

Suszenie jako proces termiczny powoduje wiele zmian w żywności. Są to zmiany fizyczne, chemiczne oraz biochemiczne [9]. Kurczenie to jedna z głównych zmian fizycznych, która występuje podczas usuwania wody. Zmiana ta spowodowana jest zapadaniem się komórek podczas odparowania wilgoci. Ma to negatywny wpływ na jakość produktu. Skurcz początkowo powoduje zmianę jego kształtu, w związku z naprężeniem pojawiającym się podczas usuwania wody z materiału [4]. Tego typu zmiany fizyczne mają bezpośredni wpływ na modyfikację mikrostruktury żywności, a to generuje występowanie zmian chemicznych i biochemicznych. Związane jest to z zaburzeniem oryginalnej mikrostruktury analizowanej na poziomie komórkowym lub zmian chropowatości badanej powierzchni [7]. Zmiany te mogą oddziaływać na drogę, którą ciepło oraz woda i inne składniki żywności muszą pokonać podczas suszenia. Zmiany chemiczne i biochemiczne, jakie zachodzą w żywności, mają wpływ na dalsze procesy jej przetwarzania. Mikrostruktura i jej modyfikacje mają również wpływ na późniejszy ewentualny stopień wyekstrahowania związków bioaktywnych oraz uwalniania pożądanych substancji z suszonej żywności [9].

Możliwość modyfikacji mikrostruktury żywności oraz monitorowania tych zmian jest bardzo istotna. Można osiągnąć to poprzez zastosowanie odpowiednich technologii suszenia wraz z odpowiednią obróbką wstępną produktu. Zmiany mikrostruktury mogą być monitorowane z użyciem różnych technik mikroskopowych, które nie są łatwe i wymagają ilościowego opisu zmian mikrostrukturalnych za pomocą programów komputerowych. Z tego powodu proponowane są coraz skuteczniejsze metody w celu obrazowania zmian mikrostruktury żywności, takie jak analiza fraktalna oraz nieinwazyjna metoda monitorowania za pomocą mikrotomografu [34, 39].

Pomimo zastosowania tak zaawansowanej techniki wykorzystującej mikrotomograf, monitorowanie mikrostruktury podczas suszenia może nadal nie być adekwatne do stanu faktycznego. Informacje, jakie można pozyskać podczas tego procesu, jak np. zmiany porowatości tkanki badanego produktu, nie do końca reprezentują cechy mikrostrukturalne. Uzyskane obrazy mikroskopowe nie są łatwe do oceny. Fraktalna analiza mikrostruktury umożliwia natomiast monitorowanie zmian w żywności podczas procesu suszenia w bardziej dokładny sposób [27].

Zamrażanie

Zamrażanie to proces polegający na obniżeniu temperatury produktu poniżej temperatury krioskopowej. Towarzyszy mu przemiana fazowa wody w lód. Zamrażanie jest jedną z najskuteczniejszych metod stosowanych w celu zachowania jakości i bezpieczeństwa większości produktów spożywczych podczas długotrwałego przechowywania. Jest ono również stosowane w celu oddzielania wody podczas zagęszczania w procesie zwanym kriokoncentracją [30], suszenia sublimacyjnego oraz jako metoda niezbędna przy produkcji lodów [31]. Podczas zamrażania powstające naprężenia mechaniczne przyczyniają się do pogorszenia struktur w żywności. Naprężenia te spowodowane są procesem powstawania lodu i zmianą jego objętości, przemieszczaniem się wody podczas powolnego zamrażania, rekrystalizacją oraz gradientem temperatur wewnątrz produktu. Krystalizacja wody powoduje znaczną zmianę w mikrostrukturze żywności. Wielkość tych zmian zależna jest od lokalizacji i wielkości kryształów lodu, a wskazane uwarunkowania zależą od temperatury zamrażania [31].

Owoce należą do produktów łatwo psujących się, a ich jakość i stabilność zmienia się w trakcie przetwarzania oraz przechowywania. W większości owoców woda jest głównym składnikiem. Podczas zamrażania powstające kryształy lodu w dużym stopniu modyfikują mikrostrukturę tkanek. Komórki, oraz powietrzne przestrzenie wewnątrzkomórkowe wchodzące w skład mikrostruktury owoców, są różnych rozmiarów i kształtów. Podczas zamrażania ciekła woda krystalizuje, a stężenie substancji rozpuszczonej w pozostałej wodzie wzrasta. Kryształy lodu formują się w strukturach komórek [36]. Zaburzenie strukturalne tkanek prowadzi do zwiększenia kontaktu pomiędzy enzymami i ich substratami, co przyczynia się do pogorszenia jakości produktów. W celu ograniczenia tych zmian stosuje się procesy mające na celu inaktywację enzymów przed zamrażaniem, np. blanszowanie [35]. Jakość produktów mrożonych pogarsza się również z powodu dużych wahań temperatury podczas zamrażania. Wraz ze stale rosnącą amplitudą temperatur wielkość kryształów stale rośnie. Spowodowane jest to przez proces rekrystalizacji mniejszych kryształów lodu prowadzący do zwiększenia ich rozmiarów. W rezultacie ściany komórkowe i struktury komórkowe pękają, co jest przyczyną przenikania wilgoci oraz substancji rozpuszczonej z wnętrza komórek [41].

Podczas zamrażania dochodzi do mechanicznego, bezpośredniego uszkodzenia mikrostruktury. Zakres w jakim zostanie ona naruszona zależy od metody przeprowadzenia zamrażania, a dokładniej od szybkości procesu. Podczas szybkiego zamrażania dochodzi do powstania dużej liczby małych kryształów lodu. Natomiast podczas powolnego zamrażania powstaje mniej kryształów lodu, ale o większych rozmiarach. W badaniach dotyczących jabłek mrożonych różnymi metodami, po zobrazowaniu ich tkanek za pomocą mikrotomografu dowiedziono, że duże kryształy lodu mają większy wpływ na zniekształcenie struktury tkanki niż większa liczba drobnych [36].

PODSUMOWANIE

Analiza mikrostruktury z użyciem mikrotomografu umożliwia pozyskanie informacji o właściwościach mikrostrukturalnych żywności, zawartości składników, sposobu ich rozmieszczenia w objętości materiału, a także zmianach, jakie zachodzą podczas procesów technologicznych.

W porównaniu do innych metod analizy mikrostruktury, mikrotomografia jest techniką, niewymagającą określonego, często skomplikowanego przygotowania próbki.

Podobnie jak w innych metodach analizy żywności, wymaga dużego doświadczenia w wykonywaniu obrazów poprzez dostosowanie parametrów skanowania w pierwszym etapie pomiaru oraz podstaw teoretycznych przydatnych do analizy obrazu mikrostruktury różnych produktów spożywczych.

LITERATURA

[1] **AHMED S.A., P. KARANIS. 2018.** "An overview of methods/techniques for the detection of Cryptosporidium in food samales". Parasitology Research 117: 629-653.

[2] **BARIGOU M., M. DOUAIRE. 2013.** "X-ray microcomputed tomography for resolving food microstructures". W: Food Microstructures: Microscopy, Measurement and Modelling (edited by Morris V.J., Groves K.). Woodhead Publishing: 246-267.

[3] **DEMAN J.M., J.W. FINLEY, W.J. HURST, C.Y. LEE. 2018.** "Principles of Food Chemistry" Fourth Editon, Springer Press.

[4] **FANTA S. W., M.K. ABERA, W. A. AREGAWI, Q. TRI HO, P. VERBOVEN, J. CARMELIET, B. M. NICOLAI. 2014.** "Microscale modeling of coupled water transport and mechanical deformation of fruit tissue during dehydration". Journal of Food Engineering 12: 86-96.

[5] **FAYER R., M. SANTIN, D. MACARISIN, G. BAUCHAN. 2013.** "Adhesive-tape recovery combined with molecular and microscopic testing for the detection of Cryptosporidium oocysts on experimentally contaminated fresh produce and a food preparation surface". Parasitology Research 112(4):1567-1574. https://doi.org/10.1007/s00436-013-3305-7

[6] **FRISULLO P., J. LAVERSE, R. MARINO, M.A. DEL NOBILE. 2009.** "X-ray computed tomography to study processed meat microstructure". Journal of Food Engineering 94: 283-289.

[7] **GRZEGORY P., T. PIETRZAK, D. PIOTROWSKI. 2014.** "Wykorzystanie mikroskopii w analizie struktury suszonej żywności:. Przemysł Spożywczy 68 (2): 12-15.

[8] **GUILHERME A., G. BUZANICH, M. L. CARVALHO, 2012.** "Focusing systems for the generation of X-ray micro beam. An overview". Spectrochimica Acta Part B 77: 1-8.

[9] **HIRANVARACHAT B., S. DEVAHASTIN, N. CHIEWCHAN. 2012**. "In vitro bioaccessibility of β-carotene in dried carrots pretreated by different methods". International Journal of Food Science and Technology 47: 535–541.

[10] **INTERNET 1**: http://www.badania-nieniszczace.info/Badania-Nieniszczace-Nr-01-08-2009/Serwis-Badania-Nieniszczace-01-08-2009-art-nr2.html, dostęp w dniu 25.11.2017.

[11] **INTERNET 2**: https://www.microscopyu.com/techniques/confocal/introductory-confocal-concepts, dostęp w dniu 12.12.2017.

[12] **INTERNET 3**: www.zfm.if.uj.edu.pl, dostęp w dniu 22.01.2018.

[13] **INTERNET 4**: www.inzynieria-biomedyczna.com.pl, dostęp w dniu 22.01.2018.

[14] **JOUBERT L. M. 2012. "**VP-SEM: Unsung hero of SEM imaging. Application of VP-SEM to beat visualization challenges"**.** Imaging & Microscopy: 1-5.

[15] **JÓŹWIAK M.A., M. JÓŹWIAK 2009.** "Zastosowanie mikroskopii elektronowej w bioindyfikacji środowiska". Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych 40.

[16] **KALAB M., ALLAN- P. WOJTAS, S. S. MILLER. 1995:** "Microscopy and other imaging techniques in food structure analysis". Trends in Food Science & Technology 6(6):177-186.

[17] **KONSTANKIEWICZ K., M. GANCARZ, A. KRÓL, K. PAWLAK. 2002.** "Wyznaczanie parametrów struktury tkanki miękiszowej bulwy ziemniaka odmian „Danusia" i „Kuba". Acta Scientiarum Polonorum 1(2): 23-32.

[18] **KOWALSKA H., A. LENART. 2003.** "Znaczenie wymiany masy w tworzeniu żywności nowej generacji". Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, 2: 12-17.

[19] **KOWALSKA H., A. MARZEC, J. KOWALSKA, A. CIURZYŃSKA, K. CZAJKOWSKA, J. CICHOWSKA, K. RYBAK, A. LENART. 2017.** Osmotic dehydration of Honeoye strawberries in solutions enriched with natural bioactive molecules. LWT - Food Science and Technology 85: 500-505. doi.org/10.1016/j.lwt.2017.03.044.

[20] **KOWALSKA H., A. MARZEC, J. KOWALSKA, A. CIURZYŃSKA, K. SAMBORSKA, A. LENART. 2018. "**Rehydration properties of hybrid method dried fruit and enriched by natural component". International Agrophysics 32(2): 1-8. DOI 10.1515/intag-2016-0100.

[21] **LANDIS E. N., D. T. KEANE. 2010.** "X-ray microtomography". Materials Characterization 61: 1305-1316.

[22] **LAVERSE J., P. FRISULLO, A. CONTE A., M. A. DEL NOBILE. 2012.** "X-ray microtomography for food quality analysis". W: Food Industrial Processes-Methods and Equipment: 339-362.

[23] **LEWICKI P. P. 2005.** 'Suszenie". W: Inżynieria procesowa i aparatura przemysłu spożywczego (red. P.P. Lewicki). Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne.

[24] **MIRI T., S. BAKALIS, S.D. BHIMA, P. FRYER. 2006.** "Use of X-ray micro-CT to characterize structure phenomena during frying". Materiały konferencyjne: 13th World Congress of Food Science & Technology, Nantes, Francja, 17-21.08.2006.

[25] **MORRIS V. J. 2007. "**Atomic force microscopy (AFM) techniques for characterising food structure". Novel Methods to Study Food Microstructures 2: 210-215.

[26] **MOURADA C., K. LAPERREB, M. HALUTA, C. GALANTC, M. VAN CAUTERD, B.C. VANDE BERGA. 2018. "**Fused micro-computed tomography (μCT) and histological images of bone specimens". Diagnostic and Interventional Imaging. https://doi.org/10.1016/j.diii.2018.01.01

[27] **NIAMNUY C., S. DEVAHASTIN, S., SOPONRONNARIT. 2014:** "Some recent advances in microstructural modification and monitoring of foods during drying: A review". Journal of Food Engineering 123: 148-156.

[28] **NIETO A. B., D.M. SALVATORI., M.A. CASTRO, S.M. ALZAMORA. 2004.** "Structural changes in apple tissue during glucose and sucrose osmotic dehydration: shrinkage, porosity, density and microscopic features". Journal of Food Engineering 61: 269- 278.

[29] **OLIVER L., N. BETORET, P. FITO, M. B. J. MEINDERS. 2012.** "How to deal with visco-elastic properties of cellular tissues during osmotic dehydration". Journal of Food Engineering 110: 278-288.

[30] **ORELLANA-PALMA P. 2017.** "Retention of ascorbic acid and solid concentration via centrifugal freeze concentration of orange juice". Journal of Food Quality 1-8. https://doi.org/10.1155/2017/5214909

[31] **PAŁACHA Z. 2005.** "Zamrażanie żywności". W: Inżynieria procesowa i aparatura przemysłu spożywczego (red. P.P. Lewicki). Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne.

[32] **PIASECKA E., M. UCZCIWEK, R., KLEWICKI. 2009.** Odwadnianie osmotyczne owoców w roztworach zawierających fruktooligosacharydy, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 2(63): 138-153.

[33] **PHISUT N. 2012. "**Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits". International Food Research Journal 19 (1): 7-18.

[34] **RAO M. A., S.S. RIZVI. H., A.K. DATTA, J. AHMED. 2014.** Food microstructure analysis. W: Engineering Properties of Foods, IV edycja, CRC Press Taylor & Francis Group: 64- 88.

[35] **TEREFE N. S., C. VERSTEEG. 2011.**"Texture and microstructure of fruits and vegetables". W: Practical Food and Research, chapter IV (part I): 89-115.

[36] **VICENT V., P. VERBOVEN, F. NDOYE, G. ALVAREZ, B. NICOLAÏ. 2017.** "A new method developed to characterize the 3D microstructure of frozen apple using X-ray micro-CT". Journal of Food Engineering 212: 154-164.

[37] **YASEEN T., DA-WEN SUN, H. PU, TING-TIAO PAN. 2018.** „Detection of Omethoate Residues in Peach with Surface-Enhanced Raman Spectroscopy". Food Analytical Methods: 1-10. https://doi.org/10.1007/s12161-018-1233-y. https://link-1springer-1com-1000750ig0598.han.bg.sggw.pl/content/pdf/10.1007%2Fs12161-018-1233-y.pdf.

[38] **ZACHMAN M. J., E. ASENATH- SMITH, L. A. ESTROFF, L. F. KOURKOUTIS. 2016.** "Site-specific preparation of intact solid-liquid interfaces by label-free in situ localization and cryo-focused ion beam lift-ou". Microscopy and Microanalysis 22(6): 1338-1349.

[39] **ZALEWSKA M. 2016.** "Zastosowanie mikrotomografii komputerowej w analizie żywności". Aparatura Badawcza i Dydaktyczna 2: 85-92.

[40] **ZDUNEK A., K. KONSTANKIEWICZ. 2001.** "Emisja akustyczna w badaniach procesów pękania tkanek roślinnych". Acta Agrophysica 55: 95. (str. całości 1-102).

[41] **ZHAO Y., P. S. TAKHAR. 2017.** "Micro X-ray computed tomography and image analysis of frozen potatoes subjected to freeze-thaw cycles". LWT-Food Science and Technology 79: 278- 286.

Prof. dr inż. Daniel DUTKIEWICZ[1]
Prof. dr hab. inż. Jarosław DIAKUN[2]
Prof. nadzw. dr hab. inż. Bronisław SŁOWIŃSKI[3]
[1,]Profesor emerytus Katedra Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego
[2]Katedra Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego
Politechnika Koszalińska
[3]Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Wałczu

POZNAWCZE I APLIKACYJNE SKŁADOWE INŻYNIERII PRODUKCJI ŻYWNOŚCI®

Cognitive and applied components of food production engineering®

Słowa kluczowe: wiedza, ujęcie systemowe, aplikacja wiedzy, inżynieria produkcji żywności.

W artykule przedstawiono analizę poznawczych i utylitarnych aspektów wiedzy i jej powiązań systemowych z inżynierią, zwłaszcza w zakresie produkcji żywności. Omówiono proces kształtowania wiedzy i jej powiązania z informacją. Wyodrębniono związki systemowe pomiędzy elementami poznawczymi a aplikacyjnymi inżynierii.

Key words: knowledge, systemic perspective, knowledge application, food production engineering.

The article presents the analysis of cognitive and utilitarian aspects of knowledge and its systemic connections with engineering, especially in the field of food production. The process of shaping knowledge and its connection with information is discussed. Systemic relations between cognitive and application engineering elements were isolated.

WPROWADZENIE

W kształceniu specjalistów *„przemysłu spożywczego”*, który zgodnie z Europejską Klasyfikacją Działalności (EKD) od roku 1994 został zastąpiony terminem „*produkcja żywności*”, wzrasta znaczenie wiedzy o źródłach i stosowanych działaniach, zwiększających kreatywność w tworzeniu technologii, procesów i urządzeń do ich realizacji; umiejętności raczej tworzenia niż kopiowania tego, co zostało stworzone przez innych, a szerzej jej wykorzystywania w praktyce. Podstawowymi czynnikami sprawczymi w tym względzie są postępy wiedzy i związane z nią kształcenie specjalistów z tego zakresu.

W większości analiz, poświęconych zagadnieniu kształcenia na poziomie akademickim, daje się jednak zauważyć brak ujęcia systemowego i metodologicznego uporządkowania. Przyjmuje się, że „metoda abstrakcji, podejście prognostyczne oraz ujęcie systemowe to podstawa współczesnej teorii poznania” [1].

W kształceniu specjalistów w dziedzinie produkcji żywności wzrasta więc znaczenie systemowej wiedzy, zwiększającej zarówno aspekty poznawcze jak i utylitarne. Celem ujęcia wielodyscyplinarnego jest umożliwienie rozwiązywania problemów złożonych, korzystając z wyjaśnień wielu dyscyplin, z komplementarności ich metod i technik. Bez ujęcia systemowego, które pozwala na dozowanie i łączenie udziału poszczególnych dyscyplin, wielodyscyplinarność nie wychodzi jednak poza studium teoretyzowania [12]. Prawdziwa wielodyscyplinarność nie może się narodzić z ustawienia obok siebie pewnych dyscyplin. Powinna ona wynikać z celowej organizacji, koniecznej do rozwiązania problemów [9].

Podziały i klasyfikacje stosowane są w celu uproszczenia obserwowanej rzeczywistości, natomiast ujęcia systemowe służą jej porządkowaniu. Wraz z modelowaniem matematycznym i symulacją stały się narzędziami poznawania świata, tworzenia nauki i metod jej wykorzystania; poznawania ukoronowanego powstaniem: teorii, odkryć, wynalazków i innowacji, tworzących rozwój cywilizacyjny [11].

Szeroki i łatwy dostęp do internetowej informacji doprowadził do tego, że w procesie nauczania podstawowym problemem staje się nie tyle ilość uzyskanej wiedzy lecz przyswojenie ogólnych zasad abstrakcyjnego myślenia, jako klucza do umiejętności twórczego jej wykorzystania, a to wymaga zrozumienia przedmiotowej istoty [8]. Coraz wyższe tempo przyrostu ilościowego i jakościowego wiedzy w poszczególnych dziedzinach doprowadziło do powstawania wąskich specjalizacji zawodowych. Skutecznym działaniem w upraszczaniu, porządkowaniu, a przez to pogłębianiu zrozumienia, a także przekazywaniu wiedzy może być stosowanie w jeszcze szerszym zakresie systemowego podejścia, które zostało zapoczątkowane w drugiej połowie ubiegłego wieku i jest już szeroko wykorzystywane w nauce, technice, w różnych dziedzinach gospodarki i życiu społecznym, gdyż może być odnoszone do wszystkiego co istnieje materialnie i w abstrakcji (umyśle) [2].

Ujęcie systemowe w nauczaniu polega na kilkakrotnym dochodzeniu do pojęć, ale na różnych poziomach, do tego, co ma być zrozumiane i przyswojone. Materiał przeznaczony do nauczania poznaje się kolejnymi dotknięciami, idąc po drodze w formie spirali; najpierw obejście całości przedmiotu, aby go ograniczyć, ocenić trudności i nieznane terytoria.

Adres do korespondencji - Corresponding author: Bronisław Słowiński, e-mail broneks@poczta.fm

Potem powraca się do tego bardziej szczegółowo, ryzykując nawet powtórzenia [12].

Pojęcia (*łac.– odgraniczenie, określenie*), których znaczenia znajduje się w definicjach encyklopedycznych, stanowią podstawowy element wyrażania wiedzy naukowej i tworzą jej strukturę myślenia, podobnie jak cyfry w matematyce czy słowa systemu językowego. W naukach stosowanych, w tym także inżynierii produkcji żywności, liczba pojęć niezbędnych do przyswojenia jest wyjątkowo duża. Wynika to stąd, że wykorzystywane są w nich również te, wypracowane w dyscyplinach podstawowych: fizyce, chemii, biologii, matematyce, informatyce, na których one się opierają.

Podstawę wydzielenia inżynierii produkcji żywności, jako dziedziny wiedzy i dyscypliny nauczania, z ogólnego pnia techniki stanowi jedność otaczającego świata, ogólne właściwości materii i energii oraz prawa ich przenoszenia poznawane naukowymi metodami, specyficzne właściwości surowców pochodzenia roślinnego i zwierzęcego oraz przyrodnicze zjawiska wykorzystywane do tworzenia funkcji, sposobów pracy maszyn i aparatów przetwórstwa spożywczego [6]. Uzasadnia to również możliwość działania w przeciwnym kierunku – integrowania wiedzy w jej ramach i różnych dziedzin techniki.

W 1982 r. została wydana „Inżynieria procesowa i aparatura przemysłu spożywczego" pod redakcją P. P. Lewickiego, w której termin „*inżynieria"* użyto po raz pierwszy w tytule polskiego podręcznika w omawianej dziedzinie. Ogólna definicja inżynierii (łac. – *ingenium – twórczość, wynalazczość*) określa ją, jako dziedzinę wiedzy, wykorzystującą zasady naukowe w celu optymalnego przetwarzania surowców naturalnych na konstrukcje, maszyny, aparaty, produkty, systemy i procesy (Encyklopedia Britanica, 2000).

Inżynieria stanowi składową szerszego pojęcia techniki. Jest jednak bardziej działalnością niż teorią, związaną z określonym rodzajem myślenia zwanego kreatywnością, nastawionego na powstawanie nowych i usprawnianie rozwiązań już stosowanych. W ogólnym znaczeniu określa zakres działalności ludzkiej, której celem jest produkowanie rzeczy i wywoływanie zjawisk niewystępujących w przyrodzie, w tym wynalazków, które stanowią fundament innowacyjności gospodarki. Technologia produkcji żywności jest wiedzą o sposobach przetwarzania surowców rolniczych i wytwarzania produktów spożywczych, zaś inżynieria procesów i urządzeń przetwórstwa spożywczego służy poznawaniu i tworzeniu (projektowaniu) narzędzi do realizacji tych sposobów, jakimi są maszyny, aparaty, linie produkcyjne oraz zakłady przetwórstwa spożywczego.

Szeroko rozpowszechniony jest pogląd, że poznanie teorii, szczególnie uwieńczone pakietami programów komputerowych matematycznego modelowania rozwiązuje podstawowe problemy, występujące w działalności inżynierskiej dotyczącej produkcji żywności. Praktyka wykazała, że próby ich zastosowania w tych samych procesach podstawowych dla innych, choć podobnych, rodzajów surowca wiąże się z wieloma trudnościami i ograniczeniami, a często koniecznością prowadzenia badań dla wprowadzenia właściwych danych wejściowych. Wiele przyczyn złożyło się na zaistniałe opóźnienia w stosowaniu najnowszych metod i technik obliczeniowych w wymienionej dziedzinie.

W artykule przedstawiono analizę poznawczych i utylitarnych aspektów inżynierii, zwłaszcza w zakresie produkcji żywności, traktowanych jako informacje stanowiące pojęcia wiedzy, dla głębszego zrozumienia i ujawnienia nie zawsze oczywistych powiązań systemowych w tym zakresie, o czym świadczy analiza wielu podręczników i doświadczenia wyniesione z dydaktyki.

DEFINICJE WIEDZY, JEJ POZNAWCZE I APLIKACYJNE SKŁADOWE

Encyklopedia Powszechna definiuje *wiedzę jako „ogół wiarygodnych informacji o rzeczywistości wraz z umiejętnością ich wykorzystywania*". Użycie łącznika „*wraz*" wyraża konieczność związków teorii z praktyką, co od dawna stanowi trudny do zrealizowania cel w nauczaniu inżynierów. W każdej wiedzy można wydzielić jej składowe elementy o znaczeniu poznawczym i aplikacyjnym (znajdującym praktyczne zastosowania) dopiero po spełnieniu określonych, wcale nieprostych warunków. W dopuszczalnym uproszczeniu systemowego ujęcia pierwsze odpowiadają na pytanie „*co to jest*?" a drugie „*jak to zrobić*?" – kiedy realizowany jest jakiś cel o praktycznym znaczeniu.

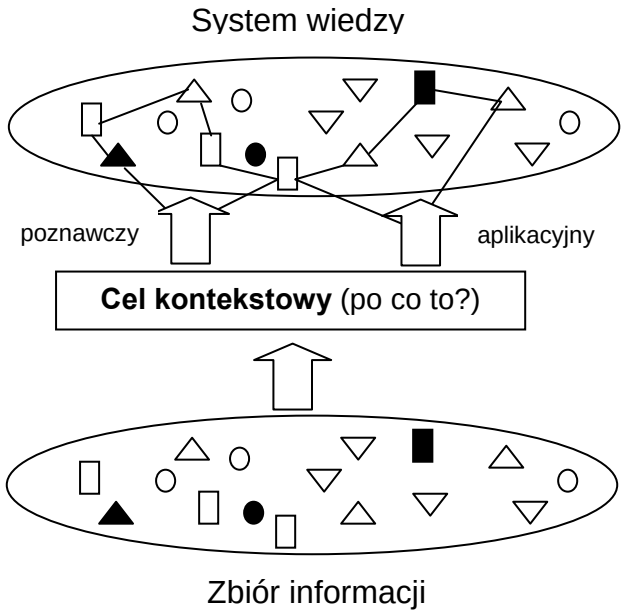
W behawiorystycznym obrazie poznania wiedza jest materialna i empiryczna. Skoro środowisko zewnętrzne podmiotu jest materialne, to i skutki jego kazualnych oddziaływań są materialne. Wiedza nie ma wytyczonego celu, zadań, zamierzeń poznawczych; te dyktuje środowisko i to ono wytycza przedmiot i cel poznania [3].

Mówiąc o „posiadaniu wiedzy" myślimy najczęściej, że to jest tak, jak posiada się np. książkę czy samochód. Nie jest to właściwe, bo chodzi tu raczej o możliwość jej efektywnego wykorzystywania („praktykowanie wiedzy"). To są zupełnie różne sprawy, choćby dlatego, że dysponowanie jest „binarne" (mam lub nie), a możliwości ma się w różnym stopniu (mało, średnio, dużo, itp.) i różnie można je wykorzystywać, np.: poznawczo (tylko aby wiedzieć, bądź aplikacyjnie (w sensie sprawczym). Zasadniczym problemem w zakresie inżynierii jest aplikacyjne wykorzystywanie wiedzy. Zgodnie bowiem ze stwierdzeniem P.F. Druckera „dla inżynierów wiedza nie jest celem samym w sobie; ich zadaniem jest działanie i wykonanie" [4]. Dla inżynierii najbardziej przydatna jest zatem jej funkcjonalna definicja: „wiedza składa się z uporządkowanych opisów, relacji i procedur" [13].

Wiedza jest pojęciem związanym z danymi i informacją. Niesłuszne jest jednak zamienne stosowanie terminów „wiedza" i „informacja". Informacja jest częścią składową wiedzy, jest ona opisowa i na ogół powstaje jako wynik odpowiedzi na następujące pytania; co?, który?, kto?, ile?, gdzie?, kiedy? Wiedza natomiast jest instruktywna i przekazywana na ogół jako odpowiedź na pytania dotyczące aktywności (*how t*o), zrobienia, zrozumienia, itp. Czasami u niektórych ludzi wiedza jest nabyta, ale nie wprawiona w ruch, czyli mimo iż wiedza jest też instruktywna, to ta ostatnie pętla nie jest uruchomiana i u nich wiedza jest nieoperacyjna jak u wielu wykształconych ludzi [2].

Wiedza, jako pochodna informacji, wymaga filtrowania i łączenia różnego rodzaju informacji w sieć powiązanych ze sobą pojęć, zorientowanych kontekstowo (poznawczo, bądź

aplikacyjnie). Taki zbiór współzależnych elementów stanowi system wiedzy – rys. 1.



Rys. 1. Tworzenie systemów wiedzy ze zbioru informacji.
Fig. 1. Creating systems knowledge from collection of information.
Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

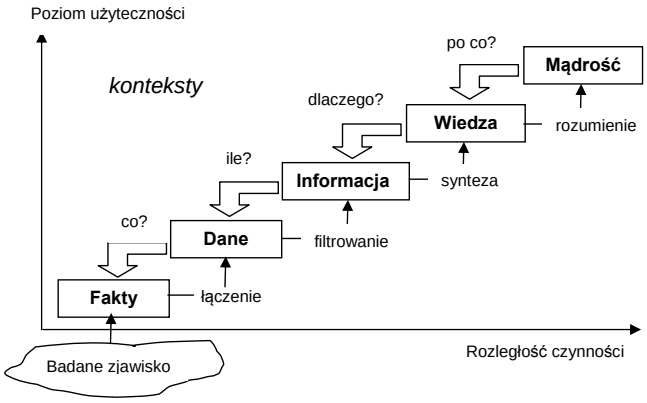
Istotę wiedzy – jako systemu – celnie określił francuski matematyk i filozof nauki Henri Poincare metaforą [7]:

„*Wiedzę buduje się z informacji, jak dom z kamienia; ale zbiór informacji nie jest wiedzą, jak stos kamieni nie jest domem*".

Informacja poznawcza jest jedynie „*znajomością rzeczy"*, podczas gdy wiedza, w sensie aplikacyjnym, to „*zdolność do efektywnego wykorzystania rzeczy*". Tym samym wiedza staje się wartością utylitarną, przynosi realne korzyści, daje jakiś zysk. Zatem: „*wiedza to siła*" jak określił to angielski filozof Francis Bacon [7]. Ponad 400 lat zajęło jednak ludzkości rozszyfrowanie znaczenia tych słów. Prawdopodobnie główną przyczyną była duża przestrzeń dzieląca nauki poznawcze od nauk stosowanych, do jakich zalicza się m.in. inżynieria.

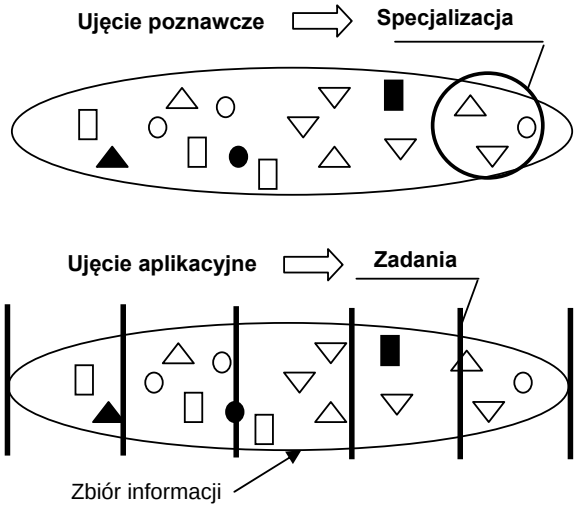
Współcześnie ujawnia się także coraz bardziej dotkliwy w skutkach podział na wiedzę jawną i wiedzę niejawną w dosłownym tych słów znaczeniu, odnoszący się do źródeł ich pochodzenia. Wiedza jawna (explicite) zawarta jest w podręcznikach, materiałach instruktażowych, itp. Wiedza ukryta (implicit), powstaje w wyniku doświadczania, czyli praktyki [2]. Wiele wskazuje, że w erze komercjalizacji wszystkiego udział wiedzy niejawnej będzie wzrastał bo koszty jej empirycznego powstawania stają się coraz wyższe.

Ani informacja nie jest pierwszym elementem w procesie poznania, ani wiedza jego ostatnim. Pierwotnym elementem są fakty, a końcowym mądrość. Przejście od faktów do mądrości wymaga określonego rodzaju działania kontekstowego (dedykowanej integracji prowadzonej z wyższego poziomu) – rys. 2.



Rys. 2. Droga od faktów do mądrości.
Fig. 2. From facts to wisdom.
Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

Problem wyboru najbardziej racjonalnego sposobu pokonania złożoności informacji bada mocno już obecnie rozbudowana teoria matematyczna – jaką jest teoria decyzji. W ujęciu systemowym problem ten sprowadzałby się do określenia odpowiedniego ciągu manipulacji tymi wejściami, które są sterowane. W przypadku ujęcia poznawczego byłaby to koncentracja na fragmencie zbioru informacji, wynikająca z uprawianej specjalizacji. W ujęciu aplikacyjnym byłoby to natomiast podzielenie całego badanego obszaru zagadnień na zadania badawcze – rys. 3.



Rys. 3. Sposoby pokonania złożoności informacji.
Fig. 3. Ways to overcome the complexity of information.
Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

Podstawowym pytaniem, nasuwającym się przy podejściu aplikacyjnym, które nie zawsze daje się rozstrzygnąć, zwłaszcza przy pracach nowatorskich (twórczych), jest zagadnienie; czy cel jaki sobie stawiamy, jest w ogóle osiągalny? Działalność praktyczna jest zawsze bowiem obarczona pewnymi następstwami, które dają się często opisywać w kategoriach kosztów. Podejmowanie działań, które mogą nie

doprowadzić do celu, może być bardzo kosztowne. Niestety, wstrzymanie się od działań, które mogą doprowadzić do celu, może być jeszcze bardzie kosztowne [13].

SYSTEMOWE UJĘCIE WIEDZY W DZIEDZINIE INŻYNIERII PRODUKCJI ŻYWNOŚCI

Jednym z podstawowych w teorii poznania jest pytanie o to: co jest przedmiotem poznawczej działalności człowieka? Można naturalnie odpowiedzieć: obiekty materialne i procesy, jakie się w nich realizuje, a więc ogólnie zjawiska materialne. Poszukiwanie dokładniejszej odpowiedzi zmierza (najczęściej) do określenia problemu badawczego, czyli zadania, do rozwiązania którego nie mamy wystarczającej wiedzy [13]. Systemowo biorąc występują tylko dwie grupy problemów. M. Mazur [9] twierdzi bowiem, że wobec dowolnego systemu możemy bowiem przyjąć jedną z dwóch postaw: albo pozostawić system w spokoju i tylko mu się przyglądać i wówczas mamy do rozwiązania problemy poznawcze (wiedza typu „*wiem że*"), albo przekształcać system w inny system i wówczas mamy do czynienia z problemami aplikacyjnymi (wiedza typu „*wiem jak*").

W inżynierii produkcji żywności, z założenia, mamy do czynienia z problemami aplikacyjnymi, czyli modernizacją istniejącego układu materialnego, lub poszukiwaniem stanów optymalnych w jego funkcjonowaniu. Potrzebna jest wiedza proceduralna „*wiem jak*".

W każdej nauce, stojąc przed jakimś problemem, najpierw myślimy o nim i wypowiadamy się za pomocą potocznych pojęć o czysto intuicyjnej treści [13]. Bardzo szybko jednak występuje konieczność sprecyzowania pojęć terminami naukowymi. W praktyce polega to z reguły na tworzeniu pewnych abstrakcyjnych, idealnych wzorców obiektów (modeli), do których te pojęcia się odnoszą, w pewnych zaś (bardziej rozpoznanych zagadnieniach) na tworzeniu ich formalizacji matematycznych. W tym pierwszym względzie bardzo skutecznym narzędziem postępowania jest metoda analogii [12]. W tym drugim przypadku pożądana jest dobra znajomość fenomenologii procesu [2]. Oczywiście każda idealizacja, niosąc ze sobą pewne uproszczenia, ma z góry ograniczony zasięg zastosowań.

Jeżeli chcemy rozszerzyć zakres zastosowań modelu musimy poddać go modyfikacji. Podstawą jest tu określona teoria (każda nauka stara się wypracować dobrą teorię w obszarze swoich zagadnień). Teorią nazywa się szerszą logiczną budowę, opartą na dwóch lub trzech podstawowych uogólnieniach i mającą wyjaśnić szeroki wachlarz zjawisk [13]. Współcześnie operacje na modelach, realizowane najczęściej z wykorzystaniem techniki informatycznej, określa się jako badania symulacyjne. Modele matematyczne i symulacje, ułatwiają podejmowanie decyzji [2]. W literaturze spotykamy poglądy, że bez matematyki wykorzystanie wiedzy w praktyce inżynierskiej byłoby niemożliwe. Jest to może zbyt mocne stwierdzenie, wciąż bowiem w ramach omawianej dziedziny występuje znaczna liczba złożonych, praktycznych, problemów nierozwiązywalnych metodami obliczeniowymi.

Systemowo postępowanie w tym względzie, dotyczące zwłaszcza rozwiązywania problemów aplikacyjnych, obejmuje 5 etapów:

1. Dostrzeżenie problemu.
2. Opis sytuacji problemowej (modelowanie).
3. Kreowanie pomysłów w rozwiązywaniu problemów.
4. Sprawdzenie oraz weryfikacja pomysłów.
5. Akceptacja stanu, czyli powrót do stanu początkowego i decyzja o zakończeniu pracy, bądź dalszym postępowaniu doskonalącym.

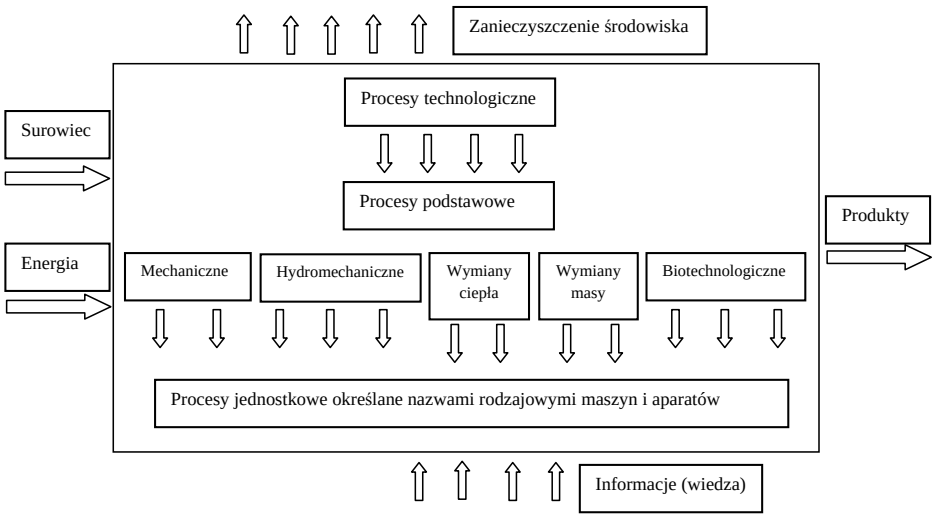
Wyodrębnienie uogólnionej wiedzy w zakresie rozwiązywania problemów aplikacyjnych w obszarze produkcji żywności rozpoczęło się dopiero w drugiej połowie dwudziestego wieku, w wyniku integracji blisko 30 specjalistycznych monodyscyplin, zwanych maszynoznawstwem branżowym, wcześniej istniejących w poszczególnych sektorach w ramach wielkiego przemysłu spożywczego, w którym przy pomocy ponad 2 tysięcy rodzajów maszyn i aparatów (uwzględniając ich typy liczba ta staje się wielokrotnie większa), przetwarzane są setki rodzajów surowca pochodzenia rolniczego.

Poznanie wiedzy o tak rozległej strukturze wyposażenia technologicznego (maszyn i aparatów), nawet nie wspominając o umiejętności jej doskonalenia i tworzenia, bez integrujących klasyfikacji i stosowania metody, jaką stanowi podejście systemowe, byłoby znacznie trudniejsze, niekiedy niemożliwe [4].

W podręcznikach inżynierii procesów przetwórstwa spożywczego od lat dwudziestych ubiegłego wieku stosowany jest podział (klasyfikacja) wyposażenia technologicznego przedsiębiorstw na grupy według realizowanych przez nie podstawowych procesów: mechanicznych, hydromechanicznych, cieplnych, dyfuzyjnych i biotechnologicznych, w którym klasyfikatorem podziału są transfery energii, pędu, masy, ciepła, oraz (występującego w biotechnologii) działania żywych organizmów, a w ich ramach mieszczą się jednostkowe procesy realizowane przez maszyny oraz aparaty – rys.4. Powyższa klasyfikacja stanowi dotąd (jeszcze) kanon przedmiotu nauczania inżynierii procesów przetwórstwa spożywczego.

Podstawę integrowania wiedzy i wydzielenia inżynierii produkcji żywności z ogólnego pnia techniki stanowiła jedność otaczającego świata, ogólne właściwości materii i energii oraz prawa ich przenoszenia, poznawane naukowymi metodami. Ponieważ wiedza stanowi „ogół" lub „zbiór" informacji poznawczych jak i aplikacyjnych w stanie nieuporządkowania (co wynika z poprzedzających pojęć), to ich podział i wykorzystanie bez określenia potrzeb inżynierskich są nierealne. Możliwość podziału, przez to uporządkowania, zaistnieje dopiero, gdy określony zostaje cel (przeznaczenie) ludzkiego działania, który warunkuje stworzenie systemu, przedstawiającego określoną rzeczywistość, określającego kryteria wydzielenia z ogółu informacji składowych wiedzy tych o znaczeniu aplikacyjnym. W przedstawionych uwarunkowaniach informacje o charakterze poznawczym uzyskują znaczenie „sprawczości" przez co zmieniają się na aplikacyjne (utylitarne). Wyjaśnia to względność (relatywność) podziału informacji, tworzących wiedzę, na poznawcze i aplikacyjne.

System charakteryzuje jego struktura materialna i formalna. Należy go traktować jako metodologię uproszczania, zbierania i organizowania, prowadzącego do głębszego zrozumienia oraz zwiększenia efektywności działania. Człowiek

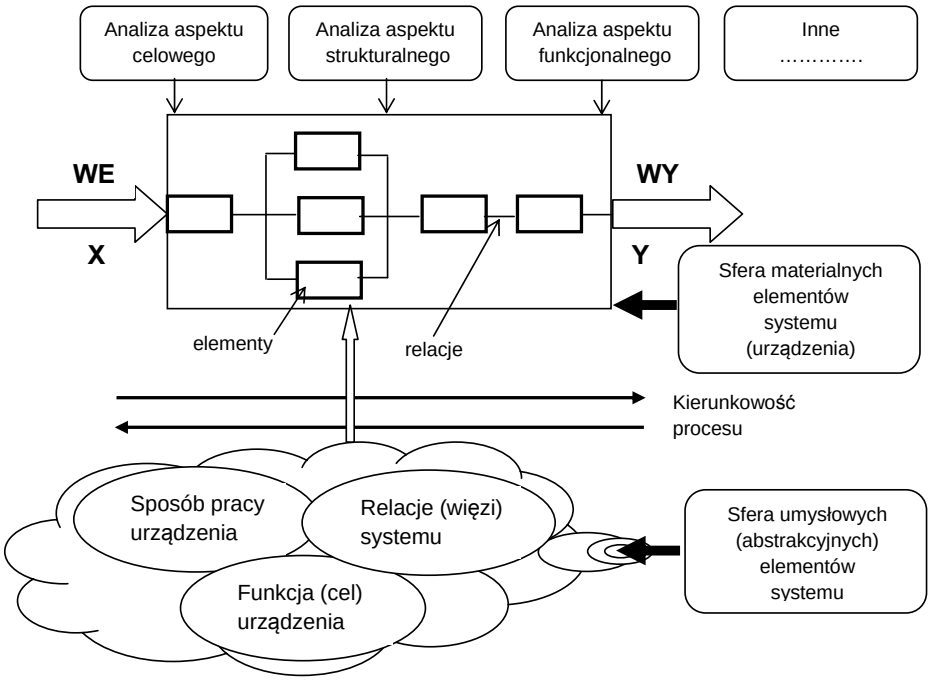


Rys. 4. Systematyzacja procesów technologicznych przetwórstwa spożywczego jako przykład możliwości integrowania przedmiotowej wiedzy.

Fig. 4. The systematization of technological processes of the food processing as the example of the possibility of integrating the object knowledge.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study



Rys. 5. Związki systemowe pomiędzy elementami poznawczymi a aplikacyjnymi inżynierii.

Fig. 5. Systemic relationships between cognitive and application engineering elements.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

w tym odgrywa najważniejszą rolę, jako nosiciel zasobu informacyjnego, twórca, użytkownik i interpretator efektu. Czym wyższe są jego kwalifikacje i praktyczne doświadczenie, tym większe prawdopodobieństwo osiągnięcia celu systemowych działań. Związki jakie zachodzą między zbiorem informacji, przedstawiającym wiedzę a systemem, tworzonym przez informacje aplikacyjne wybrane z tego zbioru i jego otoczeniem przedstawiono w poglądowy sposób na rys. 5.

Systemowe podejście w dziedzinie inżynierii produkcji żywności stanowi cenne narzędzie syntezowania i integracji. Wysokie tempo ilościowego i jakościowego jej przyrostu przyniosło bowiem wielkie rozdrobnienie i zróżnicowanie, doprowadzając do strefy zagrożenia „kryzysem informacyjnym" w możliwościach przyswajania sobie faktów często bez rozumienia szerszych relacji (w tym przyczynowo-skutkowych), jakie istnieją między nimi. Badania naukowe i postęp techniczny dokonują się tak szybko, że większość z nas nie nadąża, nawet wykorzystując najnowsze osiągnięcia w sferze informatycznej.

ROLE WŁAŚCIWOŚCI SUROWCÓW W INŻYNIERII PRZETWÓRSTWA SPOŻYWCZEGO

W ujęciach systemowych („*od ogółu do szczegółu*"), ukierunkowanych na poszukiwanie źródeł takich pojęć jak: funkcja urządzeń i sposób ich działania, surowiec traktuje się nie tyle, jako rodzaj materiału do przetwórstwa, ale jako nośnik, istniejących w nim właściwości, cech i charakterystyk, wykorzystywanych w ich powstawaniu. Systemowa struktura surowca, tak samo jak urządzenia do jego przetwarzania, ma dwa różne znaczenia, które określają ich struktury materialne i formalne, wynikające z różnych aspektów prowadzonej analizy [4]. Analizy ujęć systemowych urządzeń technologicznych produkcji żywności, ukazują: związki elementów materialnych struktur, jakie stanowią właściwości surowca, elementy składowe urządzeń, w tym narzędzia robocze i komory reakcyjne oraz wykorzystywane przyrodnicze zjawiska**,** czyli transfery energii, pędu, ciepła i masy z elementami formalnych struktur (abstrakcyjnych, umysłowych), jakimi są ich funkcje (cele) i sposoby pracy**.** Maszyny **i** aparaty są narzędziami zmieniania właściwości lub cech przetwarzanych surowców stąd wynika, że zarówno ich funkcje jak i sposoby działania tkwią w ich właściwościach [5].

Maszyny i aparaty spełniają określoną funkcję tożsamą z celem realizowanych przez nie jednostkowych procesów. Zarówno funkcje urządzeń jak i sposoby ich działania mają

związki z surowcem, a ściślej z jego właściwościami, najczęściej różnymi dla każdego z wymienionych pojęć, które powstały w ludzkich umysłach w wyniku świadomego działania (chociaż czasami zdarza się również w wyniku przypadku odkrycie typu „*eureka*"). Funkcja (cel), podobnie jak sposób, jest bytem rozumowym i odpowiadającego mu systemu technicznego (maszyny, aparatu). Pod pojęciem funkcji systemu rozumiany jest proces osiągnięcia przez niego celu [6]. Określa obiektywną charakterystykę jego oddziaływania na przetwarzany (obrabiany) surowiec (obiekt), od którego zależy ich realna zmiana (lub zachowanie) na różnych etapach technologicznego procesu. Funkcja systemu, jako całości, określana jest funkcjami, które wypełniają, wchodzące w jego skład elementy.

Ogólne pojęcie „*właściwości surowców*" odnoszone jest do ich cech plastycznych i merystycznych. Pierwsze wyrażane są opisem słownym i wykorzystywane do tworzenia funkcji urządzeń (dotyczy struktury zewnętrznej i wewnętrznej surowców, kształtów, kolorów i innych cech poznawanych przy pomocy zmysłów). Ogólna zasada procesu technologicznego w produkcji żywności, wiąże się z koniecznością oddzielania części jadalnych surowca od części niejadalnych. Przykładowo przytoczone cechy plastyczne surowców zwierzęcych, takie jak: kości, skóra, łuska ryb, wnętrzności jamy ciała ryb, tworzą funkcje maszyn do: oddzielania kości (separatory mięsno-kostne), odskórzania, odłuszczania, patroszenia.

Funkcję maszyny lub aparatu wyznacza potrzeba konkretnego jednostkowego procesu technologicznego (operacji wynikającej z sekwencji w realizowaniu sposobu produkcji – technologii przetwórstwa) do postaci oczekiwanego produktu. Wynika ona nie z rodzaju przetwarzanego surowca, a jego właściwości – wyrażanych cechą plastyczną, która ją wyznacza. W ujęciu systemowym, przedstawionym na rys. 5, występują więzi między potrzebą określaną sekwencją procesu technologicznego, pojęciem „funkcja urządzenia" i właściwością surowca (najczęściej cechą plastyczną).

Właściwości, przedstawiające cechy merystyczne, wyrażane są wartościami liczbowymi i odpowiednimi jednostkami pomiaru. Określane jako „właściwości fizyczne" odnoszą się do tych, które ustalone mogą być tylko fizycznymi metodami pomiaru bez niszczenia ich struktury chemicznej i składu materiału. To właśnie one wykorzystywane są do wszelkich obliczeń (dane) i do tworzenia sposobów pracy urządzeń. Podkreślić jednak należy, że za każdym razem, kiedy używane jest pojęcie, „*wykorzystanie właściwości surowca*" do tworzenia sposobu działania, wyrażany jest pewien skrót myślowy, bowiem faktycznie sposób może powstać tylko kiedy występuje różnica wielkości (wartości) tej samej właściwości składowych elementów przetwarzanego surowca lub surowców. Powyższe odnosi się zarówno do sposobów realizowanych w maszynach jak i aparatach. Przykładowo, aparaturowy sposób rozdzielenia mieszaniny alkoholu etylowego i wody, nazywany destylacją, mógł powstać, bowiem występuje różnica temperatur przejścia fazowego (wrzenia) odpowiednio 78,3°C i 100°C przy normalnym ciśnieniu atmosferycznym.

Przykłady informacji aplikacyjnych −różnic fizycznych właściwości surowców, wykorzystanych do tworzenia sposobów działania maszyn, są w:

1) maszynach do separacji −różnice jednostkowych sił krojenia mięsa, kości i skóry (a w owocach miąższu i pestek),
2) maszynach do separacji −różnice wymiarów, masy, koloru, kształtu osobniczego surowców,
3) maszynach do sortowania wielkościowego i gatunkowego – różnice gęstości składników mieszanin,
4) wirówkach rozdzielczych −różnice mas właściwych składowych mieszaniny.

O roli i znaczeniu właściwości i cech surowców w powstawaniu wynalazków i „know-how" świadczą opisy patentowe, zastrzegające prawne pierwszeństwo autorskie zgłaszanych sposobów działania. Istota sposobu zastrzeganego w wynalazku najczęściej wiąże się ściśle z wykorzystaniem określonej fizycznej właściwości surowca w maszynach i cech (charakterystyk) surowca w aparatach.

W wynalazkach sposobu działania urządzeń prawie zawsze znajduje się odniesienie dotyczące wykorzystania właściwości przetwarzanych surowców. Wynalazkiem jest stworzenie nowego urządzenia, narzędzia, bądź wymyślenie oryginalnej technologii wytwarzania czegoś, mogącego mieć zastosowanie w praktyce.

Opisy patentowe wynalazków odzwierciedlają aktualny stan techniki najszybciej i powinny być traktowane, jako oficjalne pierwotne źródło informacji. W innych publikacjach, wykorzystywanie właściwości surowców do tworzenia sposobów działania maszyn i aparatów, nie znajduje dostatecznego odzwierciedlenia. Najczęściej ograniczają się one do zagadnień projektowania, opisów pracy i konstrukcji ich materialnych struktur.

PODSUMOWANIE

Podział wiedzy (działanie abstrakcyjne) na jej składowe: informacje o znaczeniu poznawczym i aplikacyjnym, ma względny (relatywny) charakter, stwarza problemową sytuację wyboru (dylemat) między dwiema różnymi możliwościami. Każda informacja poznawcza w określonych sytuacjach ludzkiego działania może mieć aplikacyjne znaczenie. Z powyższego wynika, że w nauczaniu nie można ograniczyć wielkości zbioru informacji tylko do tych, którym możemy nadać znaczenie aplikacyjne.

Człowiek z wyższym wykształceniem w swojej działalności aplikacyjnej i poznawczej powinien starać się być przede wszystkim twórczy, chociaż jego działania są najczęściej odtwórcze. Twórczość dotyczy zarówno sfery działalności naukowej, jak i praktycznej. Różnica w tym względzie polega przede wszystkim na różnym podejściu do rozwiązywanego problemu, tj. podejściu inżynierskim, lub naukowym. Inżyniera praktyka w mniejszym stopniu interesuje obiektywna prawda o świecie. Z racji wykonywanego zawodu pragnie on posiadać skuteczne, tanie i rokujące sukces reguły i przepisy postępowania.

Niezależnie od tego, czy jest się pracownikiem przemysłu, czy też nauki, można w sposób bardziej skuteczny rozwiązywać określone zadania praktyczne i naukowe traktując je systemowo. Systemowe ujęcie, podejście, sposób myślenia – było wiodącym paradygmatem w nauce drugiej połowy dwudziestego wieku – i jest nim nadal. We wszystkich

dyscyplinach naukowych stopniowo rezygnowano z dotychczasowego klasycznego paradygmatu, polegającego na objaśnianiu zjawisk złożonych, za pomocą wyodrębnionych z nich prostszych elementów, stosując w zamian podejście całościowe (holistyczne). Zarówno praktycy (inżynierowie, ale nie tylko), jak i naukowcy uzupełniając swoje myślenie o ujęcie systemowe, wykorzystują proponowane tam postępowanie do pracy twórczej. Pierwsi z nich wykorzystują je do obmyślania i planowania skutecznych działań w sferze techniki, zaspokajającej ludzkie potrzeby na danym poziomie rozwoju techniki, drudzy do poznania zjawisk stale zmieniającej się otaczającej rzeczywistości, związanej z dynamicznym rozwojem nauki i techniki.

LITERATURA

[1] **BOGDANIENKO J. 2008.** W pogoni za nowoczesnością. Wybrane aspekty tworzenia i wprowadzania zmian. Toruń: Wyd. Towarzystwo Naukowe Organizacji i Kierownictwa, Dom Organizatora.

[2] **CEMPEL CZ. 2005.** Nowoczesne zagadnienia metodologii i filozofii badań. Radom: Wyd. Instytutu Technologii Eksploatacji.

[3] **CZARNOCKA M. 2012.** Podmiot poznania a nauka. Toruń: Wyd. Nauk. UMK.

[4] **DRUCKER P. 2004.** Natchnienie i fart, czyli innowacja i przedsiębiorczość. Warszawa: Wyd. Studio Emka.

[5] **DUTKIEWICZ. D., B. SŁOWIŃSKI. 2013. „**Systemowa integracja zróżnicowania surowców, maszyn i aparatów przemysłu spożywczego". Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego Nr 2: 121-125.

[6] **DUTKIEWICZ. D., B. SŁOWIŃSKI. 2015. „**Maszyny i aparaty przetwórstwa spożywczego w ujęciu systemowym". Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego Nr 2: 138-145.

[7] **LIPIEC H. 1994.** Mała księga cytatów. Radom: Oficyna Wydawnicza STON I.

[8] **MARTIN R. 2009.** Niepokorny umysł. Poznaj klucz do myślenia zintegrowanego. Gliwice: Wyd. Helion.

[9] **MAZUR M. 1976:** Cybernetyka i charakter. Warszawa: Wyd. PIW.

[10] **POGORZELSKI W. 2002.** O filozofii badań systemowych. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe SCHOLAR.

[11] **ROSNAY J. 1982.** Makroskop. Warszawa: Wyd. PIW.

[12] **SŁOWIŃSKI B., D. DUTKIEWICZ. 2016.** „Analogia jako systemowe narzędzie inspirowania nowatorskich pomysłów i rozwiązań". Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego Nr 1: 105-113.

[13] **WÓJCICKI R. 1982.** Wykłady z metodologii nauk. Warszawa: Wyd. PWN.

Dr inż. Mariusz KOSMOWSKI
Prof. dr hab. inż. Andrzej DOWGIAŁŁO
Morski Instytut Rybacki – Państwowy Instytut Badawczy

PRZEGLĄD SPOSOBÓW CIĘCIA MROŻONYCH PÓŁPRODUKTÓW Z RYB®

Overview of methods for cutting frozen fish products®

Słowa kluczowe: ryby, mrożony półprodukt, cięcie.

Artykuł zawiera przegląd znanych i stosowanych sposobów cięcia mrożonych półproduktów z ryb. Na jego podstawie opracowano założenia badań modelowych nad opracowaniem prostego rozwiązania technicznego pozwalającego na ograniczenie strat mięsa przy cięciu.

Key words: fish, product, cutting.

The paper presents overview of known and used in fish processing methods for cutting frozen fish products. On its basis, the assumptions of model research on the development of a simple technical solution allowing to limit meat losses during cutting were elaborated.

WSTĘP

Głównym celem produkcji mrożonych przetworów z ryb jest dostarczanie na rynek konsumenta w ciągu całego roku, a zwłaszcza w okresie sezonowego niedoboru surowców, możliwie szerokiego asortymentu produktów nadających się do spożycia po wykonaniu niezbędnych zabiegów kulinarnych. Do przetworów takich, uzyskiwanych poprzez cięcie półproduktów z ryb, należą dzwonka, paluszki rybne i cięte na paski filety. Przetwory te wytwarzane są z tuszek, filetów czy bloków filetów lub farszu, z przyczyn oczywistych dostarczanych do przetwórców w postaci mrożonej. Dla zachowania ciągłości łańcucha chłodniczego utrwalania tych przetworów, są one zazwyczaj wytwarzane z pominięciem operacji rozmrażania wymienionych półwyrobów [8]. Dzięki temu cechują je: zdolność do dłuższego przechowywania w warunkach domowych, pełnowartościowość odżywcza oraz niska pracochłonność przygotowania do spożycia.

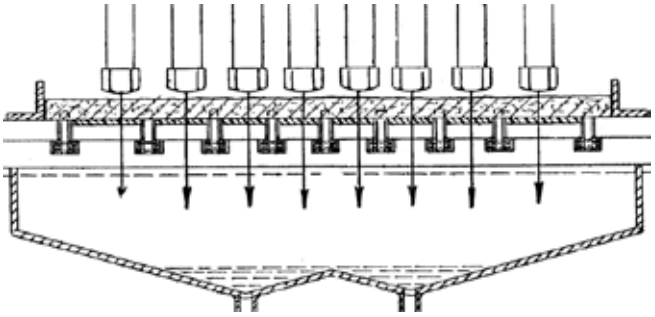
Ponadto cięcie półproduktów w stanie zamrożonym:

- skraca czas ich rozmrażania podczas dalszej obróbki technologicznej (czas rozmrażania związany jest z wielkością rozmrażanego surowca),
- podczas smażenia w oleju będącego jednocześnie rozmrażaniem techniką ogrzewania powierzchniowego, a takiemu zabiegowi technologicznemu poddawane są na ogół dzwonka, pocięte na paski filety czy paluszki rybne, stwarza korzystne warunki dla jak najpełniejszej odwracalności właściwości fizycznych produktu do stanu sprzed zamrożeniem.

Mając powyższe na uwadze oraz odpowiadając na zgłaszane przez przetwórców zainteresowanie cięciem mrożonych filetów na paski w MIR-PIB podjęto prace nad opracowaniem w miarę prostego, a przez to niedrogiego urządzenia do tego przeznaczonego, dedykowanego dla małych i średnich przetwórni. Przed podjęciem prac koncepcyjnych przeprowadzono przedstawiony w niniejszym artykule przegląd literatury na temat sposobów i urządzeń do cięcia mrożonych półproduktów z ryb.

CIĘCIE STRUMIENIEM WODY

Przykładem zastosowania niekonwencjonalnej metody do cięcia mrożonej ryby jest wykorzystanie strumienia wody rys. 1. Mrożone ryby, uformowane w bloki, wprowadzane są pojedynczo na przenośnik utworzony przez szereg plastikowych taśm tworzących między sobą szczeliny. Pod każdą szczeliną jest łańcuch bez końca, mający serię skierowanych w górę zabieraków, które przesuwają płyty pod zestawem urządzeń strumieniowych (dysz).



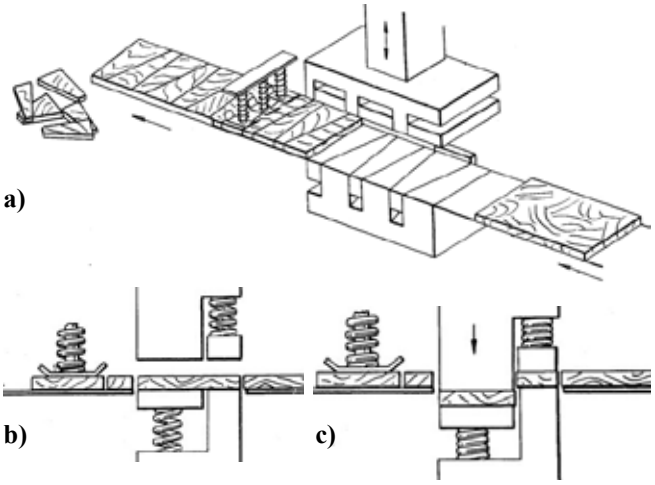
Rys. 1. Cięcie mrożonej ryby strumieniem wody.
Fig.1. Cutting frozen fish with water jet.
Źródło: Lohash 1991 [9]
Source: Lohash 1991 [9]

WYCINANIE

Rysunek 2 przedstawia sposób porcjowania mrożonych filetów rybnych. Surowiec dzielony jest na pożądane części przez ścinanie w specjalnej formie prasy ścinającej, przy pomocy stempla. Stempel ma odpowiadające formie wypukłości, które mają szerokość równą szerokości wycinanych kawałków. Dodatkowo prasa posiada sprężyście uchylne

Adres do korespondencji – Corresponding author: Andrzej Dowgiałło, Morski Instytut Rybacki – Państwowy Instytut Badawczy w Gdyni, ul. Kołłątaja 1, 81-332 Gdynia, e-mail: techmech@mir.gdynia.pl

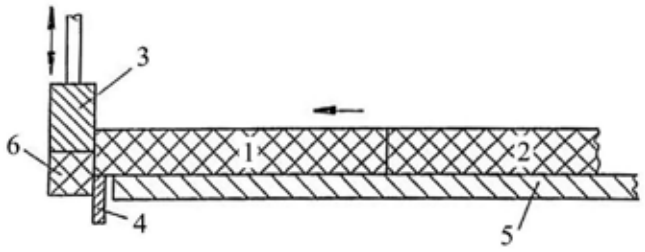
przytrzymujące szczęki, zapewniające równomierny kontakt surowca z przemieszczającymi się szczękami. W ten sposób otrzymujemy duże naprężenie ścinające wzdłuż płaszczyzny pomiędzy wspomnianymi częściami jednostkowymi.



Rys. 2. Wycinanie przy pomocy stempla w prasie.
Fig. 2. Cutting using the press.
Źródło: Marshall 1975 [10]
Source: Marshall 1975 [10]

ŁAMANIE

Na rysunku 3 pokazano zespół tnący urządzenia, w którym porcje materiału oddzielane są przy pomocy stempla.



Rys. 3. Zespół tnący urządzenia do łamania mrożonych bloków:
1, 2 - cięty materiał, 3 - stempel (część ruchoma), 4 - część nieruchoma, 5 - blat, 6 - odcinana porcja surowca.
Fig. 3. Cutting unit for breaking frozen blocks:
1,2 - cut material, 3 - stamp (movable part), 4 - stationary part, 5 - table top, 6 - cut portion of raw material.
Źródło: Rosenberger 2001 [14]
Source: Rosenberger 2001 [14]

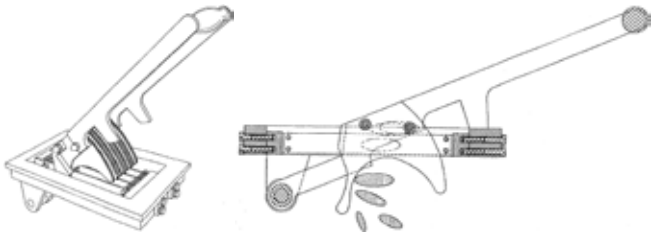
CIĘCIE GILOTYNOWE

Stosowane są rozwiązania jednoostrzowe lub wieloostrzowe obsługiwane siłą wywoływaną ręcznie lub ze wspomaganiem.

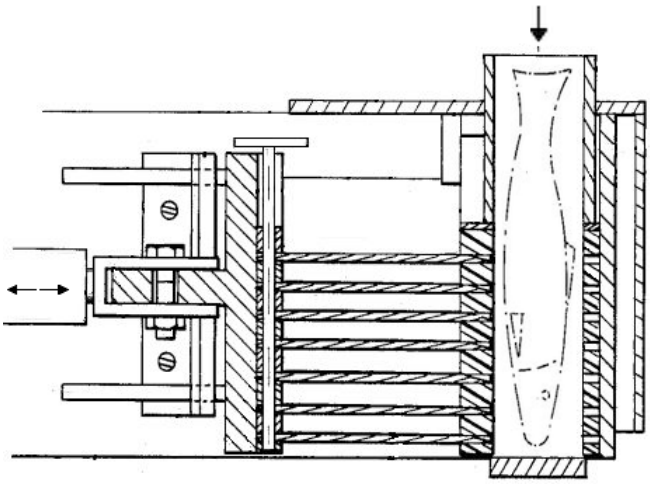
Jednoostrzowy przyrząd do cięcia gilotynowego przedstawiono na rysunku 4. Służy do wykonywania cięć brył o dużych przekrojach poprzecznych.

Rozwiązania wieloostrzowe stosowane są w przypadku obróbki małych ryb. Na rysunku 5 przedstawiono rozwiązanie z ręcznym wymuszaniem siły cięcia, natomiast na rys. 6 pokazano przykład rozwiązana, w którym cięcie wspomagane jest siłownikiem.

Rys. 4. Gilotyna do mrożonego surowca.
Fig. 4. Guillotine for frozen raw material.
Źródło: ALIEXPRESS Shop [2]
Source: ALIEXPRESS Shop [2]



Rys. 5. Ręcznie sterowane urządzenie do dzielenia na porcje małych ryb.
Fig. 5. A manually controlled device for dividing fish into small portions.
Źródło: Nedelka 2003 [12]
Source: Nedelka 2003 [12]

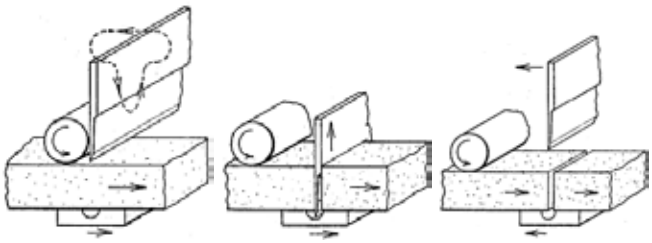


Rys. 6. Urządzenie do dzielenia na porcje małych ryb ze wspomaganiem.
Fig. 6. The device for dividing into small fish portions.
Źródło: Adams1986 [1]
Source: Adams1986 [1]

W pierwszym przypadku (rys. 5) człon podstawy stanowi ramka z wieloma oddalonymi od siebie nożami tworzącymi w przybliżeniu płaską powierzchnią tnącą przystosowaną do przyjmowania na niej ryb. Ramię dźwigni jest przegubowo przymocowane do członu podstawowego. Do ramienia dźwigni dołączono zespół prowadzący rybę. Zespół ten składa się z wielu niesymetrycznie łukowo ukształtowanych powierzchni. Przy pomocy ramienia dźwigni dociskamy ryby do ramki z nożami. Niesymetrycznie łukowo ukształtowane powierzchnie dociskowe przepychają surowiec w dół i jednocześnie przesuwają go w poziomie wzdłuż ostrzy noży.

W przykładzie rozwiązania ze wspomaganiem (rys. 6) aparat do cięcia mrożonej ryby zawiera głowicę tnącą mającą liczne rozmieszczone w odstępie ostrza, które są przemieszczane przesuwnie w otworach bloku komory na surowiec. Blok tworzy stos przekładek i klocków dystansowych. Dno komory jest uchylne. Głowica tnąca wykonuje ruchy postępowo-zwrotne wywołane siłownikiem.

Budowane są również urządzenia jednoostrzowe ze zautomatyzowanym ruchem ostrza i posuwu materiału. Przykład takiego rozwiązania zilustrowano na rys. 7 przedstawiającym system do okresowego cięcia na plastry ciągle przemieszczającego się surowca w kierunku równoległym do długości. Ostrze tnące jest usytuowane powyżej i normalnie do kierunku ruchu materiału. Mechanizm maszyny ciągle przemieszcza ostrze po ścieżce pokazanej linią przerywaną w celu okresowego cięcia jednakowych długości produktu. W razie potrzeby zmiany długości, szybkość tnącej ścieżki ostrza może się zmieniać.



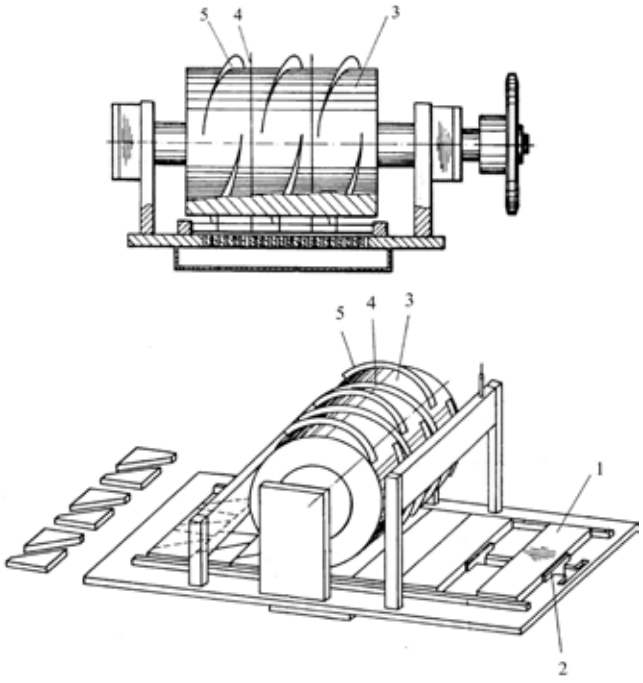
Rys. 7. System do cięcia na plastry surowca przemieszczającego się ruchem ciągłym.
Fig. 7. The system for cutting into slices of raw material moving in a continuous. motion

Źródło: Bernard 1980 [3]

Source: Bernard 1980 [3]

Ciekawym przykładem cięcia gilotynowego jest rozwiązanie, w którym wykorzystywane są podgrzewane ostrza (rys. 8).

Urządzenie służy do porcjowania głęboko mrożonych artykułów spożywczych w postaci płyt. Płyty (1) są podawane na transporter z zabierakami (2) do bębna (3) którego powierzchnia, znajdująca się powyżej ścieżki transportowej, jest wyposażona w podgrzewane ostrza oddzielające wstęgi (4, 5). Ogrzane wstęgi oddzielające (4, 5) przymocowane do bębna (3) napędzanego synchronicznie z surowcem (1) dzielą surowiec na porcje. Kształt porcji zależy od rozmieszczenia wstęg oddzielających (4, 5) na powierzchni bębna (3). Podgrzewane wstęgi zmiękczając głęboko mrożony surowiec w miejscu cięcia eliminują straty cięcia.



Rys. 8. Cięcie gilotynowe rozgrzanym ostrzem.
Fig. 8. Guillotine cutting with a hot blade.

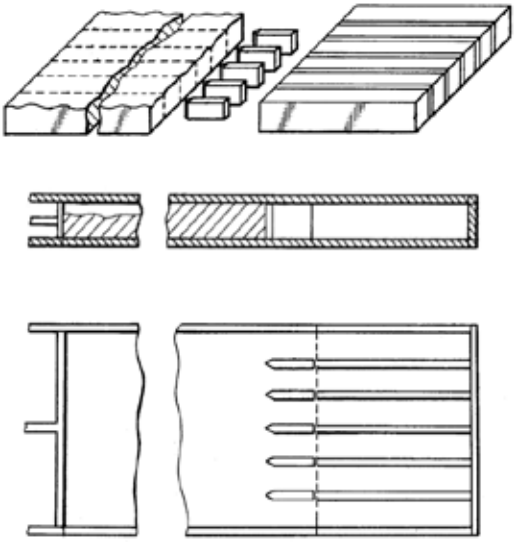
Źródło: Rosenberger 1992 [15]

Source: Rosenberger 1992 [15]

ŁUPANIE

Metoda polega na przepychaniu mrożonego surowca przez nieruchome ostrza. Stosowane są dwa sposoby przepychania - jednostopniowe i wielostopniowe.

Przedstawiona na rys. 9 jednostopniowa metoda dzielenia bloku mrożonej ryby wykorzystuje temperaturę roboczą między -6 °C a -30 °C i ciśnienie procesowe, co najmniej 0,1 MPa. Ryba lub pasek bloku są przeciskane poprzez kratownicę utworzoną przez sieć równoległych nieruchomych noży.

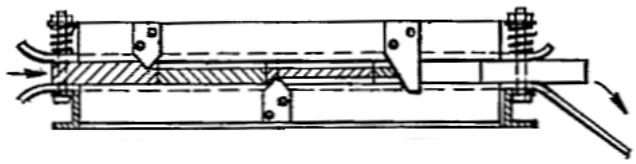


Rys. 9. Przepychanie surowca przez zestaw nieruchomych noży.
Fig. 9. Pushing the raw material through a set of fixed blades.

Źródło: Hartmann 1980 [7]

Source: Hartmann 1980 [7]

Metodę wielostopniową ilustruje rys. 10.



Rys. 10. Przepychanie przez 3 rzędy nieruchomych ostrzy.

Fig. 10. Pushing through 3 rows of fixed blades.

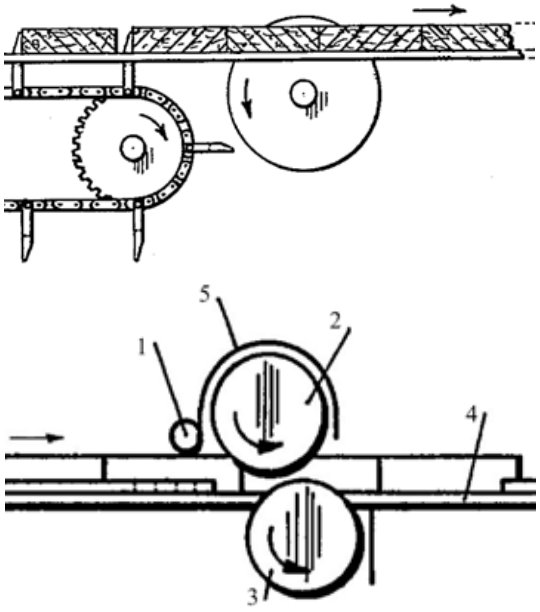
Źródło: Frank i Hills 1965 [5]

Source: Frank i Hills 1965 [5]

Blok zamrożonej ryby jest wprowadzany przez popychacz do komory nożowej a następnie przepychany przez kolejne ryby, w komorze trafia na trzy rzędy nieruchomych noży. Każdy rząd nacina 1/3 grubości płyty. W ten sposób bloki można ciąć bez przerw. Jednakowy rozstaw noży w każdym rzędzie określa szerokość uzyskiwanych porcji.

CIĘCIE NOŻEM TARCZOWYM

Cięcie nożem tarczowym ma wiele odmian. Wyróżniamy układy z jednym, dwoma a nawet sześcioma wałkami nożowymi. Również występują różne systemy transportujące surowiec w obszarze cięcia. Istotny wpływ na transport ma postać surowca mrożonego (pojedyncze ryby, mrożone bloki).



Rys. 11. Zespoły tnące nożami tarczowymi stosowane przy cięciu bloków mrożonej ryby: a – układ z jednym zespołem współosiowych obrotowych noży, b – układ z dwoma zespołami współosiowych obrotowych noży.

Fig. 11. Cutting units used for cutting frozen fish blocks: a – a system of one unit of the coaxial rotary blades, b – a system with two sets of coaxial revolving blades.

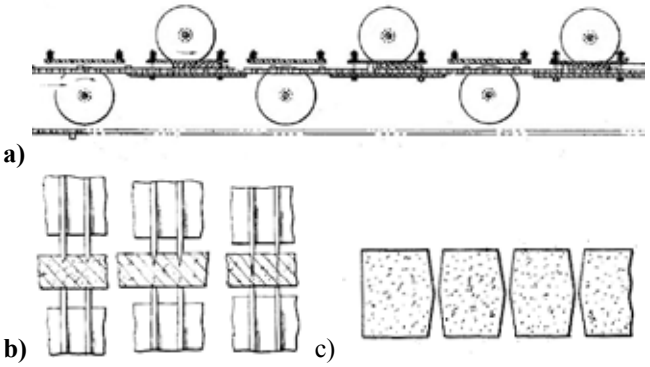
Źródło: a – Oldershaw 1963 [13], b – Europäisches Patentamt 1988 [4]

Source: a – Oldershaw 1963 [13], b – Europäisches Patentamt 1988 [4]

Rys. 11a przedstawia układ, w którym paski zamrożonych bloków są wybierane z magazynu i przepychane przez obszar układu współosiowych obrotowych pił, przez popychacze w postaci prętów umieszczonych na łańcuchach bez końca umieszczonych pod stołem obróbczym w taki sposób, aby górna część popychacza wystawała ponad stół z piłą, aby zaczepić, a następnie przepchać je w kierunku piły.

System dwuosiowy (rys. 11b) składa się z dwóch wałków z nożami tarczowymi (2, 3) umieszczonych nad i pod płytą transportową (4) oraz rolki wprowadzającej (1) z osłoną noży (5). Surowiec jest przepychany między wałkami nożowymi.

Na rys. 12 pokazano układ z trzema parami wałków z nożami.



Rys. 12. Układ z sześcioma zespołami współosiowych obrotowych pił: a – układ wałków nożowych, b – etapy zagłębiania noży, c – widok obszaru cięcia.

Fig. 12. The system with six sets of coaxial rotary saws a – system of knife shafts, b – stages of penetration of knives, c – view of the cutting area.

Źródło: McCalfery 1960 [11]

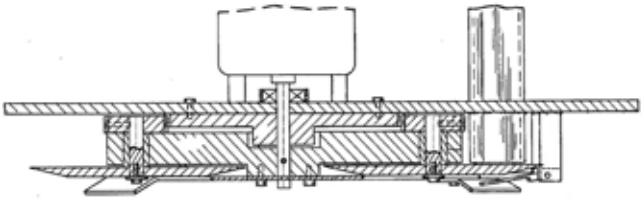
Source: McCalfery 1960 [11]

Noże tarczowe obracające się z dużymi prędkościami (ok. 1000-3000 obr./min.) nie zapewniają satysfakcjonujących wyników z powodu powstających strat w postaci trocin (10-12%). Strat tych można uniknąć stosując niskie prędkości cięcia. Skuteczne cięcie uzyskano przez cięcie bloków w kierunku ich ruchu zestawami noży o stopniowo zagłębiających się ostrzach o małej prędkości. Prędkość krawędzi tnących względem bloku jest równa różnicy pomiędzy liniowymi prędkościami krawędzi tnących i przenośnika. W ten sposób nacięcia bloku są coraz bardziej pogłębiane. Pierwsze ostrza tnące mają krótkie ukosowanie i wykonują cięcia płytkie i stosunkowo szerokie w stosunku do ich głębokości. Dzięki temu cięcie w kolejnych etapach odbywa się bez nadmiernych nacisków i frezowania brzegów szczeliny.

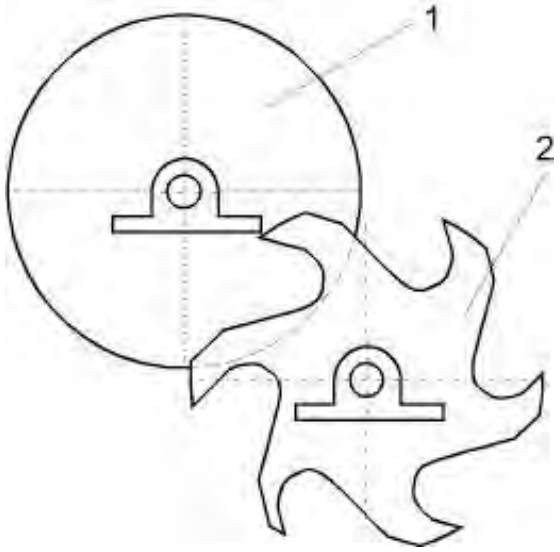
Przykłady cięcia pojedynczych ryb zobrazowano na rys. 13 - 15.

Urządzenie do odcinania plasterków (rys. 13) zawiera poziomy stół z zasobnikiem mrożonej ryby oraz obrotowe noże, które poruszają się względem surowca w ten sposób, że odcinają z niego plasterki. Urządzenie zawiera ślizg do podtrzymywania plasterka i surowca w zasobniku w trakcie cięcia i wygarniak do usuwania odciętego kawałka ze ślizgu.

Schemat układu do jednoczesnego cięcia całej ryby na dzwonka pokazano na rys. 14, a stosowane noże na rys. 15.



Rys. 13. Schemat urządzenia do plasterkowania ryb.
Fig. 13. The scheme of the fish slicing device.
Źródło: Tsuchiya i in. 1975 [17]
Source: Tsuchiya i in. 1975 [17]

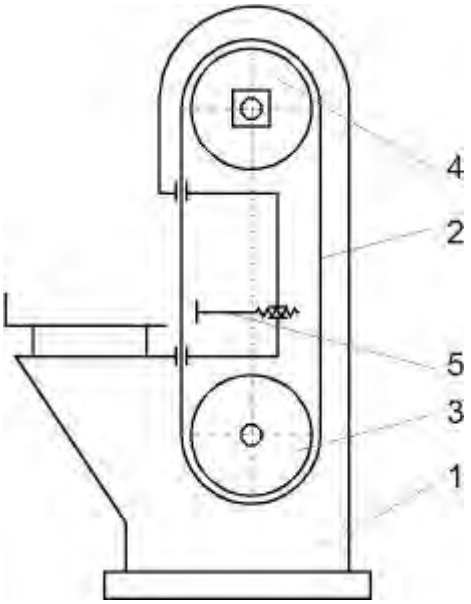


Rys. 14. Schemat dzwonkownicy: 1 – zestaw noży tarczowych, 2 – rolka wprowadzająca.
Fig. 14. Scheme of a slicer: 1 – circular cutting knives, 2 – introducing roll.
Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

Rys. 15. Nóż tarczowy stosowany do cięcia produktów mrożonych.
Fig. 15. Circular knife used to cut frozen products.
Źródło: GSP [6]
Source: GSP [6]

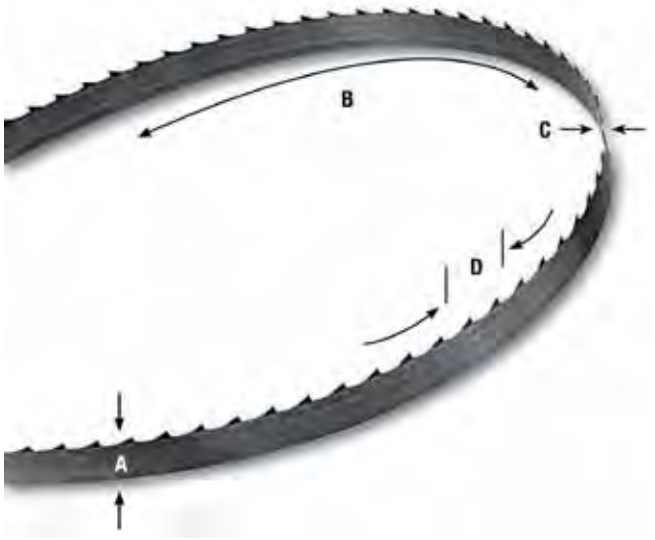
CIĘCIE PIŁĄ TAŚMOWĄ

Najczęściej stosowanym rozwiązaniem do cięcia bloków mrożonej ryby jest piła taśmowa (rys. 16).



Rys. 16. Schemat piły taśmowej: 1 – korpus, 2 – nóż taśmowy, 3, 4 – koła pasowe, 5 – mechanizm regulacji grubości cięcia.
Fig. 16. Scheme of a band saw: 1 – body, 2 – band knife, 3, 4 – pulleys, 5 – cutting thickness adjustment mechanism.
Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

Do cięcia używamy stalową taśmę z ząbkowaną utwardzoną krawędzią (rys. 17).



Rys. 17. Parametry piły taśmowej stosowanej do cięcia surowca mrożonego: A – szerokość, B – długość, C – grubość, D – podziałka (ilość zębów na cal).
Fig. 17. Parameters of band saw used to cut frozen raw material: A – width, B – length, C – thickness, D – graduation (number of teeth per inch).
Źródło: Starret 2013 [16]
Source: Starret 2013 [16]

PODSUMOWANIE

Większość znanych sposobów porcjowania mrożonych materiałów spożywczych odnosi się do cięcia mrożonych bloków rybnych. Rozwiązania dotyczące cięcia indywidualnie mrożonych surowców wiążą się głównie z całymi rybami o małych rozmiarach. Większość rozwiązań jest technicznie złożona i nie nadaje się do zastosowania w małych przetwórniach rybnych. Z przeprowadzonej analizy wynika, że klasyczne cięcie przy pomocy piły taśmowej lub tarczowej jest na tyle uniwersalne, że również powinno sprawdzić się przy cięciu indywidualnie mrożonych ryb. Z obu klasycznych narzędzi tnących, biorąc pod uwagę kryterium złożoności konstrukcji i koszty urządzenia, lepszym rozwiązaniem jest cięcie nożami tarczowymi. Głównymi mankamentami klasycznych rozwiązań jest fakt, że stosowane noże do cięcia materiałów mrożonych posiadają agresywne uzębienie (rys. rys. 15 i 17). Zastosowanie takich ostrzy prowadzi do powstawania niepożądanych strat cennego mięsa. Biorąc to pod uwagę prace modelowe prowadzono koncentrując na narzędziach tnących w postaci noży tarczowych. Szczególny nacisk położono na opracowanie prostego rozwiązania technicznego pozwalającego na ograniczenie strat mięsa przy cięciu.

LITERATURA

[1] **ADAMS D. J. 1986.** Bait cutting device. Patent US 4,625,364.

[2] **ALIEXPRESS** Shop. https://pl.aliexpress.com/w/wholesale-guillotine-meat-cutter.html

[3] **BERNARD V. E. 1980.** Portion controlled frozen food. Patent US 4,193,272.

[4] **Europäisches Patentamt, 1988.** Vorrichtung zum Zerteilen quaderförmiger Blöcke aus tiefgefrorenen Lebens-oder Futtermitteln in kleinere quaderförmige Einheiten (Platten). EP 0 305 673 A2.

[5] **FRANK Ch. J., W. HILLS. 1965.** Frozen-food cutter. Patent US 3,196,917.

[6] **GSP** - High Tech Saws, s.r.o.: http://www.slitting-saw.com/Slitting-Saw-HSS-and-Carbide-saws/Fish-saw-blades/

[7] **HARTMANN K. 1980.** Process for production of individual portions from blocks of deep-frozen foodstuffs. Patent US 4,213,360.

[8] **KOŁAKOWSKI E. 1984.** Technologia mrożonych przetworów rybnych. Gdańsk: Wydawnictwo Morskie.

[9] **LOHASH F., J. T. LYONS, C. H. MORRISON. 1991.** Apparatus and method utilizing a water jet for cutting frozen fish slabs into a plurality of individual portions. Patent US 5,031,496.

[10] **MARSHALL R., K. HARTMANN, E. KRAFFERT. 1975.** Methods for forming unit portions of frozen food materials. Patent US 3,924,012.

[11] **McCALFERY F. X. 1960.** Apparatus for cutting a frozen slab. Patent US 2,941,560.

[12] **NEDELKA J. 2003.** Baitfish chunking apparatus. Patent US 6,558,244.

[13] **OLDERSHAW C. G. 1963.** Frozen fish block cutting and aligning machine. Patent US 3,079,964.

[14] **ROSENBERGER J. 2001.** Method for dividing a cubed block of deep frozen food into portions with a precise volume. Patent US 6,210,733.

[15] **ROSENBERGER J. 1992.** Portioning device for parallelpipedic slabs of deep-frozen foodstuffs, more particularly fish. Patent US 5,158,010.

[16] **STARRETT.** Band Saw Blades for Food Processing. The L.S. Starrett Company. Bulletin 1029 05/13.

[17] **TSUCHIYA T., K. J. VALENTAS, D. W. MORSE. 1975.** Frozen fish cutter. Patent US 3,867,8581975.

Dr hab. inż. Monika JANOWICZ[1]
Dr inż. Lesław JANOWICZ[2]
Mgr inż. Michał JANKOWSKI[1]
[1]Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydział Nauk o Żywności,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
[2]Wydział Inżynierii Produkcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

WYKORZYSTANIE MIKROSKOPII ELEKTRONOWEJ I ANALIZY KOMPUTEROWEJ OBRAZU W BADANIACH MIKROSTRUKTURY ŻYWNOŚCI®

The use of electron microscopy and computer image analysis in the study of food microstructure®

Słowa kluczowe: mikroskopia, analiza obrazu, żywność.

Struktura jest bardzo ważną cechą charakterystyczną dla różnych rodzajów żywności, dlatego też zachowanie jej odpowiedniej formy, bądź możliwość jej modyfikowania są głównym celem wszystkich stosowanych metod przetwarzania. Jest również podstawowym czynnikiem wpływającym na ocenę jakości owoców i warzyw. Do badań nad właściwościami fizycznymi żywności coraz częściej wykorzystywana jest mikroskopia oraz komputerowa analiza obrazu jako nie inwazyjne metody obrazowania cech struktury żywności.

Key words: microscopy, image analysis, food.

The structure is a very important characteristic characteristic for various types of food, and therefore the preservation of its appropriate form or the possibility of modifying it is the main goal of all the processing methods used. It is also a basic factor affecting the assessment of fruit and vegetable quality. Research into physical properties of food increasingly uses microscopy and computer image analysis as non-invasive methods of imaging food structure characteristics.

WPROWADZENIE

Do badań nad właściwościami fizycznymi żywności coraz częściej wykorzystywana jest mikroskopia oraz komputerowa analiza obrazu. Dzięki tym narzędziom możliwy jest wgląd do wnętrza struktury surowca, w celu lepszego zobrazowania i zrozumienia przemian zachodzących podczas procesów przetwórczych.

Analiza mikroskopowa wymaga wcześniejszego preparowania surowca i poddania go często całemu szeregowi czynności przygotowawczych, zgodnie z procedurami i metodyką poszczególnych technik mikroskopowych. Szczególnie jest to istotne w przypadku zaawansowanych metod analitycznych z użyciem mikroskopii elektronowej. W zależności od stosowanego typu mikroskopu, należy różnie postępować z próbką materiału badawczego i sporządzać z niej preparaty ściśle według opracowanych zasad.

W wypadku produktów żywnościowych pochodzenia roślinnego ma się do czynienia z materią biologiczną, która ze względu na wysoką zawartość wody, wymaga uprzedniego utrwalenia. Najczęściej w tym celu tkankę roślinną poddaje się odwadnianiu poprzez suszenie.

Najdoskonalszą metodą wykorzystywaną do preparowania materiału biologicznego w badaniach mikrostruktury jest suszenie w punkcie krytycznym, umożliwiające odparowanie wody z tkanki i zachowanie jej struktury komórkowej w stanie nienaruszonym. Niestety ze względu na wysokie koszty prowadzenia tego procesu oraz koszty aparatury, technika ta jest rzadko wykorzystywana, przez co obecnie ustępuje ona miejsca konwencjonalnym metodom suszenia. Wiadomo jednak, że procesy te uszkadzają tkankę, powodując deformacje jej struktury i zmieniając geometrię komórek. Skutkuje to przemianami pierwotnych właściwości fizycznych surowca. Dlatego tradycyjnie stosowane techniki suszenia (na przykład konwekcyjnego), nie są dobrą metodą utrwalania struktur tkankowych surowców pochodzenia roślinnego w celu wykorzystania ich później do badań z użyciem mikroskopów elektronowych. Nowoczesna i zachowawcza w stosunku do cech suszonego materiału jest natomiast metoda liofilizacji. Technika ta pozwala uzyskać susz znacznie lepiej odwodniony w porównaniu do materiału suszonego konwekcyjnie, z lepiej zachowaną barwą, objętością i innymi właściwościami cechującymi świeżą tkankę. Odpowiednio prowadzona pozwala na uzyskanie materiału, w którym stopień zachowania struktury komórkowej jest porównywalny z materiałem suszonym w punkcie krytycznym.

Z tych względów liofilizacja lub inaczej suszenie sublimacyjne, wydaje się być obiecującym sposobem utrwalania tkanki roślinnej do celów analitycznych z użyciem mikroskopów elektronowych.

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

Celem artykułu jest prezentacja możliwości wykorzystania mikroskopii elektronowej oraz komputerowej analizy obrazu w badaniach mikrostruktury żywności.

WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE TKANKI I OPISUJĄCE JE PARAMETRY

Jedną z podstawowych cech charakterystycznych surowców i produktów pochodzenia roślinnego jest struktura tkankowa. Jej parametry w sposób istotny wpływają na mechaniczne właściwości materiału. Czynnikami tworzącymi strukturę tkanki roślinnej są właściwości ściany komórkowej i turgor lameli, tworzących warstwy komórek składających się na strukturę tkankową. Turgor jest to ciśnienie hydrostatyczne wywierane przez ciecz wewnątrzkomórkową na błonę komórkową. Efektem jest jędrność struktury i zachowanie kształtu. Cecha ta wpływa bezpośrednio na rozmiar i kształt komórek, objętość jaką zajmują wodniczki w cytoplazmie komórkowej czy też objętość przestrzeni międzykomórkowych [29, 38, 46].

W tkankach roślin występują odkształcenia zaliczane zarówno do plastycznych i sprężystych, ale również lepkich co jest zależne od cech odmianowych, rodzaju danej tkanki oraz stopnia jej dojrzałości [26]. Cechy fizyczne surowców pochodzenia roślinnego są kształtowane przez warunki środowiskowe (wzrostu owoców i warzyw), a także zabiegi związane ze zbiorem a następnie przechowywaniem [10]. Do fizycznych cech omawianego materiału należy zaliczyć teksturę. Pod względem sensorycznego odczuwania w procesie jedzenia owoców i warzyw, jest to kluczowa cecha tkanki roślinnej [15]. Teksturę definiuje się jako sensorycznie odbierane przez człowieka bodźce, związane z przeżuwaniem żywności i opisywane np.: jako jej „chrupkość" lub „kruchość". W większości przypadków stanowi kluczowy wyróżnik jakości, a przede wszystkim świeżości produktów spożywczych. Przykładami takich produktów mogą być chipsy ziemniaczane, śniadaniowe płatki kukurydziane i wielozbożowe, ale również mięso czy wreszcie owoce i warzywa [17, 55]. Biegańska-Marecik i Czapski [6] w badaniach, których celem było porównanie odmian jabłek i ich przydatności w produkcji owoców nisko przetworzonych, wykonali test ściskania sporządzonych próbek jabłek. Parametrem, określającym teksturę była maksymalna siła ściskająca. Owoce, dla których ten parametr miał najwyższą wartość, charakteryzowały się teksturą, co potwierdzały również badania sensoryczne.

Istotnym czynnikiem odpowiedzialnym za kształtowanie właściwości fizycznych tkanek roślinnych jest woda. Jej zawartość w komórkach owoców i warzyw a także stopień dojrzałości fizjologicznej surowca, bezpośrednio odpowiadają za sprężystość jego struktury [47]. W wyniku wysokiej zawartości oraz aktywności wody w świeżym surowcu, postępują w nim procesy fizyko-chemiczne oraz biologiczne, takie jak oddychanie, transpiracja, dojrzewanie lub starzenie, powodujące zmianę składu chemicznego i struktury [34, 35]. Szczególnie w wyniku transpiracyjnego ubytku wody w materiale, tworzą się optymalne warunki dla rozwoju drobnoustrojów. I tak przy aktywności wody nie mniejszej niż 0,91 swoje optimum rozwoju mają bakterie a już przy wartości 0,88-0,80 – drożdże i grzyby strzępkowe [30]. W efekcie postępuje obniżanie się jakości surowca i uszkadzanie tkanki.

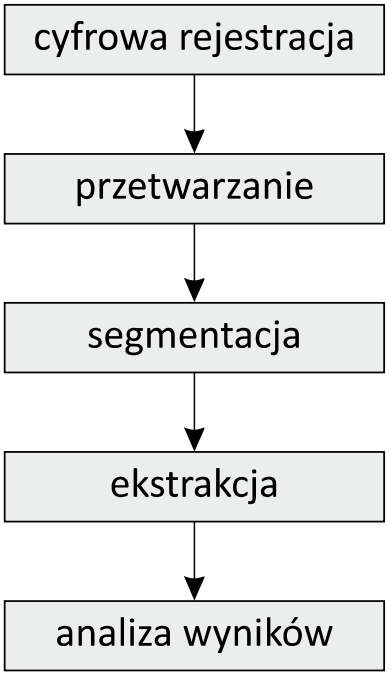
Woda stanowi środowisko sprzyjające zachodzeniu reakcji biochemicznych. W przypadku jabłek reakcją biochemiczną wpływającą na jakość surowca jest proces brązowienia enzymatycznego miąższu, zmianom podlegają głównie polifenole. Brązowienie enzymatyczne jest wynikiem reakcji utleniania polifenoli [45]. Są to związki zaliczane do grupy żywieniowych przeciwutleniaczy, jednak ich wysoka łatwość utleniania do chinonów oraz tworzenia wielkocząsteczkowych barwnych polimerów sprawiła, że przypisywano im właściwości antyżywieniowe, pogarszające jakość produktów [22]. Enzymem katalizującym brązowienie tkanki jest oksydaza polifenolowa, która z udziałem tlenu z otoczenia utlenia związki polifenolowe, w rezultacie czego powstają melaniny powodujące brunatnienie barwy miąższu. W związku z powyższym kolejną cechą mierzalną materiału jest jego barwa [32].

Dla konsumenta wygląd nabywanego produktu jest najważniejszym kryterium jego wyboru, ponieważ w pierwszej kolejności, towar oceniany jest wzrokowo [36]. Konsumenci poszukują produktów żywnościowych o intensywnej barwie, typowej dla danego środka żywnościowego w stanie najwyższej świeżości. Jakość barwy produktów związana jest bezpośrednio ze stanem wody w surowcu. Związki barwne zawarte w niektórych owocach, takie jak antocyjany lub karotenoidy, charakteryzują się wysoką niestabilnością i ulegają degradacji już przy niewielkich wahaniach wilgotności materiału [42]. Czernyszewicz [16] w badaniach nad preferencjami konsumentów dotyczącymi jabłek wykazała, że wymagania odnośnie tych owoców są podyktowane przez uwarunkowania ekonomiczne oraz demograficzno-społeczne a istotną cechą decydującą o wyborze jest świeży wygląd produktu. Brązowienie miąższu jabłek minimalnie przetwarzanych jest zatem zjawiskiem niekorzystnym, stanowiącym wyzwanie dla producentów i wymagającym stosowania wstępnej obróbki surowca, jak na przykład: blanszowanie lub wysycanie tkanki cukrem czy związkami wapnia [6].

MIKROSKOPIA ELEKTRONOWA I KOMPUTEROWA ANALIZA OBRAZU

Postęp technologiczny na przestrzeni lat doprowadził do rozwoju nowoczesnych technik prowadzenia obserwacji i badań z użyciem mikroskopu. Współczesne mikroskopy elektronowe pozwalają dostrzec struktury o rozmiarach na poziomie molekularnym, a technologia cyfrowa umożliwiła uzyskiwanie obrazów bardzo wysokiej jakości [52]. Pierwotnym zastosowaniem mikroskopii było badanie organizmów żywych, przy zapewnieniu dobrej kondycji zdrowotnej tych organizmów oraz braku ingerencji obserwatora w zachodzące w nich zmiany [28]. W przypadku obrazowania struktur biologicznych np. tkanek roślinnych pojawiają się trudności związane z brakiem dostępności do nich, a także degradacją będącą skutkiem naturalnych procesów życiowych [20]. Tworząc preparaty do mikroskopii elektronowej, poddaje się je szeregowi operacji, mających na celu utrwalenie badanej struktury - próbki są odwadniane lub zamrażane i napylane [26, 43, 53]. Wykonanie zdjęć cyfrowych pozwala na dokładną analizę badanej powierzchni pod względem takich cech jak: kształt, wielkość obiektu, stopień uszkodzeń, co pomaga dostrzec zmiany zachodzące w materiale podczas jego suszenia, przede wszystkim objętości i parametrów z nią związanych [44, 50].

Komputerowa analiza obrazu jest metodą nie mającą niszczącego wpływu na badany obiekt, co czyni ją bezpiecznym i obiektywnym narzędziem oceny jakości płodów rolnych oraz artykułów spożywczych [24]. Prowadzenie obserwacji przy pomocy mikroskopów elektronowych, przypomina klasyczne badania z użyciem mikroskopów optycznych, jednak zamiast skupiać światło widzialne, mikroskop elektronowy tworzy obraz bombardując preparat wiązką elektronów o bardzo dużej prędkości. Elektrony wprawiane są w ruch przy pomocy tzw. działa elektronowego. Chmura elektronów, wydzielana na drodze termoemisji, zostaje przyspieszona w wyniku różnicy potencjałów o zakresie kilkuset kilowoltów pomiędzy anodą i katodą. Przyspieszona chmura skupiana jest następnie przy pomocy soczewek elektromagnetycznych. Zadaniem wiązki elektronów jest stworzenie topograficznego obrazu powierzchni próbki. Wyróżnia się 2 typy mikroskopów: SEM – Elektronowy Mikroskop Skaningowy oraz TEM – Elektronowy Mikroskop Transmisyjny, a także ich warianty. W SEM obraz tworzy się dzięki detekcji sygnałów powstałych na skutek odbicia wiązki elektronów od powierzchni oglądanej próbki. W celu wyeliminowania negatywnego wpływu wiązki elektronów na obraz, a tym samym poprawy jego jakości, próbkę napyla się złotem lub kolejno węglem i złotem, przy użyciu napylarki próżniowej. W mikroskopach TEM, strumień elektronów przechodzi przez przygotowany preparat (próbkę) o cienkim profilu. Część elektronów zostaje zaabsorbowana lub odbita, a druga część przechodzi przez próbkę i zostaje zarejestrowana, co pozwala na tworzenie dwuwymiarowego obrazu [8, 20, 28, 48].



Rys. 1. Kolejność operacji w analizie obrazu [1, 39, 51].
Fig. 1. The order of operations in the image analysis [1, 39, 51].

Analiza obrazu jest procesem wyodrębniania istotnej dla obserwatora informacji wizualnej z całości widzianego pola, co oznacza zwykle redukcję danych do wyodrębnionych z analizowanej próbki [14, 33]. Ogólną ideę tego procesu ukazano na schemacie (Rys. 1).

Pierwszym etapem analizy jest cyfrowa rejestracja (akwizycja obrazu), tzn. sporządzenie zdjęć badanego obiektu, na przykład, z użyciem mikroskopu. Na tym etapie istotną rolę odgrywa odpowiednie przygotowanie próbki (suszenie, napylanie itp.). Kolejną operacją jest przetwarzanie obrazu, które z definicji oznacza przemianę obrazu rejestrowanego w wynikowy.

Wyróżnia się przekształcenia: punktowe, lokalne i globalne. Przykładem punktowego przekształcenia może być zmiana jasności lub przejście obrazu w negatyw. Przy tego typu przetwarzaniu zamieniane są poszczególne punkty tworzące obraz. Przekształceniem lokalnym nazywa się operacje związane z ustawianiem ostrości obrazu czy z przeciwdziałaniem zakłóceniom. Ten rodzaj przekształcenia definiuje lokalne otoczenie określonego punktu obrazu. Najważniejszą rolę w ramach komputerowej analizy odgrywa jednak grupa przekształceń morfologicznych. Do najbardziej typowych zalicza się [51]:

- Erozja – inaczej filtr minimalny, czyli operator przypisujący danemu punktowi wartość minimalną punktów z nim sąsiadujących,
- Dylatacja – filtr maksymalny, wykonujący operację odwrotną do erozji – określana również jako negatyw erozji,
- Otwarcie i zamknięcie – erozja i dylatacja powodują zmiany pól powierzchni przetwarzanych obszarów. Przekształcenia jakimi są otwarcie i zamknięcie, mają na celu wyeliminować tę wadę. Otwarcie służy eliminacji pomniejszych obiektów i szczegółów, zaś zamknięcie ma za zadanie wypełnianie wąskich wcięć oraz zatok obecnych we wnętrzu obiektu, dzięki zastosowaniu obydwu typów przekształceń, uzyskuje się obraz wolny od zakłóceń.

Do bardziej zaawansowanych przekształceń morfologicznych zalicza się również:

- Automediana – porównywanie przekształceń otwarcia i zamknięcia, celem lepszego wyodrębnienia konturów obiektów,
- Detekcja ekstremów – wyszukiwanie minimów i maksimów lokalnych,
- Ścienianie – zespół operacji, takich jak szkieletyzacja czy „obcinanie gałęzi", których efektem jest uzyskanie obrazu binarnego mieszczącego się w obrębie konturów krawędzi obiektu przed ścinaniem. Celem szkieletyzacji jest wyznaczenie osiowych punktów kształtów z danego obszaru, zaś „obcinanie gałęzi", w uproszczeniu usuwa niepożądane odcinki powstałe w wyniku szkieletyzacji.

Jednym z kluczowych procesów przeprowadzanych w ramach analizy obrazu jest segmentacja, czyli podział obrazu na fragmenty odpowiadające elementom wyszczególnionym. Wyróżnia się różne rodzaje segmentacji: **częściową** – podział obrazu na pewne obszary, oraz **kompletną**, poprzez podział na obszary przypisane konkretnym obiektom rzeczywistym. Techniki segmentacji obrazu znane współcześnie, to obróbka obrazu przez podział oraz rozrost obszaru, a także przez wykrywanie krawędzi. Wyróżnić należy również metodę **progowania** przy użyciu histogramu, **grupo-**

wania pikseli oraz **analizę entropii**. W sytuacji, gdy piksele tworzące obraz w danym obszarze istotnie różnią się pod względem określonych wyróżników (np. jasności lub barwy) od występujących w innym obszarze, wówczas mówi się o segmentacji przez podział. W przypadku drugiej techniki segmentacji (przez rozrost), proces segmentacji dokonywany jest poprzez testowanie podobieństwa pikseli. Jeśli nie różnią się one wyraźnie, dołączone zostają do obszaru. Natomiast technika segmentacji przez wykrywanie krawędzi, jest oparta na wyszukiwaniu krawędzi między obszarami [7, 37, 39, 40, 49, 51].

Na etapie ekstrakcji cech następuje wyodrębnienie charakterystycznych cech i właściwości z obrazu pozbawionego zakłóceń [9]. W ramach analizy obrazu, proces ten polega na określeniu poszczególnych parametrów związanych z badanym obrazem (rozmiary, kształt, położenie itp.), a następnie wyznaczeniu wektora cech w postaci numerycznej [31]. Do stosowanych obecnie metod ekstrakcji zalicza się: techniki statystyczne – oparte na analizie histogramów, techniki przekształceń obrazu (np. transformacji Fouriera), metody z zastosowaniem modeli i operacji matematycznych [18].

Ostatni etap komputerowej analizy obrazu polega na obróbce numerycznej danych i zestawieniu parametrów mierzalnych uzyskanych w wyniku pomiarów [1]. W zbieraniu wyników z obrazu wykorzystuje się oprogramowanie komputerowe, umożliwiające wstępną filtrację obrazu, usuwanie zakłóceń i szumów, a przede wszystkim pomiar parametrów geometrycznych [20]. Aby parametry te opisywały badany obiekt w metrycznych jednostkach miary, niezbędne jest skalibrowanie analizowanego obrazu, poprzez zastosowanie wzorca, którego długość wyrażana ilością pikseli na obrazie, jest zamieniana na odpowiadającą jej długość wyrażającą rzeczywisty wymiar obiektu [39]. Pomimo różnorodności metod analitycznych, wymiary obiektów na obrazie standaryzowane są do wzorca jakim jest kula [5].

Parametrami morfologicznymi, którymi opisywany jest obiekt są: długość, szerokość, średnice Fereta, obwód, powierzchnia, a także szereg współczynników, takich jak: kolistość, wydłużenie, wypukłość oraz zwartość, obliczane na podstawie wyżej wymienionych parametrów morfologicznych [1, 23]. Wykorzystanie mikroskopii elektronowej oraz komputerowej analizy obrazu znajdują obecnie zastosowanie w większości dziedzin [37]. Techniki te są obecnie powszechnie wykorzystywane w ramach badań nad żywnością.

WYKORZYSTANIE MIKROSKOPII I ANALIZY OBRAZU

Obecnie badania mikrostruktury żywności przy użyciu nowoczesnych mikroskopów elektronowych są powszechne, w szczególności w dużych przedsiębiorstwach przemysłu spożywczego. Wykorzystanie mikroskopii i analizy obrazu daje możliwość porównywania wpływu różnych metod obróbki żywności na produkty i wybór najkorzystniejszej [3, 21]. Powszechne wykorzystanie komputerów i elektronicznych urządzeń pomiarowych w ocenie artykułów rolno-spożywczych podyktowane jest przede wszystkim, wysoką dokładnością i jednoznacznością decyzji, co w przypadku analizy sensorycznej wykonywanej przez zespół specjalistów (osób fizycznych) nie jest takie pewne [50].

Cieśla i wsp. [14] w badaniach nad strukturą żeli ze skrobi ziemniaczanej, w oparciu o analizę zdjęć mikroskopowych, wykazali wpływ obróbki, jaką było promieniowanie radiacyjne o ściśle określonej dawce, na tę strukturę próbki. Gałkowska i Fortuna [19] porównując żele o zróżnicowanym składzie, na podstawie zdjęć mikrostruktury były w stanie stwierdzić zróżnicowanie porowatości i konsystencji żeli suszonych sublimacyjnie. Obserwacje prowadzone przy użyciu SEM oraz pochodnych, pozwalają dostrzec specyficzne zachowania substancji, jak na przykład tworzenia kompleksów makrocząstek polisacharydów [12].

Komputerowa analiza obrazu znajduje szerokie zastosowanie w branży mięsnej, głównie do oceny jakości mięsa, np. pod względem zawartości tłuszczu śródmięśniowego [13]. W odniesieniu do towarów jakimi są owoce i warzywa, komputerowa analiza obrazu cieszy się rosnącym zainteresowaniem wśród badaczy. Ze względu na bardzo niewielkie rozmiary komórek tkanki roślinnej (poniżej 500 nm), analiza obrazu zdjęć mikroskopowych tego materiału jest coraz częściej wykorzystywana do badań struktur tkankowych tych surowców. Poza danymi w postaci zdjęć, pozwala na dostarczenie parametrów liczbowych i wykresów opisujących przebieg procesów i związanych z nimi zmian w tkankach roślinnych [3, 44]. Uzyskane w wyniku analizy obrazu parametry morfologiczne i współczynniki kształtu komórek, pozwalają na uzyskanie istotnych informacji na temat wpływu obróbki surowca na strukturę wewnętrzną i jakość produktu [27]. Przykładem mogą tu być różnice sztywności i kształtu błon komórkowych, a także powstawania uszkodzeń struktury i zwartych obszarów na powierzchni przekrojów poprzecznych próbek jabłek, suszonych różnymi metodami [4, 25]. Analiza zdjęć mikroskopowych pozwoliła stwierdzić wpływ roztworu soli wapnia na usztywnienie struktury tkankowej suszonej konwekcyjnie papryki, co przekładało się również na mniejszy ubytek barwników oraz wpływ temperatury prowadzenia procesu na stan struktury tkankowej suszu [54]. Umożliwiła także wyciągnięcie tezy, mówiącej o zależności właściwości reologicznych odwadnianych osmotycznie jabłek z ich strukturą wewnętrzną [41].

Nowoczesne systemy wizyjne umożliwiają analizę obrazów barwnych. Jedną z funkcji oprogramowania do komputerowej analizy obrazu jest tworzenie histogramów, pozwalających na prowadzenie obserwacji w palecie barw podstawowych RGB, co z kolei pozwala na uzyskanie pełnej informacji na temat ekstremów lokalnych, wartości średnich i odchyleń standardowych oraz mediany poszczególnych barw, a także ilości pikseli dla wartości kolorów. Na podstawie tych danych określić można, jasność obrazu, tzn. przewagę wystąpienia obiektów jaśniejszych lub ciemniejszych. Posiadając tę wiedzę wyznacza się modę obrazu, czyli przeważające parametry jasności [2, 11, 39]. Na kształtowanie pożądanych cech sensorycznych żywności największy wpływ ma jednak jej tekstura, którą kształtuje struktura wewnętrzna. Zastosowanie mikroskopii elektronowej i analizy obrazu istotnie poszerza możliwości poznawcze surowca, co przekłada się potem na jakość produktu [3].

PODSUMOWANIE

Systemy wizyjne oparte na komputerowej analizie obrazu dysponują szeroką gamą możliwości, które przekraczają

zdolności człowieka. Przede wszystkim, mają o wiele szybszy czas reakcji, co w dobie wysokonakładowej produkcji taśmowej jest bezcenne, zaś otrzymane wyniki są obiektywne i powtarzalne. Techniki te pozbawione są wielu cech ludzkich, takich jak: zmęczenie, znudzenie, stres, podatność na przekupstwo itp. Maszyna nie posiada instynktu samozachowawczego oraz oporów moralnych przed zniszczeniem. Te cechy sprawiają, że systemy wizyjne mogą z powodzeniem zastępować człowieka w ocenie jakości żywności, co jest ekonomiczne oraz redukuje czas i koszty.

Systemy komputerowej analizy obrazu pracują w dowolnym zakresie światła widzialnego, podczerwieni a nawet nadfioletu i mogą być montowane w miejscach gdzie wykonanie pomiarów przez człowieka byłoby niemożliwe. Podczas stosowania systemów wizyjnych wyniki są automatycznie rejestrowane, dzięki czemu można w każdej chwili do nich powracać. Istnieje również możliwość dowolnego programowania procesu przetwarzania obrazu, a szeroka paleta narzędzi i technik do obróbki obrazu umożliwia dostrzeżenie pewnych cech analizowanego obiektu, których ludzki zmysł wzroku nie zawsze jest w stanie wychwycić.

Szereg przeprowadzonych doświadczeń z zastosowaniem komputerowej analizy obrazu potwierdził, że otrzymane wyniki są wysoko skorelowane z wynikami otrzymanymi innego rodzaju metodami pozwalającymi analizować strukturę na podstawie dokumentacji zdjęciowej wykonanej za pomocą technik mikroskopowych. Do wad systemów wizyjnych należy m.in. stosunkowo wysoka cena urządzeń wchodzących w ich skład. Ceny te są bardzo zróżnicowane i zależne od jakości i rozdzielczości dostępnego sprzętu. Czasem wzrost kosztów spowodowany jest koniecznością montażu dodatkowego oświetlenia (szczególnie do badań wykonywanych w ciemnych warunkach). Wadą jest również to, że jakość uzyskanych zdjęć – obrazów bezpośrednio wpływa na otrzymane wyniki i badanie tego samego obiektu na sprzęcie różnej klasy może przynieść różne efekty. Pewną niedogodnością systemów wizyjnych jest to, że w niektórych przypadkach przed ich zastosowaniem należy przeprowadzić doświadczenia w celu doboru najlepszego oświetlenia i tła dla badanego materiału, ponieważ te elementy mogą wpływać na ostateczny wynik. Jest również konieczne tworzenie baz danych w systemie uczącym się oraz ciągła jego weryfikacja, gdyż dla prawidłowego zaklasyfikowania obiektu niezbędny jest punkt odniesienia.

LITERATURA

[1] **ARCICHOWSKI P. 2006**. „Automatyczna analiza obrazu. Pomiar kształtu i wielkości cząstek„. Laboratorium 11 (4): 12-16.

[2] **ACEVEDO N.C., V.P. BRIONES BUERA, J.M. AUGUILERA. 2008.** „Microstructure Affects The Rate Of Chemical, Physical And Color Changes During Storage Of Dried Apple Discs„. Journal Food Engineering 85: 222 – 231.

[3] **AGUILERA J.M. 2005.** „Why food microstructure?„. Journal Food Engineering 67: 3 – 11.

[4] **ANDRÉS A.C., BILBAO P. FITO. 2004.** „Drying Kinetics Of Apple Cylinders Under Combined Hot Air–Microwave Dehydration„. Journal Food Engineering 63: 71 – 78.

[5] **BALIŃSKI A. 2013**. „Podstawowe zagadnienia związane z pomiarem wielkości i rozkładu wielkości cząstek„. Prace Instytutu Odlewnictwa 1 (53): 3 – 12.

[6] **BIEGAŃSKA-MARECIK R., J. CZAPSKI. 2003**. „Porównanie przydatności odmian jabłek do produkcji plastrów o małym stopniu przetworzenia„. Acta Scientarum Polonorum, Technologia Alimentaria 2 (2): 115 – 127.

[7] **BIENIECKI W., J. SEKULSKA. 2003.** „Segmentacja i analiza obrazów mikroskopowych i barwionych immunohistochemicznie„. Automatyka 7 (3): 283 – 293.

[8] **BŁAŻ L. 2006**. „Analityczna mikroskopia elektronowa w badaniach struktury materiałów metalicznych„. Fizyka w szkole 6: 4 – 26.

[9] **BOBULSKI J. 2003**. „Ekstrakcja cech twarzy za pomocą transformaty falkowej„. Informatyka Teoretyczna i Stosowana 3 (4): 127 – 134.

[10] **BOHDZIEWICZ J., G. CZACHOR, P. GRZEMSKI. 2013**. „Wyznaczenie cech reologicznych warzyw i owoców na podstawie nakładów pracy odkształcenia„. Inżynieria Rolnicza 4 (147): 1, 35 – 42.

[11] **BONIECKI P., M. ZABOROWICZ, K. PRZYBYŁ, K. PILARSKI. 2012**. „System informatyczny PiAO2 jako narzędzie wspomagające bezwzorcową neuronową klasyfikację pomidorów„. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering 57 (1): 26 – 28.

[12] **CHEN L. F. REN, X. YU, Z. ZHANG, D. XU, Q. TONG. 2015.** „Pasting investigation, SEM observation and the possible interaction study on rice starch-pullulan combination„. International Journal of Biological Macromolecules 73: 45 – 48.

[13] **CHMIEL M., K. DASIEWICZ, M. SŁOWIŃSKI. 2010**. „Ocena jakości drobnego mięsa wołowego metodą komputerowej analizy obrazu„. Żywność Nauka Technologia Jakość 6 (73): 219 – 227.

[14] **CIEŚLA K., B. SARTOWSKA, E. KRÓLAK. 2015.** „SEM studies of the structure of the gels prepared from untreated and radiation modified potato starch„. Radiation Physics and Chemistry 106: 289 – 302.

[15] **CYBULSKA J., A. ZDUNEK, K. KONSTANKIEWICZ. 2011.** „Calcium effect on mechanical properties of model cell walls and apple tissue„. Journal Food Engineering 102: 217 – 223.

[16] **CZERNYSZEWICZ E. 2007.** „Konsumenckie spojrzenie na jakość jabłek„. Annales Universitatis Maria Curie-Skłodowska Lublin-Polonia 17 (2): 70 – 82.

[17] **DOLIK K., M. KUBIAK. 2013.** „Instrumentalny test analizy profilu tekstury w badaniu jakości wybranych produktów spożywczych„. Nauki Inżynierskie i Technologie, 3 (10): 35 – 44.

[18] **DUDA D., M. KRĘTOWSKI, J. BĘZY-WENDLING. 2007**. „Ekstrakcja cech teksturalnych w klasyfikacji obrazów tomograficznych wątroby„. Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej 2: 51 – 66.

[19] **GAŁKOWSKA D., T. FORTUNA. 2008**. „Charakterystyka żeli sporządzonych ze skrobi ziemniaczanej z udziałem wybranych sacharydów„. Żywność Nauka Technologia Jakość 1 (56): 41 – 51.

[20] **GILEWSKA G. 2010**. „Przydatność różnych technik obrazowania struktur biologicznych wykorzystujących elektronowy mikroskop skaningowy„. Politechnika Białostocka, Prace Instytutu Elektrotechniki 244: 161 – 169.

[21] **GRZEGORY P., T. PIETRZAK, D. PIOTROWSKI. 2014**. „Wykorzystanie mikroskopii w analizie struktury suszonej żywności„. Przemysł Spożywczy 68 (2): 12 – 15.

[22] **GUMUL D., J. KORUS, B. ACHREMOWICZ. 2005**. „Wpływ procesów przetwórczych na aktywność przeciwutleniającą surowców pochodzenia roślinnego„. Żywność Nauka Technologia Jakość 4 (45): 41 – 48.

[23] **GUTKOWSKA E.A. 2014**. „Analiza fraktalna i morfologiczna aglomeratów komórek glonów„. Łódź: Politechnika Jodłowski Łódzka: 289 – 299.

[24] **GUZEK D., A. WIERZBICKA, D. GŁĄBSKA. 2011**. „Potencjał i zastosowanie komputerowej analizy i przetwarzania obrazu w przemyśle rolno-spożywczym„. Inżynieria Rolnicza 4 (129): 67 – 72.

[25] **HUANG L., M. ZHANG, L. WANG, A.S. MUJUMBAR, D. SUN. 2012**. „Influence of combination drying methods on composition, texture, aroma and microstructure of apple slices„. LWT-Food Science and Technology 47: 183 – 188.

[26] **JAKUBCZYK E., P. P. LEWICKI. 2003**. „Właściwości mechaniczne tkanki jabłka w odniesieniu do jej struktury„. Acta Agrophysica 2 (3): 549 – 557.

[27] **JANOWICZ M., E. DOMIAN, A. LENART. 2009.** „Zmiany struktury wewnętrznej suszonej konwekcyjnie tkanki jabłek wywołane odwadnianiem osmotycznym„. Inżynieria Rolnicza 2 (111): 67 – 73.

[28] **JÓŹWIAK M. A., M. JÓŹWIAK. 2009.** „Zastosowanie mikroskopii elektronowej w bioindykacji środowiska„. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych 40: 419 – 430.

[29] **KONSTANKIEWICZ K., M. GANCARZ, A. KRÓL, K. PAWLAK. 2002**. „Wyznaczanie parametrów struktury tkanki miękiszowej bulwy ziemniaka odmian Danusia i Kuba„. Technica Agraria – Acta Scientiarum Polonorum 1 (2): 23 – 32.

[30] **KOWAL K. 2012. „**Wpływ aktywności wody na wzrost drobnoustrojów„. Przemysł Spożywczy 66 (8/9): 50 – 52.

[31] **KOWALSKI P. A. 2012**. „Procedura ekstrakcji cech z obrazu twarzy dla potrzeb systemu biometrycznego„. Czasopismo Techniczne Automatyka 25: 55 – 79.

[32] **KUCZYŃSKI A. P. 2006**. „Studia nad dynamiką brązowienia i jej wykorzystaniem w ocenie świeżości miąższu jabłek„. Acta Agrophysica 138 (5): 6 – 21.

[33] **ŁAPCZYŃSKA-KORDON B., S. FRANCIK, J. FRĄCZEK, Z. ŚLIPEK. 2006**. „Modelowanie skurczu suszarniczego wybranych warzyw korzeniowych za pomocą sieci neuronowych„. Inżynieria Rolnicza 13: 303 – 310.

[34] **ŁAPCZYŃSKA-KORDON B., B. KRZYSZTOFIK. 2008**. „Wpływ metod i parametrów suszenia na zmiany barwy suszów owocowo-warzywnych„. Inżynieria Rolnicza, 1 (99): 251 – 257.

[35] **ŁAPCZYŃSKA-KORDON B., B. KRZYSZTOFIK. 2008**. „Wpływ sposobów i czasu przechowywania na właściwości fizyczne jabłek„. Inżynieria Rolnicza 2 (100): 179 – 185.

[36] **LENTAS K., D. WITROWA-RAJCHERT. 2009**. „Wpływ parametrów blanszowania na właściwości mechaniczne i barwę suszu korzeni selera„. Acta Agrophysica 13 (1): 165 – 174.

[37] **LEŚNIAK G. 1999.** „Zastosowanie komputerowej analizy obrazu w badaniach petrofizycznych„. Przegląd Geologiczny 47(7): 644 – 651.

[38] **LEWICKI P.P., R. PORZECKA-PAWLAK. 2005.** „Effect of osmotic dewatering on apple tissue structure„. Journal Food Engineering 66: 43 – 50.

[39] **MATERKA A., P. STRUMIŁO. 2009**. „Wstęp do komputerowej analizy obrazu„. Łódź: Politechnika Łódzka: 101 – 131.

[40] **MURAT O., G. MURAT. 2014**. „Assessment of optimum threshold and particle shape parameter for the image analysis of aggregate size distribution of concrete sections„. Optics and Lasers in Engineering 53: 122 – 132.

[41] **NIETO A. B., S. VICENTE, K. HODARA, M. A. CASTRO, S. M. ALZAMORA. 2013**. „Osmotic dehydration of apple: Influence of sugar and water activity on tissue structure, rheological properties and water mobility„. Journal Food Engineering 119: 104 – 114.

[42] **PASŁAWSKA M., B. STĘPIEŃ, K. JAŁOSZYŃSKI. 2010**. „Zmiany parametrów barwy owoców jagodowych wywołane suszeniem, przechowywaniem i rehydracją„. Inżynieria Rolnicza 2 (120): 95 – 102.

[43] **RAMIREZ C., E. TRONCOSO, J. MUÑOZ, J.M. AGUILERA. 2011.** „Microstructure analysis on pretreated apple slices and its effect on water release during air drying„. Journal Food Engineering 106: 253 – 261.

[44] **RIVA M., S. CAMPOLONGO, A. A. LEVA, A. MAESTRELLI, D. TORREGGIANI. 2005**. :Structure–property relationships in osmo-air-dehydrated apricot cubes„. Food Research International 38: 533 – 54.2

[45] **RZĄCA M., D. WITROWA-RAJCHERT. 2007**. „Wpływ techniki suszenia na właściwości optyczne suszu jabłkowego„. Acta Agrophysica 10 (2): 445 – 453.

[46] **SAJNIN C., L. N. GERSCHENSON, A. M. ROJAS. 1999.** „Turgor pressure in vegetable tissues: comparison of the performance of incipient plasmolysis technique using mannitol and polyethylenglycol„. Food Research International 32: 531 – 537.

[47] **STĘPIEŃ B. 2009.** „Modyfikacja cech mechanicznych i reologicznych wybranych warzyw pod wpływem różnych metod suszenia„. Wrocław: Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego: 9 – 26.

[48] **ŚWIECH K. 2012.** „Ultrastrukturalne badanie włosów metodą SEM„. Prokuratura i Prawo 10: 133 – 150.

[49] **SZCZUREK 2003.** „Zastosowanie metod morfologii matematycznej do detekcji i dekompozycji obrazów„. Telekomunikacja i Techniki Informacyjne 1 i 2: 67 – 90.

[50] **SZWEDZIAK K. 2008.** „Aplikacje komputerowe do oceny wybranych parametrów sensorycznych produktów rolno-spożywczych„. Inżynieria Rolnicza 2 (100): 293 – 298.

[51] **TADEUSIEWICZ R., P. KOROHODA. 1997.** Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów, Kraków: Wydawnictwo Postępu Telekomunikacji.

[52] **TRYKOWSKI G., S. BINIAK. 2008.** „Obrazowanie mikroskopowe (SEM, AFM) efektów nanoszenia metali na powierzchnię węgla aktywnego„. Węgiel aktywny w ochronie środowiska i w przemyśle 104 – 111.

[53] **VARELA E., A. SALVADOR, S. FISZMAN. 2007**. „Changes in apple tissue with storage time: Rheological, textural and microstructural analyse„. Journal Food Engineering 78: 622 – 629.

[54] **VEGA-GÀLVEZ A., R. LEMUS-MONDACA, C. BILBAO-SÀINZ, P. FITO, A. ANDRÈS. 2008**. „Effect of air drying temperature on the quality of rehydrated dried red bell pepper (var. Lamuyo)„. Journal Food Engineering 85: 42 – 50.

[55] **ZDUNEK A. 2008**. „Instrumentalna metoda oceny wybranych cech tekstury jabłek na podstawie emisji akustycznej„. Acta Agrophysica 155 (1): 7 – 96.

Dr hab. Marek GRUCHELSKI Prof. WSM, SGH
Wyższa Szkoła Menedżerska w Warszawie, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie
Dr Józef NIEMCZYK
Instytut Badań Rynku, Konsumpcji i Koniunktur w Warszawie

PROBLEMY WSI I ROLNICTWA: POTRZEBA ZMIANY PARADYGMATU I DZIAŁAŃ ROZWOJOWYCH Z UWZGLĘDNIENIEM GOSPODARSTW MNIEJSZYCH OBSZAROWO®

Countryside and agriculture problems: the need for changing the paradigm and development activities in regards to small-area farms®

Autorzy dziękują Panu Marcinowi Gruchelskiemu za wydatną pomoc edytorską w przygotowaniu tekstu niniejszego artykułu

Słowa kluczowe: *rozwój zrównoważony, zarządzanie, gospodarstwa mniejsze obszarowo.*

Rozwój polskiego rolnictwa i wsi, po wejściu do UE, należy ocenić pozytywnie, jednakże, widocznych jest wiele negatywnych aspektów polskiej polityki rolnej, których efektem są niekorzystne zjawiska widoczne na polskiej wsi i w rolnictwie oraz w ich ekologicznym otoczeniu, do których zaliczyć należy: względnie duże bezrobocie, ubóstwo i patologie społeczne.

Remedium na te negatywne zjawiska powinna być ***kompleksowa i egalitarna polityka rolna (podmiotowo traktująca wszystkie gospodarstwa rolne) wspierana aktywną polityką państwa w zakresie rozwoju przetwórstwa żywnościowego i produkcji pozarolniczej****. Takie podejście byłoby zgodne z wdrażanym w całej gospodarce paradygmatem rozwoju zrównoważonego, jak również, pozwoliłoby na odpowiedni rozwój polskiego rolnictwa i wsi oraz ich otoczenia ekologicznego, a także, na zwiększenie bezpieczeństwa żywnościowego kraju (food security).*

Key words: sustainable development, management, small-area farms.

The development of Polish agriculture and the countryside, after joining the EU, should be assessed positively. However, there are many negative aspects of Polish agricultural policy, which results in many unfavorable phenomena visible in the Polish rural areas and agriculture, and in their ecological environment, which include: relatively high unemployment, poverty and social pathologies.

The remedy for these negative phenomena should be a comprehensive and egalitarian agricultural policy (subjectively treating all farms) supported by active state policy in the scope of development of food processing and non-agricultural production. Such an approach would be consistent with the paradigm of sustainable development implemented in the entire economy, as well as it would allow for the proper development of Polish agriculture and the countryside. their environment and food security.

WSTĘP

Dotychczasowe analizy rozwoju wsi i rolnictwa mają charakter wyłącznie techniczno-ekonomiczny, jak również, są powielane według tego samego schematu, który nie uwzględnia zasad paradygmatu zrównoważonego rozwoju. Należy pamiętać, że koncepcja rozwoju zrównoważonego oparta jest na idei rozwoju gospodarczego z zachowaniem równowagi pomiędzy rozwojem gospodarczym i społecznym a utrzymaniem zasobów naturalnych oraz środowiska naturalnego w niepogorszonym stanie. Działania na rzecz wzrostu zrównoważonego oznaczają, że w sposób trwały zachowana jest równowaga pomiędzy ekonomią, społeczeństwem i ekologią. Praktyczna realizacja zasad zrównoważonego rozwoju jest trudna i kosztowna, jednak w długim okresie przynosi najlepsze rezultaty z punktu widzenia łącznego, optymalnego wykorzystania wszystkich wyżej wymienionych czynników wzrostu gospodarczego z równoczesną minimalizacją kosztów zewnętrznych wzrostu produkcji.

Znaczna część problemów wsi i rolnictwa zostałaby zredukowana, gdyby w zakresie realizowanej polityki społeczno-gospodarczej w stosunku do obszarów wiejskich i podmiotów gospodarczych przestrzegano zasad zrównoważonego wzrostu gospodarczego.

Adres do korespondencji – Corresponding author: Marek Gruchelski, Wyższa Szkoła Menedżerska w Warszawie, Wydział Menedżerski i Nauk Technicznych, Katedra Ekonomii i Finansów, ul. Kawęczyńska 36, 03-772 Warszawa, e-mail: gruchelscy@tlen.pl

CZYNNIKI PRZEMAWIAJĄCE ZA STOSOWANIEM ZASAD ROZWOJU ZRÓWNOWAŻONEGO

Koncepcja rozwoju zrównoważonego jest podstawą polityki Unii Europejskiej w stosunku do realizowanych przez Państwa Członkowskie krajowych programów społeczno-gospodarczych. Odpowiednie wdrażanie tej zasady może przekładać się na wielkość dotacji unijnych dla polskiej gospodarki w ramach Wspólnej Polityki Rolnej oraz Funduszy Spójności (np. Program Operacyjny Infrastruktury i Środowiska POIiŚ).

Przestrzeganie zasad wzrostu zrównoważonego, pomimo, iż w krótkim oraz średnim okresie może być ekonomicznie bardziej kosztowne, to w dalszej perspektywie umożliwia neutralizację ujemnych skutków kosztów zewnętrznych oraz może prowadzić do wzrostu społeczno-ekonomicznego i ekologicznej efektywności wzrostu gospodarczego. Istotną rolę w realizacji wzrostu zrównoważonego może odegrać duży udział małych i średnich gospodarstw. Ich pozycja ekonomiczna w stosunku do gospodarstw dużych, w warunkach realizacji zasad wzrostu gospodarczego, również może ulec wzmocnieniu.

Należy podkreślić, że dostosowanie małych i średnich gospodarstw do współczesnej gospodarki rynkowej z możliwością produkcji żywności o wysokiej jakości z równoczesnym stworzeniem dla rolników i ich rodzin dodatkowych możliwości zarobkowych w przedsiębiorstwach, zarówno przetwórstwa spożywczego, jak też działalności pozarolniczej, może być podstawowym czynnikiem hamującym zjawiska odpływu młodej siły roboczej do miast oraz emigracji zarobkowej. Stabilizacja demograficzna oraz możliwości jakie daje Internet w zakresie e-pracy, jak też wykorzystanie maszyn numerycznych oraz robotyzacji produkcji, stwarzają zupełnie nowe perspektywy rozwoju zawodowego i wzrostu dobrobytu mieszkańców obszarów wiejskich. Istotnym czynnikiem jest też fakt znacznie niższych kosztów funkcjonowania na wsi niż w mieście.

Postulaty zawarte w programie Premiera Morawieckiego oraz Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju dotyczące obszarów wiejskich są oparte na zasadach rozwoju zrównoważonego. Można je przedstawić następująco:

a) Włączanie małych miast, obszarów wiejskich i rodzinnych gospodarstw rolnych w procesy rozwojowe;
b) Wprowadzanie zróżnicowanej, dochodowej gospodarki wiejskiej, przeciwdziałanie ubóstwu i wykluczeniom oraz skuteczne zarządzanie środowiskiem naturalnym i dziedzictwem kulturowym;
c) Rozwój lokalnych rynków, w tym rolno-spożywczych (np. lokalne przetwórstwo, sprzedaż bezpośrednia);
d) Promowanie przedsiębiorczości i mobilności zawodowej na obszarach wiejskich z wykorzystaniem potencjałów lokalnych i subregionalnych gospodarek;
e) Zwiększenie zatrudnienia – dostępność komunikacyjna obszarów wiejskich;
f) Zatrudnienie w elastycznym czasie pracy, praca na odległość;
g) Wprowadzanie żywotnych, wielofunkcyjnych rodzinnych gospodarstw rolnych;
h) Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii;
i) Wdrażanie programów ożywienia małych miast (wzmocnienie funkcji gospodarczych, społecznych i kulturalnych);
j) Zapewnienie bezpieczeństwa żywnościowego poprzez zrównoważony sektor produkcji rolnej;
k) Włączanie rodzinnych gospodarstw rolnych w opłacalny proces produkcji żywności o najwyższej jakości, w szczególności opartej o tradycyjny sposób produkcji i wolny od GMO produktów.

W strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju zwraca się uwagę na współdziałanie gospodarstw rolnych oraz przedsiębiorstw o produkcji pozarolniczej. Podkreśla się przy tym, że rozwój zrównoważony w skali kraju w istotny sposób uzależniony jest od istnienia i stałego rozwoju zarówno małych jak i średnich a także dużych przedsiębiorstw i gospodarstw rolnych - ich współdziałania i uzupełniania się na rynku [7, s. 110-111].

POLITYKA ROLNA W ŚWIETLE AKTUALNYCH BADAŃ

Analizując badania poświęcone rozwojowi wsi i rolnictwa [1] należy stwierdzić, że są one poprawne pod względem naukowym, jednakże ograniczają się do analizy głównie ekonomicznej efektywności poszczególnych grup gospodarstw - abstrahując od skutków społecznych i ekologicznych realizowanej polityki rolnej. Innym mankamentem prowadzonych badań jest włączanie elementów politycznych, co zawsze ma negatywny wpływ na ich jakość i wnioski dla realizowanej polityki rolnej. Powoduje to, że niektóre opracowania mają charakter doktrynalny[1] [2, 3].

Trzeba ponadto zauważyć, że wiele opracowań i działań z zakresu polityki rolnej, począwszy od czasów powojennych (np. przymusowa kolektywizacja w latach 50-tych, faworyzowanie państwowych gospodarstw rolnych i rolniczych spółdzielni produkcyjnych kosztem gospodarstw indywidualnych, tzw. uspołecznienie ziemi w latach 70-tych) ma ciągle charakter doktrynalny. Rolnika indywidualnego nie traktowano w przeszłości w sposób podmiotowy. Obecnie widoczne jest to w odniesieniu do rolników – właścicieli małych gospodarstw. Niezależnie od różnych deklaracji, zakłada się, że z czasem powinni zniknąć, jako podmioty rolnicze. Obecnie faworyzowane są większe obszarowo, tzw. gospodarstwa rozwojowe, co jest uzasadniane względami ekonomicznymi. Są to gospodarstwa, których właściciele pozytywnie oceniają *perspektywy rozwojowe użytkowanych gospodarstw* [12, s. 9]. Ze względów społecznych i ekologicznych, czy szeroko rozumianego bezpieczeństwa żywnościowego, składającego się na ogólne bezpieczeństwo narodowe (zwłaszcza wobec niekorzystnego położenia geopolitycznego Polski), niezbędne jest również istnienie

1 Przykładem może być rozdział w opracowaniu poświęconym poglądom politycznym mieszkańców wsi, zatytułowany – *Mapa polityczna polskiej* wsi, oceniający postawę wsi w wyborach europejskich i samorządowych w 2014 r., oraz w wyborach prezydenckich w 2015 r. (patrz - *Polska wieś 2016. Raport o stanie wsi*, pod redakcją naukową Jerzego Wiklina i Iwony Nurzyńskiej. Fundacja na Rzecz Rozwoju polskiego rolnictwa. Wersja internetowa, marzec 2018 r.).

gospodarstw drobniejszych. W tym celu konieczne jest kompleksowe wsparcie produkcyjne i pozaprodukcyjne (rynkowe) gospodarstw mniejszych obszarowo. Byłoby to zgodne z ideą rozwoju zrównoważonego. Gospodarstwa te są wspierane w sposób niezadowalający, zarówno w odniesieniu do ich rozwoju techniczno-ekonomicznego, jak i w odniesieniu rozwoju ich otoczenia rynkowego, zwłaszcza w zakresie zbytu płodów rolnych. Z jednej strony, podkreśla się wielofunkcyjne, pozytywne cechy tych gospodarstw, w tym w zakresie ochrony środowiska [14, s. 91], a z drugiej – w rzeczywistości stymuluje się ich zanikanie, poprzez brak istotnych działań prorozwojowych i aktywizujących ich funkcjonowanie. Istotnym przyczynkiem do wygaszania produkcji w gospodarstwach o mniejszym obszarze (i lokalnej sprzedaży produktów rolno-żywnościowych) jest brak neutralizacji skutków wprowadzenia obostrzeń w zakresie wymagań administracyjno-weterynaryjnych [7]. Wśród specjalistów zajmujących się rolnictwem toczy się dyskusja w jaki sposób neutralizować skutki wprowadzania uciążliwych obostrzeń w zakresie wymogów administracyjno-weterynaryjnych. Jedno ze stanowisk polega na zliberalizowaniu w Polsce przepisów weterynaryjnych jako nadmiernie uciążliwych i hamujących rozwój produkcji małych i średnich gospodarstw rodzinnych [16]. Polskie władze musiałyby w tym przypadku przekonać partnerów z Unii Europejskiej do zaakceptowania podobnego kierunku zmian w całej Unii. Drugie podejście do powyższej kwestii polega na uproszczeniu niektórych nieracjonalnych przepisów. We wszystkich przypadkach, w których występowałoby zagrożenie bezpieczeństwa zdrowotnego konsumentów czy obniżenie tzw. dobrostanu zwierząt, konieczne byłoby utrzymanie przepisów unijnych przy jednoczesnym wprowadzeniu odpowiednich rekompensat, jak również (w ramach polityki rolnej) działań wspomagających rozwój małych gospodarstw.

Za pierwszym rozwiązaniem przemawiają znacznie niższe koszty liberalizacji przepisów administracyjno-weterynaryjnych. Należy jednak wziąć pod uwagę, że za przyjęciem drugiego rozwiązania przemawiają następujące argumenty:

1. Ryzyko wystąpienia czynników negatywnie oddziaływujących na bezpieczeństwo żywnościowe konsumentów oraz dobrostan hodowanych zwierząt jest mniejsze;
2. Dostosowanie się do norm obowiązujących w UE ułatwia promocję eksportu polskich produktów rolnych i rolno-spożywczych, co w konsekwencji może mieć istotny wpływ na skalę sprzedaży oraz wysokość uzyskiwanych cen w eksporcie;
3. Przekonanie ośrodków decyzyjnych w UE o konieczności zwiększenia pomocy finansowej dla małych i średnich gospodarstw rolnych jest bardziej prawdopodobne niż doprowadzenie do liberalizacji przepisów administracyjno-weterynaryjnych w skali całej Unii Europejskiej.

Brak polityki, która pozwalałaby na neutralizację skutków wprowadzania obostrzeń w zakresie wymogów administracyjno-weterynaryjnych jest przyczyną rezygnacji przez rolników – właścicieli małych i średnich gospodarstw z zajmowania się hodowlą, a często w ogóle działalnością rolniczą. Taka polityka prowadzi do nieodwracalnych zmian w zakresie krajowego potencjału wsi: społecznego, żywnościowego (bezpieczeństwa żywnościowego), potencjału kulturowego i przyrodniczego.

W wielu aktualnych opracowaniach z zakresu polityki rolnej podkreśla się zacofanie polskiego rolnictwa, w tym na tle Unii Europejskiej, zapominając, że struktura obszarowa polskich gospodarstw nie odbiega od struktury występującej w wielu państwach i rejonach unijnych (zwłaszcza śródziemnomorskich) [2, s. 14, 81-106]. Takie podejście do analizy struktury polskiego rolnictwa jest jednoznaczne z konkluzją, że należy jak najszybciej zwiększać średni obszar polskiego gospodarstwa rolnego[2], zamiast wniosku, że celowe byłoby optymalne wykorzystywanie (aktywizowanie) potencjału produkcyjnego gospodarstw o mniejszym obszarze, co byłoby, zgodne z istotą zrównoważonego rozwoju polskiego rolnictwa. Jak stwierdza Józef Zegar – *Najlepszym sposobem walki z nędzą i głodem* (w odniesieniu do polskich realiów można mówić o zjawisku względnego ubóstwa – dopisek autorów), *jest wspieranie drobnych rolników w utrzymaniu przez nich własnego warsztatu pracy, jakim jest to małe gospodarstwo rolne i stopniowe jego powiększanie* [19, 20].

POLITYKA ROLNA – DZIAŁANIA I CZYNNIKI WSPOMAGAJĄCE MAŁE I ŚREDNIE GOSPODARSTWA

Do działań wspomagających małe i średnie gospodarstwa należy zaliczyć:

1. Włączanie rodzinnych gospodarstw rolnych w opłacalny proces żywności o najwyższej jakości, szczególnie opartej o tradycyjny sposób produkcji i wolnych od GMO produktów;
2. Rozwój lokalnych rynków, w tym rolno-spożywczych (np. lokalne przetwórstwo, sprzedaż bezpośrednia);
3. Promowanie przedsiębiorczości i mobilności zawodowej na obszarach wiejskich z wykorzystaniem potencjałów lokalnych i subregionalnych gospodarek;
4. Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii;
5. Modyfikację ustawy o własności.

Istotnym czynnikiem wspierającym rolników małych i średnich gospodarstw jest stworzenie dla rolników i ich rodzin możliwości pracy poza gospodarstwem – najlepiej w miejscu zamieszkania.

2 Świadczą o tym tezy zawarte w opracowaniu – *Raport o stanie wsi. Polska wieś 2014*. (redakcja naukowa: Jerzy Wilkin, Iwona Nurzyńska. Fundacja na Rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa – wersja internetowa, 2014 r.), zgodnie z którymi, polityka rolna nie wymusza poprawy struktury polskiego rolnictwa a unijna i krajowa polityka rolna jest mało skuteczna wobec faktu, że *proces zmian w strukturze polskich gospodarstw* (proces znikania drobnych gospodarstw – dopisek autorów) *jest zbyt powolny*. Autorzy raportu, niejako zachęcają do stosowania przymusu ekonomicznego w zakresie kreowania struktury polskiego rolnictwa, co jest sprzeczne z zasadami gospodarki wolnorynkowej (z natury ewolucyjnej), czego potwierdzeniem jest charakter polityki rolnej w Japonii. Warto podkreślić, że UE nie narzuca państwom członkowskim koncepcji zmiany struktury rolnictwa – *optymalnej czy preferowanej wielkości gospodarstwa rolnego* (por. na ten temat – Ernst E. Lipinsky – *Wolna gospodarka rynkowa a zmiany strukturalne na wsi*: *polskie wyzwania w świetle doświadczeń zachodnioeuropejskich.* Fundacja im. Macieja Rataja. Warszawa, 1992 r.).

Dezaktywizacja produkcyjna mniejszych gospodarstw rolnych w Polsce powoduje widoczną w całym kraju dezagraryzację wsi i rolnictwa (zwłaszcza wyrażającą się w zaniku niektórych kierunków produkcji zwierzęcej), co traktuje się niekiedy jako zjawisko obiektywne [3 s. 14]. Tymczasem, jest to niekorzystny efekt niewłaściwej polityki rolnej (produkcyjno-rynkowej) w stosunku do mniejszych obszarowo gospodarstw (w tym gospodarstw średnich), w postaci braku kompleksowej polityki, poza ograniczonymi działaniami w ramach Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich (PROW).[3]

W opracowaniach na temat rolnictwa i wsi najczęściej analizowana jest produktywność rolnictwa oraz jego struktura rolna i agrarna, wyposażenie techniczne, zatrudnienie, system podatkowy i dochody rolnicze, a w odniesieniu do wsi – zmiany demograficzne, zatrudnienie (i bezrobocie), dochody (i zakres ubóstwa), infrastruktura społeczno-techniczna na wsi. Opracowania te promują szybki, a nawet skokowy i niepohamowany rozwój ekonomiczno-produkcyjny sektora rolno-żywnościowego (od rolnictwa chłopskiego do wielkoobszarowego rolnictwa uprzemysłowionego i przedsiębiorstw rolnych) [13, 17], który nie tylko nie sprzyja, ale jest sprzeczny z zasadami zrównoważonego rozwoju. Aspekty społeczne takiego rozwoju są podporządkowane celom techniczno-ekonomicznym i odznaczają się permanentnymi nierównowagami, wyrażającymi się np. w brakach siły roboczej, w nieadekwatnych dochodach, sezonowości zatrudnienia (zwłaszcza w niektórych kierunkach produkcji), niską podmiotowością zatrudnionych, itp. Dochodzi do paradoksalnej sytuacji polegającej na tym, że brakuje wykwalifikowanych rąk do pracy, zwłaszcza w większych gospodarstwach, przy jednoczesnym braku stałych całorocznych dochodów, a zarobki w okresie prac sezonowych nie mogą zapewnić odpowiedniego stałego dochodu, co w rezultacie powoduje, że młodzież opuszcza wieś emigrując w celach zarobkowych do miast lub za granicę Polski.

POLITYKA ROLNA A OCHRONA ŚRODOWISKA

Wieś w Polsce wyludnia się i zanika, ewentualnie przekształca się w osiedla pozarolnicze na terenach wiejskich[4], które są słabo zintegrowane ze społecznością wiejską. Tak rozumiany rozwój rolnictwa pozostaje w ewidentnej sprzeczności z aspektami ekologicznymi. Jest on realizowany kosztem środowiska naturalnego, które jest stopniowo niszczone, niezależnie od wysiłków i działań mających na celu jego ochronę. Należy podkreślić, że koszty zwalczania smogu spowodowanego niską emisją zanieczyszczeń atmosfery wielokrotnie przekraczają koszty wspólnej polityki rolnej (dla przykładu: średnioroczna wartość zewnętrznych kosztów złej jakości powietrza w Polsce jest oceniana na 40-120 mld EUR (ceny bieżące), natomiast przyznana Polsce kwota środków w ramach wspólnej polityki rolnej na lata 2013-2020 wyniosła 32 mld EUR (ceny bieżące), czyli ok. 4,6 mld EUR średniorocznie [1, 11, 18 s.11-12].

Odpływ ludności w wieku produkcyjnym, nawet jeżeli jest on statystycznie rekompensowany napływem ludności z miast: emerytów oraz ludzi bogatych aktywnych zawodowo w pobliskich ośrodkach miejskich oraz przyrostem naturalnym wyższym na wsi niż w ośrodkach miejskich, nie równoważy redukcji aktywności gospodarczej wsi w Polsce. Ograniczenie aktywności gospodarczej wsi w Polsce niezależnie czy w zakresie produkcji rolnej, przetwórstwa rolno-spożywczego czy produkcji pozarolniczej będzie prowadzić do zwiększenia rozpiętości dochodowych między gospodarstwami domowymi na obszarach wiejskich, co wydatnie podwyższy koszty zwalczania smogu w Polsce. Biorąc pod uwagę, że blisko 50% dochodów rolników w Polsce jest finansowane dotacjami z Unii Europejskiej oraz fakt, że istnieją bardzo wysokie dysproporcje pomiędzy kosztami zewnętrznymi niskiej emisji w Polsce (w tym kosztami neutralizacji smogu na obszarach wiejskich) a wielkością dotacji unijnych dla rolników, to w rezultacie może okazać się, że **polityka preferowania dużych gospodarstw rolnych kosztem małych i średnich może być, nie tylko ze społecznego i ekologicznego, ale również i ekonomicznego punktu widzenia nieopłacalna.**

Trzeba sobie zdawać sprawę, że polska polityka rolna jest zależna od zasad wspólnej polityki rolnej UE, której założenia nie są dostosowane do polskich realiów i poziomu rozwoju społeczno-gospodarczego polskiego rolnictwa i wsi. Przejawia się to między innymi poprzez bezkrytyczną realizację wsparcia rozwojowego obszarów wiejskich według narzuconego schematu unijnego. Zamiast „na siłę" wspierać powstawanie pozarolniczych miejsc pracy na wsi (co jest mało efektywne w niektórych przypadkach ze względu na niski lokalny popyt na dane produkty), część środków należałoby przeznaczyć jako zachętę do przenoszenia produkcji pozarolniczej z ośrodków miejskich na wieś. Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku tworzenia grup producenckich. W tej kwestii niezbędny byłby interwencjonizm państwowy w zakresie zbytu i przetwórstwa niektórych, w tym niszowych produktów, których produkcja zanikła po 1989 roku lub po wejściu Polski do UE. Pozwoliłoby to zaktywizować produkcyjnie wiele gospodarstw mniejszych obszarowo, co byłoby równoznaczne ze zwiększeniem dochodów rolniczych i zmniejszeniem bezrobocia i ubóstwa na wsi [4, 5, 6]. Należałoby rozważyć w polityce rolnej potrzebę odtworzenia ograniczonej lub wręcz zaniechanej, w wyniku wejścia do UE, produkcji, np. cukrowniczej, skrobiowej, chmielarskiej, ziołowej, lniarskiej, konopnej, owczarskiej (a co się z tym wiąże przędzalnictwa i tkactwa), produkcji związanej

3 Warto przypomnieć, że w przeszłości resort rolnictwa deklarował opracowanie koncepcji rozwoju w Polsce średnich obszarowo gospodarstw rolnych. Najprawdopodobniej, ze względu na naciski lobby polityki wielkoobszarowej koncepcja ta została zaniechana.

4 Takie zjawiska są już widoczne w Polsce, jednak nie zawsze są właściwie interpretowane. Za zjawisko pozytywne uważa się wzrost liczby mieszkańców wsi po 2000 roku. W praktyce, ze wsi migrują osoby w wieku produkcyjnym, a na wieś przenoszą się z miast emeryci oraz ludzie bogaci, ale pracujący i aktywni zawodowo w najbliższych ośrodkach miejskich.
W efekcie, na terenach wiejskich budowane są domy mieszkalne i powstają osiedla mieszkaniowe nie mające nic wspólnego z rolnictwem i tradycyjną wsią. Właściwym pojęciem, zamiast terminu wieś, jest w tych przypadkach nazwa tereny lub obszary wiejskie (według GUS, przez pojęcie obszary wiejskie rozumie się obszary położone poza granicami administracyjnymi miast, o liczbie ludności powyżej 5 tys. mieszkańców). W konkluzji analizy tego zjawiska można stwierdzić, że wieś polska zanika. Pojawiają się na niej pejoratywne sprzeczności i nierównowagi oraz kurczy się jej potencjał ekologiczny.

z chowem wielu zwierząt drobnych, itd. Odtworzenie takich niszowych kierunków produkcji rolno-żywnościowej aktywizowałoby produkcyjnie drobniejsze gospodarstwa rolne, pozwalałoby na samorzutne zwiększanie się dochodów rolniczych, zwiększałoby różnorodność i trwałość gospodarstw rolnych, w tym ich odporność na kryzysy gospodarcze, a w efekcie zwiększyłoby się bezpieczeństwo żywnościowe (i narodowe) [8, 9, 10].

Wysoka liczba ludności o niskich dochodach na wsi powoduje, że przeprowadzenie termomodernizacji ich domów, wymiany przestarzałych i nieefektywnych energetycznie pieców na nowoczesne (zaleca się piece V generacji) oraz zakup paliwa odpowiedniej jakości będzie możliwy jedynie na koszt państwa. Alternatywą może być pozostawienie obecnej sytuacji, gdzie znaczna część mieszkańców wsi używa niskiej jakości paliwa lub pali śmieciami, w tym plastikami. Należy pamiętać, że Polska, obok Bułgarii, jest krajem o najwyższym zanieczyszczeniu atmosfery w Unii Europejskiej. Ponadto, obok bardzo poważnych konsekwencji zdrowotnych (dzisiaj w Polsce umiera przedwcześnie z powodu złej jakości powietrza ponad 48 tysięcy osób rocznie [11, s. 11], polska gospodarka zostanie obciążona przez UE poważnymi karami za brak poprawy jakości powietrza**Celem artykułu jest omówienie różnych zjawisk i aspektów rozwoju polskiego rolnictwa i wsi (w tym negatywnych) oraz uzasadnienie potrzeby realizacji polityki rolnej wspierającej prorozwojowo i poprodukcyjnie wszystkie grupy obszarowe gospodarstw, zgodnej z zasadami rozwoju zrównoważonego (odpowiedzialnego)[5] oraz z bezpieczeństwem żywnościowym (i narodowym).**

OCENA WYBRANYCH WSKAŹNIKÓW ROZWOJU, PROCESÓW I ZJAWISK POLSKIEGO ROLNICTWA I WSI

Aspekty rozwojowo-produkcyjne rolnictwa

1. Obecna polska polityka rolna (i przestrzenna) odznacza się ekstensywnym gospodarowaniem przestrzenią rolniczą. Po 2000 roku z użytkowania rolniczego wypadło ponad 2,0 mln hektarów użytków rolnych. Ogranicza to istotnie potencjał rozwojowy rolnictwa (produkcyjny, zarówno w odniesieniu do surowców żywnościowych, jak i pozażywnościowych), jak również wsi (np. w zakresie rekreacji i agroturystyki oraz otoczenia przyrodniczego (zanik flory jak i fauny – np. *zanikanie dzikich siedlisk*). Jest to efekt, między innymi: *szybkiego tempa urbanizacji na obszarach wiejskich*, *nadmiernej swobody architektonicznej*, *zaniechania produkcji rolniczej i odrolnienia użytków rolnych* [14, s. 149, 150]. Ponadto, wiele nieuprawianych i jeszcze nieodrolnionych użytków rolnych ulega dewastacji i zakrzaczeniu.
2. Stopniowo powiększa się średnia powierzchnia gospodarstwa rolnego. Wzrosła ona w latach 2002 – 2014 z 8,4 do 10,5 hektarów użytków rolnych. W rzeczywistości, średnia powierzchnia użytków rolnych uprawianych przez gospodarstwo rolne jest wyższa w związku z nieformalnymi dzierżawami powierzchni rolniczych.
3. Następuje stopniowy rozwój technologiczny polskiego rolnictwa. Pomiędzy latami 2002 a 2014 wartość środków trwałych brutto (w tym budynków i budowli), w cenach bieżących, wzrosła ze 110,5 mld PLN do 137,4 mld PLN. Zważywszy na fakt, że ponad połowę wartości środków stanowią budynki i budowle, a stopień zużycia tych środków stanowi prawie 79%, to średnią stopę wzrostu należy ocenić jako nieznaczną. Oznacza to, że potrzeby inwestycyjne polskiego rolnictwa są bardzo duże.
4. Wzrosła o 21% średnia roczna wartość produkcji rolniczej (w cenach stałych z 2005 r.), pomiędzy latami 1999 - 2003, a 2004 - 2014. Jest to jeden z istotnych przyczynków do wzrostu wartości polskiego eksportu rolno-żywnościowego. Udział rolnictwa w dochodzie narodowym (PKB) maleje, zgodnie z obiektywną prawidłowością i wynosi obecnie ok. 2,5% (4,0%) w 2002 roku.

Aspekty społeczne wsi i rolnictwa

1. Statystycznie biorąc, zatrudnienie w rolnictwie stanowiło (2014 r.) 11,2% ogółu zatrudnionych w gospodarce narodowej. Łącznie w rolnictwie, leśnictwie, łowiectwie i rybactwie pracowało w 2014 roku 16,0% (16,6% w 2002 roku). Uważa się, że wskaźniki zatrudnienia odnoszące się do samego rolnictwa są zawyżone w związku z faktycznym zaprzestaniem działalności produkcyjnej przez wielu właścicieli gospodarstw drobnych, wydzierżawiających nieformalnie użytki rolne innym rolnikom. Tym samym jest zaniżana szacowana wydajność pracy w rolnictwie.
2. Dochody w polskim rolnictwie, podobnie jak w wielu innych państwach UE są stabilne i mniej uzależnione od wahań cen zbytu, urodzaju itp. uwarunkowań. Wynika to

5 Zrównoważony (odpowiedzialny) rozwój rolnictwa i wsi, jak stwierdza J. Zegar – *oznacza* (w odróżnieniu od rozwoju industrialnego, np. rolnictwa) *gospodarowanie zasobami odnawialnymi w taki sposób, aby nie uległy one całkowitemu zniszczeniu i aby ich zdolność do samoodnawiania nie została* zakłócona. Ponadto, rolnictwo zrównoważone, powinno dostarczać odpowiednią ilość produktów rolnych o wymaganej jakości, zapewniać właściwy dochód rolniczy, chronić otoczenie przyrodnicze (w tym krajobraz), wartości kulturowe, w tym dziedzictwo historyczne (narodowe) – patrz J. Zegar – *Rolnictwo społecznie zrównoważone. Utopia czy realność,* Nowe Życie Gospodarcze, grudzień 2009 r.

Zdaniem autorów, zrównoważony i odpowiedzialny rozwój rolnictwa i wsi powinien polegać na kreowaniu rolnictwa trwałego, a więc wielopodmiotowego (gospodarstw o różnym obszarze, w tym prowadzonych przez rolników dwuzawodowców) i wielokierunkowego, a nie monokulturowego (zarówno na poziomie gospodarstwa, jak i danego rejonu). Tak zróżnicowane rolnictwo jest odporne na kryzysy gospodarcze i ma charakter proekologiczny. Rolnictwo powinno dostarczać żywność zadowalającej jakości (*food safety*) oraz gwarantować bezpieczeństwo żywnościowe w ujęciu ogólnym, narodowym (*food security*). Rozwój zrównoważony (odpowiedzialny) powinien integrować lokalne społeczności rolnicze i wiejskie oraz przyczyniać się do neutralizowania sprzeczności i nierównowag lokalnych, polepszać jakość życia mieszkańców wsi oraz konserwować otoczenie przyrodnicze i pielęgnować lokalne dziedzictwo historyczno-kulturowe.

z dużego udziału dotacji budżetowych (głównie unijnych), kierowanych do rolnictwa. Dotacje budżetowe stanowią ok. 50% średniego dochodu rolniczego, jednakże, dochody rolnicze stanowią obecnie zaledwie nieco ponad 70% średniej dochodów krajowych.

3. Ubóstwo na wsi jest znaczne, relatywnie większe niż w miastach. Liczba mieszkańców wsi dotkniętych ubóstwem stanowi aż 60% populacji krajowej żyjącej w ubóstwie. Liczba bezrobotnych na wsi wynosi ponad 800 tys. osób. Wskaźniki te świadczą o mniejszym dostępie do pracy na wsi niż w mieście, jak również o średnio niższych kwalifikacjach zawodowych mieszkańców wsi i mniejszej zaradności w szukaniu i podejmowaniu pracy. Jest to także efekt patologii na wsi, nasilającej się zwłaszcza po akcesji Polski do UE oraz dezaktywizacji, zwłaszcza drobnych gospodarstw rolnych, pozbawionych możliwości zbytu wytworzonych produktów rolnych. Bezrobociu towarzyszy alkoholizm i inne uzależnienia, konflikty rodzinne, zagraniczna emigracja zarobkowa, która dodatkowo dezintegruje rodziny; zanika tradycyjny na wsi ethos pracy, pogarsza się stan zdrowia w tej grupie społecznej. Zjawiskiem o którym mówi się rzadko jest nasilająca się dezintegracja wsi po 2004 roku, na skutek podziału na bogatych (rozwojowych) i biednych, na rodziny normalnie funkcjonujące i patologiczne, często manifestujące negatywną hierarchię wartości.

Aspekty ekologiczne

1. Stan otoczenia przyrodniczego rolnictwa na wsi niestety stale pogarsza się. Można jednak stwierdzić, że jest on dość zadowalający na tle innych krajów europejskich. Polska posiada stosukowo dużą bioróżnorodność biologiczną, zarówno w zakresie flory (leśnej oraz łąkowej i pastwiskowej), jak również w odniesieniu do fauny – znaczny odsetek niektórych gatunków ptaków europejskich występuje w Polsce. Niemniej jednak, należy zwrócić uwagę, iż: kurczą się i zanikają dzikie siedliska, a Polska posiada względnie młode drzewostany (w związku z nadmiernymi wycinkami i wyrębami), co ogranicza bytowanie wielu zwierząt dzikich, zwłaszcza ptaków, zanikają tradycyjne krajobrazy, występuje duże zanieczyszczenie, zwłaszcza wód, ponadto zanieczyszczenia przemysłowe, nawozami mineralnymi, gnojowicą (w związku ze zwiększającą się koncentracją produkcji zwierzęcej) i środkami ochrony roślin [15, s. 61, 149, 150]. W efekcie, pogarszają się warunki i jakość życia na wsi, a ponadto maleją szanse na rozwój ekologicznych kierunków produkcji rolniczej oraz na powszechniejszy rozwój agroturystyki.
2. Można postawić tezę, że im bardziej tradycyjne i względnie rozdrobnione rolnictwo, tym bardziej przyjaźnie oddziałuje ono na środowisko naturalne, które funkcjonuje wtedy w symbiozie z otoczeniem wiejskim i rolniczym. Nie występuje potrzeba ochrony środowiska poprzez duże wydatki budżetowe. Musi temu sprzyjać rozbudowana świadomość proekologiczna społeczeństwa. Niestety, ta świadomość jest bardzo niska i stale pogarsza się. Świadczy o tym nagminne wycinanie starych drzew, niszczenie drzew w otoczeniu zagród rolniczych i posesji nierolniczych, wycinanie naturalnych zakrzaczeń i zadrzewień śródpolnych, zaorywanie tradycyjnych pobagiennych łąk, brak tolerancji dla gniazdujących ptaków (gawronów, kawek, szpaków, a nawet bocianów, itp.). Szczególną rolę w naturalnej ochronie przyrody mają do odegrania gospodarstwa drobniejsze, z natury swojej przyjazne dla otoczenia przyrodniczego [14, 15, s. 61].
3. W odróżnieniu od gospodarstw drobnych, gospodarstwa większe obszarowo są ze swej natury mniej przyjazne środowisku przyrodniczemu, zwłaszcza fermowe z dużą koncentracją zwierząt. W tych gospodarstwach problemem jest nie tylko nadmierna ilość gnojowicy[6] i zanieczyszczanie środowiska (gleby, wody, powietrza) na skutek jej rozlewania, ale również drastyczne pogorszenie się dobrostanu, zwłaszcza bydła mlecznego, w związku z brakiem pracowników do obsługi zwierząt. Obecnie zanika wypas bydła mlecznego (krowy permanentnie przebywają w oborach na uwięzi, co powoduje różne schorzenia), czy też korzystanie przez zwierzęta z wybiegów, co kłóci się z tradycyjnymi wymogami zootechnicznymi.[7]

PODSUMOWANIE

Na podstawie powyższego omówienia można sformułować następujące wnioski:

1. Po akcesji Polski do UE obserwujemy techniczny i ekonomiczny rozwój polskiego rolnictwa, zwłaszcza tzw. gospodarstw rozwojowych. Rolnictwo modernizuje się (chociaż w stosunkowo wolnym tempie i zakresie), wzrasta produkcja rolno-żywnościowa i jej eksport. Modernizuje się i zmienia wieś.
2. Produkcja rolnicza zanika w gospodarstwach mniejszych obszarowo (spada również liczba gospodarstw mniejszych obszarowo; w wielu przypadkach z przyczyn naturalnych) ze względu na brak właściwego wsparcia i brak polityki aktywizacji tych gospodarstw, co ma wielorakie negatywne konsekwencje:
   - dla rolnictwa (staje się ono monokulturowe i mniej odporne na kryzysy ekonomiczne);
   - społeczne (obniżają się dochody rolnicze, wzrasta liczba bezrobotnych, zwiększa się patologia na wsi);
   - dla otoczenia przyrodniczego (spadek liczby i dezaktywizacja gospodarstw mniejszych obszarowo są jednoznaczne z zanikaniem tradycyjnej flory i fauny, z pogarszaniem się bioróżnorodności, w tym w zakresie ras zwierząt gospodarskich).
3. Pomimo modernizacji i zmian na polskiej wsi, widocznych jest wiele negatywnych zjawisk, a mianowicie:
   - pogarsza się jakość życia w związku z intensyfikacją rolnictwa, w tym koncentracją produkcji zwierzęcej;

6 Niestety, powtarza się tą samą wielkotowarową ścieżkę rozwojową, która była realizowana w majątkach państwowych w latach 70-tych i 80-tych, gdzie budowano olbrzymie fermy, zwłaszcza z chowem trzody chlewnej (np. ferma w Kołbaczu k. Szczecina). W fermie tej odchowywano rocznie 36 tys. tuczników, co wiązało się z olbrzymimi problemami w rozlewaniu i oczyszczaniu gnojowicy).

7 Zgodnie z zasadami zootechnicznymi, krowy mleczne o wydajności do 8 tys. l mleka rocznie, powinny korzystać z pastwiska, natomiast o wydajności wyższej niż 8 tys. l powinny korzystać co najmniej z wybiegów.

- utrzymuje się względnie wysoki zakres bezrobocia, ubóstwa, wzmaga się dezintegracja wsi i narastają patologie społeczne;
- niekorzystnie zmienia się krajobraz wsi w związku z powstawaniem nieuporządkowanej architektoniczne zabudowy, znikają zadrzewienia i starsza zabudowa, kurczy się środowisko przyrodnicze.

Reasumując, niezbędne są zmiany w polskiej polityce rolnej, w celu nadania jej charakteru egalitarnego (odnoszącej się do wszystkich gospodarstw rolnych), co byłoby zgodne z paradygmatem rozwoju zrównoważonego (odpowiedzialnego), a jednocześnie byłoby korzystne dla szeroko rozumianego bezpieczeństwa żywnościowego (narodowego) oraz aspektów rozwojowych wsi, dla ochrony i konserwacji środowiska naturalnego.

LITERATURA

[1] **CZYŻEWSKI A., S. STĘPIEŃ. 2014.** Fundusze Unijne dla Polski i polskiego sektora rolnego w perspektywie 2014-2020 Polityki Europejskiej. Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu Finanse i Marketing: 11/2014.

[2] **FUNDACJA NA RZECZ ROZWOJU POLSKIEGO ROLNICTWA. 2014.** „Raport o stanie wsi. Polska Wieś 2014". Redakcja naukowa – Jerzy Wilkin, Iwona Nurzyńska. Wersja internetowa - 2014 r.

[3] **FUNDACJA NA RZECZ ROZWOJU POLSKIEGO ROLNICTWA. 2016.** „Raport o stanie wsi.". Redakcja naukowa – Jerzy Wilkin, Iwona Nurzyńska. Wersja internetowa - marzec 2018 r.

[4] **GRUCHELSKI M. 2013. „**Bezrobocie w procesie wzrostu gospodarczego. Teoria i Praktyka". Warszawa: Oficyna Wydawnicza Szkoły Głównej Handlowej w Warszawie.

[5] **GRUCHELSKI M. 2013.** „Pobudzanie popytu na produkcję wytwarzaną w Polsce w warunkach wysokiego zadłużenia gospodarki". Zarządzanie zmianami: Zeszyty Naukowe 4/2013: 47-51.

[6] **GRUCHELSKI M., J. NIEMCZYK. 2011**. „Znaczenie drobnotowarowych gospodarstw rolnych; jak je skutecznie wspierać". Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego 1/2011.

[7] **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.

[8] **GRUCHELSKI M., J. NIEMCZYK. 2016**. „Małe gospodarstwa rolne w Polsce a paradygmat rozwoju zrównoważonego". Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego 2/2016: 134-140.

[9] **GRUCHELSKI M., J. NIEMCZYK. 2017.** „Niezbędność pogłębiania swobody gospodarowania w polskim rolnictwie na wzór wdrażanego ustawodawstwa dotyczącego działalności przedsiębiorstw pozarolniczych. Część I – Zagadnienia wstępne". Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego 1/2017: 140-147.

[10] **GRUCHELSKI M., J. NIEMCZYK. 2017.** „Niezbędność pogłębiania swobody gospodarowania w polskim rolnictwie na wzór wdrażanego ustawodawstwa dotyczącego działalności przedsiębiorstw pozarolniczych. Część II". Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego 2/2017.

[11] **JONEK-KOWALSKA I., A. MICHALSKA, M. TUREK. 2017.** „Niska emisja to przede wszystkim problem finansowy", materiał na Konferencję Naukową „Sektor prywatny a sektor publiczny. Granice i procedury". 18 października 2017 r. Wyższa Szkoła Menedżerska w Warszawie.

[12] **KARWAT-WOŹNIAK B. 2005.** „Gospodarstwa rozwojowe w procesach dostosowawczych do gospodarki rynkowej". Instytut Ekonomiki Rolnictwa. Państwowy Instytut Badawczy. Studia i Monografie: 125/2015.

[13] **LIPIŃSKI E.F. 1992.** „Wolna gospodarka rynkowa a zmiany strukturalne na wsi: polskiej. Wyzwania w świetle doświadczeń zachodnioeuropejskich". Fundacja im. Macieja Rataja.

[14] **MINISTERSTWO ROLNICTWA I ROZWOJU WSI. 2016.** „Strategia zrównoważonego rozwoju wsi, rolnictwa i rybactwa na lata 2012 – 2020". Wersja internetowa - wrzesień 2016 r.

[15] **MINISTERSTWO ROZWOJU. 2016.** „Prognoza oddziaływania na środowisko Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju". Wersja internetowa - 2016 r.

[16] **NIŻNIKOWSKI R., J. NIEMCZYK. 2017.** „Pogłębianie swobody gospodarowania w polskim rolnictwie". Przegląd Hodowlany. Organ Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego: 4/2017.

[17] **TOMCZAK F. 2004.** Od rolnictwa do agrobiznesu. Transformacja gospodarki rolniczo-żywnościowej Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej. Szkoła Główna Handlowa w Warszawie.

[18] **WORLD HEALTH ORGANIZATION 2015.** Economic cost of the health impact of air pollution in Europe.

[19] **ZEGAR J. 2009.** „Rolnictwo społecznie zrównoważone. Utopia czy realność". Nowe Życie Gospodarcze: grudzień 2009.

[20] **ZEGAR J. 2015.** „O zrównoważonym rozwoju, czyli o dwóch nogach rolnictwa". Zielony Sztandar: 20/2015.

Dr hab. Zbigniew STANIEK, Prof. WSM
Katedra Ekonomii i Finansów, Wyższa Szkoła Menedżerska w Warszawie

EKONOMIA INSTYTUCJONALNA A KONCEPCJE CZŁOWIEKA GOSPODARUJĄCEGO®

Institutional economy and the concepts of an economic man®

Słowa kluczowe: człowiek gospodarujący, instytucje, ekonomia instytucjonalna, ekonomia głównego nurtu.

Teoria ekonomii jest nauką społeczną. U jej podstaw znajdują się różne koncepcje człowieka gospodarującego, kierującego się w swym postępowaniu tak interesami, instynktami jak i wartościami. Znajduje to wyraz w takich koncepcjach jak np. homo oeconomicus, homo contractor czy „homo agens – institutionalist". W ramach nowej ekonomii instytucjonalnej (NEI) wyróżnić należy różnego rodzaju teorie w ramach dwóch podstawowych nurtów: nowego instytucjonalizmu i neoinstytucjonalizmu. Nurty te przywiązują główną uwagę do mechanizmów adaptacji, a nie do zagadnień efektywnej alokacji zasobów i optymalizacji. Sprzyja temu łączne ujmowanie czynników ekonomicznych i społeczno -politycznych.

Poszczególne teorie NEI zwracają uwagę na rolę tak instytucji formalnych, nieformalnych i instytucji – organizacji. Szczególnie duże jest tu znaczenie teorii praw własności, teorii kontraktów, teorii kosztów transakcyjnych, teorii zmian instytucjonalnych, teorii podejmowania decyzji kolektywnych, teorii regulacji i innych. Istotny wpływ na procesy syntezy instytucjonalnej i tworzenie ekonomii instytucjonalnej wywierają tacy autorzy jak D. North, G. Hodgson, E. Ostrom, O. Williamson i wielu innych.

Dorobek różnych nurtów ekonomii instytucjonalnej stopniowo pozwala przezwyciężać takie ograniczenia badawcze w ekonomii głównego nurtu jak np.: indywidualizm metodologiczny, koncepcja reprezentatywnego podmiotu, idea jednej równowagi jako atraktora, założenie pełnej informacji, niskie koszty transakcyjne czy silna wersja hipotezy racjonalnych oczekiwań podmiotów gospodarczych. Wskazuje się także na wady ujęć czysto, modelowych o dużym stopniu sformalizowania i o uniwersalnych, ponadczasowych prawidłowościach oraz przyjmowanie założeń coraz bardziej odległych od zmieniającej się rzeczywistości gospodarczej. Z drugiej strony niedostatek w rozwoju procesów modelowania stanowi słabszą stronę różnych nurtów ekonomii instytucjonalnej.

Key words: economic man, institutions, institutional economics, mainstream economics.

The theory of economics is a social science. It is based on various concepts of the economic man, who is guided by his interests in business, instincts and values. This is reflected in such concepts as for example homo oeconomicus, homo contractor or "homo agens – institutionalist". As part of the new institutional economy, different kinds of theories should be distinguished within the framework of two basie trends: new institutionalism and neo-institutionalism. These trends pay close attention to the mechanisms of adaptation, and not to the issues of effective allocation of resources and optimisation. The combined recognition of economic and socio-political factors favours this.

Individual theories of NEI draw attention to the role offormal and informal institutions and institutions – organisation. The significance of the theory ofproperty rights, the theory of contracts, the theory of transaction costs, the theory of institutional changes, the theory of collective decision-making, the theory of regulation and others are particularly significant. The authors such as D. North, G. Hodgson, E. Ostrom, O. Williamson and many others exert a significant influence on the processes of institutional synthesis and creation of institutional economics.

The achievements of various trends in institutional economics gradually overcome such research limitations in mainstream economics such as, methodological individualism, the concept of a representative subject, the idea of one balance as an attractor, the assumption of fuli information, Iow transaction costs or a strong version of the rational expectations of business entities. It also points to the disadvantages of purely model conceptualisations with a high degree offormalisation and universal, timeless regularities as well as assumptions that are increasingly distant from the changing economic reality. On the other hand, the deficiency in the development of modeling processes is the weaker side of the various trends in institutional economics.

WSTĘP

Procesy gospodarowania dokonują się zawsze w ramach konkretnych organizacji i instytucji. Instytucje (formalne, nieformalne, instytucje-organizacje) są jednocześnie warunkami i ograniczeniami działalności gospodarczej podmiotów. Z jednej strony stanowią zewnętrzne ramy gospodarowania, z drugiej zaś bezpośrednio kształtują preferencje i systemy wartości jednostek. Człowiek gospodarujący uwikłany jest w splot powiązań społeczno-instytucjonalnych. Ustawicznie zawiera różnego rodzaju umowy i kontrakty. Nabywa doświadczeń gospodarowania i podnosi swój kapitał ludzki.

Adres do korespondencji - Corresponding author: Zbigniew Staniek, Wyższa Szkoła Menedżerska w Warszawie, Wydział Menedżerski i Nauk Technicznych, Katedra Ekonomii i Finansów, ul. Kawęczyńska 36, 03-772 Warszawa, e-mail: zbigniewstaniek@wp.pl

W miarę zdobywanych doświadczeń produkcyjnych kształtuje się jego świadomość co ma związek z kapitałem społecznym. Ponosi on także określone koszty realizacji zakładanych celów – korzyści. Jednocześnie nastawiony jest na konkurencję i kooperację z innymi jednostkami i podmiotami. Współpraca ludzi i podmiotów przez nich tworzonych odbywa się w warunkach procesów globalizacji i integracji. Procesy te nie niwelują różnic pomiędzy poszczególnymi systemami gospodarowania. W praktyce mamy nadal do czynienia z różnymi systemami gospodarki rynkowej, z odmiennymi rozwiązaniami instytucjonalnymi.

W obszarze instytucji występują tzw. niezamierzone skutki działań w wyniku społecznych współzależności funkcjonowania podmiotów gospodarczych. Współzależności te stanowią istotny przedmiot wielu nurtów ekonomii instytucjonalnej. Pojęcie „ekonomia instytucjonalna" jest wieloznaczne i kryją się pod nim kierunki teoretyczne o zróżnicowanej metodologii jak i obszarze badawczym. W większości tych kierunków podkreśla się możliwość zawierania różnego rodzaju kontraktów przy jednocześnie niższych kosztach transakcyjnych w sytuacji większej homogeniczności jednostek czy podmiotów gospodarczych. W praktyce dominuje jednak heterogeniczność podmiotów gospodarczych, co utrudnia procesy modelowania teoretycznego. Modele uwzględniające heterogeniczność podmiotów są wysoce skomplikowane i wymagają zaawansowanej aparatury matematycznej. Stanowi to wyzwanie tak dla ekonomii instytucjonalnej jak i całej teorii ekonomii.

Przy definiowaniu instytucji należy uwzględnić trzy istotne elementy: 1) są one określane przez jednostki, podmioty traktowane jako członkowie społeczeństwa, 2) stanowią one uwarunkowania, ograniczenia zachowań i 3) kształtują zachowania poprzez określanie bodźców [1, s.207]. Przeistoczenie się norm społecznych w bodźce i motywacje działania poszczególnych podmiotów wymaga ich internalizacji przez jednostki i grupy.

Celem artykułu jest zwrócenie uwagi na kwestie wzajemnych relacji ekonomii instytucjonalnej i ekonomii głównego nurtu z wykorzystaniem różnych koncepcji człowieka gospodarującego. Kwestia ta ma znaczenie teoretyczne związane z rozwojem teorii ekonomii oraz praktyczne związane z wpływem instytucji na procesy gospodarowania. Procesy te dokonują się zawsze w konkretnych warunkach czasu i miejsca, przy funkcjonowaniu danych systemów instytucjonalnych. W prezentowanym artykule pokazano możliwe sposoby ujęć analiz instytucjonalnych w teorii ekonomii.

PODSTAWOWE KONCEPCJE CZŁOWIEKA GOSPODARUJĄCEGO

Większość zawieranych kontraktów w gospodarce to kontrakty niekompletne. Dla realizacji tych kontraktów istotne są normy społeczne typu: wzajemne zaufanie, uczciwość, rzetelna praca, dotrzymywanie obietnic czy niechęć wobec postaw gapowicza. Normy społeczne kształtują się w dłuższym horyzoncie czasowym. Wśród tych norm podstawowe znaczenie ma oparcie działalności na określonej koncepcji „człowieka gospodarującego". Realizacja tej koncepcji tworzy jedną z podstawowych norm społecznych. „Stary instytucjonalizm" (T. Veblen, J.R. Commons) krytycznie odnosił się do dominującej w teorii ekonomii koncepcji *„homo oeconomicuś"* – różnie rozumianej wśród ekonomistów głównego nurtu [18].

Wyróżnić tu zwłaszcza należy poglądy A. Smitha odnośnie moralności i etyki gospodarowania. Rynek był w jego koncepcjach również traktowany jako „miejsce wzajemnej pomocy", gdzie obok rywalizacji występuje wartość „poczucia solidarności". Jednostki i podmioty gospodarcze cechuje ograniczona racjonalność postępowania. Przedstawiciele różnych nurtów ekonomii instytucjonalnej również wskazywali na ograniczenia tej koncepcji wynikające głównie z: asymetrii i niepełnej informacji, ograniczeń wiedzy, oportunizmu zachowań podmiotów gospodarczych, psychologicznych motywów gospodarowania czy zjawisk ryzyka i niepewności behawioralnej.

Przedmiotem analiz teorii ekonomii w ujęciu instytucjonalnym jest „gospodarujące społeczeństwo rynkowe", zawsze w konkretnych warunkach miejsca i czasu. W tym też kontekście należy postrzegać różne wizje człowieka gospodarującego. W poszczególnych nurtach ekonomii mamy do czynienia z innym podejściem antropologicznym do roli człowieka w gospodarowaniu. Istotne są tu nie tylko interesy ekonomiczne, lecz również instynkty czy uczucia, emocje. Przyjęcie określonej koncepcji człowieka gospodarującego ma istotny wpływ na wybór typu i form prowadzonej polityki społeczno-gospodarczej [16]. Wiąże się z określaniem strategii gospodarowania przedsiębiorstw – traktowanych jako systemy społeczne. Wpływa także na wybór określonych rozwiązań instytucjonalnych.

Ekonomiczne koncepcje człowieka są w dużym stopniu uproszczone w wyniku abstrakcyjnej analizy skomplikowanych zjawisk społeczno-gospodarczych i wymogów metodologicznych modelowania. Zawierają one podstawowe cechy zachowań ludzi w procesach gospodarowania oraz nabyte doświadczenia. Istotne znaczenie mają tu uwarunkowania historyczno-kulturowe. Wpływ wywierają także dominujące w teorii paradygmaty naukowe, znajdujące swoją egzemplifikację w powszechnie stosowanych modelach ekonomicznych.

Paradygmat ekonomii klasyczno-neoklasycznej opiera się na koncepcji człowieka ekonomicznego – *homo oeconomicns,* która zakłada określoną racjonalność postępowania. Pełna racjonalność to istota hipotezy racjonalnych oczekiwań R. Lucasa. Podmioty podejmują decyzje przy wykorzystaniu wszelkich dostępnych informacji, w tym informacji o potencjalnych skutkach podejmowanych działań. Przewidywania przyszłości są tożsame z wynikami matematycznych modeli prognostycznych. Brak tu ograniczeń informacyjnych czy asymetrii informacji. Podmioty znając skutki decyzji polityki gospodarczej państwa czynią tą politykę nieskuteczną. Polityka powinna głównie ograniczać się do wypracowania stałych reguł gospodarowania charakteryzujących się powszechnym zaufaniem podmiotów gospodarczych.

Ekonomia klasyczna opisuje gospodarkę jako samoczynny mechanizm dążący do równowagi gospodarczej i pełnego wykorzystania zdolności produkcyjnych oraz zasobów, oparty na racjonalności działaniu jednostek i podmiotów. Gospodarowanie opiera się na założeniu efektywnych

alokacji w drodze transakcji rynkowych. Transakcje koordynowane są przez mechanizm „niewidzialnej ręki rynku". Dominują przy tym założenia doskonałej konkurencji. Działanie tych mechanizmów prowadzi do efektywnej alokacji zasobów – określanej często terminem „efektywności alokacyjnej Pareto".

Termin ten oznacza sytuację, w której polepszenie czyjegoś położenia, nie może być osiągane kosztem pogorszenia sytuacji innych podmiotów. Koncepcja efektywności Pareto ma charakter indywidualistyczny. Nie ma tu miejsca na ingerencję państwa, w tym zwłaszcza na redystrybucyjną rolę państwa. „Optymalność paretowska" ma przy tym wymiar krótkookresowy, gdyż w dłuższym horyzoncie czasu pogłębiające się nierówności społeczne mogą negatywnie rzutować na efektywność alokacji zasobów. Tego typu efektywność jest też koncepcją statycznej efektywności odpowiadającej modelowi wolnej konkurencji bez możliwej dynamiki innowacyjnej.

W ekonomii tej dominujące też jest przekonanie, iż siły rynkowe automatycznie doprowadzają gospodarkę do równowagi zarówno po szokach popytowych jak i podażowych. Duże zaburzenia prowadzą gospodarki do nowych stanów stacjonarnych. Rynki samoistnie powodują odchodzenie gospodarki od nieoptymalnych rozwiązań do rozwiązań efektywnych i jednocześnie zapewniających równowagę w gospodarce czy to w ujęciu „walrasowskim" czy „marshallowskim".

W „ujęciu marshallowskim" równowaga to stan, gdy siły działające na system znoszą się. W tym sensie równowaga jest rozumiana jako pewien stan równowagi sił. Jest to tym bardziej realne im większa jest homogeniczność podmiotów i wspólnie podzielane wartości. Sytuacja ta prowadzi jednak do jej petryfikacji i braku potrzeby niezbędnych zmian, co może mieć miejsce w warunkach nierównowagi. Taki stan stacjonarny powtarza się niezmieniony w czasie aż do pojawienia się jakiegoś zaburzenia czy zakłócenia, które znów siły rynkowe w pewnym czasie przywrócą na „ścieżkę równowagową". Fluktuacje gospodarcze dokonują się wokół bliżej nieokreślonych „stanów naturalnej równowagi".

Ekonomia neoklasyczna głównie koncentruje się na mikroekonomicznej analizie gospodarowania wykorzystując narzędzia analizy marginalnej. Człowiek dąży tu do maksymalizacji korzyści w warunkach ograniczoności środków. Jednym z podstawowych celów czy motywów postępowania jest zaspakajanie potrzeb konsumpcyjnych. Ważnym motywem postępowania jest optymalizacja relacji korzyści i kosztów. Ma to miejsce zawsze i wszędzie, prawa i prawidłowości ekonomiczne są uniwersalne – niezależne od poziomu rozwoju i przedmiotu analiz. Mechanizmy gospodarowania nie są przy tym uwarunkowane historycznie i geograficznie.

Podstawą koncepcji człowieka w tych nurtach ekonomii są poglądy A. Smitha. Wychodzi on z indywidualistycznej i racjonalistycznej natury człowieka. Autor ten podkreśla, iż własny interes prywatny skłania jednostki i podmioty do współpracy i nawiązywania kontaktów społecznych. Interes ten „nakazuje" uwzględniać interesy innych dla osiągania własnych, prywatnych korzyści. Korzyści te to stałe pomnażanie bogactwa, majątku, poprawa swego położenia. Ważnym motywem postępowania jest zaspakajanie ambicji w warunkach przestrzegania norm moralnych. Istotne są tu koncepcje „współodczuwania" i „bezstronnego obserwatora", gdzie podkreśla się rolę ocen moralnych dominujących w społeczeństwie.

Gra rynkowa przynosi korzyści jednostkom jak i społeczeństwu jako całości. Dążenie do osiągania osobistych celów jest obowiązkiem każdej jednostki. Sprzyja to wzrostowi skłonności do oszczędzania. Im większe znaczenie nagromadzonego kapitału w stosunku do uzyskiwanych dochodów tym większa przedsiębiorczość i racjonalność postępowania. Wynika to z natury człowieka dążącego do stałej poprawy własnego losu. Istotne są także psychologiczne cechy człowieka. Różnice między osobami to wynik wychowania, edukacji i uzyskiwanych doświadczeń. Realizacja prywatnych interesów w ich wzajemnym powiązaniu przyczynia się jednocześnie do realizacji interesu publicznego.

Różni przedstawiciele tej ekonomii akcentują określone kwestie jak np. Say (twórca prawa, iż każda podaż tworzy swój własny popyt) podkreśla rolę niedostatecznej wiedzy, tak dla jednostek jak i dla różnych zbiorowości. Brak wiedzy stanowi podstawową przyczynę niepowodzeń, w tym niskiej moralności. Jest przyczyną popularności poglądów o charakterze populistycznym. Harmonizacja interesów wymaga ich „rozumienia". Istotna jest tu rola państwa jako ważnej instytucji – organizacji, zwłaszcza w edukacji i stanowieniu dobrego prawa.

J. S. Mili zwraca uwagę na rolę własności i procesy „uspołeczniania indywidualizmu". Wskazana jest także aktywna rola państwa w dostarczaniu dóbr publicznych, co wymaga „chęci" czy rozumienia konieczności płacenia podatków przez indywidualne podmioty.

Potrzeba dostarczania dóbr publicznych przez państwo warunkuje obywatelom dostęp do nich i możliwość ograniczania tą drogą pewnych nierówności społecznych. Teorie J. S. Milla to próba połączenia leseferyzmu z ograniczoną interwencją państwa, gdzie interwencjonizm traktowany jest zawsze jako odstępstwo od obowiązującej zasady *laissez faire.*

Zgodnie z teorią leseferyzmu nieregulowane rynki, gwarantując podmiotom i jednostkom swobodę, wolność gospodarczą i wyzwalając konkurencję, prowadzą do efektywnej alokacji zasobów i wzrostu dobrobytu społecznego [10, s.91]. W ekonomii neoklasycznej interwencja państwa stwarza jednak sytuacje niezaradności, braku inicjatywy i niechęci do ryzyka oraz powoduje oczekiwania stałej pomocy państwa bez względu na własną aktywność. W myśl tych poglądów państwo nie powinno mieć charakteru opiekuńczego.

W monetarystycznej (przy uwzględnieniu różnic w ramach monetaryzmu) koncepcji człowieka szczególną uwagę zwraca się na kwestie wolności ekonomicznej i moralności gospodarowania. Sprzyja temu odpowiednio regulowany mechanizm rynkowy. Koncepcje człowieka gospodarującego są zbliżone do koncepcji w ekonomii neoklasycznej. W gospodarowaniu istotna jest skłonność do oszczędzania i inwestowania. Sprzyja temu koncepcja rozwijania indywidualnej inicjatywności i przedsiębiorczości, polegania na własnych siłach.

Podkreśla się także aktywną rolę pieniądza w krótkim okresie (neutralność pieniądza w długim okresie) i jego wykorzystywania w działaniach gospodarczych. Określa się to jako mechanizm transmisyjny polityki monetarnej. W polityce

państwa dominować powinna polityka monetarna jako bardziej skuteczna i mniej narażona na oddziaływania różnych grup interesu. Nie należy jednak „naprawiać" gospodarki poprzez politykę zbyt dużej podaży pieniądza czy wpływania na zmiany stóp procentowych.

W ekonomii keynesowskiej, post czy neokeynesowskiej do podstawowych cech natury ludzkiej zalicza się chęć bogacenia i „odpowiednia" konsumpcja. Konsumpcja zależy głównie od dochodów, w tym zysków. Oszczędzanie i inwestycje mają większe znaczenie po przekroczeniu pewnego poziomu dobrobytu indywidualnego. Inwestycje są zależne od prywatnych ocen jednostek, które to oceny mogą być błędne. Potoczne wartościowanie (np. oceny wartości aktywów) oparte jest często na psychice, niekoniecznie popartej wiedzą. Tego rodzaju oceny mogą się zmieniać pod wpływem tak czynników istotnych jak i nieistotnych. Rynki nie zapewniają automatycznej równowagi. Potrzebne są działania państwa, podejmującego racjonalne decyzje. Racjonalność ta ma jednak charakter ograniczony – związany ze zjawiskami *„govermentfailures „*.

J. M. Keynes zwraca dużą uwagę na rolę instynktów w społecznym procesie gospodarowania. Autor ten pisze o „instynkcie zwierzęcym" w podejmowaniu decyzji, zwłaszcza decyzji inwestycyjnych. Instynkt ten jest silniejszy i szerszy niż racjonalne dążenie do zysku. Przedsiębiorcy w dużym stopniu pragną realizować swe ambicje i pomysły gospodarcze niejako niezależnie od wielkości zysków, co nie pomniejsza ich roli w rozwoju i funkcjonowaniu przedsiębiorstw. Dają jednak o sobie znać inne motywy gospodarowania. Pasja tworzenia przejawia sięnp. w postawach przedsiębiorczości. Postawy te mają miejsce w warunkach zmiennych nastrojów optymizmu i pesymizmu, niekiedy nieuzasadnionych faktami z gospodarki. Psychologiczne aspekty gospodarowania mogą odgrywać ważną rolę w kształtowaniu koniunktury gospodarczej.

Ekonomia instytucjonalna (różne jej nurty) preferuje wizję człowieka przedsiębiorczego uwikłanego w splot powiązań społeczno-instytucjonalnych, zawierającego różnego rodzaju umowy i kontrakty w ramach ograniczonej racjonalności (postępowanie rutynowe) i oportunizmu zachowań partnerów gospodarczych. Przedsiębiorczość wymaga zarówno racjonalizmu jak i „emocjonalnej wyobraźni". Przy wyborze celów gospodarowania ważne jest uwzględnianie istniejących ograniczeń informacyjnych. W zawieranych kontraktach stosowane mogą być dwie strategie: strategia wzajemnościowa wet za wet w sytuacji dominacji zachowań niekooperacyjnych lub strategie współpracy i kooperacji - co pozwala osiągać dodatkowe korzyści w postaci nadwyżki kooperacyjnej. Służy temu zasada wzajemności realizowana w ramach zmieniających się instytucji.

Każda zmiana instytucji prowadzi też do wyboru danej równowagi Nasha. Pod pojęciem tym należy rozumieć sytuację, w której strategie poszczególnych graczy są optymalne przyjmując dokonane wybory innych za ustalone i stabilne. Występuje wzajemna zgodność optymalnych strategii. Równowaga Nasha nie musi być efektywna w rozumieniu efektywności Pareto. W równowadze Nasha podmioty postępują w najlepszy możliwy sposób, co niekoniecznie oznacza optimum wszystkich podmiotów, całego społeczeństwa. Zmiana strategii danego podmiotu nie prowadzi do wyższych wypłat bez jednoczesnej zmiany strategii pozostałych graczy. W równowadze Nasha żaden z graczy nie ma motywacji do zmiany strategii biorąc pod uwagę przewidywane strategie pozostałych graczy. Na danym rynku mamy do czynienia z równowagą Nasha, gdy oczekiwania podmiotów znajdują potwierdzenie w praktyce. Pomiędzy oczekiwaniami różnych podmiotów występują interakcje stanowiące swoistego rodzaju „równowagę oczekiwań", jako elementu ogólnej równowagi instytucjonalnej.

Prowadzenie gier między podmiotami wymaga kształtowania określonych wartości prezentowanych przez graczy. Zaufanie i oczekiwania są kluczowym elementem decydującym o tym, w której równowadze znajdzie się system ekonomiczny. Dotyczy to zwłaszcza zaufania ogólnego dotyczącego „optymistycznych oczekiwań" postępowania jednych podmiotów wobec drugich. Rożne nurty ekonomii instytucjonalnej stopniowo wypracowywały koncepcję *„homo reciprocańś"* opierającej się na zasadach: racjonalnego altruizmu i wzajemności. Zasady te można inaczej wyrazić w formułach „prawa w zamian za obowiązki" jak i „zasiłki w zamian za pracę". Koncepcja ta oznacza jednostkę nastawioną jednocześnie na rywalizację i kooperację przy zachowaniu różnorodności postaw i przekonań.

W działalności gospodarczej człowieka ważne są także różnego rodzaju instynkty: ... „rodzicielski, dobrej roboty, bezinteresownej ciekawości i zachłanności, a także instynkt samozachowawczy oraz instynkt rywalizacji" [16, s.lll]. Instynkt rodzicielski to praca dla utrzymania rodziny, instynkt dobrej roboty to praca społecznie użyteczna i prywatnie dochodowa, zaś bezinteresowna ciekawość to pragnienie poznawania rzeczywistości. Instynkt zachłanności to egoistyczne chęci realizacji osobistych korzyści, głównie korzyści majątkowo-dochodowych. Instynkt samozachowawczy to umiejętność sprostania nowym wyzwaniom, szansom i zagrożeniom życia społeczno-gospodarczego. Wreszcie instynkt rywalizacji to pragnienie bycia „liderem majątkowym". Kombinacje tych instynktów są podstawą różnicowania jednostek i ich pozycji społecznej. Racjonalność postępowania jednostek jest tym większa, im silniejsze są instynkty dobrej roboty.

W ekonomii instytucjonalnej występuje także określenie *homo contractor* [11, s.24-26]. Na podejmowane decyzje wpływ wywierają nie tyle zasady racjonalnego wyboru, co obowiązujące normy, nawyki i zwyczaje kształtujące się w zbiorowości jednostek. Zachowania jednostek nie są w pełni „autonomiczne", uwarunkowane są one również oddziaływaniem struktur zewnętrznych. Jednostki podporządkowane normom społecznym (stanowiące swoistego rodzaju nakaz) starają się być dobrze ocenianymi przez innych. To stanowi istotny motyw gospodarowania. Rodzi to także skłonność do stadnych zachowań podmiotów, co np. ma często miejsce na rynkach finansowych.

J.R. Commons pisze o tzw. „równowadze zarządzanej", gdzie mechanizmy rynkowe korygowane są różnego rodzaju narzędziami regulacji. Regulacje te powinny i mogą mieć charakter „prorynkowy" np. odpowiednie regulacje prawne dotyczące sposobu zawierania kontraktów czy właściwie dookreślone prawa własności. Zmiany instytucjonalne służące realizacji celów gospodarowania zachowują jednocześnie elementy trwałej komplementarności, która pozwala zachować równowagę instytucjonalną, czemu też sprzyjają zjawiska inercji instytucjonalnej.

Przyjmując oczekiwania ograniczonej racjonalności zachowań konkurentów gospodarczych, dane podmioty dokonując optymalnych wyborów osiągają stan wzajemnego zrównoważenia. Im mniej racjonalne zachowania tym trudniej o trafne wybory. Optymalność wyborów dotyczy maksymalizacji własnych korzyści niezależnie od decyzji pozostałych podmiotów. Wybory te uwzględniają istniejące reguły gry. Dla zrozumienia strategii postępowania potrzebna jest znajomość norm społecznych i zwyczajów. W oczekiwaniach podmiotów gospodarczych ważne miejsce zajmują oczekiwania co do stabilności i zmienności wszystkich typów instytucji. Pomocne są tu nabywane doświadczenia z funkcjonowania w ramach danych reguł. Postępowanie najlepsze z możliwych danego podmiotu to w dużym stopniu efekt uczenia się z obserwacji postępowań innych.

W ekonomii instytucjonalnej podkreśla się także rolę człowieka jako *„homo sociologicus”,* kierującego się różnymi motywami niekoniecznie związanymi z racjonalnością ekonomiczną. Jego motywy wynikają też z doświadczeń uzyskiwanych w funkcjonowaniu w danym otoczeniu, przy uwzględnieniu różnego rodzaju interesów. Istnieje też interesująca propozycja *„homo agens-institutionalisf* [5, s.316-350]. Człowiek w myśl tej koncepcji to jednostka dokonująca wyborów w ramach stworzonych przez siebie (i inne jednostki) instytucji. Człowiek „jako działający podmiot jest społecznie zakorzeniony”. Społeczne relacje między jednostkami regulowane są przez różnego rodzaju instytucje, czego opis znajduje wyraz w poszczególnych nurtach ekonomii instytucjonalnej.

ZRÓŻNICOWANIE EKONOMII INSTYTUCJONALNEJ

W ramach ekonomii instytucjonalnej relatywnie największy dorobek naukowy charakteryzuje nową ekonomię instytucjonalną. Nawiązuje ona do tradycyjnego instytucjonalizmu amerykańskiego w tym sensie, iż podkreśla rolę instytucji dla formułowania celów gospodarczych różnych podmiotów i ich realizację w konkretnych warunkach gospodarowania. Podstawową różnicą między tradycyjną ekonomią instytucjonalną a nową ekonomią instytucjonalną jest rozłożenie akcentów między uwypuklaniem „*market failures” a,,goverment failures” oraz* stosunek do ekonomii neoklasycznej - w wielu nurtach nowej ekonomii instytucjonalnej ma miejsce wkomponowywanie instytucji do istniejących modeli o rodowodzie neoklasycznym. Modele uzupełniane o czynniki instytucjonalne stają się jednocześnie mniej abstrakcyjne.

Nowa ekonomia instytucjonalna w swym rozwoju wyodrębniła dwa ogólne kierunki badań, jeden rozwijający tradycyjny instytucjonalizm – nowy instytucjonalizm, drugi łączący podejście instytucjonalne z ekonomią neoklasyczną – neoklasyczna ekonomia instytucjonalna (neoinstytucjonalizm). Związki z ekonomią neoklasyczną są przy tym zróżnicowane w poszczególnych nurtach neoinstytucjonalizmu. Nadal dyskusyjna jest spójność teoretyczna w ramach tych nurtów [14].

W wielu nurtach ekonomii instytucjonalnej podkreśla się metodologiczne znaczenie nie tyle i nie tylko analiz przyczynowo-skutkowych, co analiz substancjalnych (jedność analiz gospodarki, społeczeństwa, kultury, polityki), analiz funkcjonalnych (relacje całości i części) i analiz intencjonalnych (motywy wytyczania celów) [11, s.18]. Różne nurty tej ekonomii podkreślają znaczenie realności przyjmowanych założeń badawczych oraz wymóg praktycznej użyteczności konstruowanych modeli. Przeciwne są lub krytyczne wobec nadmiernej formalizacji w rozważaniach ekonomicznych i jednostronnemu preferowaniu podejścia abstrakcyjno-dedukcyjnego. Przywiązują też dużą wagę do badań empirycznych i korzystania z dorobku innych nauk społecznych.

Różnice o charakterze szczegółowym w ramach tych nurtów są umowne, porządkują one jednak nadal występujące podziały w ramach ekonomii instytucjonalnej. Do nowego instytucjonalizmu zaliczyć można cztery grupy teorii: teorie o charakterze historyczno-ewolucyjnym (teoria D. Northa, ekonomia instytucjonalno-ewolucyjna np. G. M. Hodgson, teorie zmian instytucjonalnych np. koncepcja przyspieszonego uprzemysłowienia R. Nurkse czy koncepcja reform społecznych G. Myrdala); teorie interesów ekonomicznych (teoria interesu publicznego, teoria pogoni za rentą, teoria demokracji Downsa, teoria grup interesu Olsona, teoria biurokracji Niskanena); teorie podejmowania decyzji kolektywnych (teoria wyboru społecznego-ekonomia dobrobytu, teoria wyboru publicznego, nowa makroekonomia polityczna, ekonomia konstytucjonalna, teorie *governance* – dobrego rządzenia); teorie regulacji (pozytywno-normatywna teoria regulacji, ekonomiczna teoria regulacji, teoria przechwycenia).

Neoinstytucjonalizm zawiera zaś takie teorie jak: teoria praw własności i inne teorie własnościowe (np. teoria wspólnych zasobów *common pool resources* E. Ostrom), teoria kontraktów, teorie przedsiębiorstwa uwypuklające znaczenie instytucji (kontraktualna, behawioralna, menedżerska, instytucjonalna teoria przedsiębiorstwa), teoria kosztów transakcyjnych, teoria agencji (w tym model pryncypała-agenta), teoria *corporate governance* (w tym koncepcja interesariuszy) czy ekonomiczna analiza prawa.

Przedmiotem badań obu kierunków nowej ekonomii instytucjonalnej jest zależność rezultatów gospodarczych od instytucjonalnych warunków zachowań i otoczenia instytucjonalnego. Podkreśla się jednocześnie znaczenie empirycznej falsyfikacji dla potwierdzenia słuszności głoszonych poglądów ekonomicznych. Główny nacisk położony jest na mechanizmach adaptacji, a nie na problemach efektywnej alokacji zasobów i zagadnień optymalizacji [15]. Wiąże się z tym problem wzajemnych proporcji oczekiwań adaptacyjnych i racjonalnych jednostek, podmiotów.

W neoinstytucjonalizmie uwypukla się potrzebę modelowania na wzór modeli neoklasycznych czy keynesowskich, zaś w nowym instytucjonalizmie podkreśla się głównie znaczenie ewolucyjnego charakteru rozwoju społeczno-gospodarczego. Występują też dwa ujęcia jednostki: jedno to ujęcie jednostek jako przedsiębiorców (ekonomia neoinstytucjonalna) kierujących się własnym interesem ekonomicznym – maksymalizacją zysków, drugie to traktowanie jednostek jako podmiotów godzących interesy indywidualne z interesami wspólnymi zbiorowości (nowy instytucjonalizm). Dla neoinstytucjonalizmu punktem wyjścia są interesy jednostek, dla nowego instytucjonalizmu równie ważne są interesy zbiorowości (grup, społeczeństwa). W obu

nurtach rozpatruje się różne związki i relacje interesu cząstkowego i publicznego.

W neoinstytucjonalizmie w dążeniu do maksymalizacji korzyści należy także uwzględniać czynniki ograniczające tradycyjne rozumienie racjonalności zachowania. Dotyczy to głównie asymetrii informacji, efektów zewnętrznych, roli czynnika emocji w gospodarowaniu, praktyk monopolistycznych i innych zjawisk *„market failures"*. W nowym instytucjonalizmie podkreśla się szczególną rolę grup interesu i wykorzystywaniu przez nie siły ekonomicznej i politycznej.

Różnice dotyczą także egzogeniczności lub endogeniczności zmian instytucjonalnych. W neoklasycznym ujęciu zmiany te są zewnętrzne wobec systemu ekonomicznego. W instytucjonalnym ujęciu neoklasycznym szczególne znaczenie przywiązuje się do rozwiązań prawno-organizacyjnych w ramach przedsiębiorstw czy państwa, zaś w ujęciu historyczno-socjologizującym nowego instytucjonalizmu do otoczenia instytucjonalnego podmiotów gospodarczych i wzajemnego oddziaływania instytucji otoczenia i danego podmiotu.

W nowej ekonomii instytucjonalnej (głównie w nowym instytucjonalizmie) podkreśla się znaczenie stabilności działań zrutynizowanych i adaptacyjności rozwiązań instytucjonalnych sprawdzonych w przeszłości. Ważna jest przy tym kwestia komplementarności rozwiązań instytucjonalnych. W nowym instytucjonalizmie często nawiązuje się do dorobku socjologii ekonomicznej. Stwarza to lepsze perspektywy w wyjaśnianiu faktycznych zachowań podmiotów w procesie gospodarowania i formułowania zaleceń dla praktyki gospodarczej – tak na poziomie makro, mezo jak i mikro.

Instytucje w gospodarce cechuje jednocześnie inercyjność i zmienność. Upadek jednych i powstanie nowych instytucji jest wynikiem swoistego doboru naturalnego, co podkreśla ekonomia instytucjonalno-ewolucyjna. Przesłanką zmian instytucjonalnych jest proces poszukiwań rozwiązań lepszych od dotychczasowych. Poszukiwania te dokonują się przy wykorzystaniu nabytych doświadczeń, poziomu kapitału społecznego oraz uwarunkowań strukturalnych. Zmiany instytucjonalne nie mogą abstrahować od powiązań komplementarno-systemowych. Skuteczne instytucje znajdują szersze zastosowanie w gospodarce, co znajduje wyraz w zmianie reguł funkcjonowania jak i w zmianach panujących zwyczajów czy motywów zachowań w gospodarce. Dominuje tu podejście całościowe, holistyczne. Podstawową kwestią staje się analiza procesu ewolucji społecznej w określonym kontekście kulturowym.

Wiele nurtów nowej ekonomii instytucjonalnej wskazuje na rozumienie efektywności ekonomicznej jak efektywności adaptacyjnej, nie zaś alokacyjnej. Miarą efektywności stosowanych rozwiązań instytucjonalnych jest zdolność do adaptacji nowych zjawisk, np. postępu technicznego czy rozpowszechniania wiedzy. Na nieodwracalność zmian w czasie i krytykę dominacji „równowagowych ujęć" zwraca uwagę ekonomia ewolucyjna (R. Nelson, S. Winter). Autorzy ci odwołują się głównie do teorii innowacji J. Schumpetera oraz teorii ewolucji Darwina. W myśl tej teorii prawa ekonomii to przejaw ogólnych praw przyrody.

Zmiany instytucjonalne kształtują sposób ewolucji społeczeństw w czasie i stanowią istotę zmian historycznych. W sytuacjach „przewidywalnych zmian" rośnie rola oczekiwań adaptacyjnych. Zmiany instytucjonalne wiążą się z rozpowszechnianiem innowacji. Ten nurt ekonomii zwraca uwagę na rolę konkurencji technologicznej i planowany rozwój firmy. W nowym instytucjonalizmie dużo miejsca poświęca się koncepcji ścieżki rozwojowej i zależności od niej *(path dependence)*.

W ekonomii konstytucjonalnej z kolei (np. prace J. Buchanana) zakłada się wprost proporcjonalną zależność między wzrostem gospodarczym (położenie ścieżki wzrostu produktu) a systemem instytucjonalnym. Najwyżej położona jest ścieżka przy konstytucjonalnym przyznaniu równych praw dla wszystkich. Ma o to dbać państwo poprzez kształtowanie odpowiedniego systemu prawnego, dostępu do niego i przestrzegania praworządności. Państwo jako instytucja – organizacja dba o realizację interesu ogółu społeczeństwa - wzrost gospodarczy ma służyć wzrostowi dobrobytu społecznego.

Wyjaśnianie zachowań całego układu społeczno-gospodarczego wymaga jednoczesnych analiz jednostek, grup i ogółu zbiorowości. Uwzględniać tu należy efekty synergiczne. G. M. Hodgson postuluje powrót do tradycyjnego instytucjonalizmu, zwłaszcza do T. Yeblena (twórcy, wraz z J.R. Commonsem, amerykańskiego instytucjonalizmu) i jego idei ewolucji systemów społeczno-ekonomicznych czy teorii instynktów [6]. Postulowana wizja instytucjonalizmu ma się opierać na współzależności jednostek i otoczenia instytucjonalnego przy zachowaniu ontologicznej odrębności jednostek i struktur. Instytucje (w tym instytucje-organizacje) tworzone są w wyniku społecznych interakcji; jednocześnie struktury instytucjonalne wpływają na jednostki i ich preferencje. Instytucje stanowią pewien typ struktury społecznej.

Procesy wymiany dóbr na rynku odbywają się w ramach instytucji rynkowych. G.M. Hodgson postuluje siedem zasad – wytycznych nowego instytucjonalizmu: zasadę zdeterminowania zjawisk, emergentyzm, myślenie w kategoriach populacji, doktrynę ciągłości, zakumulowane przyczyny, ewolucję zjawisk i zgodność między naukami [7]. Istotna rola w gospodarowaniu przypisana jest kształtowaniu nawyków i ich znaczeniu w zinternalizowaniu różnego rodzaju bodźców ekonomicznych. Nawyki stanowią podstawę utrzymywania i zmieniania instytucji nieformalnych i formalnych, które to instytucje sprzyjają z kolei kształtowaniu nawyków. Należy przy tym odróżniać instytucje samopodtrzymujące się i współzależne od instytucji wymagających przymusu państwowego.

W porównaniu do przedstawicieli tradycyjnego instytucjonalizmu i nowego instytucjonalizmu neoinstytucjonaliści nie przykładają takiej wagi do analiz historycznych, gotowi są akceptować ponadczasowe i uniwersalne modele ekonomiczne. Na ogół też przyjmowane jest założenie, iż zachowania zbiorowości i grup da się wyjaśnić na podstawie zachowań jednostek. W sposobie analizy dominuje podejście statyczne, choć niekiedy zwraca się uwagę na dynamikę i ewolucję w gospodarce. Instytucje traktowane są jako rodzaj koniecznych ograniczeń swobody działalności gospodarczej i jako czynnik wpływający na poziom kosztów transakcyjnych.

Duży wpływ na procesy syntezy instytucjonalnej i tworzenie ekonomii instytucjonalnej wywiera D. North. Sposób

analizy instytucjonalnej tego autora (niekiedy zaliczanego do nowej historii gospodarczej) wskazuje na jego związki z tradycyjnym instytucjonalizmem, choć sam autor zalicza siebie do neoklasycznej ekonomii instytucjonalnej. Korzysta on z metodologii ekonomii neoklasycznej z jednoczesnym wskazaniem na ograniczoność zasad racjonalnego gospodarowania. Nie aprobuje także uniwersalności i ponadczasowości modeli gospodarowania. W praktyce mamy do czynienia z różnymi modelami gospodarki rynkowej i modelami systemu instytucjonalnego. Poglądy D. Northa stanowiły podstawę dla późniejszych analiz porównawczych systemów instytucjonalnych.

Według D. Northa to instytucje nieformalne odgrywają główną rolę w zmianach instytucjonalnych. Autor ten podkreśla równocześnie dominację ewolucyjnego charakteru zmian instytucjonalnych przy możliwości ich „historycznego przyspieszenia". Dla tego autora instytucje to reguły gry, zaś organizacje to gracze w ramach tych reguł. Instytucje formalne mają za zadanie stabilizację warunków konkurencji i współdziałania podmiotów gospodarczych. Podlegają one jednak oddziaływaniu różnych grup interesu, co nie sprzyja powyższej stabilizacji. Powinny być zatem wspomagane przez instytucje nieformalne o charakterze norm sankcjonujących – sankcji zewnętrznych lub/i presji społecznej. W teorii D. Northa zmiany instytucji nieformalnych dokonują się wolniej niż formalnych, co osłabia skuteczność bieżących zmian instytucjonalnych. Zakres stosowania norm i reguł zależy od zgodności charakteru reguł z dominującym w społeczeństwie systemem wartości.

Inni autorzy jak np. O. E. Williamson dużo miejsca poświęcają organizacjom jako elemencie systemu instytucjonalnego, zwracając szczególną uwagę na rynki, państwo i przedsiębiorstwa [21, s.29]. Autor ten rozwija teorię kontraktów i kosztów transakcyjnych zwracając szczególną uwagę na specyficzność aktywów, niepewność i częstotliwość zawieranych kontraktów. Dużą wagę przywiązuje do kontraktów opierających się na długoterminowych relacjach. Zawieraniu tych kontraktów sprzyjają określone normy społeczne.

E. Ostrom rozpatruje z kolei instytucje jako zasady czy praktyczne reguły pozwalające lub zakazujące określone zachowania jednostek czy podmiotów gospodarczych funkcjonujących w szeroko rozumianym otoczeniu. Reguły te dotyczą: wskazania podmiotów uprawnionych do podejmowania decyzji w danej sferze czy obszarze gospodarowania, wskazania decyzji i działań dozwolonych i niedozwolonych, określenia niezbędnych i przestrzeganych procedur, podziału informacji na jawne i utajnione oraz przypisanie danych wypłat rożnym działaniom jednostek i podmiotów [12].

Autorka ta wprowadza także pojęcia poziomu konstytucyjnego i operacyjnego hierarchizacji instytucji. Charakter rozwiązań konstytucyjnych tworzy ramy regulacji zachowań podmiotów w bieżących kontaktach i kontraktach. W systemach instytucjonalnych występuje zjawisko hierarchizacji systemu instytucji tj. instytucje jednego poziomu tworzą ramy, uwarunkowania dla instytucji innego poziomu np. normy społeczne poziomu otoczenia społecznego dla norm prawnych poziomu otoczenia instytucjonalnego.

W literaturze z zakresu historii myśli ekonomicznej zwraca się uwagę na kierunki badawcze zaliczane do teorii zmian instytucjonalnych [2]. Do tych teorii zalicza się np. koncepcję przyspieszonego uprzemysłowienia R. Nurkse oraz koncepcję reform społecznych G. Myrdala. W obydwu koncepcjach podkreśla się aktywną rolę państwa, które poprzez przymusowe oszczędności tworzy kapitał w krajach zacofanych (R. Nurkse) oraz jest głównym organizatorem reform zapewniających rozwój edukacji i wzrost wiedzy (G. Myrdal). Zmiany instytucjonalne są wynikiem publicznych porozumień zainteresowanych podmiotów. G. Myrdal podkreśla także znaczenie instytucjonalnych zmian systemowych w sferze społecznej. Zmiany te powinny także dotyczyć sfery zachowań i obyczajów.

G. Myrdal przedstawia także koncepcję „słabego" czy „miękkiego" państwa. Wyraża się to w takich zjawiskach jak: niski poziom dyscypliny społecznej, niedostatki ustawodawstwa, korupcja, nieprzestrzeganie prawa, dominacja interesów partykularnych małych grup i jednostek, prymat władzy politycznej, niska efektywność wykorzystania funduszy publicznych, niekompetencja urzędników itd.

Przejawem „miękkiego państwa" jest także wzrost grupy biurokracji. Teoria biurokracji W. A. Niskanena analizuje relacje biurokratów z politykami, o charakterze monopolu dwustronnego z wykorzystaniem zjawisk agencji w warunkach przewagi informacyjnej biurokratów. Pojawia się tu kwestia efektywnej regulacji państwowej.

Efektywne państwo to państwo skutecznej regulacji. Różne są także teoretyczne przesłanki regulacji. Z przesłanek tych wynikają proporcje regulacji/deregulacji w różnych obszarach gospodarowania. Ważne tu są motywacje podejmowania działań regulacyjnych: kierowanie się maksymalizacją poparcia wyborczego (ekonomiczna teoria regulacji), interesami grup interesu (teoria przechwycenia) lub maksymalizacją dobrobytu społecznego (pozytywno-normatywna teoria regulacji).

Interesująca jest także koncepcja technostruktury J. K. Galbraitha. K. Galbraith krytycznie odnosił się do systemu instytucjonalnego rozwiniętej gospodarki rynkowej, gdzie duże korporacje ograniczają suwerenność konsumenta. Był on zwolennikiem silnego sektora publicznego i interwencji państwa w ramach logiki rynkowego systemu gospodarowania. Stworzył także teorię technostruktury nawiązując do myśli J. Schumpetera. Techno struktura to grupy zarządzające dużymi korporacjami i podejmujące najważniejsze decyzje gospodarcze.

W tym nurcie rozważań można też nawiązać do poglądów ekonomistów, nie zaliczanych do nurtu instytucjonalnego, takich jak np. F. Von Hayek czy J. Schumpeter. W pracach F. Hayeka pojawiają się koncepcje formalnego porządku instytucjonalnego – zasady rządów prawa czy wizja spontanicznego porządku. J. Schumpeter zwraca uwagę na dynamikę gospodarczą i rolę uzdolnionych jednostek, w tym przedsiębiorców. Podkreśla rolę monopoli w badaniach naukowych, innowacji procesu produkcyjnego czy innowacji produktu. Jest autorem koncepcji twórczej destrukcji. Koncepcja ta zakłada potrzebę stałego zastępowania „złych" rozwiązań dobrymi, tworzenia nowych bardziej efektywnych podmiotów gospodarczych.

To, co łączy tych myślicieli to „dynamiczne ujęcie oraz zainteresowanie współzależnościami w procesie wzrostu gospodarki i jego fluktuacjami. Zainteresowania te

uzasadniają określenie tych nurtów wspólną nazwą „instytucjonalna ekonomia procesu gospodarczego" [22, s. 801].

Tworzenie nowych instytucji odbywa się zarówno w oparciu o posiadaną wiedzę jak i intuicyjne metody prób i błędów. Zmiany te uwidaczniają się zwłaszcza w takim przypisaniu praw własności, które umożliwiają przyswajanie korzyści przez twórców postępu technicznego. Tempo zmian techniczno-technologicznych jest funkcją praw własności określających bodźce ekonomiczne. Szczególnie podkreśla to teoria praw własności i inne teorie własnościowe. Teoria praw własności wskazuje na bezpośredni związek efektywności gospodarowania z przypisaniem wiązki praw własności danemu podmiotowi - głównie osobie fizycznej dysponującej przedmiotem własności.

Istotnym postulatem badawczym w nowej ekonomii instytucjonalnej jest potrzeba wypracowania kompleksowej teorii przedsiębiorstwa, wykorzystującej dorobek wielu nauk społecznych - nie tylko teorii ekonomii. Przedsiębiorstwo nie jest tylko funkcją produkcji. Przedsiębiorstwo jako instytucja – organizacja stanowi złożony system społeczny o zróżnicowanych interesach wewnętrznych i funkcjonujący w ramach podmiotów otoczenia instytucjonalnego. Tu też pojawia się problem relacji akcjonariusze a interesariusze. Sukcesy ekonomiczne przedsiębiorstw w dużym stopniu zależą od efektywności systemu nadzoru korporacyjnego. Podstawy teoretyczne dla praktycznych problemów tego nadzoru znaleźć można głównie w: teorii agencji oraz teorii władania korporacyjnego *(corporate governance)* i koncepcji interesariuszy *(stakeholders)*.

W ekonomii instytucjonalnej ważne miejsce zajmuje analiza interesów ekonomicznych oraz zmian systemu wartości. W wielu sytuacjach daje o sobie znać konflikt między wartościami a interesami. Kwestie te szerzej badane są w ramach teorii interesów ekonomicznych, która wnosi do ekonomii instytucjonalnej tak ważne zagadnienia jak: dialektyka interesu publicznego i cząstkowego czy równowaga koordynacyjna grup interesu. Teorie interesów ekonomicznych i teorie regulacji zwracają uwagę na zjawiska czy praktyki *„rentseeking"* [19].

Grupy interesu odnoszą korzyści o charakterze renty. Renta rozumiana jest przy tym jako dodatkowy zysk z tytułu innych działań niż działania produkcyjne. Podobnie jest z korupcją.

Szerszymi problemami funkcjonowania i rywalizacji różnych grup interesu w społecznym procesie gospodarowania zajmuje się natomiast teoria grup interesu Olsona. Teoria grup interesu M. Olsona wiąże się także z kształtowaniem kapitału społecznego (problem efekt Olsona czy efekt Putnama).

Alokacja zasobów czynników produkcji w gospodarce rynkowej dokonuje się głównie w oparciu o mechanizmy rynkowe. Określona część zasobów produkcyjnych wykorzystywana jest nie poprzez rynek, ale w wyniku decyzji kolektywnych w ramach mechanizmu politycznego i instytucji rynku politycznego. Decyzje kolektywne mają sens wtedy, gdy rynkowy sposób dostarczania dóbr czy usług jest bardziej kosztowny lub w ogóle niemożliwy. Tymi problemami zajmują się teorie podejmowania decyzji kolektywnych –teorie wyboru społecznego i wyboru publicznego. W ich ramach można też wydzielić nową makroekonomię polityczną, która zajmuje się wyborami struktur instytucjonalnych (a nie wyborami w ramach tych struktur).

Kwestie niekompletności zawieranych kontraktów w gospodarce omawiane są w ramach teorii kontraktów [21, s.43-90]. Można tu także wykorzystać dorobek ekonomicznej analizy prawa *(„law and economics:")* – wyjaśniającej ekonomiczne uwarunkowania i skutki regulacji prawnych. W gospodarowaniu stale należy mieć na względzie koszty transakcyjne, które dotyczą nie tylko zawieranych kontraktów. Te kwestie są przedmiotem rozważań teorii kosztów transakcyjnych. Teoria ta zwraca również uwagę na możliwości obniżania tych kosztów przez działania państwa, głównie w sferze regulacji prawnej. Państwo pełni rolę gwaranta w prawidłowej realizacji kontraktów i roli arbitra w rozstrzyganiu sporów między stronami kontraktów. Wymaga to wszystko odpowiedniej siły państwa.

Problemy instytucjonalne są również uwzględniane przez inne teorie ekonomii. Analizami wybranych aspektów instytucjonalnych zajmują się również np. takie nurty jak: ekonomia schumpeterowska, szkoła neoaustiacka, ekonomia marksowska, ekonomia rozwoju, analiza porównawcza systemów ekonomicznych, ekonomia eksperymentalna, finanse behawioralne i szereg innych. W coraz też większym stopniu instytucje są uwzględniane w modelach makro i mikro ekonomii głównego nurtu.

NEI A EKONOMIA GŁÓWNEGO NURTU

Teorie ekonomiczne mają w dużym stopniu charakter normatywny: ostatecznym celem dociekań naukowych są rekomendacje odnośnie form, metod i narzędzi prowadzenia skutecznej polityki gospodarczej. Teoria nie tylko ma wyjaśniać procesy i zjawiska zachodzące w rzeczywistości, ale proponować korzystne dla ogółu podmiotów rozwiązania.

Dotyczy to zwłaszcza polityki fiskalnej, monetarnej i dochodowej oraz polityki prorozwojowej – co szczególne znaczenie ma dla krajów o niższym poziomie rozwoju.

W tych ramach istotna jest także polityka instytucjonalna. Ujęcia modelowo-abstrakcyjne, choć potrzebne i rozwijające teorię, w mniejszym stopniu służą praktyce gospodarczej. Modele oparte na reprezentatywnym podmiocie czy agregatach typu keynesowskiego trącana znaczeniu. Badanie realnych procesów gospodarczych np. kryzysów finansowo-ekonomicznych wymaga interdyscyplinarnego podejścia, uwzględnienia dorobku innych nauk społecznych.

Ekonomia głównego nurtu w małym stopniu uwzględnia kwestie interdyscyplinarności. Pojęcie ekonomii głównego nurtu odnosi się do tych teorii (ekonomia neoklasyczna, monetaryzm, ekonomia keynesowska i różne jej odłamy, teoria realnego cyklu koniunkturalnego itd.), które akceptują paradygmat niezawodności mechanizmu rynkowego (z różnymi ograniczeniami) i znajdują swoje odzwierciedlenie w podręcznikach teorii ekonomii o zasięgu globalnym.

W okresie poszukiwań nowych paradygmatów w teorii ekonomii (okres po ostatnim kryzysie finansowo-gospodarczym) obserwuje się odrodzenie ekonomii keynesowskiej oraz swoisty „powrót do łask" ekonomii instytucjonalnej, która jest jednocześnie silnie wewnętrznie zróżnicowana

[3]. Proces syntezy instytucjonalnej trwa; brak jest nadal ostatecznych uzgodnień metodologicznych różnych nurtów ekonomii instytucjonalnej.

W ekonomii głównego nurtu, zwłaszcza w ekonomii neoklasycznej, ma równocześnie miejsce „obrona dotychczasowych pozycji". Ekonomia ta, adaptując współczesne osiągnięcia teoretyczne, pozostaje na niezmienionych głównych podstawach metodologicznych. W ekonomii głównego nurtu przeważa indywidualizm metodologiczny tj. założenie o niezależności indywidualnych podmiotów i braku ich wzajemnej zależności. Podmioty funkcjonują niezależnie od siebie. Inaczej mówiąc mamy do czynienia ze strategiczną substytucyjnością. Dominuje koncepcja reprezentatywnego podmiotu. Daje o sobie także znać idea jedynej równowagi jako głównego punktu odniesienia czy atraktora, założenie zerowych kosztów transakcyjnych czy silna wersja hipotezy racjonalnych oczekiwań podmiotów gospodarczych.

W ekonomii głównego nurtu obserwuje się także zjawiska powrotu do „starych teorii" w nowej formie. Cechy złożonych systemów społeczno-ekonomicznych np. gospodarki narodowej są wyjaśniane przez właściwości indywidualnych podmiotów. W ekonomii instytucjonalnej zwraca się zaś uwagę na ograniczenia w tzw. poszukiwaniu mikropodstaw makroekonomii i ograniczoność założenia reprezentatywnego podmiotu. W ramach metodologii reprezentatywnego podmiotu pomija się problemy współdziałania podmiotów i efektywnej kooperacji w warunkach konkurencji rynkowej.

Cechy systemu jako całości nie są prostą sumą cech jego części lecz wynikają również ze sposobu ich złożenia tj. struktury instytucjonalnej. Powoduje to powstawanie nowych cech systemowych. Daje tu o sobie znać zjawisko emergentyzmu instytucji w rozumieniu G.M. Hodgsona. Przykładowo „świadomość społeczna" nie ma odniesienia do konkretnych podmiotów systemu ekonomicznego. Trudno jest określić podmiot będący nośnikiem „świadomości społecznej".

Wiele instytucji ma charakter makroekonomiczny nie dający się zredukować do ich mikrostruktury. W szerszym kontekście nie tyle należy mówić o mikroekonomicznych podstawach wielkości makroekonomicznych, co o makroekonomicznych uwarunkowaniach funkcjonowania podmiotów w skali mikro. Zjawiska emergentyzmu podważają podstawy teorii równowagi ogólnej. Założenie reprezentatywnego podmiotu to jednoczesne pomijanie zjawisk rosnących przychodów względem skali produkcji i związanego z tym zjawiska równowagi wielopunktowej.

Poszczególne nurty ekonomii instytucjonalnej podkreślają znaczenie praktycznej użyteczności tworzonych modeli teoretycznych. Teoria ekonomii, aby była teoretyczną podstawą polityki gospodarczej powinna swoje rekomendacje w większym niż dotychczas stopniu opierać o prowadzone badania empiryczne. Daje to większe możliwości rekomendacji dla projektowanej czy realizowanej polityki gospodarczej. Podejście historyczno-instytucjonalne było w głównym nurcie ekonomii stopniowo „spychane na drugi plan" na rzecz ujęć czysto modelowych o dużym stopniu matematycznego sformalizowania i przyjmowania założeń coraz bardziej odległych od zmieniającej się rzeczywistości gospodarczej.

Ekonomia instytucjonalna zakłada występowanie podmiotów o zróżnicowanych wartościach i preferencjach. Heterogeniczność podmiotów jest dodatkowym czynnikiem prorozwojowym; stąd dążenie do homogenizacji podmiotów nie jest wskazane. Szczególnie duża heterogeniczność występuje na rynku pracy, gdzie w istocie występują różne rynki pracy często o ograniczonych przepływach zasobów pracy między nimi. Heterogeniczności służy także kompleksowa teoria kapitału, zakładająca łączną analizę kapitału rzeczowego, finansowego, ludzkiego i społecznego. Traktowanie zróżnicowania podmiotów jako trwałej cechy systemów ekonomicznych jest kolejnym argumentem na rzecz rosnącego znaczenia instytucji jako elementu kształtującego ład gospodarczy.

Różnorodność podmiotów gospodarczych powoduje pewien wzrost kosztów transakcyjnych, co może być jednak z nawiązką rekompensowane korzyściami różnorodności. Przy zróżnicowaniu podmiotów trudniej o wybór rozwiązań najlepszych, gdyż inne rozwiązania przynoszą różne korzyści poszczególnym aktorom. Im silniejsza polaryzacja podmiotów tym większe znaczenie instytucji, w tym norm i reguł w postaci formalnej i nieformalnej. To także potrzeba większego zakresu skutecznej i efektywnej regulacji w gospodarce. Kwestie regulacji/deregulacji są w większym stopniu wyrazem gry interesów ekonomicznych w relacji państwo - przedsiębiorstwa niż kwestią wyboru ekonomicznego.

W mikroekonomii głównego nurtu przeważa traktowanie przedsiębiorstwa jako funkcji produkcji, gdzie za podstawę rozważań przyjmuje się analizę marginalną z funkcją celu jaką najczęściej jest maksymalizacja ekonomicznego zysku całkowitego brutto. Funkcja ta wynika z analiz struktur rynkowych. Przedsiębiorstwo jest traktowane bardziej w kategoriach techniczno-organizacyjnych niż jako system społeczny czy ogniwo systemu instytucjonalnego. Struktura wewnętrzna przedsiębiorstw i ich związki z otoczeniem instytucjonalnym nie są szczególnym przedmiotem zainteresowań teorii ekonomii. Podobnie dotyczy to zagadnień kontraktów i roli kosztów transakcyjnych.

Teoria ekonomii w istocie preferuje podejście związane z hipotezami pełnej czy ograniczonej racjonalności gospodarowania podmiotów gospodarczych. Ograniczona racjonalność wiąże się tak ze zjawiskami *„market failures"* jak i *„goverment failures"* oraz ich wzajemnymi proporcjami i odniesieniami. Zjawiska zawodności rynku dla rozważań modelowych ekonomii głównego nurtu mają charakter przypadkowy i egzogeniczny. Z kolei zjawiska niesprawności państwa wynikają nie tyle z przyjęcia określonych rozwiązań, lecz z samego faktu angażowania państwa jako podmiotu gospodarowania. Regulacja, według tych poglądów, na ogół przynosi więcej szkód niż korzyści. Dla ekonomii instytucjonalnej regulacja to ważna i konieczna instytucja formalna.

W głównym nurcie ekonomii nie traktuje się państwa czy regulacji jako istotnego komponenta podstawowych modeli gospodarczych. Rola tych instytucji rośnie w miarę zmiany charakteru konkurencji w warunkach rosnących korzyści skali produkcji i tworzenia warunków dla wzrostu siły kapitałowej przedsiębiorstw. Przykładowo monopol naturalny nie musi się obawiać wejścia innych przedsiębiorstw do opanowanej przez siebie gałęzi. Monopol taki wymaga jednak regulacji państwa w celu jednoczesnej realizacji interesu własnego i określonych stron interesu publicznego. Krytycznej

analizy wymaga założenie ekonomii klasyczno-neoklasycznej o powszechności występowania nierosnących przychodów ze skali w gospodarce.

Teoria głównego nurtu neguje możliwość występowania irracjonalnych zachowań podmiotów czy uwzględniania czynnika emocji w podejmowanych decyzjach. Z badań empirycznych wynika zaś występowanie np. awersji do ryzyka, zmienności preferencji czy przywiązywania zbyt dużej wagi do zdarzeń o niskim prawdopodobieństwie zaistnienia. Dominują także zachowania rutynowe z naśladowaniem podmiotów osiągających sukcesy gospodarcze. Nierzadko podejmowane działania nakierowane są głównie na zabezpieczenie się przed ryzykiem i niepewnością niż podjęcie zachowań optymalizacyjnych. Podmioty podejmują decyzje nie znając wszystkich możliwych ich skutków. Poznanie potencjalnych skutków podjęcia określonych decyzji wiąże się także z dużymi kosztami transakcyjnymi.

W „podręcznikowej" teorii ekonomii racjonalność gospodarowania samoczynnie wymusza mechanizm rynkowy. Rynki są w dłuższym czasie niezawodne. Pomocna jest tu koncepcja „licytatora" i towarzysząca jej procedura *Jatonnemenf"* (poszukiwania po omacku). Ta bezpodmiotowa konstrukcja teoretyczna „superarbitra" zakłada doskonałe koordynowanie relacji popytowo-podażowych (aktualnie i w przyszłości), wyznaczanie równowagowych cen transakcji. Odbywa się to w świecie pełnej i darmowej informacji, gdzie nie ma miejsca dla losowej czy behawioralnej niepewności. Licytator stanowi swoistego rodzaju „wzorzec idealnej instytucji" zapewniającej równowagę na wszystkich rynkach.

W ekonomii instytucjonalnej rynki nie są doskonałe i są jednocześnie wysoce zróżnicowane. Zawodność rynku wynika z występowania np. takich zjawisk jak: asymetrii informacji, efektów zewnętrznych, dóbr publicznych, defektów koordynacji i kooperacji, funkcjonowania firm w obszarach rosnących produkcji, występowania kosztów transakcyjnych czy problemów agencji. Dodatkowo można dodać: oportunizm zachowań wielu podmiotów gospodarczych, ryzyko behawioralne, uwzględnianie czynnika emocji i psychiki, ergodyczność procesów gospodarczych, ograniczoność wiedzy, presja czasu w podejmowanych decyzjach itd. Efektywne instytucje mogą jedynie ograniczać zakres tych zjawisk w funkcjonowaniu rynków.

Rzeczywista konkurencja rynkowa jest niedoskonała. Na wielu rynkach dominują struktury oligopolistyczne, które wymagają odpowiedniej regulacji państwa, względnie (o co trudniej) regulacji międzynarodowej. Sytuacje oligopolistyczne są wysoce zróżnicowane, co prezentują różnego rodzaju modele oligopolu (np. model Cournota, Stackelberga, Sweezy'ego, Bertranda, modele konkurencji monopolistycznej i wiele innych). Nie ma jednej uniwersalnej teorii oligopolu. Tym co łączy sytuacje oligopolistyczne są współzależności strategiczne firm.

Nie ma rynków bez instytucji. Rynek to instytucja społeczna, instytucja - organizacja a nie tylko „niewidzialna ręka rynku". Mechanizmy rynkowe realizowane są przez podmioty charakteryzujące się określonymi systemami wartości i nabytymi doświadczeniami (np. nawykami wyniesionymi z innych systemów gospodarowania jak gospodarka centralnie planowana - np. zjawisko zwane *„tragedy of the anti-commons",* co rodzi dodatkowe problemy.

Według ekonomii głównego nurtu różnego rodzaju szoki są odpowiednie akomodowane do mechanizmów samoregulacji rynkowej. Mechanizmy te w ostateczności są zawsze skuteczne. Nie wyjaśniają one jednak faktycznych zachowań podmiotów na rynkach. Wyrazem takich podejść w teorii może być np. prawo rynków Saya (nurt neoklasyczny) czy zasada neutralności pieniądza Hume'a (nurt keynesowski). W ekonomii neoklasycznej im więcej rynku w gospodarce, a mniej państwa tym lepiej. W ekonomii instytucjonalnej państwo i rynek to dwie komplementarne instytucje – organizacje.

W ostatnich latach podejmowane są próby włączania do modeli głównego nurtu podejścia instytucjonalnego, czego np. wyrazem mogą być np. prace G. Beckera i R. Posnera [4]. W ujęciu instytucjonalnym konkurencja rynkowa z mechanizmami adaptacyjnymi prowadzi do naturalnej selekcji firm. W wyniku kryzysowych faz cyklu koniunkturalnego pozostają na rynku jedynie efektywne podmioty gospodarcze. Mechanizmy konkurencji rynkowej są ważnym regulatorem działalności gospodarczej, lecz nie jedynym. Ekonomia instytucjonalna zwraca dużą uwagę na czynniki współpracy i kooperacji grup i jednostek, gdzie są potrzebne odpowiednie rozwiązania instytucjonalne. Mamy też zjawiska współpracy konkurentów czyli zjawiska kooperencji, mogące przynieść korzyści w postaci np. dostępu do innowacji czy wykorzystania potencjału badawczego.

Jednym z podstawowych elementów dyskusji i sporów teoretycznych pozostaje zagadnienie „stabilność czy sztywność a elastyczność, giętkość cen". Od przyjęcia odpowiedniego założenia w tym zakresie zależy logika wywodów w wielu modelach, zwłaszcza modelach makroekonomicznych. Względna stabilizacja cen obniża informacyjne koszty transakcyjne poszukiwań najniższych cen. W sensie teoretycznym można tu wykorzystać model poszukiwań, gdzie długość poszukiwań zależy od kosztu poszukiwań (zróżnicowanie kosztów u różnych nabywców) i rozkładu cen (znanego lub nieznanego). Stabilność ta może jednak powodować chwilowe nierównowagi (zapasy niesprzedanych produktów lub kolejki).

Niestabilność cen uruchamia z kolei procesy poszukiwań na rynku i wzrost kosztów z tym związanych. Producenci dużo wysiłku poświęcają znalezieniu odpowiednich kontrahentów i ustaleniu warunków transakcji. Częste zmiany obowiązujących cenników zwiększają koszty transakcyjne (koszty zmiany karty menu). Konieczne jest także stałe porównywanie zgłaszanych ofert. Im zatem wyższe koszty transakcyjne tym większa niechęć w częstych zmianach cen, co w pewnym stopniu usztywnia ceny i ujemnie wpływa na informacyjną funkcję cen w procesach alokacji. Uwzględnianie zatem kosztów transakcyjnych uzasadnia założenia modeli operujących kategoriami „cen nie w pełni elastycznych".

Dominująca w ekonomii głównego nurtu ekonomia klasyczno-neoklasyczna w istocie pomija zagadnienie instytucji, uznając je za dane, czyli mające dla systemu gospodarczego charakter egzogeniczny i neutralny. Niekiedy wkomponowuje się elementy instytucjonalne, lecz nie narusza to istoty prowadzonych wywodów. Ekonomia instytucjonalna z kolei podkreśla konieczność odrzucenie założenia o egzogeniczności instytucji. Zdaniem jej przedstawicieli takie

czynniki, jak organizacja produkcji, sposób przypisania praw własności, sposoby zawieranych transakcji, wzajemne usytuowanie państwa i rynku, motywy kooperacji i koordynacji grup i jednostek czy zaufanie między podmiotami, mają coraz większe znaczenie i są istotnym elementem wyborów podmiotów gospodarczych.

Tworzenie instytucji w dużym stopniu ma charakter endogeniczny. Ich powstawanie i rozwój zależą w coraz większym stopniu od potrzeb podmiotów gospodarczych i ich współdziałania; choć ma również miejsce polityka odgórnego kreowania instytucji. Dotyczy to np. stanowienia i dookreślania praw własności czy prawnych ram zawieranych kontraktów. Instytucje są tworzone zarówno odgórnie jak i oddolnie.

Problemy rozwoju i wzrostu gospodarczego były i są przedstawiane jako efekt współdziałania zasobów produkcyjnych, technik i technologii produkcji oraz preferencji podmiotów gospodarczych. Instytucje traktowane są jako elementy dodatkowe o charakterze czysto egzogenicznym [8]. W ekonomii instytucjonalnej instytucje stanowią pośredni czynnik wzrostu gospodarczego mający coraz większy wpływ na bezpośrednie czynniki wzrostu.

W teorii ekonomii analizy modelowe opierają o doświadczenia głównie krajów „bogatych", wysoko rozwiniętych. W praktyce nie zostały potwierdzone wnioski wynikające np. z teorii wzrostu o konwergencji gospodarek i wyrównywaniu poziomów rozwoju. Co więcej różnice te pogłębiają się i utrwalają. Trwałe różnicowanie poziomów życia poszczególnych społeczeństw w globalnej gospodarce wpływa na takie zjawiska jak np. masowe ruchy migracyjne. Ruchy te we współczesnym świecie to głównie „wyraz marzeń o lepszym życiu" i „ucieczka od wojen, tyranii i wszelkich fanatyzmów". Powodują one jednak szereg nowych problemów wymagających globalnych rozwiązań.

Problemy nierówności i podziału nie znajdują się w centrum rozważań naukowych. Ekonomia głównego nurtu nie uwzględnia, lub oddziela przyjmując za dane kwestie dotyczące podziału. Podział dochodów sprowadzany jest do podziału wytworzonych produktów z pominięciem kwestii dostępu do czynników produkcji i ich pierwotnej alokacji między grupami społecznymi. Wiąże się z tym kwestia nierówności majątkowych, tak interesująco opisana przez T. Piketty'ego [13]. Ekonomia instytucjonalna zwraca dużą uwagę na problemy społecznej akceptacji nierówności społecznych jako przejawu równowagi instytucjonalnej. Nierówności majątkowo-dochodowe nie powinny trwale wykluczać „przegranych" w rynkowej konkurencji. Opiekuńczość państwa powinna jednak sprzyjać efektywności ekonomicznej.

Ekonomia instytucjonalna w coraz większym stopniu dopomina się o wkomponowanie jej dorobku do ekonomii głównego nurtu, o ostateczne odrzucenie tezy o neutralności i egzogeniczności instytucji w procesach gospodarowania. Znajduje to częściowy wyraz w adaptowaniu do głównego nurtu poglądów takich teoretyków jak np. R. Coase, D. North czy O.E. Williamson [20]. W nowej ekonomii instytucjonalnej wysuwane są propozycje modyfikacji czy uzupełnień wielu powszechnie znanych i występujących w podręcznikach akademickich modeli tak makro jak i mikroekonomicznych.

Dla ekonomii głównego nurtu przyszłość to współistnienie wielu różnych doktryn i ujęć badawczych. W istocie – mimo różnic – teorie ekonomiczne nawzajem się uzupełniają. Teoria ekonomii ma w dużym stopniu charakter interdyscyplinarny w ramach szeroko rozumianych nauk społecznych. Rację ma A.K. Koźmiński pisząc o większej potrzebie badań empirycznych z wykorzystaniem stale modyfikowanych modeli ekonomicznych [9]. Autor ten zwraca także uwagę na dwa „główne grzechy" ekonomii głównego nurtu tj. uniwersalizm i redukcjonizm.

PODSUMOWANIE

Powyższe wywody pozwalają na sformułowanie kilku wniosków. Zajmowanie się instytucjami stało się „modne". Istnieje jednak wiele uproszczeń i brak precyzji w omawianiu pojęcia i roli instytucji oraz teorii ekonomicznych z tym związanych. Istniejące pewne zamieszanie teoretyczno-definicyjne jest jednak stopniowo przezwyciężane, co pozwala na twórcze rozwijanie modeli ekonomicznych. Trudno o analizy gospodarowania (tak na szczeblu makro jak i mikro) w oderwaniu od kontekstu historyczno-instytucjonalnego.

Modele ekonomiczne z uwzględnieniem czynników instytucjonalnych stają się bliższe praktyce gospodarczej i pełniej wyjaśniają logikę wzajemnych powiązań oraz mechanizmów występujących w systemach ekonomicznych. Dają też większe możliwości w praktycznym wykorzystywaniu wniosków z tych modeli wynikających. Możliwe jest wzbogacanie modeli prezentowanych w podręcznikach teorii ekonomii o czynniki i uwarunkowania instytucjonalne [17, s.276-291].

W skali mikro chodzi o uwzględnianie nowych zjawisk wynikających z postępu technicznego i zmian społecznych. W mikroekonomii czynniki instytucjonalne uwzględniane mogą i powinny być w takich kwestiach jak np.: asymetria informacji, funkcjonowanie przedsiębiorstw w obszarach rosnących korzyści skali produkcji, równowaga wielopunktowa, efekty zewnętrzne, teoremat Coase'a, defekt koordynacji wynikający ze strategicznej komplementarności, problem agencji, czy ekonomia sieci *(network economy)* itd.

W makroekonomii mamy do czynienia z procesami tzw. consensusu, w czym istotna jest rola czynników instytucjonalnych. W procesach rozwoju i wzrostu gospodarczego decydujące znaczenie odgrywają czynniki podażowe, zaś dla bieżącego wykorzystywania istniejących zdolności produkcyjnych niezbędny jest odpowiedni poziom popytu. W ekonomii głównego nurtu wskazuje się na inną rolę pieniądza w okresie krótkim i długim. Zależności między inflacją a bezrobociem opisywane poprzez krzywą Phillipsa mają charakter substytucyjny jedynie w krótkim okresie. Wskazuje się także na rosnącą rolę reguł kosztem polityki dyskrecjonalnej tak w polityce monetarnej jak i fiskalnej. Problemy stabilizacji koniunktury rozpatrywane są bardziej w kategoriach teorii gier niż teorii sterowania.

Problemem jest niezakończony proces syntezy instytucjonalnej. Różne nurty ekonomii instytucjonalnej omawiają poszczególne zagadnienia zwracając uwagę na sprzężenia zwrotne w relacji instytucje a rozwój gospodarczy czy funkcjonowanie podmiotów gospodarczych. Szczególnie duże znaczenie ma tu teoria własności, teoria kontraktów i teoria

kosztów transakcyjnych. Relacje praw własności i kosztów transakcyjnych to podstawowe relacje instytucjonalne wpływające na efektywność systemu instytucjonalnego. Teorie te wyjaśniają rolę instytucji formalnych.

Wśród instytucji nieformalnych decydujące jest znaczenie kapitału społecznego, z czym wiąże się koncepcja człowieka gospodarującego. Ekonomia instytucjonalna proponuje koncepcję *„homo contractor'"* uzupełnioną koncepcją *„homo agens – institutionalist"*. Koncepcje te były formułowane niejako w opozycji do powszechnie obowiązującej idei *„homo oeconomicus"*.

Większa uwaga poświęcana roli i miejscu instytucji w społecznym procesie gospodarowania wynika zarówno ze względów metodologiczno-teoretycznych jak i użyteczności praktycznej rozwijanych modeli ekonomicznych. Można to takie traktować jako swoisty „powrót do źródeł" tj. do klasyków teorii ekonomii, gdzie analizy systemu ekonomicznego były prowadzone w kontekście historyczno-ewolucyjnym i instytucjonalnym.

LITERATURA

[1] **ACEMOGLU D., D. LAIBSON, J. LIST. 2016.** Macroeconomics. Pearson Education Limited, Edinburgh Gate Harlow Essex England.

[2] **BARTKOWIAK R. 2013.** Historia myśli ekonomicznej. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne.

[3] **BARTKOWIAK R., Z. STANIEK. 2011.** Stan gospodarki światowej a rozwój teorii ekonomii. Warszawa: Oficyna Wydawnicza SGH.

[4] **BECKER G., R. POSNER. 2013.** Nieoczywistości. Ekonomiczna teoria wszystkiego. Warszawa: Wolters KJuwer.

[5] **CHMIELEWSKI P. 2011.** Homo agens. Instytucjonalizm w naukach społecznych. Warszawa: Wydawnictwo Poltext.

[6] **HODGSON G.M. 1999.** Evolution and Institutions. On Evolutionary Economics and the Evolution of Economics. Elgar, Cheltenham.

[7] **HODGSON G.M. 2004.** The Evolution of Institutional Economics: Agency, Structure and Darwinism in American Institutionalism. Routledge, London.

[8] **HOFF K., J.E. STIGLITZ. 2004.** The Transition Process in Post-Communist Societies: Towards a Political Economy of Property Rights (in) Bertil Tungodden, Nicholas Stern, and Ivar Kolstad, eds. Towards pro-poor policies–Aid, institutions, and globalization. New York: Oxford University Press (for the World Bank).

[9] **KOŹMIŃSKI A.K. 2016.** Wyobraźnia ekonomiczna. Poltex.

[10] **LANDRETH H., D. C. COLANDER. 2008.** Historia myśli ekonomicznej, przekł. A. Szeworski. Warszawa: Wydawnictwo PWN.

[11] **LISSOWSKA M. 2004.** Instytucjonalne wymiary procesu transformacji w Polsce. Warszawa: SGH.

[12] **OSTROM E. 2005.** Understanding Institutional DWersity. Princeton University Press, Princeton and Oxford.

[13] **PIKETTY T. 2015.** Kapitał w XXI wieku. Warszawa: Wydawnictwo Krytyki Politycznej.

[14] **RATAJCZAK M. 2005.** Instytucjonalizm – wzbogacenie czy alternatywa ekonomii głównego nurtu (w): Ład instytucjonalny w gospodarce (red. Polaszkiewicz B., Boehlke J.). Toruń: Wydaw. Uniwersytetu im. M. Kopernika.

[15] **RUTHERFORD M. 1996.** Institutions in Economics: the Old and the New Institutionalism. Cambridge University Press, Cambridge.

[16] **SORA M. 2005.** Koncepcje człowieka gospodarującego w wybranych nurtach ekonomii. Praca doktorska. Warszawa: SGH.

[17] **STANIEK Z. 2017.** Ekonomia instytucjonalna. Dlaczego instytucje są ważne. Warszawa: Wydawnictwo Difin.

[18] **STĘPIEŃ B., K. SZARZEĆ. 2007.** Ewolucja poglądów teorii ekonomii na temat koncepcji człowieka gospodarującego. Ekonomista nr 1.

[19] **SZTABA S. 2002.** Mikroekonomiczne uwarunkowania bezrobocia. Warszawa: SGH.

[20] **WILKIN J. 2015.** Instytucjonalne i kulturowe podstawy gospodarowania. Humanistyczna perspektywa ekonomii. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe Scholar.

[21] **WILLIAMSON O. E. 1998.** Ekonomiczne instytucje kapitalizmu: firmy, rynki, relacje kontraktowe. Warszawa: PWN.

[22] **ZĄBKOWICZ A. 2003.** Współczesna ekonomia instytucjonalna wobec głównego nurtu ekonomii. Ekonomista nr 6.

Doc. dr Lech SMOLAGA
Wydział Menedżerski i Nauk Technicznych
Wyższa Szkoła Menedżerska w Warszawie

WPŁYW WYDAJNOŚCI PRACY I POTENCJAŁU DEMOGRAFICZNEGO W POLSCE NA PROBLEMY IMIGRACJI ORAZ WYDŁUŻENIA WIEKU EMERYTALNEGO®

Influence of production capacity of work and demographic potential in Poland on problems of immigration and stretch of pensionable age®

Celem artykułu jest polemika z tezą iż potencjał demograficzny Polski wyczerpuje się, co sprawia, że zagrożony jest jej rozwój ekonomiczny w związku z czym niezbędne będą migracje siły roboczej głównie z przeludnionych krajów Afryki i Azji. *Do poprawy sytuacji w zakresie wytwarzania dochodu narodowego miałoby się przyczynić również wydłużanie wieku emerytalnego. Autor sądzi, że katastroficzne prognozy oparte są na kruchych, a niejednokrotnie błędnych, nie uwzględniających szerszego kontekstu społecznego, przesłankach. Bezkrytyczne dawanie im wiary i stosowanie niektórych wniosków w polityce gospodarczo- społecznej może przynieść więcej szkód niż pożytku.*
Nieprawdą jest, że Europie, w tym również Polsce, grozi „kataklizm" ekonomiczny i społeczny z powodu zmniejszenia przyrostu naturalnego. Autor uważa, iż mniejszy przyrost naturalny to szansa na ograniczenie problemu bezrobocia i wyższą stopę życiową, którą można osiągnąć dzięki postępowi technicznemu i wyższej krańcowej produktywności czynników.
Nieprawdą jest również, że problemem przyszłości będzie zmiana struktury wieku ludności oraz wynikająca stąd większa ilość osób nie pracujących na jednego zatrudnionego. Społeczeństwo będzie w stanie utrzymać coraz większą liczbę ludzi w wieku poza produkcyjnym. Możliwości takie wynikają z olbrzymich rezerw wydajności pracy w gospodarce polskiej w stosunku do krajów wysoko rozwiniętych, postępu technicznego oraz rezerw organizacyjnych.

Polemic is purpose of article with thesis that demographic potential peters out Poland, that causes, that economic development is threatened it by reason of that from overpopulated countries of Africa essential be migration labor force mainly. *Extending of pensionable age would have contribute for correction of situation in range of fabricating national income also. Author judges, that catastrophic forecasts are based on fragile, but repeatedly erroneous, not taking into consideration wide context social, premises. Uncritical giving faith memorial and some conclusions application economically damages can bring - social more than benefit*
There is falsehood, that Europe, in also Poland, it threatens „ cataclysm " economic by the reason of decrease of natural increase social. Author consider, that smallest natural increase it on limitation of problem of joblessness. Chance and superior vital ratio, it is possible to achieve which due to technical progress and superior (high) extreme productiveness. Society will keep large number of people in condition in age beyond productive.. Capabilities such result from enormous reserve of production capacity of work in polish economy relatively to countries advanced highly, technical progress and organizational reserve.

WPROWADZENIE

Wielu ekonomistów uważa, że potencjał demograficzny Unii Europejskiej (w tym również Polski) wyczerpuje się. Sprawia to, że zagrożony jest rozwój ekonomiczny krajów Europy, w związku z tym niezbędne będą migracje siły roboczej głównie z przeludnionych krajów Afryki i Azji. Do poprawy sytuacji w zakresie wytwarzania dochodu narodowego miałoby się przyczynić również wydłużanie wieku emerytalnego. W niniejszym artykule chciałbym polemizować z tą tezą. Uważam, że lansowane, katastroficzne prognozy oparte są na kruchych, a niejednokrotnie błędnych, nie uwzględniających szerszego kontekstu społecznego, przesłankach. Bezkrytyczne dawanie im wiary i stosowanie niektórych wniosków w polityce gospodarczo- społecznej może przynieść więcej szkód niż pożytku. Na wstępie zwróćmy uwagę na niektóre aspekty (punkty widzenia) odnośnie pryncypiów rozwoju gospodarczego.

ROZWÓJ EKSTENSYWNY CZY INTENSYWNY?

Zwolennicy utrzymania istniejącej do niedawna tendencji wzrostowej potencjału demograficznego argumentują, że przyrost liczby ludności (liczby pracujących) jest niezbędny do rozwoju ekonomicznego kraju. Mają tutaj oczywiście na myśli rozwój ekstensywny polegający na bezwzględnym

Adres do korespondencji – Corresponding author: Lech Smolaga, Wyższa Szkoła Mensedżerska w Warszawie, Wydział Menedżerski i Nauk Technicznych, ul. Kawęczyńska 36, e-mail: lechsmolaga@interia.pl

zwiększeniu wykorzystania zasobów. Innymi słowy im więcej jest ludzi do utrzymania, im większa produkcja w liczbach bezwzględnych, tym lepiej. Są jednak pewne słabe punkty tego rozumowania. Bycie krajem „wielkim ludnościowo" wcale nie oznacza, że jest on odpowiednio silny. Jak dotychczas, w krajach o wysokim przyroście naturalnym występuje na ogół bieda.

Spróbujmy najpierw odpowiedzieć na pytanie: co się powinno bardziej liczyć – wielkość gospodarki, ogólny jej potencjał np. siła militarna (Chiny) czy bogactwo obywateli kraju (Holandia). Rozwój ekstensywny zwiększa potencjał w pewnym stopniu, ale poziom stopy życiowej zależy od wydajności pracy! Dlatego w Bangla Deshu ludzie pracują bardzo ciężko a efekty ich pracy są niewielkie. W takim kraju jak Polska, który nie ma szans na zostanie imperium, odpowiedź może być tylko jedna.

Drugim mankamentem tego sposobu myślenia jest przeoczenie ekonomicznego prawa malejącej krańcowej efektywności czynników produkcji. Jeśli przyznamy racje teorii neoklasycznej, to musimy zauważyć, że krańcowa produktywność pracy spada wraz ze wzrostem zatrudnienia [1, s. 34, 218, 301]. Spada, więc *ceteris paribus* również przeciętna wydajność pracy.

Zmniejszenie zasobów ludności to względne zmniejszenie rzadkości zasobów, spadek cen nieruchomości, spadek kosztów utrzymania, zmniejszenie zapotrzebowania na energię, mniejsza uciążliwość dla środowiska naturalnego.

Po trzecie, zahamowanie ekstensywnego wzrostu jest nakazem, który wynika z zasady zrównoważonego rozwoju. Wyczerpywanie się zasobów, rabunkowa gospodarka nie licząca się z potrzebami przyszłych pokoleń, negatywne oddziaływanie człowieka na środowisko naturalne, sprawiły, że niepokoje Thomasa Malthusa i jego epigonów znów stały się zasadne. Niespełna pół wieku temu w artykule zatytułowanym „The Population Bomb" biolog Paul Ehrlich ostrzegł, że pod koniec XX w. na świat spadnie klęska głodu z powodu niewystarczających zasobów żywności. Dzięki postępowi i zmianom technik produkcji, jak zielona rewolucja w rolnictwie i programy planowania rodziny obawy Ehrlicha na razie się nie spełniły [3]. Na jak długo?

Po czwarte: rozwój ekstensywny wymaga dużego zaangażowania rzadkich zasobów ekonomicznych a to z kolei powoduje, że mniejsze są szanse na rozwój intensywny dla którego zabraknie tychże.

Wniosek jaki należy wyciągnąć jest taki, że być może spadek wzrostu a może i liczby ludności w ogóle jest okolicznością sprzyjającą krajom europejskim a zwłaszcza rozwojowi ekonomiczno - społecznemu Polski, bowiem umożliwia skoncentrowanie się na rozwoju intensywnym.

JAKIE JEST PODSTAWOWE WYZWANIE LUDZKOŚCI XXI W., PRZELUDNIENIE CZY NIEDOSTATEK SIŁY ROBOCZEJ?

Zaniepokojenie mogą budzić światowe trendy przyrostu liczby ludności. Według prognoz ONZ, do 2050 roku ilość ludzi na Świecie zwiększy się z 7.3 miliarda (2015) do 9.7 miliardów. Najwięcej ludzi przybędzie w Afryce – tamtejsza populacja zwiększy się ponad dwukrotnie i osiągnie 2,5 miliarda ludzi. Nigeria zdeklasuje USA pod względem liczby ludności (413 mln obywateli) i stanie się trzecim najbardziej zaludnionym krajem świata. Dwukrotnie zwiększy się populacja Kongo i Etiopii [4]. Wydaje się, że powyższa prognoza jest mocno niedoszacowana. Prawie cały przyrost liczby ludności ma mieć miejsce do roku 2035. Potem ma nastąpić gwałtowne wyhamowanie tendencji wzrostowych, co wydaje się mało realne.

Z kolei według prognoz dla krajów wysoko rozwiniętych i Polski ma nastąpić w nich spadek populacji.

Według GUS w 2050 r. liczba ludności Polski wyniesie 33 mln 951 tys. W porównaniu do stanu w roku bazowym 2013 oznacza to zmniejszenie liczby ludności o 4,55 miliona tj. o 12%.

Oprócz ujemnego przyrostu naturalnego, będziemy obserwować dalsze (niekorzystne?) zmiany w strukturze ludności według wieku oraz zmniejszanie się liczebności kobiet w wieku rozrodczym. Osoby w wieku 65 lat i więcej życia będą stanowiły prawie 1/3 populacji, a ich liczba wzrośnie o 5,4 miliona w porównaniu do 2013 r.

Struktura ludności w procentach według grup wiekowych ma natomiast przedstawiać się następująco:

Tabela 1. Prognoza struktury ludności wg. wieku w roku 2050

Tabele 1. Forecast of structure of population according to century age

Wiek	2013 Dane rzeczywiste w %	2050 Wariant średni w %	2050 W bardzo wysoki w %
0-14	15,0	12,1	14,2
15-64	70,3	55,2	54,5
65+	14,7	32,7	31,3
85+	1,6	6,1	6,1

Zródło: Prognoza ludności Polski na lata 2014 - 2050, GUS

Source: Poland Forecast of population on year 2014 – 2050, GUS

Prognoza demograficzna dla Polski również budzi wątpliwości. Pierwsza dotyczy dynamicznie zmieniających się warunków ekonomiczno społecznych w Polsce w XXI w. Warunki te mają istotny wpływ na wielkość przyrostu naturalnego i na dzietność. W efekcie trafne przewidzenie tego jaki będzie stan ludności Polski za 32 lata jest właściwie niemożliwe. Dowodem jest fakt, że stosunkowo niedawno (bo w roku 2004) opracowana prognoza była zmieniana w roku 2014, a ta w ostatnich latach zdezaktualizowała się na skutek zwiększonej liczby urodzeń. Trudno też zgodzić się na dwa razy większy udział ludności w wieku 65+(emerytalnym). Wzrost z 15 % do 31%. Wynika to głównie z arbitralnego założenia wydłużenia przeciętnej długości życia mężczyzn o 9 lat, co przy stanie obecnej służby zdrowia w Polsce i pogarszaniu się warunków ekologicznych wydaje się niewykonalne.

Wnioski: Światu zagraża raczej przeludnienie niż brak rąk do pracy. Wykazany w prognozie odsetek ludzi starszych (nawet przy pominięciu zastrzeżeń dotyczących metodologii prognozy) nie jest groźny, bowiem z łatwością może być

skompensowany wzrostem wydajności pracy i lepszą organizacją życia społecznego, o czym mowa będzie w dalszej części artykułu.

Wydaje się, że sporo racji ma Joanna Tyrowicz, która twierdzi, iż „*niemal wszystkie kraje rozwinięte będą doświadczać spadku populacji, nie ma co straszyć liczbami, bo o bogactwie narodów świadczyć może wydajność pracy. Problemem jest nie liczba pracowników, ale to, jak zapewnić, by pozostali byli wydajni. Starzejemy się w szybkim tempie, ale jeśli coraz większy odsetek populacji pracuje głową, a nie mięśniami, starzenie się nie musi rzutować na wydajność [2]”*

JAKIE SĄ PRZYCZYNY ZMNIEJSZONEGO PRZYROSTU NATURALNEGO W POLSCE I CZY OBECNE TENDENCJE UTRZYMAJĄ SIĘ?

Odpowiedź na to pytanie jest najbardziej kontrowersyjną częścią artykułu. Autorzy zwykle poprzestają na stwierdzeniu, że sam wzrost stopy życiowej jest czynnikiem, który silnie oddziałuje na wielkość przyrostu naturalnego. Dowodem na potwierdzenie tej tezy ma być porównanie przyrostu naturalnego w ubogich krajach Afryki oraz w bogatych krajach Europy i Ameryki.

Uważam, że odpowiedź jest o wiele bardziej skomplikowana i nie istnieje bezpośrednie przełożenie stopa życiowa – dzietność (bo do niej w tym przypadku sprowadza się głównie przyrost naturalny). Co więcej uważam, że wraz ze wzrostem stopy życiowej pojawiają się przesłanki do większej dzietności. Matka nie musi pracować, rodzina otrzymuje wystarczającą ilość środków do utrzymania i wykształcenia potomstwa. W Europie i niektórych innych bogatych państwach jest jednak odwrotnie. Decydują o tym **uwarunkowania społeczne i kulturowe**. Posiadanie dzieci jest istotną przeszkodą w realizacji tzw. kariery zawodowej matki, utrzymanie dzieci jest drogie, (żłobek, opiekunka, szkoła), wymaga wielu wyrzeczeń, wykształcenie trwa długo, zobowiązujące jest również wyposażenie dziecka do samodzielnego życia (mieszkanie). Wszystko to sprawia, że posiadanie dzieci w niektórych bogatych krajach (na przykład w Polsce) jest luksusem, na który zwyczajnie nie stać młodych ludzi, którzy zazwyczaj zarabiają niewiele. Istotną plagą wśród ludzi młodych, nie tylko w Polsce, jest również bezrobocie.

Ograniczenia te nie dotyczą niektórych kręgów cywilizacyjnych (kulturowych, religijnych) w których wyznawany jest zupełnie inny system wartości oraz imponderabiliów. Wartości te są zupełnie nieprzetłumaczalne na system wartości europejskich (np. rola społeczna kobiety), stąd mieszkańcy tych cywilizacji nie asymilują się do warunków europejskich i tworzą getta kulturowe, które są zaprzeczeniem asymilacji. Kultury te zamiast się wzbogacać wzmagają ksenofobię i nienawiść. Są to bardzo niebezpieczne zjawiska, niezbyt chętnie analizowane, gdyż prowadzą do zbyt pesymistycznych wniosków. Wynika z tego, że ekonomiści i socjologowie którzy liczą na zmniejszenie skutków eksplozji demograficznej mogą się srodze mylić.

CZY NISKIE PŁACE RZECZYWIŚCIE PRZYCZYNIAJĄ SIĘ DO WZROSTU GOSPODARCZEGO?

Polityka migracyjna prowadzona pod naciskiem ugrupowań neoliberałów zakłada, że większa ilość siły roboczej poszukującej pracy przyczyni się do utrzymania niskich płac, a w rezultacie do większej konkurencyjności gospodarki polskiej. Lobby przedsiębiorców czyni starania zmierzające do otwarcia polskiego rynku pracy przed emigracją zarobkową a nawet osiedlania w kraju na stałe niektórych uchodźców ekonomicznych.

Liczenie na obniżkę kosztów produkcji drogą redukcji wysokości płac może jednak okazać się polityką krótkowzroczną, która przyniesie odwrotne efekty do zamierzonych. Podstawową siłą napędową gospodarki jest wzrost popytu wewnętrznego a ten z kolei jest ściśle powiązany z płacami. Pozostałe czynniki popytu – inwestycje i eksport cechuje „kapryśny” charakter, związek z koniunkturą, podatność na zmieniającą się sytuację międzynarodową, w związku z czym należy je potraktować jako uzupełniające. Ta generalna zależność (niekwestionowana przez Keynesistów) sprawia, że w gospodarkach istnieją pewne ramy w których muszą się mieścić prawidłowe proporcje między płacami a zyskami. Prawidłowe płace nie powinny być za duże, bo wtedy zabraknie środków na inwestycje ani też tym bardziej zbyt niskie, bo wtedy spadnie popyt wewnętrzny i nie będzie dla kogo produkować a tym bardziej inwestować. Jest jeszcze jedna niekorzystna z ekonomicznego punktu widzenia zależność: niskie płace nie skłaniają do stosowania praco-oszczędnego postępu technicznego.

Istnieje wiele przesłanek wskazujących na to, że w gospodarkach Europy Środkowo Wschodniej jedną z ważniejszych barier rozwojowych jest zbyt niski poziom płac. Wskazują na to niski poziom inwestycji mimo dość znaczących zysków oraz niekonkurencyjność wielu firm mimo stosowania identycznych technologii, co w bogatych Niemczech, Szwecji, Norwegii, Danii i Holandii.

Analiza efektywności poszczególnych przedsiębiorstw wykazuje że wielu z nich, gdyby nie proceder legalnego i nielegalnego obniżania kosztów płac, groziłoby widmo bankructwa. Za tą sytuację przedsiębiorcy zazwyczaj obciążają system podatkowy, gdy tymczasem Polska ma jeden z najbardziej liberalnych dla przedsiębiorców system podatkowy. Jest zastanawiające dlaczego przy tych samych technologiach zakupionych na zachodzie wydajność pracy w skali makro jest kilkukrotnie niższa niż w krajach, gdzie płace bywają czterokrotnie wyższe.

Wydaje się, że niski poziom płac jest jednym z najważniejszych czynników stabilizujących wydajność pracy na niskim poziomie i petryfikujących niekorzystną strukturę gospodarki narodowej. Z tego punktu widzenia, próba rozregulowania rynku pracy drogą stymulowania migracji siły roboczej z sąsiednich państw jest polityką co najmniej dyskusyjną.

CZY GROZI NAM BEZROBOCIE TECHNOLOGICZNE?

Najbardziej znamiennym, groźnym i wciąż niedocenianym zjawiskiem jest rosnące bezrobocie technologiczne. Rozwój automatyki oraz jej upowszechnienie w przemyśle

i innych działach gospodarki zrodzi nowe bardo poważne problemy ekonomiczne i społeczne o randze niespotykanej dotychczas w historii cywilizacji. Ich rozwiązanie będzie prawdziwym wyzwaniem XXI w. Automatyzacja spowoduje gwałtowny spadek popytu na pracę. Już obecnie inwestycje w przemyśle na skutek występowania opisanych wyżej mechanizmów postępu technicznego i wyboru praco-oszczędnych technik, często zamiast przyczyniać się do wzrostu zatrudnienia powodują jego spadek (mówi się o tzw. bez-zatrudnieniowym wzroście). Zwraca na to uwagę wielu ekonomistów mających odwagę spojrzeć w przyszłość światowej gospodarki rynkowej. Należy do nich m. in. Jeremy Riffkin [5], który pisze: „Obecnie po raz pierwszy jesteśmy świadkami systematycznego eliminowania ludzkiej siły roboczej w procesie produkcji. W ciągu niecałego stulecia można się spodziewać topnienia masowego zatrudnienia w sektorze rynkowym praktycznie we wszystkich uprzemysłowionych państwach świata."

Proces ten prowadzi do nieuchronnego wzrostu bezrobocia technologicznego na skalę dotychczas niespotykaną.[1] Łatwość, z jaką się automatyzuje współcześnie procesy produkcyjne i usługowe sprawia, iż w najbliższych kilkudziesięciu latach bezrobocie to prześcignie wielkość zatrudnienia. Wzrost bezrobocia spowoduje w następstwie spadek globalnego światowego popytu i przyczyni się do globalnego kryzysu gospodarczego [7].

Ujawni się z całą ostrością sprzeczność między krótkookresowym interesem przedsiębiorstw a długookresowymi interesami gospodarki i społeczeństwa jako całości. Z jednej strony osiągnięcia nauki i techniki stworzą wspaniałe możliwości rozwoju ludzkości i zaspokajania potrzeb na niespotykanym dotychczas poziomie, z drugiej, niedostateczny popyt globalny wywoła spadek produkcji i sprawi, że możliwości te będą marnowane. Innymi słowy sytuacja stanie się bezsensowna i paradoksalna. Paradoks polega na tym, iż system gospodarczy zadławi się własną sprawnością techniczną. Sprzeczność ta nie może być rozwiązana za pośrednictwem tradycyjnych mechanizmów rynkowych. Likwidacja tego paradoksu będzie wymagała gruntownej zmiany filozofii gospodarowania i przebudowy istniejących mechanizmów rynkowych, co będzie bardzo trudne o ile w ogóle wykonalne.

Mikroekonomiczny rachunek ekonomiczny wskazuje na konieczność obniżania kosztów robocizny. Jednym ze sposobów jest zastępowanie siły roboczej kapitałem. Jest to warunek maksymalizacji zysku i przetrwania przedsiębiorstwa na rynku w walce konkurencyjnej. Tymczasem redukcja zatrudnienia zmniejsza popyt globalny. Przy znaczącej redukcji kosztów robocizny zyski nie będą mogły zamienić się w popyt. Nieliczni właściciele kapitału nie będą w stanie konsumować potoku masowych dóbr produkowanych przez prawie zautomatyzowane fabryki. Mniejszy popyt sprawia, że maleją produkcja i zyski. Rośnie presja na dalsze zmniejszanie zatrudnienia, itd.

Innym sposobem zmniejszania kosztów jest obniżka płac realnych oraz korzystanie z rynków siły roboczej, gdzie płace są niskie. Obniżanie płac daje podobny efekt, co zmniejszanie zatrudnienia w wymiarze fizycznym - zmniejsza popyt, wzmaga presję na dalsze obniżki płac realnych i przyczynia się do dalszego wzrostu bezrobocia. Symptomy tego zjawiska już zaczynają się pojawiać we współczesnej gospodarce. Mechanizm tego zjawiska jest groźny dla przyszłego rozwoju cywilizacji gospodarki rynkowej i może doprowadzić do katastrofalnych skutków ekonomicznych i społecznych w niedalekiej przyszłości.

Należy tu zauważyć, że tendencja do obniżania udziału płac w wartości produktów oraz rugowanie pracowników z partycypowania w efektach postępu technicznego tylko na pozór są zgodne z interesem właścicieli kapitału. W przekonaniu tym zdaje się utwierdzać neoklasyczne ujęcie mikroekonomii, według którego praca jest zwykłym czynnikiem produkcji a płaca niczym więcej jak kosztem podlegającym, jak wszystkie inne, maksymalnej redukcji. Jednakże działania takie w długiej perspektywie są niekorzystne również dla nich samych, bowiem, aby produkcja była opłacalna musi odbywać się bez zakłóceń i na dużą skalę. Masowo produkowane towary muszą znaleźć masowego odbiorcę. Innymi słowy warunkiem efektywności systemu gospodarczego jest odpowiedni popyt, u źródeł którego leżą dochody całego społeczeństwa a nie tylko nielicznych jego członków.

Niestety, lobby wielkiego kapitału wciąż nie jest świadome swoich dobrze pojętych długofalowych interesów wynikających z oczywistej zależności między zyskami a płacami. Wynika z nich, iż wzrost płac jest warunkiem harmonijnego i dynamicznego rozwoju gospodarczego. Zależności tej nie są świadomi lub ją ignorują także politycy mający wpływ na kształtowanie stosunków społeczno ekonomicznych. Jednakże, jeśli niczego nie zmienimy, światowy kryzys przybierze postać katastrofalną.

Konkluzja jest następująca: nowa jakość procesów produkcyjnych, bardzo **wysoki stopień automatyzacji** i mechanizacji a także postęp organizacyjny nieuchronnie doprowadzi do stworzenia wielkiej rezerwowej armii pracy.

Już w tej chwili istnieją problemy ze znalezieniem pracy (zwłaszcza dla ludzi młodych) przynoszącej godziwą płacę, to znaczy taką za którą można zaspokoić dalekosiężne socjalno- bytowe potrzeby własne i swojej rodziny. Okazuje się że nie potrzeba gospodarce tylu ludzi wykształconych, co rodzi ogólną frustrację. Samobójczą jest więc polityka polegająca na dodatkowym importowaniu siły roboczej z krajów nierozwiniętych.

CZY W GOSPODARCE POLSKIEJ ISTNIEJĄ REZERWY PRACY ORAZ WYDAJNOŚCI PRACY? JAKI JEST ICH ROZMIAR?

Według oficjalnych danych bezrobocie rejestrowane w 2017 roku wyniosło 1.335 tys.[6]. Wiele wskazuje na to, że dane te są zbyt optymistyczne, bowiem nie uwzględniają ukrytych form bezrobocia**.** Budzą pewne wątpliwości zbyt ostre kryteria zaliczania do kategorii bezrobotnych. Statusu

1 Wielu ekonomistów bagatelizuje problem bezrobocia technologicznego argumentując, że od dawna obawiano się ,że postęp techniczny przyczyni się do powstania bezrobocia ale obawy te okazywały się nieuzasadnione gdyż przy postępie technicznym rosło również zatrudnienie. Jest to stereotyp, z powodu którego często negowane jest istnienie tej kategorii bezrobocia. Tym niemniej uważam, że bezrobocie technologiczne od dawna jest faktem. Jest ono jednak trudno uchwytne, gdyż wykazać je można tylko w dość złożonym rachunku, jako zmniejszenie zatrudnienia w stosunku do hipotetycznego zatrudnienia bez postępu technicznego. W następnym okresie bezrobocie to staje się już zwykłym bezrobociem strukturalnym.

bezrobotnego nie mogą np. uzyskać osoby, które mają jakieś chociażby symboliczne dochody z tytułu pracy lub posiadają zawarte umowy o dzieło, umowy zlecenia albo też nie dopełniły jakiejś formalności. Sprawia to że istnieje znaczący odsetek bezrobocia nierejestrowanego, zwłaszcza, że większość bezrobotnych i tak nie pobiera żadnego zasiłku. Wielu młodych ludzi w wieku 19 – 25 lat, w pełni zdolnych do pracy, w oczekiwaniu na lepszą koniunkturę na rynku pracy kontynuuje naukę (studia) na przypadkowo wybranych kierunkach nie dających żadnej nadziei na znalezienie pracy (np. stosunki międzynarodowe).

Największe rezerwy tkwią jednak w szeroko pojętej organizacji pracy oraz organizacji życia społecznego. Mam tu na myśli niewykorzystywanie optymalnych z punktu widzenia wydajności technologii organizacyjnych w przedsiębiorstwach (np. nieistnienie baz logistycznych dla małego handlu detalicznego, nieefektywne rodzaje transportu lansowane przez lobby paliwowo samochodowe, nieefektywne i nieekologiczne systemy energetyczne, istnienie dużego marginesu produkcji społecznie jałowej, przerosty zatrudnienia w szeroko pojętej administracji państwowej i samorządowej itp.). Ponadto należy uznać iż, jak dotychczas, ma miejsce, **marnotrawstwo siły roboczej. W UE na dużą skalę występują przerosty zatrudnienia** w:

- sektorze finansowym,
- reklamie i marketingu,
- administracji.

Powoduje to nieuzasadnione wysokie koszty transakcyjne, ponieważ często są to gałęzie nieprodukcyjne, jałowe ze społecznego punktu widzenia. Wystarczy wspomnieć że zatrudnienie w administracji wzrosło ok. 5 krotnie w stosunku do centralnie sterowanej oraz pozbawionej komputerów gospodarki lat 80-tych. Z ostrożnych szacunków autora wynika, że rezerwy zatrudnienia typu organizacyjnego kształtują się na poziomie ok. 4 mln osób. Razem rezerwa (bezrobocie oficjalne, wraz z bezrobociem nierejestrowanym oraz przerostami złej organizacji) wynosi ok. 6 mln osób. Należałoby do tego dodać część osób, które wyjechały z Polski w poszukiwaniu pracy. Prawdopodobna liczba Polaków pracujących za granicą to ok. 2 mln, z czego wydaje się że połowa mogłaby wrócić do kraju (gdyby zapewnić jej godziwą płacę), czyli potencjalna łączna rezerwa pracowników dla Polski wynosi ok. 7 mln osób.

Jeszcze większe rezerwy produkcji tkwią w wydajności pracy. W często stosowanej formule funkcji produkcji:

$$\mathbf{D = Z\ w,} \qquad (1)$$

Gdzie: Z – zatrudnienie,

w – wydajność pracy,

zazwyczaj „w" traktujemy jako stałą. Tymczasem w rzeczywistości zarówno Z jak i „w" są zmienne. Co więcej, to właśnie wydajność pracy „w" jest najważniejszym czynnikiem wzrostu produkcji, siłą napędową wzrostu gospodarczego.

Wydajność pracy zależy od szeregu czynników**.** Funkcją wydajności pracy jest szeroko pojęta stopa życiowa. Jak już wcześniej zauważono, rozwój ekstensywny nie prowadzi do wzrostu dobrobytu. Wręcz przeciwnie. Ogranicza możliwości inwestowania, stosowania postępu i wzrostu wydajności. Czynniki wzrostu wydajności pracy są bardzo różne w zależności od zastosowań technologii. Dla przykładu, w poniższej formule zwrócono uwagę na cztery czynniki: wyposażenie kapitałowe – K. poziom innowacyjności stosowanych technologii – T, czynnik strukturalny gospodarki narodowej – S… oraz czynnik organizacyjny – O.

$$\mathbf{w = f(K,T,S,….O)} \qquad (2)$$

Rezerwy pracy z tytułu potencjalnego wzrostu wydajności w skali makro są wyjątkowo duże. Szacuje się, że w stosunku do gospodarki niemieckiej makro wydajność procesu tworzenia dochodu narodowego jest, co najmniej, trzykrotnie niższa. Oznacza to, że ten sam dochód narodowy mogłoby wytwarzać trzy razy mniej pracowników (ok. 6 mln), gdyby zracjonalizować techniki wytwarzania oraz organizację makro – procesów. Na proces odrabiania zaległości wydajności pracy (proces wykorzystany przez tzw. tygrysy azjatyckie i Chiny) będzie się nakładał przyszły, zwykły proces postępu technicznego wynikający z badań i upływu czasu.

CO TAK NAPRAWDĘ OZNACZA TWIERDZENIE O NASTANIU ERY GOSPODARKI OPARTEJ NA WIEDZY? CZY WSPÓŁCZESNA GOSPODARKA WYMAGA NAPRAWDĘ TAK DŁUGIEGO OKRESU EDUKACJI KADR?

Twierdzenie, że współczesna gospodarka opiera się na wiedzy jest efektownym truizmem, gdyż zawsze gospodarka i produkcja opierała się na wiedzy i umiejętnościach człowieka. (Dzisiaj zdziwienie i niedowierzanie budzą poziom wiedzy oraz umiejętności prehistorycznych ludzi dokonujących wytopu żelaza w „prymitywnych" dymarkach). **Niepotrzebnie natomiast wydłuża się czas kształcenia**. Ludzie w wieku najbardziej wydajnym uczą się często zupełnie niepotrzebnych w przyszłej karierze zawodowej rzeczy. Towarzyszy temu frustracja i poczucie marnotrawstwa. Tkwią tu bardzo duże rezerwy potencjału czasu pracy.

Współcześnie, na większości stanowisk pracy, do zawodu powinni być w pełni przygotowani dwudziestolatkowie po szkole średniej. W wielu przypadkach byliby nawet lepsi od starszych bardziej wykształconych. Np., w czasie drugiej wojny światowej najlepiej sprawdzali się jako piloci myśliwców w zasadzie młodzi chłopcy. Decydowały o tym sprawność fizyczna, łatwość opanowywania nowych, nietypowych skomplikowanych umiejętności (uczenia się sztuki walki) i młodzieńczy entuzjazm oraz skłonność do ryzyka. Wiedza i wieloletnie doświadczenie przegrywały.

Potrzebę wydłużenia procesu kształcenia się uzasadniano zwykle rosnącą złożonością techniki. Tymczasem, w rzeczywistości obserwujemy zależność odwrotną, **im wyższy poziom technologii tym mniej trzeba wiedzieć by obsługiwać urządzenia**, maszyny sprzęt domowy itp. Kiedyś, żeby jeździć samochodem trzeba było opanować podstawowe umiejętności mechanika. Obecnie wielu kierowców nie wie nawet, na jakiej zasadzie działa silnik samochodowy a nawet, w którym miejscu się znajduje. Sporą wiedzę musiał posiadać kowal stolarz czy szewc. O wiele większą niż

współczesny przeciętny robotnik przemysłowy. Obecnie pracownicy obsługujący urządzenia znają tylko wąskie zakresy czynności. Skomplikowanym systemem, jakim jest telefonia komórkowa doskonale może posługiwać się użytkownik, który ledwie potrafi czytać i pisać. Rzadko która z osób posługujących się komputerem wie, co jest w jego środku i na jakiej zasadzie on działa. (Na podstawie postów na różnego rodzaju forach internetowych można odnieść wrażenie, że niektórym, bardzo aktywnym internautom obca jest też sztuka pisania.)

Oczywiście, ktoś te nowoczesne urządzenia musi projektować, opracowywać technologię ich produkcji i produkować. Są to jednak inżynierowie, którzy **stanowią bardzo nieliczną elitę**. Obecnie nawet serwis bardzo skomplikowanych urządzeń nie wymaga zbyt wielkiej wiedzy. Przykładem mogą być urządzenia elektroniczne. Jeszcze w latach dziewięćdziesiątych XX w. serwisant naprawiający telewizor musiał dokładnie znać szczegóły jego budowy oraz posiadać sporą wiedzę elektroniczną. Obecnie w przypadku uszkodzenia wymienia się całe panele (bloki). Podobnie jest z komputerem, który bez problemów może zmontować średnio zaawansowany amator nie znający nawet zasad jego działania.

ISTOTA PROBLEMU BEZROBOCIA

Wielu ekonomistów próbujących znaleźć recepty na zmniejszanie rozmiarów bezrobocia zastanawia się jak by tu zwiększyć zapotrzebowanie na pracę. Może zwiększyć produkcję poprzez zwiększony wewnętrzny popyt globalny, może zwiększyć eksport, może dodatkowe inwestycje a może pobudzić koniunkturę do poziomu ponad 5 %. Wnioski takie wydają się oczywiste i zrozumiałe same przez się, ale jak to często bywa z myśleniem oczywistym są błędne (wszak oczywistym wydaje się że Ziemia jest płaska) … Rozwiązanie problematyki bezrobocia nie polega, jak to się pozornie wydaje na wzroście zapotrzebowania na pracę (bo będzie ono systematycznie malało na skutek czynnika postępu technicznego) lecz na zupełnie czym innym.

Zagadnienie likwidacji bezrobocia to problem dostarczenia środków do życia wszystkim zamierzającym podjąć pracę. Oznacza to ni mniej ni więcej tylko zapewnienie właściwego, z ekonomicznego punktu widzenia, podziału dochodu narodowego oraz niezbędnego minimalnego poziomu produkcji wybranych dóbr. Miejsca pracy wynikają z podziału dochodu narodowego. Innymi słowy, dochód narodowy trzeba tak podzielić aby wszyscy chętni do pracy mieli odpowiednią jego część w zamian za świadczoną pracę. W XXI wieku pracy będzie coraz bardziej ograniczona ilość. Wynika z tego, że wraz z podziałem dochodu narodowego należy również podzielić pracę tak, żeby dla wszystkich jej starczyło. Co to oznacza w praktyce? Ograniczoną ilość pracy należy podzielić między wszystkich członków społeczeństwa poprzez takie działania jak: skracanie czasu pracy (tygodnia pracy), skracanie wieku emerytalnego, tworzenie miejsc pracy w takich dziedzinach jak nauka, nauczanie, wychowanie, usługi społeczne i kultura.

Rozwiązanie zagadnienia wymaga przebudowy dotychczasowego modelu myślenia, postawienia całej problematyki na głowie a raczej, chyba jednak, postawienia na nogi, bo na głowie dotychczas stała. To nie rozmiary produkcji mają wyznaczać poziom zatrudnienia a wielkość czynników produkcji (w tym również siły roboczej) ma determinować wielkość produkcji. Zmienna zależną jest nie zatrudnienie lecz produkcja.

W tym podejściu tkwi jednak pewien szkopuł natury praktycznej. Jest nim kwesta realizacji polityki podziału dochodu narodowego i pełnego zatrudnienia. Od strony technicznej problem jest banalny i można go zrealizować na setki sposobów stosując na przykład różne warianty polityki fiskalnej, prawa pracy, narzędzi interwencjonizmu gospodarczego itp. Model gospodarki neoliberalnej z ograniczonymi funkcjami rządu wyklucza jednakże takie zaawansowane sterowanie podziałem dochodu narodowego i wielkością zatrudnienia. Rozwiązanie problemu wymaga głębokich reform społeczno - ekonomicznych, zmiany niektórych mechanizmów gospodarowania i społecznej kontroli gospodarki a także przeszeregowania podstawowych, społecznie akceptowanych wartości.

PROBLEM EMERYTÓW

Z tego punktu widzenia nie istnieje problem przyszłych emerytów. Przy dobrej organizacji życia społecznego i współczesnych technologiach niewielki odsetek zatrudnionych jest w stanie z powodzeniem utrzymać znacznie większą część społeczeństwa. Niski przyrost naturalny jest natomiast wybawieniem dla przyszłych pokoleń (wyczerpywanie się zasobów, ekologia, ciasnota).

Z opracowanych przez autora prognoz wynika, że w najbliższych 32 latach wzrost produktu narodowego brutto będzie systematycznie wyprzedzał wzrost liczby emerytów.

Przeprowadzone zostały symulacje kształtowania się relacji PKB – liczba mieszkańców Polski w trzech wariantach: **optymistycznym** (przy założeniu, że średnie tempo wzrostu będzie na poziomie 5%), **pesymistycznym** (przy założeniu, że średnie tempo wzrostu wyniesie 2%) oraz **pośrednim** (w którym założono różne wielkości przyrostu PKB w tym przedziale w różnych latach dobrane w sposób losowy). Z przeprowadzonego badania wynika, że nawet w pesymistycznym wariancie, w którym przyjęto nierealne założenie bardzo niskiego tempa wzrostu, jest możliwy systematyczny wzrost stopy życiowej całej populacji.

Istnienie licznej armii emerytów – traktowanych przez niektórych ekonomistów orientacji neoliberalnej jako „darmozjadów" – będzie czynnikiem korzystnym dla gospodarki, bowiem będzie tworzyło niezbędny dla rozwoju popyt globalny. Aby współczesne procesy technologiczne były opłacalne musi istnieć produkcja na dużą skalę (miliony sztuk samochodów, telefonów etc), taka bowiem jest właściwość technologii zautomatyzowanych. Wydajność jest tak duża, że gdyby nie duży odsetek konsumentów nieprodukcyjnych, produkcja dla garstki bardzo wydajnych pracowników produkcyjnych nie miałaby sensu, gdyż nie byliby w stanie skonsumować tego, co wytworzyli. Należałoby ograniczać wielkość produkcji do rozmiarów, przy których staje się ona nieopłacalna lub przechodzić na prymitywne mało wydajne techniki, co też byłoby absurdem.

Reasumując: Usiłowanie wydłużenia wieku emerytalnego jest działaniem błędnym z następujących powodów:

- prawdziwym problemem przyszłych pokoleń będzie nie brak rąk do pracy ale ich nadmiar,

- przyszłe społeczeństwa stać będzie na utrzymanie rosnącej rzeszy emerytów przy mniejszym zatrudnieniu pod warunkiem wszakże, ze proces gospodarowania będzie miał przebieg racjonalny,
- źródłem powiększonego strumienia dochodu narodowego, który będzie niezbędny do utrzymania rosnącej liczby osób nieprodukcyjnych będzie wzrost wydajności pracy. Wzrost wydajności pracy wynikać będzie z dwu czynników: postępu naukowo technicznego, który jest procesem ciągłym oraz likwidacji luki technologicznej między gospodarką polską a gospodarką krajów wysokorozwiniętych,
- istnieje bardzo duża rezerwa siły roboczej (oprócz obecnego, znaczącego bezrobocia) w postaci przerostów zatrudnienia w wielu działach gospodarki (między innymi administracji). Ogólna racjonalizacja zatrudnienia, likwidacja niepotrzebnych stanowisk, usuwanie złych rozwiązań organizacyjnych, ograniczenie procesów gospodarki jałowej, przyczyni się nie tylko do uwolnienia znaczącego potencjału siły roboczej ale również do obniżenia społecznych kosztów produkcji oraz usprawnienia całego systemu gospodarczego,
- **rzeczywiste problemy przyszłych społeczeństw polegają nie na ustanowieniu takich, czy innych systemów emerytalnych a na prawidłowym podziale dochodu narodowego**, dzięki któremu wszyscy członkowie społeczeństwa będą mieli zapewnione środki do życia, przy czym zachowane zostaną prawidłowe proporcje między konsumpcją i akumulacją oraz między płacami a cenami tak, aby zapewnić odpowiedni poziom dochodów realnych a także rentowność produkcji,
- sposób finansowania emerytur ma charakter wtórny i **mało istotny** z punktu widzenia sprawności makrosystemu gospodarczego. Finansowanie to, jak i cały system emerytalny jest tylko fragmentem większej całości jakim jest system podziału dochodu narodowego. Finansowanie systemu emerytalnego można zapewnić na wiele bardzo rożnych sposobów. Sposoby te jednak muszą być kompatybilne i sprzęgnięte systemowo z pozostałymi mechanizmami dystrybucji.

PODSUMOWANIE

Doprawdy trudno zrozumieć, dlaczego niektórzy uważają, że rozwój ekonomiczny i poziom życia zależą od zasobów pracy lub wielkości zatrudnienia. Jak wskazano powyżej, rzekome, mikroekonomiczne korzyści gospodarki z tytułu mniejszych płac mogą doprowadzić do poważnego kryzysu społeczno ekonomicznego i są z punktu widzenia makroekonomii nie do przyjęcia. Stabilne bądź lekko spadkowe trendy demograficzne stwarzają szanse wejścia gospodarki na ekstensywną, wysoko wydajną ścieżkę rozwoju oraz szybki wzrost stopy życiowej. Polityka imigracyjna polegająca na próbie importu siły roboczej z krajów ościennych jest poważnym błędem. Zupełnie również niepotrzebnie niektórzy politycy próbują wydłużać wiek emerytalny. Proceder ten jest szkodliwy tak z ekonomicznego jak i społeczno-moralnego punktu widzenia.

Sytuacją demograficzną Polski powinni się raczej „martwić", ci, którzy chcą, aby armia bezrobotnych istniała oraz istniało zagrożenie bezrobociem. Wbrew pozorom zalecenia dla polityki gospodarczej zawarte w artykule mają służyć nie tylko interesom ogólnospołecznym oraz ludzi pracujących ale również, a może najbardziej, wielkiemu kapitałowi, gdyż mają na celu niedopuszczenie do blokady mechanizmów ekonomicznych oraz utrzymanie wysokiej efektywności ekonomicznej przedsiębiorstw. Efektywność ta zagrożona jest kryzysem, który z całą pewnością wystąpi w przypadku nie rozwiązania omawianej problematyki społecznej.

LITERATURA

[1] **BEEG D. i inni. 1998.** Mikroekonomia. Warszawa: PWE.

[2] **GODUSŁAWSKI B.**, Populacja Polski kurczy się, CZARNA PROGNOZA ONZ. Na koniec wieku będzie nas niewiele ponad 21 mln!, Interia. Pl, Aktualizacja: 11.07.2017.

[3] **GOLDSTONE J. A.**, Nowa bomba demograficzna, Newsweek.pl, Interia pl, data publikacji 01.03.2010.

[4] Jak będzie zmieniała się populacja na świecie i w Polsce w tym stuleciu? Nowa prognoza ONZ, Interia. pl,Aktualizacja: 2015-08-7.

[5] **RIFKIN J. 2003.** Koniec pracy, Schyłek siły roboczej na świecie i początek ery postronkowej. Wrocław: Wyd. Dolnośląskie.

[6] Rocznik Statystyczny RP, GUS, Warszawa 2017.

[7] **SMOLAGA L. 2009.** „Deregulacja a mechanizmy rynku finansowego i kryzys roku 2008". Ekonomiczno-Informatyczny Kwartalnik Teoretyczny WSEI Nr 4.

[8] Prognoza ludności Polski na lata 2014 - 2050, GUS, 2014.

Mgr Paweł KRZEŚNIAK
Prof. dr hab. inż. Marianna JACYNA
Wydział Transportu, Politechnika Warszawska
Dr inż. Mirosław KRZEŚNIAK

PARAMETR KOSZTU W PRZEMIESZCZANIU WAGONÓW ŁADOWNYCH I PRÓŻNYCH®

The cost parameter of relocating loaded and empty carriages®

Słowa kluczowe: koszt przewozu, system zwarty przewozów, system przewozów rozproszonych, koszty obsługi handlowej, koszty obsługi eksploatacyjnej.

W artykule przedstawiono wybrane aspekty dotyczące kosztów realizacji przewozu towarów transportem kolejowym. Koszty te zależne są przede wszystkim od systemu przemieszczania ładunków. Wagony z towarem mogą być przemieszczane w systemie zwartym lub rozproszonym. Cechą systemu zwartego przewozów jest fakt, że cały przejazd dokonywany jest jednym pociągiem, zasadniczo przy użyciu jednego środka transportu, bez konieczności wykonywania kosztownej pracy manewrowej na stacjach pośrednich. Wielkość jednocześnie nadanych towarów wywiera zasadniczy wpływ na koszt przewozu. W systemie rozproszonym, gdy wielkość nadanych towarów nie umożliwia uruchomienia ze względu na koszty pociągu bezpośredniego, przewozy są znacznie droższe. Wymagają dużej ilości pracy manewrowej i ekspedycyjnej. W konsekwencji generują znacznie większy koszt i dłuższy czas przemieszczania wagonów w tym systemie.

Key words: transportation cost, compact transport system, distributed transport system, trade cost, operation cost.

The paper presents selected aspects regarding the costs of transporting goods by rail. These costs depend primarily on the selected freight system. Carriages loaded with goods can be moved in either a compact or a distributed system. A compact system can be described as such, in which the entire journey is made by one train, without having to perform expensive maneuvering work at intermediate stations. The volume of goods being dispatched at a given time has a significant impact on the cost of transport. In a distributed system, when the volume of goods is not sufficient to run a direct train, the transportation costs become higher. The shipment requires a lot of maneuvering and dispatching work. As a consequence, the cost of using this system is higher and it results in longer wagon relocation times.

WPROWADZENIE
Introduction

Planowanie przemieszczania ładunków jest jednym z najważniejszych zadań realizowanych u przewoźników kolejowych. Optymalizacja planowania procesu przewozowego gwarantuje przewoźnikowi możliwość osiągania oczekiwanych wyników. Najważniejszym czynnikiem kształtującym wielkość zysków przedsiębiorstw realizujących przewozy towarów jest prawidłowe spełnienie wymagań klientów, czyli zaspokojenie ich potrzeb. Im lepiej planuje się proces przewozowy, tym bardziej zadowoleni są klienci. Zatem proces przewozowy z jednej strony powinien być przygotowywany tak, aby zrealizować w miarę możliwości wszystkie zlecenia transportowe (czyli dostarczyć towary do miejsca odbioru). Z drugiej strony natomiast należy pamiętać, aby podczas planowania minimalizować koszty. Na ten czynnik wpływ ma właściwe dobranie wagonów, lokomotyw oraz innych zasobów do realizacji danego zapotrzebowania na przewozy. Biorąc pod uwagę fakt, że wagony są biernymi środkami transportu, do swojego przemieszczenia potrzebują środków transportu (lokomotyw). Lokomotywy mogą być angażowane do przemieszczania różnej liczby wagonów. Najbardziej rentowne są przewozy dużych składów wagonowych.

MODELOWANIE ORGANIZACJI PRZEMIESZCZANIA WAGONÓW NA SIECI KOLEJOWEJ
Modelling of carriage relocation process on a railway network

Modelowanie organizacji przemieszczania wagonów ładownych i próżnych na sieci kolejowej można oprzeć na podejściu do modelowania systemów transportowych prezentowanym w pracach [1, 3, 4, 9, 12, 13]. Można przyjąć, że model organizacji przemieszczania wagonów ładownych i próżnych po sieci kolejowej zawiera następujące elementy:

– ***strukturę sieci kolejowej*** przedstawiającą powiązania między stacjami nadania i odbioru wagonów ładownych i próżnych,
– ***charakterystyki elementów struktury sieci kolejowej, tj. zarówno stacji jak i linii*** (charakterystyki określone na węzłach i połączeniach sieci kolejowej),

Adres do korespondencji – Corresponding author: Marianna Jacyna, Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, Zakład Inżynierii Systemów Transportowych i Logistyki, ul. Koszykowa 75,00-662 Warszawa, e-mail: maja@wt.pw.edu.pl

– ***potencjał przewozowy w postaci ilostanu wagonów***,
– ***wielkości zadań przewozowych*** wynikające z ***wielkości zgłaszanych potrzeb na wagony próżne*** wynikające z zapotrzebowania zgłaszanego przez klientów,
– ***organizacji*** rozumianej jako ***planu przemieszczania wagonów ładownych i próżnych***.

Strukturę sieci kolejowej można opisać za pomocą grafu, zapisanego w postaci:

$$G = < W, L > \quad (1)$$

gdzie: W – jest zbiorem numerów węzłów sieci kolejowej (punktów odpraw ładunków),
L – jest zbiorem połączeń (odcinków) między węzłami sieci kolejowej.

Węzły sieci kolejowej można opisać wektorem:

$$\mathbf{WK} = < ns, ks, rs, ts, ps, gos, tpgr, \mathbf{kpgwr}, \mathbf{tpz}, \mathbf{kpz}, \mathbf{tzw}, \mathbf{kzw} > \quad (2)$$

gdzie:
- nazwa stacji **[ns]**;
- kod stacji **[ks]**;
- rodzaj stacji **[rs]**: stacja rozrządowa, stacja manewrowa, stacja ładunkowa, punkt ładunkowy;
- typ stacji **[ts]**: krajowy, międzynarodowy (położony poza RP), węzeł obsługujący przejście graniczne (wschód), węzeł obsługujący przejście graniczne (pozostałe kierunki), węzeł obsługujący porty morskie;
- pojemność stacji **[ps]**: maksymalna liczba wagonów mogących być w tym samym czasie na stacji, maksymalna długość pociągu;
- terminy i godziny otwarcia stacji **[gos];**
- czas przejścia grupy wagonów (grupa wagonów od 1 do „n") **[tpgr]** – ruch rozproszony;
- koszty przejścia grupy wagonów (grupa wagonów od 1 do „n") **[kpgwr]** – ruch rozproszony;
- czas przejścia pociągu **[tpz]** – ruch zwarty;
- koszty przejścia pociągu **[kpz]** – ruch zwarty;
- czas załadunku / wyładunku **[tzw]** – pojedynczego wagonu, grupy do 10 wagonów, do 20 wagonów, składu (powyżej 20 wagonów);
- koszty załadunku / wyładunku **[kzw]** – pojedynczego wagonu, grupy do 10 wagonów, do 20 wagonów, składu (powyżej 20 wagonów).

Odcinki linii kolejowej można opisać wektorem:

$$\mathbf{OK} = < nod, sp, do, ph, mph, kp, rt, \mathbf{ro}, \mathbf{so}, \mathbf{no} > \quad (3)$$

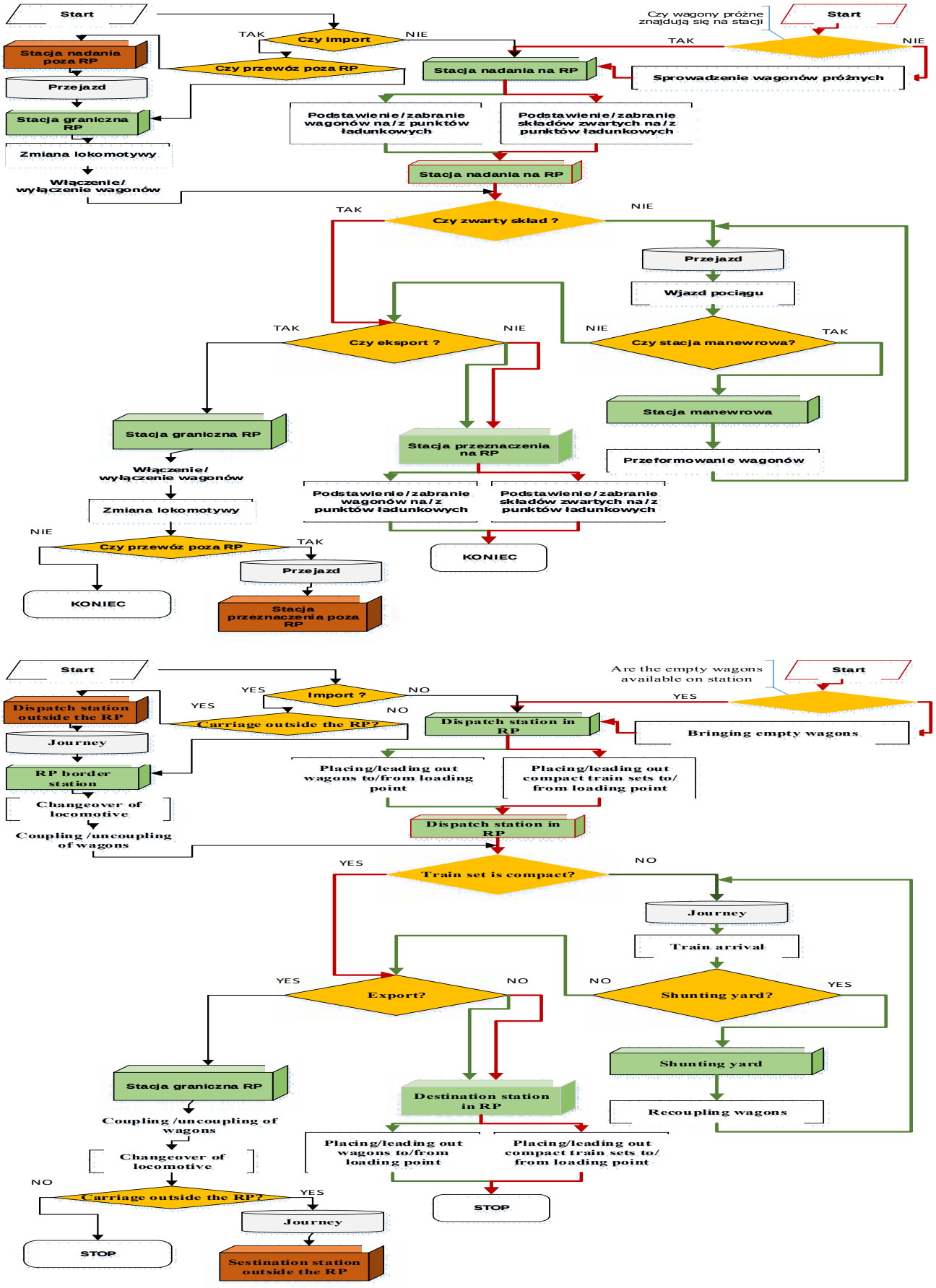
gdzie:
- numer odcinka **[nod];**
- nazwy i kody stacji przylegających do odcinka **[sp];**
- długość odcinka **[do];**
- prędkość handlowa na odcinku **[ph];**
- maksymalna dopuszczalna prędkość **[mph];**
- koszt przejazdu **[kp]** - koszt przejazdu uzależniony jest od brutta pociągu, czy pociąg konwencjonalny, czy kontenerowy, czy trakcja spalinowa, czy elektryczna, czy IRJ (indywidualny rozkład jazdy);
- dopuszczalny rodzaj trakcji **[rt]** (spalinowa, elektryczna);
- rodzaj odcinka **[ro]** (jednotorowy, dwutorowy, szerokotorowy);
- stan odcinka **[so]** - zamknięty, otwarty;
- dopuszczalny nacisk osi wagonu ładownego na szynę **[no]** : do 20 ton, powyżej 20 ton.

Wśród obszarów badawczych dotyczących organizacji ruchu kolejowego istotne miejsce zajmuje konstrukcja racjonalnego rozkładu jazdy pociągów. Opracowanie racjonalnego rozkładu jazdy pociągów [4, 6, 10, 14] to z jednej strony kształtowanie oferty przewozowej, a z drugiej strony konstrukcja wykresu ruchu pociągów. Problem kształtowania oferty przewozowej w dużej mierze dotyczy problemu rozłożenia potoku ruchu na sieć [7, 8, 9]. Należy dążyć do tego, aby wykonać to w taki sposób, by zagwarantować niezawodność i efektywność realizacji usług [9, 11]. Na przykład współcześni operatorzy funkcjonujący na rynku pasażerskich przewozów kolejowych poszukują metod i narzędzi marketingowych mających na celu dostosowywanie oferty do aktualnych wymogów rynku. W literaturze anglojęzycznej wiele miejsca poświęcono problemom konstrukcji wykresu ruchu. Hansen i Pachl [5] przedstawili podstawy teoretyczne kształtowania wykresu ruchu pociągów. Wiele publikacji dotyczy modelowania matematycznego konstrukcji wykresów ruchu pociągów (Train Timetabling/Scheduling Problem – TTP/TSP) (m.in. Caprara i in. [2]).

PRZEMIESZCZANIE WAGONÓW W SYSTEMIE ZWARTYM I ROZPROSZONYM A KOSZTY PRZEWOZÓW
Transport costs of carriage relocation in a compact and dispersed system

Proces planowania przemieszczania wagonów ładownych i próżnych jest złożonym problemem decyzyjnym. Przy planowaniu należy uwzględnić sprawne wykonanie zgłoszonych potrzeb transportowych przy optymalizacji kosztów. Złożoność planowania wynika z szeregu czynników, które należy uwzględnić. Dotyczą one wielu aspektów zarówno technicznych, organizacyjnych jak i ekonomicznych. Inne problemy występują przy przewozach zwartych, a inne przy przewozach rozproszonych. Tak jak to zostało już wskazane stosowana technologia przewozów zależy od wielkości partii towarów zgłaszanych przez klientów. Dla dużych partii ładunku uruchamia się przewozy w technologii zwartej, a dla małych partii ładunków przewozy realizowane są w systemie rozproszonym.

System zwarty – jest ekonomicznym systemem przewozu towarów i jest dedykowany do transportu kolejowego. Duża partia ładunku przemieszczana jest jednym pociągiem, zasadniczo przy użyciu jednego środka trakcyjnego, bez



Rys. 1. Technologia przemieszczania wagonów na sieci kolejowej.
Fig. 1. Carriage relocation process on a railway network.
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [14]
Source: Own preparation based on [14]

konieczności wykonywania kosztownej pracy manewrowej na stacjach pośrednich. Na (rys.1) kolorem czerwonym zaznaczono proces przewozów zwartych. Ten sposób przewozów powoduje również podniesienie zasadniczo ich jakości oraz znaczące przyśpieszenie terminu dostawy. Powyższe oznacza, że jest on najbardziej efektywną formą realizacji przewozów towarowych, a tym samym jest najbardziej pożądany z punktu widzenia przewoźnika i klienta.

Czynniki charakteryzujące przewozy zwarte to:

- Zapotrzebowanie na przewozy wyrażone w postaci harmonogramów.
- Przewozy realizowane bez pracy manewrowej na drodze przebiegu.
- Pociąg nadany na stacji nadania kierowany jest do stacji przeznaczenia najkrótszą drogą. Najkrótsza droga to ścieżka krytyczna pod względem minimalizacji kosztu. Na drogę składają się poszczególne odcinki infrastruktury.

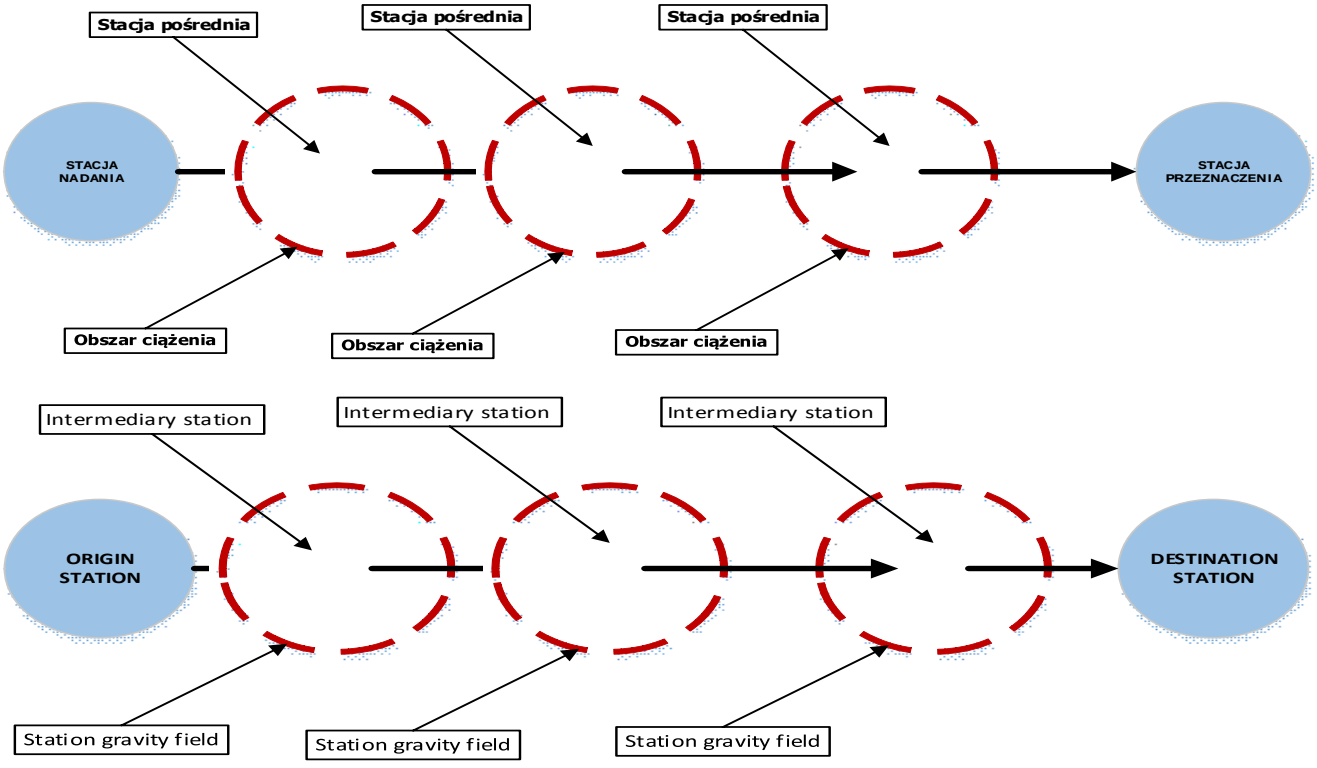
Innym sposobem przemieszczania wagonów jest ***system rozproszony***. Przewóz przesyłek rozproszonych najczęściej odbywa się z wykorzystaniem węzłów kierunkowych według następującej zasady: stacja nadania towaru – stacja manewrowa w obszarze ciążenia w której jest stacja nadania – stacja rozrządowa w obszarze ciążenia w której jest stacja nadania, stacja rozrządowa w obszarze ciążenia w której jest stacja przeznaczenia – stacja manewrowa w rejonie ciążenia w której jest stacja przeznaczenia ładunku. Na stacjach manewrowych skoncentrowany jest personel manewrowy i lokomotywy manewrowe dla obsługi (podstawiania zabierania wagonów) stacyjnych i liniowych punktów ładunkowych własnego rejonu ciążenia. Na (rys.1) kolorem zielonym zaznaczono proces przewozów rozproszonych.

Czynniki charakteryzujące przewozy rozproszone to:

- Wagony ze stacji nadania kierowane są do SM (stacji manewrowej). Na stacji SM sprawdzany jest warunek, czy możliwe jest uruchomienie pociągu do stacji odbioru (czy można utworzyć pociąg z wagonów znajdujących się na stacji manewrowej SM) w relacji do stacji przeznaczenia.
- Jeżeli tak tworzony jest pociąg, który pomija dalsze stacje tj. SR (stacje rozrządowe), to ze SM jest kierowany bezpośrednio do stacji przeznaczenia. Jeżeli nie, procedura powtarza się na kolejnych stacjach.

Analizując wyżej przedstawiony schemat możemy wyszczególnić na każdym etapie procesu przewozowego specyficzne koszty dla poszczególnych etapów. Koszty generowane są na stacji nadania (koszty sprowadzenia wagonów próżnych, koszty pracy manewrowej, koszty zasobów, koszty odprawy handlowej i technicznej itp.). Następnym etapem procesu przewozowego jest przemieszczanie wagonów. Mamy do czynienia z następującymi kosztami (koszty dostępu do infrastruktury, koszty drużyn trakcyjnych, koszt lokomotywy, koszt użycia wagonów itp.). Na stacji przeznaczenia są podobne kategorie kosztów jak na stacji nadania.

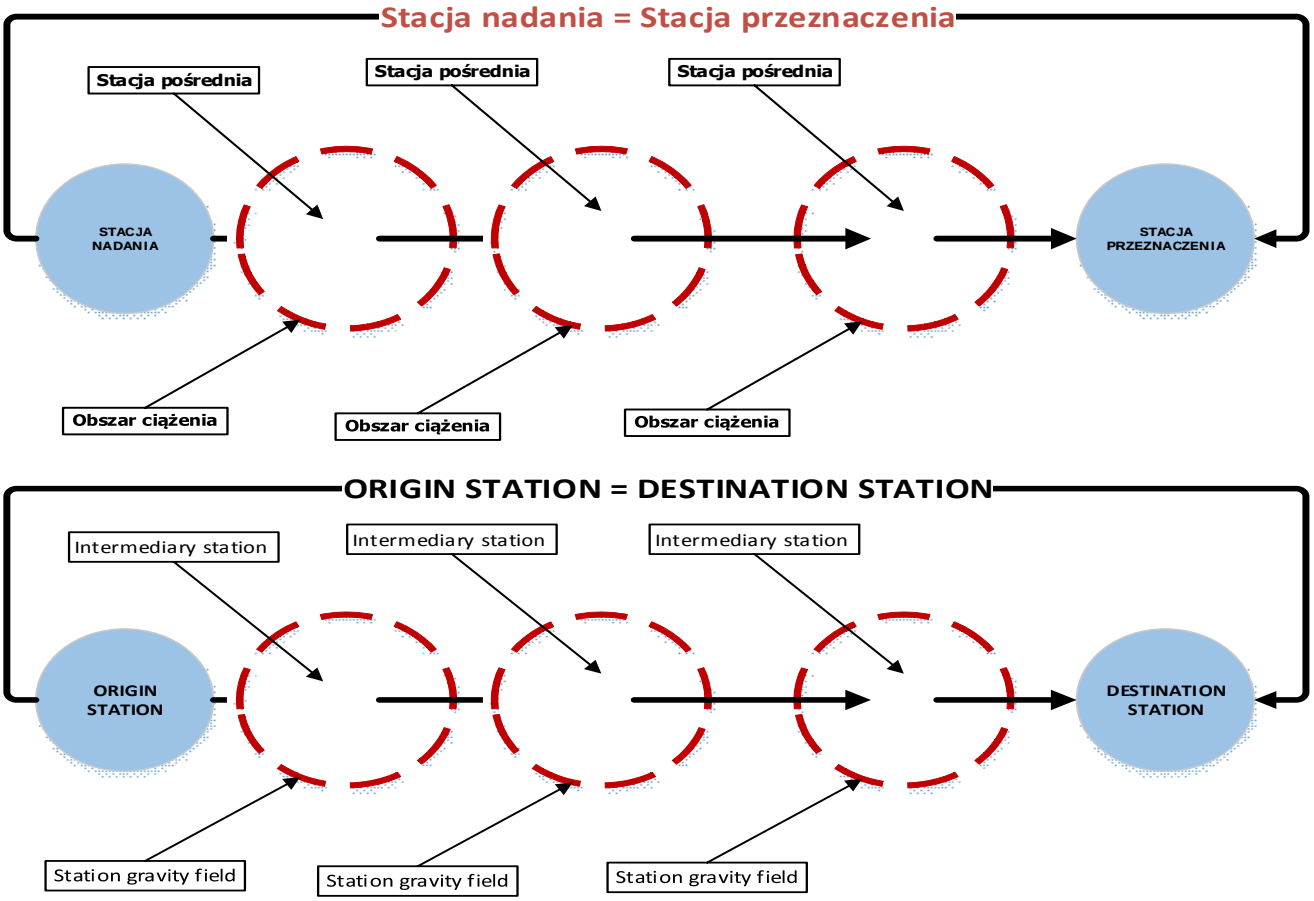
Przesyłki rozproszone mogą być również przewożone w *systemie pociągów liniowych*. Oznacza to zmniejszenie kosztów przewozu przesyłek rozproszonych w porównaniu z wyżej przedstawioną technologią. Ten typ technologii przewozów polega na uruchamianiu zgodnie z przyjętym rozkładem jazdy – w jednej relacji – pociągów przeznaczonych do



Rys. 2. Procedura technologii przemieszczania wagonów w systemie rozproszonym (system pociągów liniowych).
Fig. 2. Carriage relocation process in a dispersed system (scheduled train system).

Źródło: Opracowanie na podstawie [14]

Source: Own preparation based on [14]



Rys. 3. Procedura technologii przemieszczania wagonów w systemie rozproszonym przewozów (pętla logistyczna).
Fig. 3. Carriage relocation process in a dispersed system (logistic loop).
Źródło: Opracowanie na podstawie [14]
Source: Own preparation based on [14]

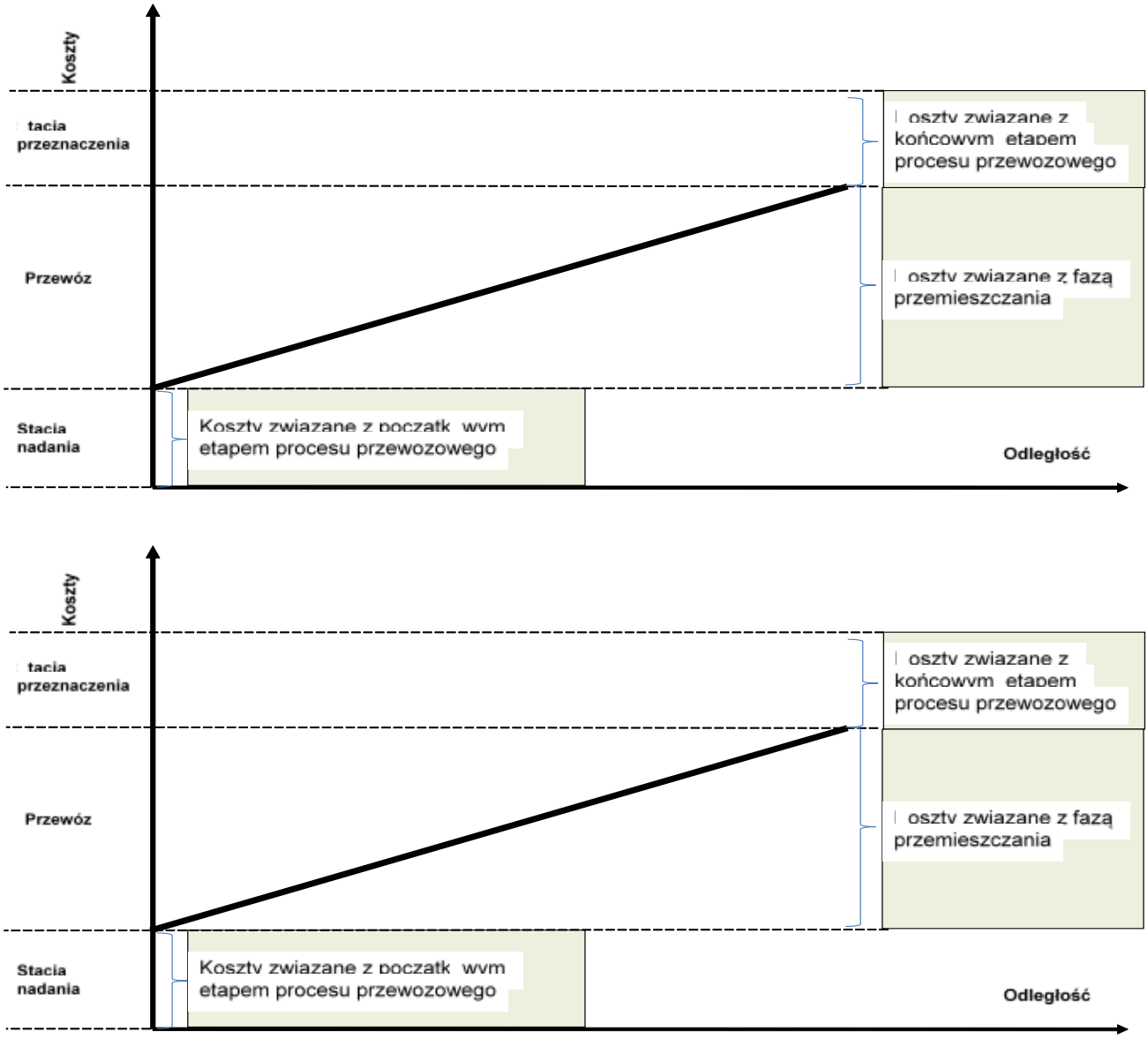
zbierania ładunków, z których nie można uruchomić zwartego pociągu ze względu na brak dostatecznego wolumenu. Organizacja tego typu przewozu opiera się na badaniu potencjalnych potrzeb na przewozy. Klienci zgłaszając swoje zapotrzebowanie wskazują przewoźnikowi jaki powinien być rozkład jazdy. Klienci dostarczają ładunki na stacje kursowania takiego pociągu zgodnie z wcześniej założonym rozkładem jazdy.

Przy przyjęciu założenia, że stacja początkowa jest jednocześnie stacją końcową kursowania pociągu, wtedy można mówić o pociągach kursujących w zamkniętych obiegach.

Przyjęcie takiej organizacji przewozów przesyłek rozproszonych pozwala wydzielić zasoby taborowe do tego typu przedsięwzięcia, a tym samym jeszcze bardziej ograniczyć koszty.

UWARUNKOWANIA KOSZTOWE
Cost limitations

Ogólnie, problem planowania przemieszczania wagonów próżnych i ładownych na sieci kolejowej polega na takiej organizacji przemieszczania, aby koszty realizacji wszystkich zadań były jak najmniejsze, a czas przemieszczania najkrótszy. Podstawowym parametrem wpływającym na opłacalność przewozów jest koszt. Aby wyznaczyć koszty przemieszczania wagonów na sieci kolejowej należy uwzględnić zarówno koszty wynikające z obsługi wagonów na stacji nadania, stacji przeznaczenia jak i koszty przemieszczania na odcinkach. Na koszt – tak jak wyżej sygnalizowano – wpływa również sposób przemieszczania, tj. czy wagony przemieszczane są w systemie rozproszonym czy zwartym. Koszty realizacji przewozów w systemie rozproszonym są o wiele wyższe od kosztów przewozów w systemie zwartym. Koszt przejścia (pracy manewrowej) przez stacje manewrowe i rozrządowe to podstawowy element kosztowy powodujący różnicę w kosztach pomiędzy systemem zwartym, a rozproszonym przemieszczania wagonów. W systemie zwartym koszt przejścia przez stacje manewrowe i rozrządowe jest o wiele niższy w odróżnieniu od przewozów w systemie rozproszonym. W zależności od rodzaju przewozu (eksport, import, tranzyt, kraj) i sposobu przewozów (przewozy zwarte, rozproszone) koszty znacząco się różnią. Tak jak wyżej zostało to zasygnalizowane wyróżnić możemy koszty przypisane powstające na stacji (nadania/ przeznaczenia) oraz koszty związane z fazą przemieszczania. Proces przewozowy obejmuje wszystkie czynności niezbędne do przemieszczenia ładunków ze stacji nadania do stacji przeznaczenia. Koszty można podzielić na koszty obsługi handlowej i eksploatacyjnej (rys.4). Poziom kosztów obsługi handlowej nie wpływa znacząco na koszty całkowite. Największy wpływ na koszty ogółem generują działania eksploatacyjne.



Rys. 4. Składowe kosztu procesu przewozowego wagonów na sieci kolejowej.
Fig. 4. Costs involved in carriage relocation on a railway network.
Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

Przy czym koszt obsługi procesu przewozowego w systemie zwartym można zapisać wzorem:

$$KZopz = KZhsn + KZesn + KZhp + KZep + KZhsp + KZesp + KZz \quad (4)$$

gdzie: **KZopz** – koszt obsługi procesu przewozowego w systemie zwartym
KZhsn – koszt obsługi handlowej na stacji nadania
KZesn – koszt obsługi eksploatacyjnej na stacji nadania
KZhp – koszt obsługi handlowej w fazie przemieszczania
KZep – koszt obsługi eksploatacyjnej w fazie przemieszczania
KZhsp – koszt obsługi handlowej na stacji przeznaczenia
KZesp – koszt obsługi eksploatacyjnej na stacji przeznaczenia
KZz – koszt zarządu

Natomiast koszt obsługi procesu przewozowego w systemie rozproszonym można zapisać wzorem:

$$KRopz = KRhsn + KResn + KRhp + KRep + KRhsp + KResp + KRz \quad (5)$$

gdzie: **KRopz** – koszt obsługi procesu przewozowego w systemie rozproszonym
KRhsn – Koszt obsługi handlowej na stacji nadania
KResn – Koszt obsługi eksploatacyjnej na stacji nadania
KRhp – Koszt obsługi handlowej w fazie przemieszczania

KRep – Koszt obsługi eksploatacyjnej w fazie przemieszczania
KRhsp – Koszt obsługi handlowej na stacji przeznaczenia
KResp – Koszt obsługi eksploatacyjnej na stacji przeznaczenia
KRz – Koszt zarządu

Koszty przemieszczania wagonów ładownych są zdeterminowane wskazaniami zleceniodawcy, który podaje relację przewozową swojego zlecenia tj. stację nadania i stacje przeznaczenia. Relacja przewozowa ma decydujący wpływ na wysokość kosztów. Inaczej wygląda sprawa kosztów związanych z przemieszczaniem wagonów próżnych pod konkretne zapotrzebowanie przewozowe. Przewoźnik ma wskazaną stację przez kontrahenta, na której potrzebne są wagony próżne. Przewoźnik sam decyduje skąd wagony próżne zostaną sprowadzone. Koszt przemieszczania wagonów próżnych jest ściśle związany z zapotrzebowaniem na przewozy. Suma kosztów poniesionych w celu przesunięcia wagonów próżnych potrzebnych do realizacji przewozów stanowi jeden z mierników oceny efektywności.

Wysokość kosztów przemieszczania wagonów próżnych uzależniona jest od:

- ***uwarunkowań na które przewoźnik nie ma wpływu:***
  - *rozmieszczenie kontrahentów zgłaszających potrzeby przewozowe* - przy nierównomiernym rozłożeniu nadawców i odbiorców występuje konieczność przemieszczania wagonów próżnych, co generuje zwiększone koszty. W przypadku równomiernego rozłożenia nadawców i odbiorców ładunków, potrzeba przemieszczania wagonów w stanie próżnym jest mniejsza, co przekłada się na niższe koszty,
  - *różne zapotrzebowania na przewozy w czasie* - przy dużej zmienności koszty przemieszczania wagonów próżnych są wyższe, niż w przypadku równomiernego zapotrzebowania na przewozy,
- ***uwarunkowań na które przewoźnik ma wpływ:***
  - harmonogram przemieszczania wagonów ładownych,
  - posiadaną liczbę wagonów, liczbę lokomotyw, ilość drużyn trakcyjnych itp.).

Opis zagadnienia dotyczącego kształtowania się kosztów ma istotne znaczenie przy wyborze stacji, z których będą sprowadzane wagony próżne, czyli jaki będzie harmonogram przemieszczania wagonów próżnych.

WPŁYW TECHNOLOGII PRZEMIESZCZANIA WAGONÓW NA KOSZTY PROWADZONEJ DZIAŁALNOŚCI
Impact of carriage relocation method used on the cost of operations

Technologia przewozów w procesie obsługi eksploatacyjnej odgrywa zasadniczą rolę. Istotne jest czy wagony przemieszczane są w systemie zwartym, czy w systemie rozproszonym [4, 6]. Od strony technologicznej ruch rozproszony jest bardzo skomplikowanym procesem. W porównaniu do przewozów zwartych angażuje bardzo dużo zasobów (drużyny manewrowe, lokomotywy, paliwo itp.) w celu przemieszczenia ładunku do odbiorcy. Wiąże się to z koniecznością wykonywania dużej pracy manewrowej na stacjach pośrednich.

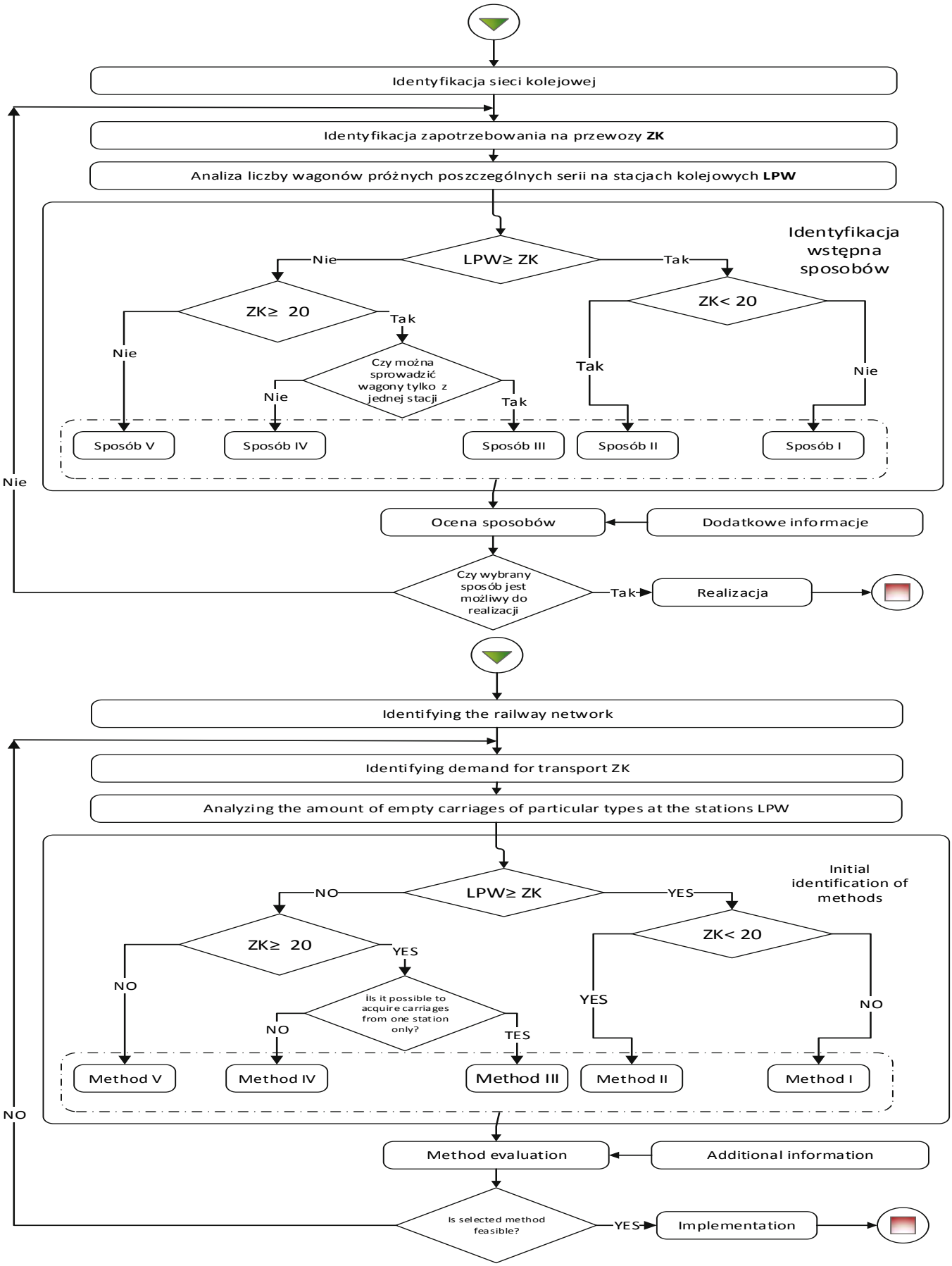
Sytuacje jakie występują w praktyce przy przemieszczaniu wagonów można scharakteryzować na pięć sposobów (rys.5). Przedstawiona procedura wyboru sposobów realizacji przemieszczania wagonów ładownych i próżnych po sieci kolejowej zakłada, że przy zleceniach klientów równych lub większych niż 20 będą to przewozy w systemie zwartym. Przy mniejszej liczbie wagonów przewozy będą traktowane jako rozproszone. I tak:

Sposób I – wagony próżne pod zlecenia klientów (ZK – zlecenia klientów) są dostępne na stacji nadania w momencie wystąpienia potrzeby transportowej. Zapotrzebowanie zgłoszone przez klienta obejmuje **dużą** partię ładunku. Oznacza to, że ZK dotyczy przewozów w systemie zwartym, zatem po załadunku, przewozy wagonów ładownych będą realizowane w systemie zwartym. Wariant najbardziej korzystny jeżeli chodzi o koszty łączne świadczenia usługi. Koszty przemieszczenia ładunku są niskie, towar przemieszczany jest bezpośrednio do odbiorcy. Koszty sprowadzenia wagonów pod załadunek są zerowe, ponieważ potrzebne wagony znajdują się na stacji nadania.

Sposób II – wagony próżne pod zlecenia klientów (ZK – zlecenia klientów) są dostępne na stacji nadania w momencie wystąpienia potrzeby transportowej. Zapotrzebowanie zgłoszone przez klienta obejmuje **małą** partię ładunku. Oznacza to, że ZK dotyczy przewozów w systemie rozproszonym, zatem po załadunku, przewozy wagonów ładownych będą realizowane w systemie rozproszonym. Przypadek mniej korzystny jeżeli chodzi o koszty łączne świadczenia usługi niż w sposobie I. Koszty przemieszczania wagonów próżnych pod ZK są zerowe. W tym przypadku wystąpią zdecydowanie większe koszty przemieszczania wagonów ładownych w systemie rozproszonym. Koszty przemieszczenia ładunku są duże ponieważ, zanim towar dotrze do odbiorcy musi przejść przez stacje manewrowe, które generują dodatkowe koszty.

Sposób III – analizowana jest sytuacja kiedy brak jest wagonów próżnych pod zlecenia klientów (ZK – zlecenia klientów) na stacji nadania w momencie wystąpienia ZK. Przy czym zgłoszone zapotrzebowanie na przewozy obejmuje dużą partię ładunku. Oznacza to, że ZK dotyczy przewozów w systemie zwartym. Istnieje konieczność sprowadzenia potrzebnych wagonów w systemie zwartym. Po sprowadzeniu wagonów próżnych w systemie zwartym i po ich załadunku, przewozy wagonów ładownych będą realizowane w systemie zwartym. W tym wariancie występują już koszty sprowadzenia wagonów próżnych. Koszty łączne to: koszty przemieszczania wagonów próżnych w zwartym składzie pod ZK i koszty przemieszczania wagonów ładownych w zwartym składzie.

Sposób IV – analizowana jest sytuacja, kiedy brak jest wagonów próżnych pod zlecenia klientów (ZK – zlecenia klientów) na stacji nadania w czasie wystąpienia ZK. Przy czym zlecenie klienta dotyczy przewozów dużej partii ładunku, natomiast nie ma możliwości sprowadzenia potrzebnych wagonów próżnych w systemie zwartym. Po sprowadzeniu pojedynczych wagonów próżnych w systemie rozproszonym



Rys. 5. Procedura wyboru wariantu realizacji przemieszczania wagonów ładownych i próżnych.
Fig. 5. The process of selecting the method for relocating loaded and empty carriages.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [14]

Source: Own preparation based on [14]

(z różnych stacji) i po ich załadunku, przewozy wagonów ładownych będą realizowane w systemie zwartym. Przypadek mniej korzystny jeżeli chodzi o koszty łączne świadczenia usługi niż w sposobie III. Występują większe koszty sprowadzenia wagonów niż powyżej.

Sposób V – analizowana jest sytuacja, kiedy brak jest wagonów próżnych pod zlecenia klientów (ZK – zlecenia klientów) na stacji nadania w momencie wystąpienia ZK. Przy czym zgłoszone zapotrzebowanie dotyczy małej partii ładunku, zatem ZK dotyczy przewozów w systemie rozproszonym. Istnieje potrzeba sprowadzenia potrzebnych wagonów próżnych w systemie rozproszonym. Po sprowadzeniu wagonów próżnych w systemie rozproszonym (z różnych stacji) i po ich załadunku, przewozy wagonów ładownych będą realizowane w systemie rozproszonym. Przypadek najmniej korzystny jeżeli chodzi o koszty łączne świadczenia usługi tj. koszty przemieszczania wagonów próżnych pod ZK oraz koszty przemieszczania wagonów ładownych w ruchu rozproszonym.

Opisane powyżej sposoby przemieszczania wagonów ładownych i próżnych pokazują złożoność opracowywania planów przemieszczania dla tych wagonów ze względu na zgłaszane zlecenia klientów. Wybór sposobu działania zależy od lokalizacji wagonów próżnych dysponowanych pod zlecenia przewozowe. Konieczność przemieszczania wagonów w systemie zwartym lub w systemie rozproszonym ma duży wpływ na koszty.

PODSUMOWANIE
Conclusion

Transport kolejowy pełni istotną rolę w przewozach ładunków zwłaszcza towarów masowych. W dobie gospodarki rynkowej operatorzy kolejowi muszą sprostać wymaganiom rynku, oczekiwaniom klientów. Przesyłanie ładunków koleją odbywa się z wykorzystaniem różnych technologii przewozów (ruch zwarty, ruch rozproszony). W przewozach zwartych uruchamiane są pociągi bezpośrednio ze stacji nadania ładunku do stacji przeznaczenia. Ruch rozproszony charakteryzuje się natomiast bardziej skomplikowaną technologią przewozu.

Celem organizacji przewozów zwartych jest przede wszystkim: zapewnienie rytmicznej dostawy towarów, wyeliminowanie pracy rozrządowej na drodze przejazdu pociągu, wykorzystanie maksymalnego obciążenia pociągów, przyśpieszenie obrotu wagonów. Cechą tych przewozów jest fakt, że cały przejazd dokonywany jest jednym pociągiem, zasadniczo przy użyciu jednego środka trakcyjnego, bez konieczności wykonywania kosztownej pracy manewrowej na stacjach pośrednich. Taki system przewozów powoduje również podniesienie ich jakości, przyśpieszenie terminu dostawy, zwiększenie bezpieczeństwa przesyłki – jest więc najbardziej efektywną formą realizacji przewozów towarowych, a tym samym najbardziej pożądaną z punktu widzenia zarówno przewoźnika jak i klienta, również w produkcji żywności.

LITERATURA
Literature

[1] **AMBROZIAK T. 2007.** Metody i narzędzia harmonogramowania w transporcie. Warszawa. Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy.

[2] **CAPRARA A.; L. KROON. M. MONACI, M. PEETERS, P. TOTH. 2007.** "Passenger Railway Optimization". W: Barnhart C., Laporte G.: Handbooks in Operations Research and Management Science – Vol. 14: Transportation. Elsevier: 129-188.

[3] **CAREY M., D. LOCKWOOD. 1995.** "A model, algorithms and strategy for train pathing". Journal of the Operational Research Society, vol 46: 988–1005.

[4] **GOŁĘBIOWSKI P., M. JACYNA. 2013.** „Wybrane problemy planowania ruchu kolejowego". Prace naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport, vol 97: 123-133.

[5] **HANSEN I. A., J. PACHL. 2008.** Railway timetable & traffic. Analysis. Modelling. Simulation. Hamburg.

[6] **JACYNA M., M. KRZEŚNIAK. 2015.** „Organizacja przemieszczania wagonów na sieci kolejowej – wybrane zagadnienia", Technika Transportu Szynowego, Badania.

[7] **JACYNA M., J. MERKISZ. 2014.** "Proecological approach to modelling traffic organization in national transport system". Archives of Transport. vol, 30, iss. 2: 31 – 41.

[8] **JACYNA M., M. WASIAK, K. LEWCZUK, M. KŁODAWSKI. 2014.** "Simulation model of transport system of Poland as a tool for developing sustainable transport". Archives of Transport, vol. 31, iss. 3: 23 – 35.

[9] **JACYNA M., J. ŻAK, I. JACYNA-GOŁDA, J. MERKISZ, A. MERKISZ-GURANOWSKA, J. PIELECHA. 2013.** "Selected aspects of the model of proecological transport system". Journal of Kones Powertrain and Transport, vol. 20, no. 3: 193-202.

[10] **JACYNA M. 2009.** Modelowanie i ocena systemów transportowych. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.

[11] **JACYNA-GOŁDA I. 2014.** "Evaluation of operational reliability of the supply chain in terms of the control and management of logistics processes". In: Saferty and Reliability: Methodology and Applications [CD-ROM]. CRC Balkema: 549-558. ISBN 978-1-138-02681-0.

[12] **KROON L., G. MARÓTI, M. HELMRICH, M. DEKKER. 2008.** "Stochastic improvement of cyclic railway timetables". Transportation Research Part B: Methodological. Elsevier B.V., no. 42.

[13] **KRZEŚNIAK M., J. POZNAŃSKI, D. ŻEBRAK. 2015.** „Wykorzystanie rozłożenia potoku ruchu do wybranych elementów organizacji kolejowych przewozów towarowych". Prace naukowe Politechniki Warszawskiej, Transport, OWPW, Zeszyt 107: 55-68.

[14] **KRZEŚNIAK M. 2017.** Model symulacyjny planowania przemieszczania wagonów ładownych i próżnych w linii kolejowej. Praca doktorska, Politechnika Warszawska, Wydział Transportu.

[15] **LESZCZYŃSKI J. 1973.** Modelowanie symulacyjne w transporcie kolejowym. Warszawa: WKiŁ.

[16] **WOLFENBURG A. 2014.** "New version of the BBS method and its usage for determining and scheduling vehicle routes". Archives of Transport, vol. 31, iss. 3: 83-91.

Dr inż. Jan MACIEJEWSKI
Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej i Zarządzania w Warszawie
Mgr Małgorzata SZYNKARCZUK
Iveco Poland

WYKORZYSTANIE METODYKI BUSINESS PROCESS MANAGEMENT W AUTOMATYZACJI I MAPOWANIU PROCESÓW CONTROLLINGU®

Appliance of business process management methodology in controlling automation and process mapping®

Słowa kluczowe: Controlling, procesy biznesowe, technologia IT, integracja informacyjna, zintegrowane systemy zarządzania, metodyka Business Process Management.

Celem artykułu jest uzasadnienie celowości wykorzystania metod jakie daje controlling operacyjny w kreacji strategii rozwoju współczesnych organizacji opartych o wiedzę, innowacyjność i szerokie kompendium informacji zarządczych. *Są to źródła zasilania zintegrowanych systemów informatycznych zarządzania wspomagających realizację tak wielu procesów zarządczo - decyzyjnych współczesnych organizacji. Dynamiczny rozwój technologii informatycznych stwarza nowe możliwości zastosowania tych rozwiązań we współczesnych metodach i technikach zarządzania takich jak Business Process Reengineering, Business Intelligence i Data mining czy Business Process Management. Pozwala to na efektywne wykorzystanie repozytoriów informacji zarządczych a w nich pełną integrację informacyjną tak niezbędną dla menedżerów w zakresie tworzenia wielowymiarowych analiz i bieżącego raportowania.*

Aby zapewnić efektywne ich wykorzystanie, współczesne organizacje mają do dyspozycji różnorodność metod zarządzania procesami biznesowymi. Jedną z nowocześniejszych metod zarządzania, umożliwiającą szybkie reagowanie na zmiany otoczenia i antycypacje jest koncepcja controllingu operacyjnego. Controlling, który jest zorientowany na przyszłość jest jednym z instrumentów nowoczesnego zarządzania a zarazem źródłem informacji zarządczych dla kierownictwa. Różnorodność oraz bogactwo tych informacji wymaga stosowania nowoczesnych metod ułatwiających tworzenie repozytoriów danych ułatwiających i przyspieszających analizę informacji zarządczej i dostarczanie na określone centra decyzyjne.

Trudno jest zatem dziś mówić o efektywnie funkcjonującej organizacji, a w niej controllingu jako instrumentu oceny i tworzenia przyszłej strategii bez analizy procesów i wspomagających ich realizację systemów informacyjnych. Dlatego też tak istotne jest wykorzystanie funkcjonalności hurtowni danych jako centralnego repozytorium danych zarządczych wraz z metodyką Business Process Management jako instrumentu wspomagającego controlling. Jej wykorzystanie może być więc efektywnym czynnikiem w automatyzacji i mapowaniu procesów controllingu operacyjnego w przedsiębiorstwie.

Key words: Controlling, business processes, IT, IT integration, integrated system management, Business Process Management methodology.

The subject article aims to prove the importance of new methods in operational controlling, stimulating corporate strategy creation, based on innovation and extended management information. These two are key factors for various kinds of integrated management systems of today's organizations. The dynamic technology development in few recent years, covering also integrated management systems, discovered new effective solutions for real time corporate governance, such as Process Reengineering, Business Intelligence, Data Mining or Business Process Management.

All these stands for fully integrated and harmonized IT ecosystem that is highly required by corporate managers for any Big Data analysis, reporting and decisioning processes. The concept of controlling is a key element in proper and effective business management and financial governance.

It significantly helps organizations in real-time decisioning and risk mitigation. At the same moment the critical element for successful decision is cleanness of data sets, central repository and data warehouse configuration. Corporate Governance should have solid data process management policy, highly educated data analysts and correctly applied Business Process Management methods. All above significantly improves operational controlling appliance, controlling process mapping and process automation in modern enterprises.

We should consider then Business Process Management as key element for corporate growth within competitive markets.

WPROWADZENIE

Efektywne i skuteczne zarządzanie mające na celu zapewnić wzrost wartości rynkowej przedsiębiorstwa wymaga stosowania nowoczesnych systemów zbierania i przetwarzania informacji dla celów zarządczo-decyzyjnych. Służą temu systemy komputerowego wspomagania decyzji menedżerskiej (Management Information System – klasa MIS) dające szansę zdobycia przewagi konkurencyjnej na dynamicznym i silnie konkurencyjnym współczesnym rynku. Prowadzenie działalności gospodarczej we współczesnych realiach wiąże się z coraz większymi ograniczeniami czy wręcz zagrożeniami ze względu na to, że jest bardzo dynamiczna sama w sobie a dodatkowo jej otoczenie ulega turbulentnym zmianom. Szczególnie widoczne jest to w relacjach produkt – rynek – klient.

Sytuacja taka powoduje, że pożądanym a wręcz koniecznym staje się planowanie strategiczne a także umiejętność odbioru sygnałów o przyszłych trendach, umiejętne wykorzystanie każdej szansy dla swojego przedsiębiorstwa w tym elastyczność w dostosowywaniu się do reguł panujących na rynku.

Istotne w tym względzie jest uzasadnienie znaczenia trzech wiążących się z sobą stwierdzeń a więc po pierwsze: realizowane w organizacji procesy biznesowe to jest codzienność skutecznej i efektywnie zarządzanej organizacji, po drugie: zarządzanie procesowe jako klucz skutecznego i efektywnego funkcjonowania każdej współczesnej organizacji i czynnik trzeci, łączący te dwa stwierdzenia, a więc zastosowanie technologii informatycznej. Pozwala to na pełną integrację informacyjną i wykorzystanie metodyki Business Process Management, która udostępnia znaczący potencjał do zwiększania efektywności pracy, redukcji kosztów, optymalizacji wykorzystania zasobów, poprawy jakości usług oraz wykonywanych zadań. Pozwala to na systemowe podejście do optymalizacji procesów dając większą efektywność i skuteczność w realizacji założonych celów biznesowych, a także koncentrację na zmianach.

Nowa sytuacja gospodarcza jak i współczesny rynek oparty na kliencie spowodowały zmiany w zarządzaniu organizacją, które wymagają zapotrzebowania na dokładniejsze informacje zarówno dotyczące samego przedsiębiorstwa jak i jego otoczenia.

Należy więc odpowiedzieć na pytanie jak funkcjonuje współczesna organizacja zorientowana na procesy biznesu z wykorzystaniem nowoczesnych instrumentów opartych na technologii IT w tym metodyki Buisness Process Management. Dynamika zmian otoczenia współczesnych organizacji gospodarczych niewątpliwie stwarza nowe szanse, lecz także niesie ze sobą nieprzewidywalne zagrożenia dla rozwoju organizacji, rodząc niepewność i wysoki poziom ryzyka. Zarówno zmiany w otoczeniu jak i rozwój technologii wywierają znaczący wpływ na współczesne metody zarządzania. W okresie dynamicznego rozwoju technologicznego a w tym IT, kierownictwo wielu firm stanęło przed koniecznością dostosowania swej działalności w tym strategii biznesowej a więc polityki produktowej i marketingowej, do zmian i sytuacji rynkowej.

Najważniejszymi i głównymi czynnikami takich zmian stają się poszerzenie rynków zbytu, ciągle wzrastające wymagania i oczekiwania klientów oraz rosnąca i bardzo dynamiczna konkurencja. Otoczenie zewnętrzne oraz wewnętrzne organizacji, a także zachodzące w nich zmiany, mają niewątpliwie wpływ nie tylko na cykl życia produktów, większe możliwości komunikacji i rozwój technologii, lecz również na procesy biznesowe zachodzące wewnątrz przedsiębiorstwa.

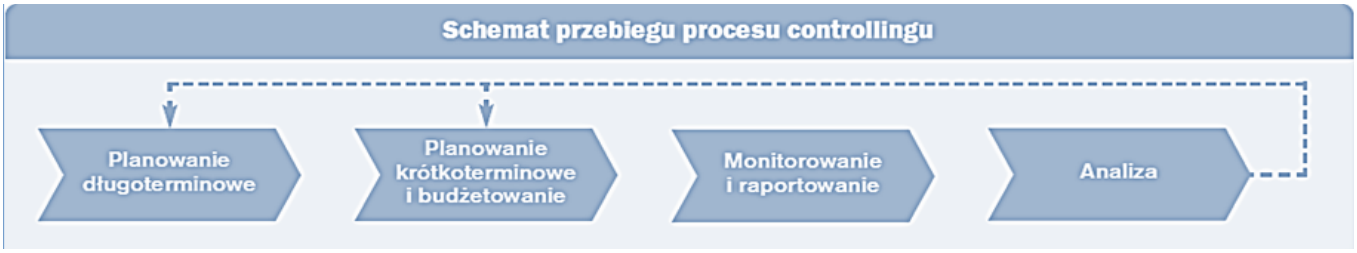
Połączenie koncepcji zarządzania procesowego oraz koncepcji controllingu wsparte systemami informatycznymi może okazać się w miarę wystarczającym instrumentem w walce z wieloma występującymi dysfunkcjami w funkcjonowaniu współczesnych organizacji dając rozwiązania w zależności od potrzeb i wymagań kadry menedżerskiej wspomagając realizację wybranej strategii. Aby to spełnić muszą być uwzględnione dwa współzależne i determinujące tą realizację czynniki tak istotne w controllingu a więc struktura i strategia.

CONTROLLNIG OPERACYJNY A PROCESY BIZNESOWE

Controlling często określany jest jako jedna z metod zarządzania grupujących w sobie planowanie, kontrolę i zarządzanie procesami zachodzącymi w przedsiębiorstwie, zapewniająca wzrost wartości rynkowej przedsiębiorstwa. Wymaga to jednak nowoczesnych systemów zbierania i przetwarzania informacji dla celów decyzyjnych, w tym zastosowania systemów informatycznych wspomagania decyzji menedżerskiej opartych na zintegrowanym kompendium informacyjnym a więc systemów klasy Enterprise Resource Planning – ERP. Procesy realizowane przez controlling jak wykazuje współczesna praktyka menedżerska są mało zautomatyzowane i nieuporządkowane. W tym względzie daje to znaczne możliwości do ich optymalizacji poprzez informatyzację. Połączenie koncepcji procesowego podejścia do zarządzania w tym metod controllingu oraz wsparcie tych koncepcji działaniem zintegrowanych systemów informatycznych, daje nowe możliwości i szansy przedsiębiorstwom do uzyskania konkurencyjnej pozycji na rynku.

Metodyka controllingu procesów, polegająca na identyfikacji kluczowych procesów i przypisaniu im mierników, które stanowią bazę danych na potrzeby analiz i raportów, jest krytycznym, z punktu widzenia jakości końcowego efektu, elementem wdrożenia rozwiązań informatycznych wspierających jakość procesów controllingowych [20, s.25]. Paradygmat myślenia procesami dokonał w ostatnich latach skokowych zmian w naukach o zarządzaniu i zakłada horyzontalne spojrzenie na organizacje, spojrzenie to stanowi bowiem zbiór procesów, które wzajemnie się przenikają [5, s.45-49]. Według G. Rummlera oraz A. Branche systemowe spojrzenie na organizacje jest nie tylko punktem wyjścia i podstawą do zarządzania organizacjami, lecz jedynym właściwym sposobem bycia, aby organizacje mogły sprawniej odpowiadać na nową rzeczywistość, która charakteryzuje się silną konkurencją oraz zmieniającymi się oczekiwaniami klientów [19, 36].

Analiza tych koncepcji pozwala na stwierdzenie, że jedynie przejrzysty obraz rzeczywistości oraz szybkość reakcji w podejmowaniu decyzji, stanowią o jakości i efektywności zarządzania. Wzrastająca konkurencja, kompleksowość i zmienne otoczenie funkcjonowania organizacji potęgują konieczność planowania rozwoju i wzrostu. Są, więc to



Rys. 1. Przebieg procesu controlling [20, s. 25].
Fig. 1. Controlling process [20, s. 25].

podstawowe czynniki determinujące oraz wyznaczające nadrzędne cele funkcjonowania organizacji.

Rozpatrując procesowe podejście do usprawnienia funkcji controllingu, oraz możliwość wspierania tych procesów narzędziami informatycznymi, należy zacząć od analizy procesów samego controllingu. Głównymi procesami realizowanymi w ramach controllingu są przede wszystkim: planowanie długoterminowe, planowanie krótkoterminowe (w tym budżetowanie), monitorowanie wykonania planów i raportowanie (dystrybucja informacji) oraz analiza uzyskanych wyników co przedstawia poniższy rysunek. Pozwala to na ułatwienie identyfikacji tak ważnych w tym względzie parametrów procesu jak: rezultat, osoba odpowiedzialna, uczestnicy oraz ich role, czas i koszt realizacji procesu.

W miejscu tym należy wskazać na kwestie przemawiające na rzecz controllingu:

- Controlling dysponując odpowiednimi narzędziami może pełnić bardzo ważne funkcje w procesie reengineerii organizacji, dużo istotniejsze, niż te, które są mu tradycyjnie przypisane. Controlling bowiem wspiera firmę w optymalizacji działań kryzysowych, usprawnieniu procesów a także w wykorzystaniu szansy poprawienia pozycji konkurencyjnej.
- Procesy realizowane przez controlling są mało zautomatyzowane i nieuporządkowane, stwarza więc to duże pole do optymalizacji poprzez informatyzację, połączenie koncepcji procesowego podejścia do zarządzania, controllingu oraz wsparcie tych koncepcji działaniem zintegrowanych systemów informatycznych, dając nowe możliwości i szansę przedsiębiorstwom do uzyskania konkurencyjnej pozycji na rynku.
- Reorganizacja procesów realizowanych przez controlling (planowanie, budżetowanie, monitoring i raportowanie a także analiza) stwarza szansę na zainteresowanie kadry menadżerskiej do aktywniejszego uczestnictwa w tych procesach, a tym samym poprawę relacji i komunikacji wewnątrz firmy.
- Metodyka controllingu procesów, polegająca na identyfikacji kluczowych procesów i przypisaniu im mierników, które stanowią bazę danych na potrzeby analiz i raportów, jest krytycznym, z punktu widzenia jakości końcowego efektu, elementem wdrożenia rozwiązań informatycznych wspierających jakość procesów controllingowych [20,s.25].

Zadaniem takiego podejścia do controllingu jest ułatwienie identyfikacji istotnych i niepodlegających uznaniowości takich parametrów procesu jak: rezultat, osoba odpowiedzialna, uczestnicy oraz ich role, czas i koszt realizacji procesu. Proces controllingu przedstawiono w tabeli 1.

Z szerszej perspektywy analitycznej można stwierdzić, że proces controlingu w oparciu o jego przebieg wyżej przedstawiony może być ujęty w takich kryteriach jak, rezultat, osoba odpowiedzialna, uczestnicy, klienci i dostawcy. Przedstawia to poniższa tabela.

Tabela 1. Przykładowy opis procesu controllingu [20, s.26]
Table 1. Example of controlling process [20, s.26]

	Planowanie krótkoterminowe	Planowanie długoterminowe	Monitorowanie i raportowanie	Analiza
Rezultat	Cele strategiczne – zadania dla firmy Założenia do budżetu	Budżet – plan finansowo-rzeczowy zgodny z wytycznymi zarządu i potrzebami menadżerów	Informacja o stanie wykonania zadań realizacji budżetu	Wskazówki dotyczące zmian w planach, których realizacja wpłynie na poprawę wyniku
Osoba odpowiedzialna	Prezes Zarządu	Cotroller/Dyrektor finansowy	Controller	Controller, Menadżerowie (konieczny jest dostęp do systemu)
Uczestnicy	Kadra kierownicza	Controlling i menadżerowie	Controlling	
Klienci	Zewnętrzni (rada nadzorcza, rynek kapitałowy) wewnętrzni (menadżerowie, controlling)	Zarząd oraz menadżerowie	Zarząd oraz menadżerowie	Zarząd oraz menadżerowie
Dostawcy	Controlling(dane do analizy firmy) Marketing(dane do analizy otoczenia)	Zarząd - założenia Menadżerowie – plany szczegółowe, jako zadania do wykonania	System IT Menadżerowie Służby finansowe	Menadżerowie – interpretacja danych

Centralne i główne miejsce w procesach controllingu zajmują raportowanie oraz budżetowanie. Informatyzacja budżetowania niewątpliwie wpływa w sposób oczywisty na jakość raportów i analiz, poprzez poprawę jakości raportów i analiz, eliminacje błędów oraz poprawę szczegółowości. Procesowe podejście do funkcji i problemów controllingu operacyjnego i strategicznego pozwala na zapobieganie wyżej wspomnianym problemom oraz usprawnienie przebiegu procesów controllingu a także podniesienie efektywności przebiegu. Aby zrozumieć w jaki sposób procesowe podejście do zarządzania może poprawić efektywność funkcji controllingu, należy przyjrzeć się metodzie zarządzania procesami z bliska oraz zastanowić się, gdzie i w jaki sposób może zostać wykorzystana.

PODEJŚCIE PROCESOWE W CONTROLLINGU

W obecnym niestabilnym otoczeniu, sposoby pracy, formy zarządzania i stworzone struktury procesów i organizacji przestają być efektywne. Odpowiedzią na ułomność klasycznego podejścia do zarządzania stał się Bussiness Process Reengineering a ściślej BPR [6, s.16]. Koncepcja Business Proces Reengineering (BPR), jako pierwsza dostrzegła i umiejscowiła proces w centrum uwagi zarządzających, zwracając tym samym uwagę kadry menadżerskiej na potrzebę dokonywania usprawnień w procesach przedsiębiorstwa.

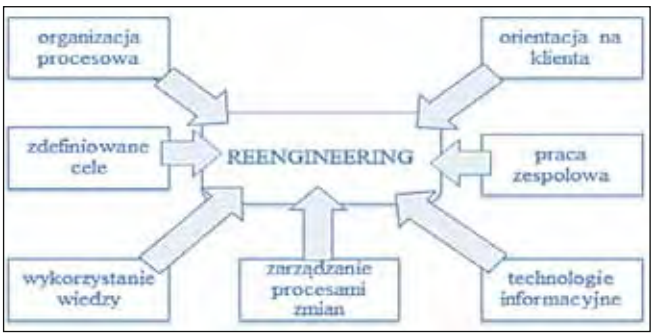
Głównymi czynnikami, które przyczyniły się do ewolucji i popularności procesowego podejścia do zarządzania są:

- Zmieniające się otoczenie zewnętrzne i wewnętrzne organizacji
- Wzrost złożoności i skomplikowania procesów wewnętrznych i zewnętrznych firmy
- Rosnąca indywidualizacja potrzeb i oczekiwań klientów
- Nieregularny system konkurencji rynkowej
- Wzrost znaczenia zasobów niematerialnych
- Rozwój nowych technologii i ułatwienia w komunikowaniu się
- Rozwój i rosnące wymogi marketingu (szczególnie bezpośredni kontakt z klientem)
- Brak przewidywalności lub krótki cykl życia produktu [7, s. 5].

Podejście procesowe (orientacja procesowa) to nic innego jak ukierunkowanie przedsiębiorstwa na myślenie o procesach w nim zachodzących jak o czynnościach ściśle ze sobą powiązanych. Identyfikacja tych procesów pozwala na lepsze zrozumienie tworzenia wartości, a ich usprawnienie i doskonalenie zwiększa nie tylko efektywność funkcjonowania organizacji, lecz także zadowolenie i satysfakcje klientów zewnętrznych i wewnętrznych [1, s. 12].

Niewątpliwie głównym celem zarządzania procesowego jest „*poprawa efektywności działań w przedsiębiorstwie poprzez strukturalizację czynności pod kątem kreowania wartości dodanej ze szczególnym zwróceniem uwagi na preferencje i potrzeby klienta oraz właściwe opisanie i skonfigurowanie procesów w przedsiębiorstwie zgodnie z kryteriami czasu i przestrzeni*"[10, s. 154].

Rysunek 2. przedstawia podstawowe elementy koncepcji reengineringu oraz pokazuje, że tylko połączenie wszystkich czynników wchodzących w skład danej koncepcji umożliwia efektywną zmianę.



Rys. 2. Elementy koncepcji reengineeringu [2, s. 27].
Fig. 2. Reengineering elements [2, p. 27].

Podejście procesowe charakteryzuje się zatem dynamicznym podejściem do efektywnego zarządzania. Zakłada się w tej koncepcji przełożenie celów strategicznych organizacji na cele procesów, obniżenie kosztów działalności oraz zaspokojenie potrzeb klientów, podniesienie jakości i skrócenie czasu realizacji zadań. Identyfikacja i dostosowanie procesów pozwala na szybkie wprowadzenie zmian i dostosowanie do zmieniających się warunków otoczenia [4, s.53].

Każdy logiczny system biznesowy oparty jest na zasadzie kreowania wartości dodanej. Wartość dodana wyrażana jest w postaci ceny z odzwierciedleniem, jakości, kosztów i czasu wytworzenia oczekiwanego przez odbiorcę wyrobu [4, s.106].

Podeście procesowe spostrzega przedsiębiorstwo, jako pewną całość. W celu prawidłowego zarządzania organizacje należy poznać poprzez poznawanie ich poszczególnych obszarów, ich budowę oraz funkcje, które pełnią oraz zachodzące w nich czynności procesowe. Myślenie procesami pozwala na łączenie obszarów organizacji w swoiste ogniwa a złożony z nich proces tworzy łańcuch wartości, który jest jednym z bardziej znanych modeli działalności firmy.

Łańcuch wartości, opracowany przez Michaela Portera z Harvard Business School, oparty został na założeniu, że właśnie konsumenci w ostatecznym rozrachunku oceniają wartość strategiczną przedsiębiorstwa, wartość ta jest tworzona przez fazy od pozyskania surowców aż do dystrybucji [2, s. 82].

Ten sposób myślenia jest punktem wyjściowym do poszukiwania optymalnego przebiegu procesów, które kreują wartość dodaną dla klienta, ponieważ tylko taki przebieg gwarantuje sukces i pozwala na rozwój organizacji. Oznacza to, że takie działania podejmowane przez organizacje generują wartość dodaną i mają sens.

W obecnych czasach rynkiem rządzą klienci. To właśnie oni kreują kierunek rozwoju i działalności wielu organizacji, narzucają tempo produkcji, stawiają wymagania, co do jakości produktów i usług, dlatego orientacja na klienta jest koniecznością. Przedsiębiorstwa, żeby przetrwać muszą skupiać się na potrzebach i oczekiwaniach klientów. Klienci nie skupiają się na tym, jak jest zbudowana struktura organizacji, bądź jaki jest przebieg jej procesów, dla nich najważniejsze jest, jaka jest wartość (cena, szybkość, terminowość, jakość) tych działań.

Sukces organizacji jest zależny od wykonywanych przez nią działań, takich, które generują wartość rynkową produktu. Podejście procesowe oparte na dynamicznych działaniach organizacji umożliwia taki zabieg. Organizacja musi być nastawiona nie tylko na utrzymanie funkcjonowania elementów systemu, lecz także na zaspokojenie potrzeb klientów.

TECHNOLOGIA TELEINFORMATYCZNA W ANALIZIE PROCESÓW BIZNESOWYCH WSPÓŁCZESNEJ ORGANIZACJI

Zarządzanie procesami wymaga wiedzy z dwóch dyscyplin: zarządzania organizacjami oraz wiedzy na temat zastosowania technologii informacyjnych w biznesie. Dziedzina zarządzania procesami biznesowymi zajmuje się zagadnieniami dotyczącymi opracowania metod, technik oraz zastosowania narzędzi służących do modelowania, projektowania, monitorowania, kontroli oraz analizowania procesów zachodzących w organizacji. Nowoczesne technologie informatyczne wsparają wdrożenia zarządzania procesami biznesowymi, oferują możliwości analityczne, kontrolę oraz symulacje procesów. Wspierają i ułatwiają zarządzanie środowiskiem procesowym oraz zwiększają efektywność pracy operacyjnej organizacji.

Business Process Management (w skrócie BPM) jest swoistym łącznikiem pomiędzy biznesem i technologią informatyczną. Systemy informatyczne klasy BPM służą do wspierania procesowego podejścia do organizacji, umożliwiają definiowanie, analizę, projektowanie i modelowanie, controlling i optymalizacje procesów przedsiębiorstwa. Systemy te zawierają narzędzia wspomagające analizę danych archiwalnych, które powstają po zakończeniu procesów, co pozwala na analizę tych danych oraz ewentualną optymalizację i usprawnienia w przyszłości [1, s.131].

Zarządzanie procesami to stałe monitorowanie i śledzenie modelu procesowego przedsiębiorstwa i usprawnianie oraz ulepszanie go w taki sposób, by firma zgodnie z tym modelem, najefektywniej realizowała cele i strategie rozwoju.

Przed rozpoczęciem prac dotyczących wyboru i wdrożenia systemu informatycznego wspomagającego zarządzanie procesami biznesowymi, istotne z punktu widzenia powodzenia zmiany, jest zidentyfikowanie modeli realizowanych procesów oraz ich parametrów, które stanowią bardzo istotną bazę informacyjną przy określeniu wymagań do systemu BPM.

Najważniejszym celem modelowania procesów jest zrozumienie jak funkcjonuje przedsiębiorstwo. Zaprojektowane diagramy procesów pozwalają na zaprezentowanie w formie graficznej działalności organizacji. Wszystko to pomaga w określeniu kolejności i miejsca realizacji funkcji firmy. Stworzenie modelu procesów pozwala na osiągniecie porozumienia pomiędzy twórcą systemu a klientem, gdyż dostarcza niezbędnego materiału, który pozwala na zwiększenie efektywności procesów. Skomplikowane, trudne w realizacji lub nadmiarowe w stosunku do innych procesy, można w prosty i przejrzysty sposób zlokalizować i przebudować, przepływy informacji można przyśpieszyć a działania nadmiarowe wyeliminować, co niewątpliwie sprzyja poprawie efektywności. W pierwszej kolejności należy wyodrębnić i pogrupować wszystkie działania, które mogą być wykonywane razem, następnie, należy działania te udoskonalić. Jeżeli procesy zostaną dobrze zrozumiane i prawidłowo zinterpretowane przez wykonawcę, sukces modelowania procesów na pewno zostanie osiągnięty.

Wszelkie zagadnienia, które mogą mieć wpływ na kształt oraz przebieg procesu, powinny zostać uwzględnione już na etapie analizy a następnie w modelowaniu. Do każdego procesu, który zostanie zidentyfikowany, należy przypisać parametry takie jak nazwa, cel a więc co przedsiębiorstwo chce uzyskać w wyniku procesu oraz jakie są jego korzyści mierzalne, dalej struktura, a także miary oraz oceny gdzie miernikami procesu jest ocena procesu pod względem zdolności danego procesu do realizacji założeń i celów. Do wyznaczenia mierników procesu, konieczne jest więc zdefiniowanie głównych jego atrybutów, które podczas doskonalenia i usprawniania procesu staną się punktem odniesienia. Do parametrów oceny efektywności procesów zalicza się zatem koszt oraz długość i terminowość czasu realizacji procesu, elastyczność i jakość procesu, znaczenie jego z punktu widzenia organizacji a więc wielkość przychodów generowana przez proces oraz, co jest bardzo istotne w tym względzie, znaczenie procesu z punktu widzenia klienta a więc poziom satysfakcji i zadowolenia klientów z rezultatu procesu [4, s. 80].

Mierniki w takim ujęciu służą do oceny procesów ich efektywności i spełniania założeń strategicznych organizacji. Na ich podstawie jesteśmy w stanie zareagować na czas wprowadzania i zmian jak i usprawnień w procesach biznesowych, bowiem miary procesu wynikają bezpośrednio z jego celów.

Jak wynika z analizy merytorycznej znaczenia systemu informacyjnego w danej strukturze organizacyjnej, łączy on w całość elementy systemu zarządzania w tym struktury organizacyjnej, biznesowej i informacyjnej i jest odpowiedzialny za zbieranie i przetwarzanie, analizę, gromadzenie i rozpowszechnianie informacji. O skuteczności systemu decyduje więc skuteczne i efektywne zastosowanie technologii informatycznych. Technologie informatyczne oferują szerokie spektrum możliwości wspomagania zarządzania procesami biznesowymi organizacji, obejmując zakresem wszystkie obszary, takie jak: zwiększenie szybkości realizacji procesów, gromadzenie i przetwarzanie informacji, budowanie baz danych, komunikacja i przebieg informacji, sterowanie przebiegiem procesów, poprawę ich jakości, monitorowanie procesów podejmowania decyzji oraz wspieranie działalności biznesowej. Dzięki temu informacje między poszczególnymi krokami procesu przekazywane są w sposób przejrzysty i bardziej efektywny (informacje te przekazywane w różnych formach), wspierając komunikację i pracę zespołową. Technologie informacyjne pozwalają na dostarczenie wielu możliwości innowacyjnych.

Tabela 2. przedstawia dziewięć kategorii technologii informacyjnych według T. Davenport'a.

Technologie informacyjne umożliwiają zatem udostępnianie, przesyłanie oraz analizę informacji, które dawniej ze względu na ograniczenie technologiczne lub strukturalne nie były możliwe do uzyskania. Nowa jakość informacji niezbędnych do podejmowania decyzji strategicznych, jest czynnikiem wpierającym zmiany, a technologie informacyjne

Tabela 2. Kategorie i cechy technologii informacyjnych [4]
Table 2. Categories and characteristic of information technology [4]

Kategorie technologii informacyjnych	Zakres i działanie
Automatyzacja	Usprawnienie, polegające na wyeliminowaniu pracy ludzkiej z ustrukturyzowanych procesów
Informacja	Zastosowanie technologii informacyjnych dostarcza niedostępnych dotąd informacji, zwiększają jakość informacji oraz skracają czas dostępu do nich. Ma to niewątpliwie wpływ na czas podejmowania decyzji dotyczących zarządzania, wykorzystania zasobów oraz chronologii wykonywanych procesów.
Sekwencyjność	Zmienia sekwencje wykonywanych procesów, lub doprowadza do równoległego wykonywania tych procesów.
Śledzenie	Możliwość monitorowania położenia w przestrzeni biznesowej wielu obiektów, a znajomość ich lokalizacji ułatwia podejmowanie decyzji oraz planowanie kolejnych przedsięwzięć.
Analiza	Umożliwienie szybkiego przetwarzania danych, które mogą być porównywane i poddawane dowolnym analizom i modyfikacjom, według dowolnych kryteriów dopasowanych do indywidualnych wymagań. W wyniku tych zastosowań możliwa jest automatyzacja podejmowania decyzji lub przekazanie niezbędnych informacji osobie odpowiedzialnej za podejmowanie decyzji.
Przełamanie barier geograficznych	Nieograniczony dostęp do informacji bez względu na granice komunikacyjne oraz związane z lokalizacja
Integracja	Możliwość integracji przestrzennej rozproszonych zasobów w organizacji wirtualnej oraz procesów gospodarczych w ramach jednego przedsiębiorstwa, z pominięciem granic podziałów funkcjonalnych a także umożliwia integracje w ramach relacji dostawca – odbiorca.
Intelekt	Umożliwienie dystrybucje wiedzy i wartości intelektualnej w ramach organizacji poprzez budowanie baz wiedzy oraz systemów ekspertowych.
Usuwanie pośredników	Eliminacja pośredników w procesie uzyskania informacji.

są narzędziem umożliwiającym uzyskanie niezbędnych informacji. Rolą organizacji jest umiejętne wykorzystanie i interpretacja pozyskanych informacji w celu lepszego dopasowania swojej działalności i efektów do potrzeb klientów.

Wybór metod i narzędzi do zastosowania w organizacji powinien być dostosowany do specyfiki i problemów firmy. Dzięki zastosowaniu innowacyjnych technologii problemy te mogą zostać rozwiązane w sposób niezauważalny dla organizacji.

Informatyczne wspomaganie procesów biznesowych uwzględnia w szerokim zakresie wykorzystanie narzędzi klasy BPM. Najważniejszym elementem wdrożenia systemu BPM w organizacji, jest odpowiednie zidentyfikowanie i opisanie procesów. Na rynku istnieje wiele narzędzi umożliwiających przedstawienie procesów w postaci graficznej i zebranie wszystkich istotnych informacji niezbędnych do jego uruchomienia [1, s.132]. Technologie informacyjne w połączeniu z ich metodologią pełnią zatem rolę motywującego czynnika do poszukiwania nowych rozwiązań organizacyjnych. W przypadku procesów biznesowych, poziomem najniższym zmian, wynikających z zastosowania technologii informacyjnych, jest automatyzacja procesów oraz modyfikacje w strukturze organizacyjnej bądź sposobie wykonywania pracy. Kreatywne zastosowanie technologii umożliwia wzrost przewagi konkurencyjnej, a jedyną właściwą ścieżką do osiągnięcia sukcesu w tym zakresie, jest odpowiedni pomysł i wybór narzędzi, które umożliwiają osiągnięcie danego celu.

Złożoność, pracochłonność oraz wysoki stopień wymaganej szczegółowości problematyki zarządzania procesami biznesu, wymaga stosowania technologii informatycznych, od których zależy skuteczność realizacji podejścia procesowego. Odpowiednia identyfikacja i zaprojektowanie procesów oraz efektywne wsparcie przy pomocy odpowiednio dobranych narzędzi informatycznych przesądza o efektywnym i konkurencyjnym działaniu organizacji. Aspekt funkcjonalny narzędzi informatycznych wspomagających analizę i zarządzanie procesami związany jest z cyklem życia procesu, wspomagającego uzyskanie pętli BPM.

Pętla BPM została zilustrowana na rysunku 3.

Rys. 3. Cykl życia procesu - pętla BPM.
Fig. 3. BPM loop – life process cycle.
Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

Co zatem należy do podstawowych zadań pętli technologii BPM? Wymienić tu można po pierwsze możliwość modelowania procesu za pomocą graficznego narzędzia w sposób umożliwiający obsłużenie wszystkich wariantów przebiegu procesu. Prezentacja logiczna i czasowa powiązań czynności, przyporządkowanie osób lub stanowisk odpowiedzialnych za realizacje zadań oraz funkcji, ustalenie informacji ulegających transformacji w trakcie trwania procesu

jak i tych otrzymywanych w wyniku jego realizacji. Po drugie możliwość uruchomienia i automatyzację jak i wykonanie i zintegrowanie procesów na podstawie modelu z wykorzystaniem mechanizmów i reguł biznesowych, uwzględnienie procedur (workflow) i technologii integracyjnych. Celem tych działań jest utworzenie warstwy procesowej przenikającej przez struktury ludzkie, aplikacyjne oraz bazy danych.

Istotne jest także monitorowanie przebiegu procesów pod względem osiągania założonych wyników jak również odstępstw od założonych rezultatów oraz raportowanie i analiza wyników.

Pozwala więc taki układ na usprawnienie i optymalizację procesu przygotowaną na podstawie analizy dotychczas działającego przebiegu poprzez określanie zmian, które wpływają na efektywność i realizacje celów. Istniejące sprzężenie w tej pętli pozwala na powrót do punktu wyjścia.

Na rynku istnieje wiele pakietów oprogramowania umożliwiających obsługę cyklu życia procesów, ich wybór zależy od konkretnych wymagań i preferencji przedsiębiorstwa. Potrzeby i preferencje powstają w wyniku przeprowadzenia szczegółowej analizy wymagań funkcjonalnych i biznesowych.

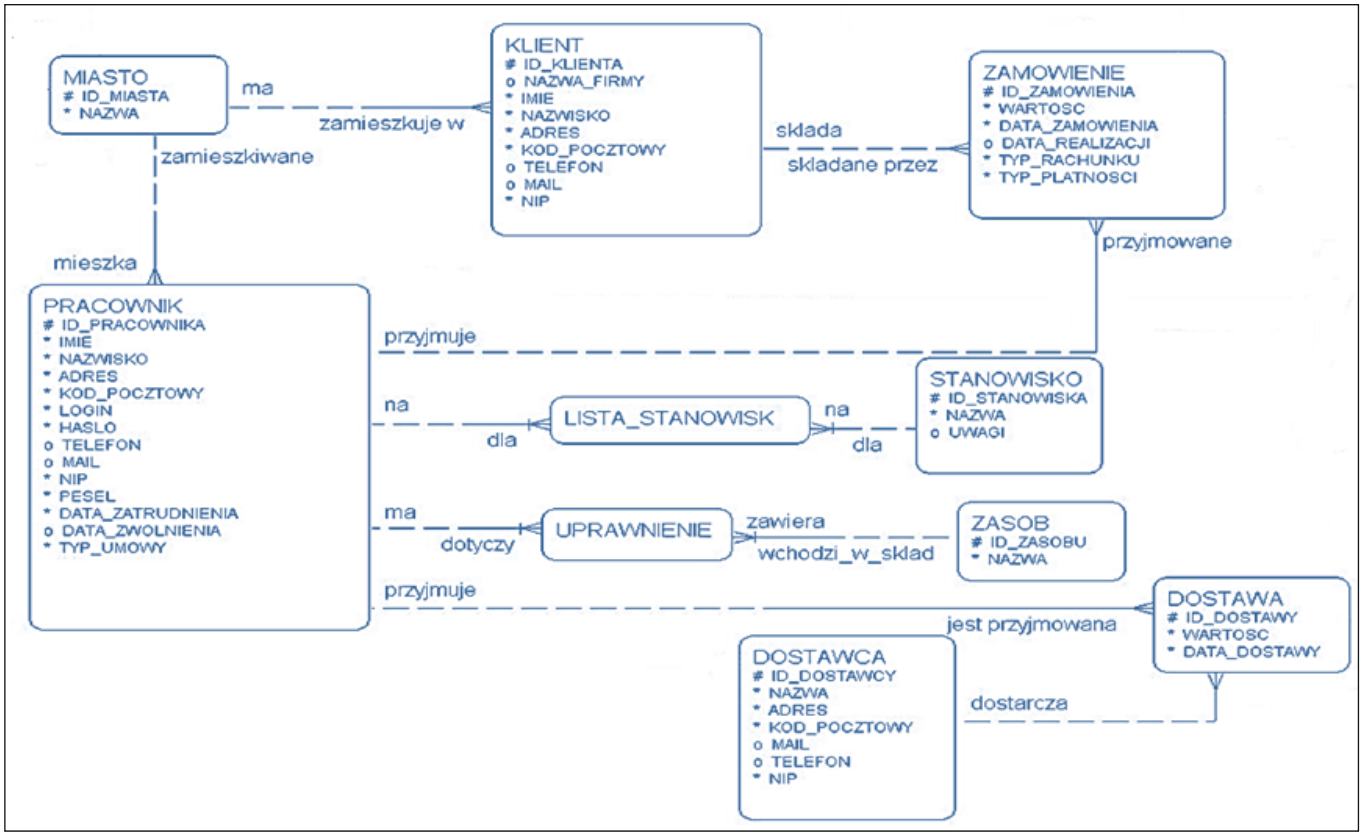
Podczas przeprowadzenia analizy należy zastanowić się jakie dane mają być przechowywane w systemie, jakie procesy mogą zachodzić, jakie zdarzenia mają wpływ na przechowywane dane oraz jakie funkcje ma spełniać wdrażany system. Informacje te stanowią podłoże wyboru optymalnego systemu, który spełni potrzeby danej organizacji [8, s. 70-72].

Analiza potrzeb przedsiębiorstwa oraz danych wejściowych pozwala na zbudowanie różnych modeli opisu procesowego organizacji, do ich wizualizacji i symulacji wykorzystywane są narzędzia wspierające modelowanie procesów. Proponowane na rynku rozwiązania, można podzielić na trzy grupy, ze względu na ich funkcjonalność i przeznaczenie:

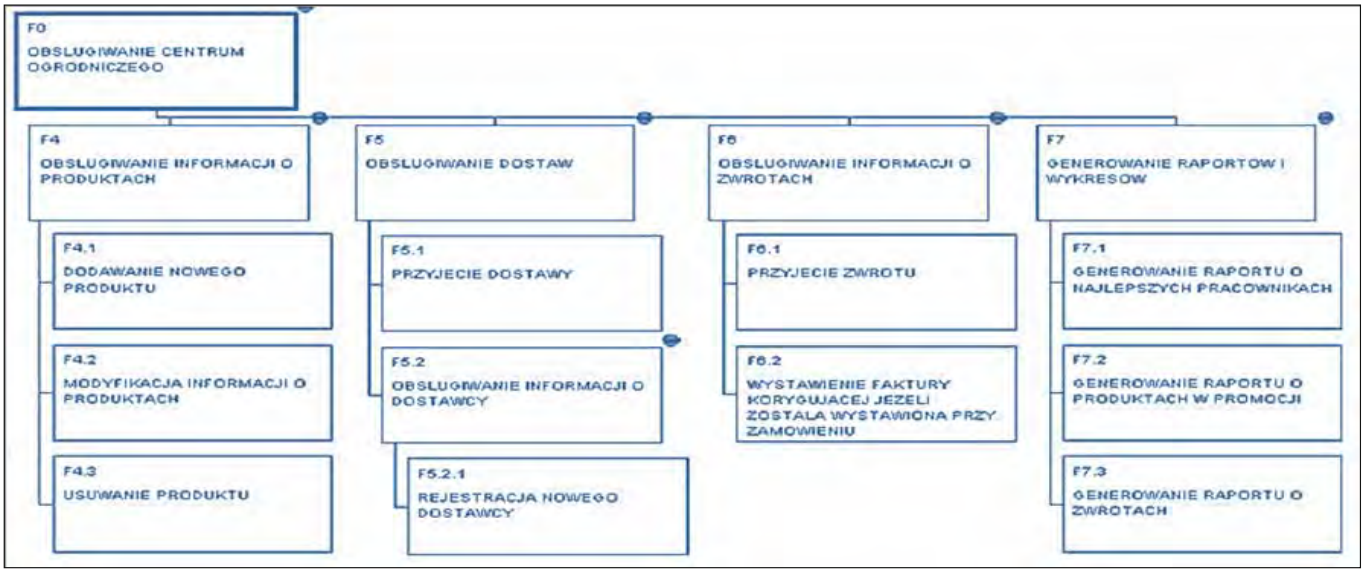
- Programy służące do tworzenia diagramów, wizualizacji i mapowania procesów oraz do sporządzania dokumentacji procesów.
- Narzędzia typu CASE *(ang. computer aided software engineering)* służą do modelowania i symulacji procesów, które w przyszłości mogą integrować z rozwiązaniami informatycznymi.
- Narzędzia do projektowania oraz doskonalenia procesów, pozwalające na zaawansowane analizy i symulacje wbudowane w systemy klasy ERP[8, s.70-72].

Analiza dotychczasowego stanu jest możliwa poprzez modelowanie systemu informacyjnego uwzględniając wizualizacje istotnych aspektów działalności przedsiębiorstwa. Istotnymi aspektami pod względem prawidłowego zaprojektowanie systemu są określenie zakresu informacji, zdefiniowanie funkcji oraz zbudowanie diagramów przepływu danych, a także określenie zakresu użycia danych przez poszczególne funkcje, określenie zakresu użycia poszczególnych encji (obiektów, podmiotów), określenie modelu organizacji oraz określenie diagramu celów przedsiębiorstwa.

Określenia zakresu informacji związanych z działalnością organizacji można dokonać poprzez zbudowanie



Rys. 4. Diagram modelu związków encji.
Fig. 4. Entity relationship model.
Źródło: strona internetowa http://www.users.pjwstk.edu.pl/
Source: http://www.users.pjwstk.edu.pl/



Rys. 5. Model funkcji.
Fig. 5. Function model.
Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

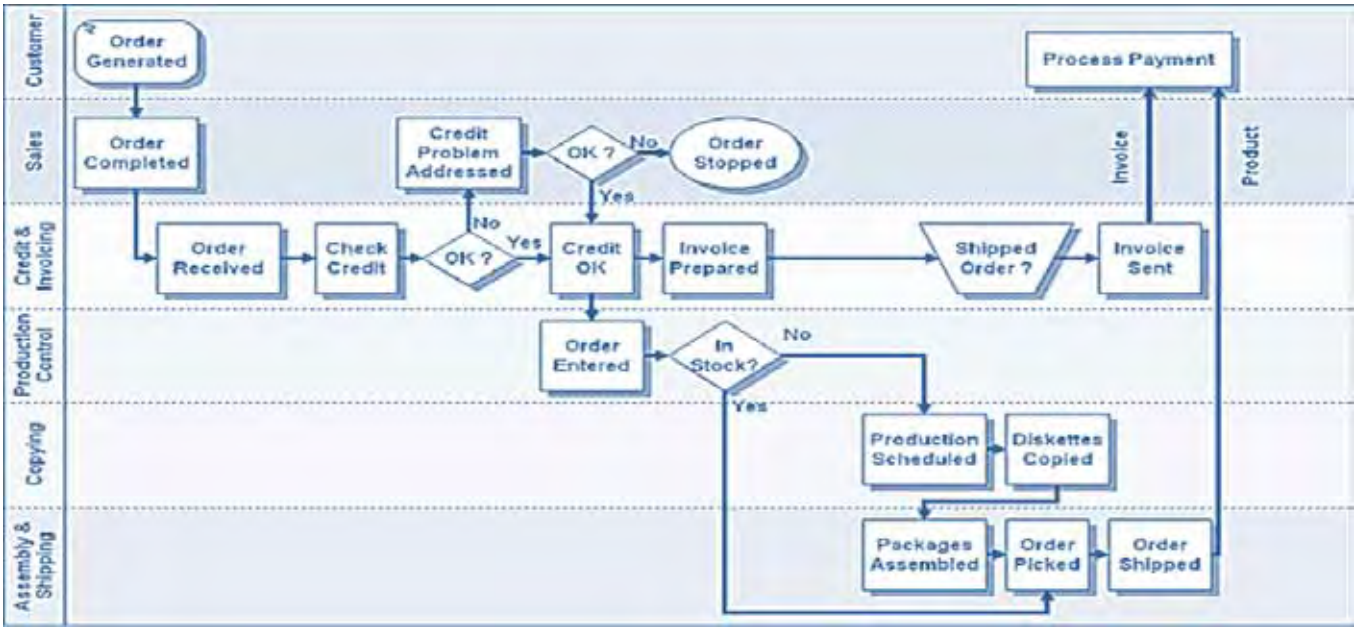
modelu danych zwanego między innymi modelem związków encji. Encja oznacza rzecz lub obiekt, o którym informacja jest lub może być zbierana, przetwarzana oraz przechowywana. Model związków encji dostarcza przede wszystkim sposób definiowania danych i związków pomiędzy encjami. Identyfikacja dotyczy wszystkich istotnych kwestii, obiektów potrzebnych w badanej firmie oraz ich właściwości, parametry i atrybuty a także powiązania logiczne (związki). Przykładowy fragment modelu związków encji przedstawia rysunek 4.

Definiowanie funkcji oraz czynności realizowanych przez przedsiębiorstwo w celu osiągnięcia założonych celów określane jest przez model funkcji wraz z działaniami oraz zdarzeniami, które powodują ich zainicjowanie. Drzewo funkcji pozwala na przedstawienie hierarchii ich powiązań.

Przykładowy fragment modelu funkcji przedstawiono na rysunku 5.

Budowa diagramów przepływu danych wewnątrz oraz zewnątrz organizacji **przedstawia model procesów**, polega to na stworzeniu opisu reguł przetwarzania zasobów i strumieni danych, poprzez opis zadań organizacji. Zadania te połączone są zdarzeniami.

Na rysunku 6. przedstawiono fragment przykładowego diagramu przepływu danych, inaczej modelu procesowego czynności i zdarzeń.



Rys. 6. Fragment diagramu procesu.
Fig. 6. Fragment process diagram.
Źródło: strona internetowa http://www.file-extensions.org
Source: http://www.file-extensions.org

ANALIZA INSTRUMENTU METASTORM BPM, JAKO NARZĘDZIA ZARZĄDZANIA PROCESAMI BIZNESOWYMI CONTROLLIGU – STUDIUM PRZYPADKU

Każdy proces, nawet ten najbardziej optymalny z punktu widzenia użytkownika i w pełni zautomatyzowany nie będzie sprawny bez efektywnego udziału ludzi (członków organizacji). To właśnie oni podejmują decyzje biznesowe a systemy informatyczne są narzędziami, które ich wspomagają i im ułatwiają. Dlatego kluczowe dla osiągnięcia trwałych korzyści jest zastosowanie platformy zarządzania procesami, która zapewnia uczestnikom procesów odpowiednie interfejsy, za pomocą których mogą wykonywać swoje zadania.

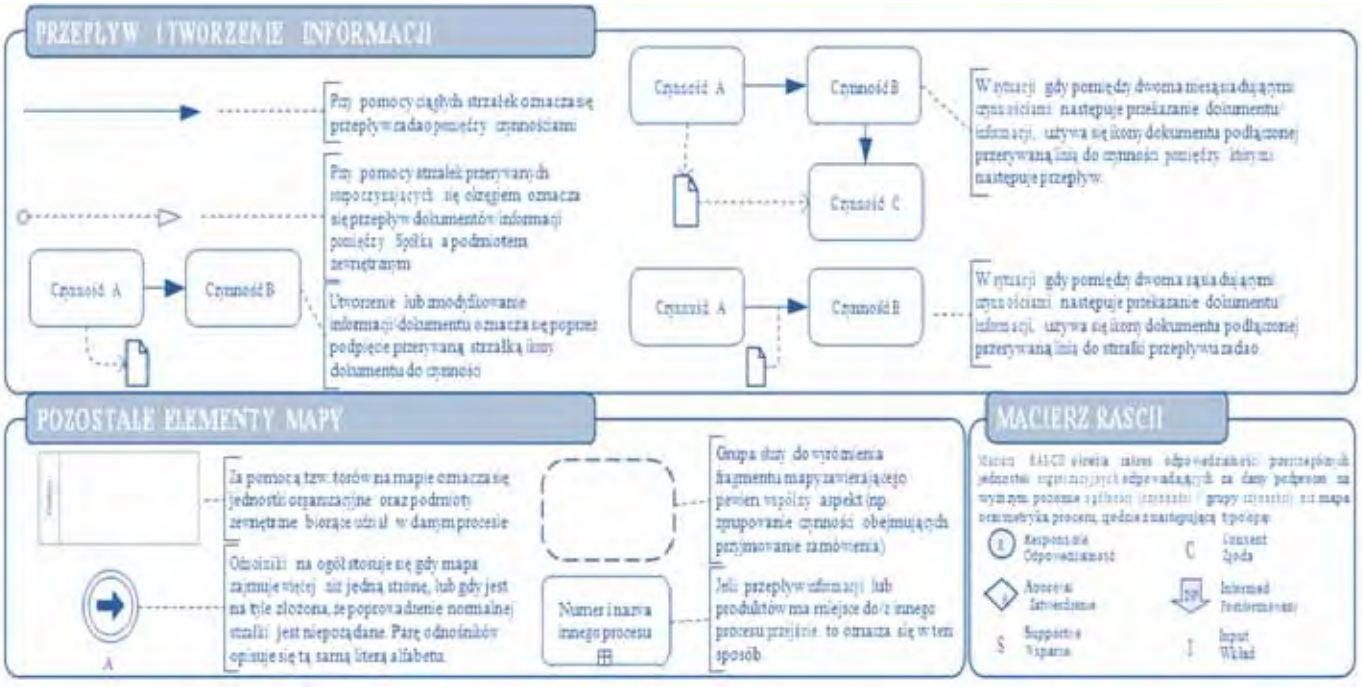
Głównym celem zastosowania tej metodyki w praktyce była maksymalizacja wartości firmy, zaspokojenie potrzeb oraz spełnienie oczekiwań organizacji, a także umożliwienie rozwoju kompetencji pracowników firmy. Oprogramowanie stało się głównym systemem zarządzania analizowaną organizacją. Do jego głównych zadań należały przede wszystkim: poprawa współpracy z klientami oraz partnerami zewnętrznymi, zbudowanie platformy do dalszego rozwoju firmy, usprawnienie procesów gospodarczych, poprawa jakości i bezpieczeństwa danych, zmniejszenie liczby wykorzystywanych systemów informatycznych, ułatwienie dostępu do informacji i danych niezbędnych do podejmowania decyzji kluczowych oraz wykorzystywanych w codziennej pracy przez poszczególne jednostki organizacyjne.

W pierwszym etapie wdrożenia system obejmował Rachunkowość Finansową (FI), Controlling (CO), Sprzedaż i Dystrybucję (SD), Zarządzanie Majątkiem Trwałym (FI -AA) oraz Gospodarkę Materiałową (MM).

Wdrożenie systemu już na samym początku zaowocowało korzyściami w postaci szybkiego raportowania, integracji danych w jednym miejscu, dzięki czemu informacje stały się łatwiej i szybciej dostępne. Poprawie uległo również monitorowanie statusów wykonywanych czynności oraz zleceń. Jednym z głównych założeń strategii firmy było wdrożenie systemu SAP R/3, jako głównego systemu ERP we wszystkich obszarach działalności przedsiębiorstwa. Etap drugi wdrożenia obejmował reorganizacje procesów biznesowych, w tym celu dodano kolejne moduły implementowanego rozwiązania: Rachunek wyników, Gospodarka remontowa, System projektowy, Zarządzanie zasobami ludzkimi oraz Wokflow. Wyniki, które zostały osiągnięte dzięki wdrożeniu systemu wykazały się takimi korzyściami jak szybsze i bardziej wydajne procesy, poprawa komunikacji oraz podniesienie efektywności przepływów procesów. System ten stosowany jest do dziś i w dalszym ciągu jest szeroko wykorzystywany i rozwijany. Z biegiem lat wobec rosnącej konkurencji w walce o pozycję na rynku i klienta oraz rosnących potrzebach na nowe rozwiązania wdrożono kilka innych systemów obsługujących procesy biznesu. Systemy te obejmują swoim zasięgiem obszary biznesowe organizacji.

W analizowanej organizacji procesy przenikają przez strukturę opisywanej firmy oraz obejmują takie obszary biznesowe jak: Planowanie strategiczne, Finanse, Technika, IT, Zakupy i Zaopatrzenie, Marketing i Zarządzanie relacjami z klientem, Sprzedaż, Obsługę klienta, Zarządzanie zasobami ludzkimi oraz Wsparcie wewnętrzne. W związku z dużą i ciągle wzrastającą liczbą procesów opracowano wewnętrzny standard opisu, który służy do tworzenia struktur oraz doboru optymalnego poziomu szczegółowości, stosowania BPMN (*ang. Business Process Modelling Notation*) w ramach map procesów.

Narzędzie pozwala na tworzenia map w taki sposób, aby były one zrozumiałe dla osób z różnych części organizacji.



Rys. 7. Elementy opisu mapy procesu.
Fig. 7. Process map description.

Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

Graficzne odwzorowanie zależności pomiędzy obszarami biznesowymi, megaprocesami, procesami operacyjnymi i podprocesami w postaci hierarchicznej struktury oraz utworzenie mapy procesów są kluczowymi elementami opisu modelu procesów w firmie (rys.7).

Diagram pokazujący (przy pomocy kształtów i symboli) ścieżkę przepływu zadań i informacji w ramach procesu stanowi mapę procesów biznesowych.

Zdarzenia inicjujące, zaznaczone główne produkty procesu (powstałe w trakcie oraz na końcu jego biegu), zachowania przyjętych zasad, czynności odpowiednio ponumerowane, systemy IT oraz aplikacje dla czynności systemowych, bramki decyzyjne oraz warunki przepływu danych są kryteriami jakości sporządzonej mapy procesu.

W trakcie modelowania procesu powstaje jego metryka, która uzupełnia mapę szczegółowym opisem, składającym się z nagłówka oraz opisu czynności.

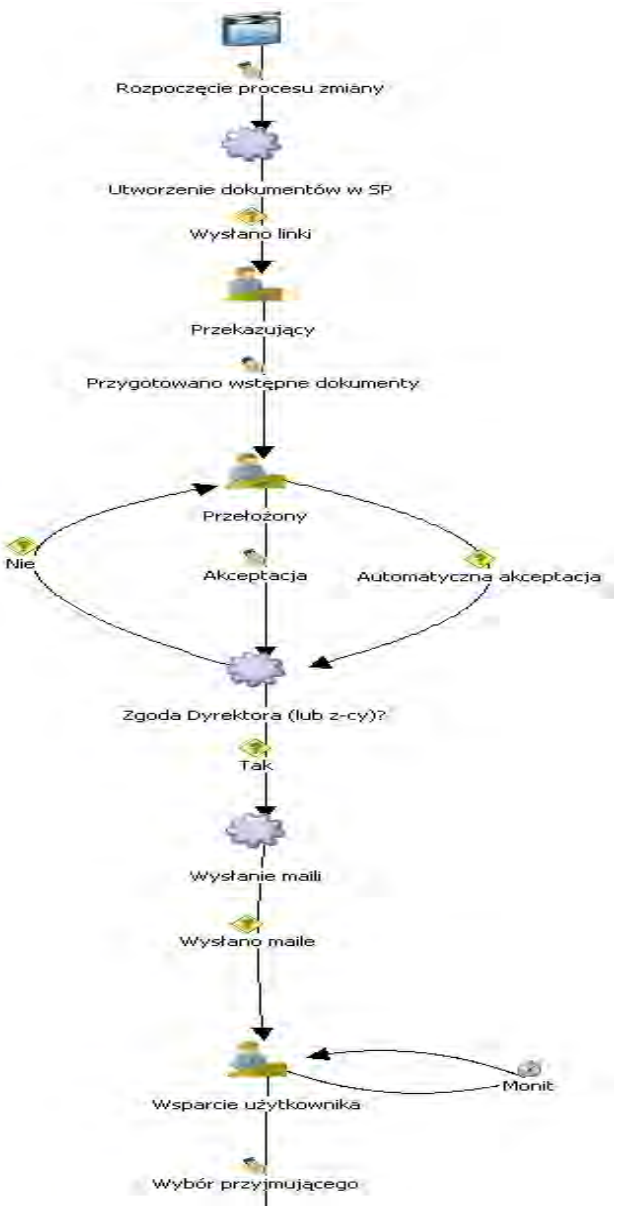
Decyzje jak i wszelkie informacje przechowywane są w jednym miejscu, proces zapewnia dostęp do odpowiednich dokumentów zgodnie z wyznaczonymi rolami na poszczególnych etapach. W przypadku przekroczenia terminu realizacji system automatycznie monituje o konieczności podjęcia konkretnego działania.

Tak zamodelowany proces pozwolił na uniknięcie sytuacji zagubionych dokumentów przetrzymywanych przez różne osoby, powodujące opóźnienie w realizacji całego przebiegu czy unikanie odpowiedzialności za wykonywanie poszczególnych czynności. Firma zyskała narzędzie do pełnego zarządzania obiegiem dokumentów wraz z kontrolą poszczególnych decyzji poprzez automatyczne przekazywanie spraw do odpowiednich osób zgodnie z wewnętrzną procedurą.

Z punktu widzenia opisywanych procesów biznesowych w analizowanej firmie, bardzo istotna jest identyfikacja wszystkich procesów biznesowych w firmie, co wymaga szczegółowego przejrzenia logicznych powiązań między poszczególnymi działaniami przedsiębiorstwa.

Realizowane procesy można podzielić na takie, które zostały w pełni zautomatyzowane oraz procesy wykorzystywane do zmniejszenia biurokracji i skrócenia czasu realizacji, w porównaniu do uprzedniego załatwiania spraw poprzez bieganie z różnymi dokumentami do poszczególnych osób decyzyjnych.

Proces wdrożenia nowej procedury w analizowanej firmie rozpoczynany jest od zgłoszenia potrzeby biznesowej przez wyznaczonego Właściciela procesu do wyznaczonego Kierownika Projektu w formie odpowiedniego dokumentu. Określa się w nim opis potrzeby, cele jakie mają zostać osiągnięte dzięki takiej inicjatywie oraz korzyści biznesowe. Dodatkowo wskazywane są najważniejsze wymagania wobec IT, termin realizacji oraz jego uwarunkowania a także sponsor projektu. Potrzeba biznesowa kwalifikowana jest do jednej z trzech kategorii: inicjatywa biznesowa, zmiana drobna lub potrzeba do projektu strategicznego. W zależności od wymagań jakie zostaną postawione, kierownik projektu analizując możliwości dotychczas wdrożonych systemów wraz z Właścicielem Procesu decyduje o docelowym rozwiązaniu. Decyzja o wykonaniu projektu w systemie Metastorm BPM powoduje wysłanie takiego zapotrzebowania do zewnętrznej firmy wykonującej wdrożenia nowych funkcjonalności. Po



Rys. 8. Model procesu przekazywania informacji.
Fig. 8. Information transfer model.

Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

jej stronie następuje wycena projektu i w zależności od kosztorysu podejmowana jest dalsza decyzja o kontynuacji wyboru rozwiązania.

Kolejnym etapem jest sporządzenie dokumentacji nazywanej wizją projektu. Wymagane również jest stworzenie odpowiedniej struktury zidentyfikowanych procesów na podstawie zdefiniowanej hierarchii procesów biznesowych. Struktura i hierarchia procesów biznesowych przedstawiona została na rysunku 9.

Najwyższe miejsce w hierarchii procesów organizacji „X" zajmują główne obszary biznesowe, stanowią one zbiory megaprocesów, które utożsamiane są z podstawowymi obszarami funkcjonalnymi firmy oraz definiowane, jako uporządkowany zbiór procesów operacyjnych, skoncentrowanych na realizacji wspólnych celów biznesowych, wynikających z wytycznych kadry zarządzającej danego obszaru biznesowego.

Najniższy poziom w hierarchii stanowią podprocesy obejmujące grupę pojedynczych czynności, które w efekcie końcowym prowadzą do zrealizowania procesu biznesowego, na który się składają. Przy identyfikacji procesów podstawowych wskazane jest zachować logikę przepływu działań, na przykład w ramach operacyjnego procesu przygotowania oferty, powinny być wyodrębnione wszystkie podprocesy: monitorowanie rynku i konkurencji, przygotowanie oferty, wdrożenie oferty oraz monitorowanie już wdrożonej oferty i ewentualne jej modyfikowanie. Podział, który został przyjęty dla identyfikacji procesów operacyjnych w ramach jednego procesu powinien być konsekwentnie stosowany przy identyfikacji innych procesów i megaprocesów.

Rys. 9. Hierarchia procesów biznesowych firmy.
Fig. 9. Hierarchy of business processes.
Źródło: Opracowanie własne
Source: Own study

Dokumentacja procesowa w organizacji obejmuje mapy, diagramy oraz metryki procesów w formie powiązanych ze sobą zdefiniowanych kształtów przedstawiających przepływy zadań i informacji, diagramy te dotyczą przebiegu procesów w formie szczegółowego opisu graficznego. W celu przygotowania diagramów i map procesów należy stosować przyjętą w firmie metodykę opisu procesów na podstawie BPMN. Graficzne odwzorowanie zależności pomiędzy obszarami biznesowymi, megaprocesami, procesami operacyjnymi i podprocesami w postaci hierarchicznej struktury oraz utworzenie mapy procesów są kluczowymi elementami opisu modelu procesów w firmie.

Uzupełnieniem sporządzonej mapy procesu oraz jego metryki była Macierz RASCII. Jej zadaniem jest określenie na poziomie wyższym ogólności (czynności oraz grupy), zakresu odpowiedzialności poszczególnych jednostek organizacyjnych, odpowiadających za dany proces zgodnie z następującą typologią:

- Responsible – odpowiedzialność – jednostka organizacyjna, która jest odpowiedzialna za realizacje czynności lub grup czynności.
- Approval – zatwierdzanie – jednostka organizacyjna, która zatwierdza produkt w ramach danej czynności lub grupy czynności.
- Supportive – wsparcie – jednostka organizacyjna, wyznaczona do wspierania realizacji kroku (na przykład poprzez dostarczanie zasobów).
- Informed – poinformowany – jednostka organizacyjna, która jest informowana o przebiegu i wynikach realizacji czynności lub grupy czynności. Jednostka nie przekazuje informacji zwrotnej.
- Input – wkład lub opinia – jednostka organizacyjna, przekazująca opinie do czynności lub grupy czynności.

Najważniejszym założeniem macierzy RASCII jest określenie ról poszczególnych jednostek w danym procesie zanim zostanie przygotowany model danego procesu, w przypadku, gdy następuje przepływ zadań lub informacji pomiędzy pionami lub departamentami przedsiębiorstwa.

Automatyzacja procesów biznesowych analizowanej organizacji rozpoczęła się od działań wynikających z pracy operacyjnej departamentu Finansów i Controllingu (kontrola kosztów, planowanie i realizacja budżetów). Analizowany system BPM miał za zadanie usprawnienie codziennej pracy pracownikom obsługującym obieg dokumentów, w taki sposób, aby zminimalizować zakres czynności wykonywanych przez poszczególne jednostki, w celu zapewnienia odpowiednich narzędzi, usprawnień wynikających z pełnionych obowiązków pracownika na danym stanowisku pracy. Zależało im na likwidacji zbędnych dokumentacji oraz skróceniu czasu realizacji procesu a także dostarczeniu niezbędnych informacji do podejmowania słusznych decyzji w firmie.

Jak wynika z analizy powdrożeniowej system wspomagania Metastorm BPM jest fundamentem dla zarządzania całością procesów biznesowych wielu obszarów funkcjonalnych organizacji. Pozwala to na łączenie wiedzy pracowników, ich doświadczenia, kreatywności i profesjonalnego podejścia do realizowanych procesów tworząc szerokie kompendium wiedzy i informacji zasilając systemy informacyjne zarządzania. Technologia ta wspiera pełny cykl życia procesu, od pojawienia się potrzeby biznesowej, poprzez identyfikacje i zainicjowanie procesu, zmiany w trakcie wdrożenia, aż po zarządzanie pozwalając na optymalizacje i usprawnienia. System stanowi zatem efektywną platformę programową pozwalającą na kompleksowe zarządzanie, poprzez wykorzystanie wdrożonych procesów w firmie a tym samym na możliwość osiągnięcia przewagi konkurencyjnej na rynku.

Zakres funkcjonalny systemu Metastorm jest bardzo obszerny i pozwala na dowolne konfiguracje modułów systemu uwzględniając rzeczywiste potrzeby przedsiębiorstwa oraz dopasowując funkcje do wymagań biznesu.

Podstawowy pakiet omawianego systemu zawiera:

- Moduł projektowania procesów w danej organizacji – został stworzony wyłącznie do definiowania dynamicznych oraz skomplikowanych procesów biznesowych i zarządzania nimi w sposób elastyczny i efektywny. Umożliwia opis elementów procesu takich jak: reguły, formularze, role, przepływy. Dzięki temu możliwa jest łatwa ich konfiguracja i modyfikacja.
- Moduł automatyzacji procesów, który stanowi jednoetapową funkcję automatyzacji z uwzględnieniem powiązań z modułem projektowania procesów oraz jednoetapową funkcję publikowania, szybkiego przekształcania map procesów na procesy wykonywalne zawierające definicje ról, formularze oraz integracje z innymi systemami zaangażowanymi w proces.
- Moduł zarządzania procesem i komunikacją z nim za pomocą intuicyjnych paneli kontrolnych zwanych „portalami procesów", dostępnych dla użytkowników

niezależnie od pełnionej roli i poziomu odpowiedzialności.

- Możliwość tworzenia formularzy za pomocą wbudowanego graficznego modułu ich projektowania. Rozwiązanie pozwala na wyeliminowanie z procesu dokumentów papierowych i służących jako elementy robocze przechodzące przez proces.
- Możliwość definiowania, obsługi i przypisywania reguł biznesowych, automatyzujących jak największą część procesu i zapewniających egzekwowanie spójnych wytycznych i procedur w wielu procesach. W zależności od potrzeb użytkownika moduł zawiera motor reguł podstawowych oraz zaawansowanych.
- Możliwość integracji z systemami komunikującymi się z każdym procesem biznesowym. Umożliwia to stworzenie jednej spójnej warstwy biznesowej we wszystkich aplikacjach i systemach wdrożonych w firmie. Chroni to użytkownika przed złożonością i rozległymi funkcjonalnościami infrastruktury informatycznej. Dzięki intuicyjnemu kreatorowi integracji możliwe jest definiowanie punktów styku bez konieczności tworzenia złożonego kodu.
- Raportowanie i analizę procesów biznesu w celu wykorzystania danych historycznych i w czasie rzeczywistym. [http://www.metastorm.com/]

Głównym celem wdrożenia oprogramowania Metastorm BPM w przedsiębiorstwie była automatyzacja oraz skrócenie czasu realizacji poszczególnych procesów opisywanych za pomocą wewnętrznych procedur organizacji, a także zebranie wszystkich danych w jednym miejscu w celach dokonania analizy, przeprowadzenia audytów czy w celach raportowych oraz wyznaczanie zakresu odpowiedzialności, zgodnie z określonymi regułami biznesowymi.

Proces automatyzacji pozwala więc także na administracyjne nadanie uprawnień w zależności od wybranego zasobu i tego kto jest aktualnie zalogowany do systemu. Procesy zachodzące w organizacji funkcjonującej na dynamicznym rynku wymagają ciągłego doskonalenia i optymalizacji. Procesy Controllingu, dotychczas nie automatyzowane, mogą w sposób szybki i przejrzysty zostać odwzorowane w narzędziach informatycznych klasy BPM. Automatyzacja ich pozwala na usprawnienie i poprawienie procesów controllingu zaś skala korzyści związana z ich automatyzacją jest bardzo duża.

Poszczególne korzyści zaobserwowane po wdrożeniu systemu informatycznego i technologii BPM oraz zautomatyzowaniu przebiegu procesów controllingu to między innymi;

W zakresie planowania i budżetowania – skrócenie procesu budżetowania przychodów i kosztów, projektów inwestycyjnych oraz planowania wyniku finansowego poprzez zdefiniowanie formularzy budżetowych, terminów ich uzupełnienia, odpowiedzialności a także zdefiniowanie procedur przepływu pracy i automatyzację wyliczania pozycji zależnych od wprowadzanych wartości.

W zakresie kalkulacji kosztów – technologia Metastorm BPM pozwala na zaimplementowanie dowolnych mechanizmów podziału i alokacji kosztów.

Wielowymiarowa analiza wskaźnikowa – daje ona możliwość zdefiniowania wymaganych przez poszczególne grupy użytkowników zestawów wskaźników podczas realizacji projektów, a wartości wskaźników są automatycznie aktualizowane.

Raportowanie i sprawozdawczość – zwiększa funkcjonalność oferowanych przez system możliwości w tym względzie umożliwiając przygotowanie raportów w dowolnym układzie formalnym. Zdefiniowane i umieszczone w bibliotekach raportów zestawienia są zasilane zawsze aktualnymi informacjami w momencie ich uruchomienia.

Konsolidacja sprawozdań finansowych – ta funkcjonalność systemu pozwala na automatyzację procesu konsolidacji sprawozdań zgodnie z ustawą o rachunkowości.

Strategiczna karta wyników – BSC – system wspiera zarządzanie przez cele lub strategiczną kartę wyników dając niezbędne kompendia informacyjne w czterech płaszczyznach: finansowej, klienta, wewnętrznej oraz innowacji i uczenia dając jednocześnie zrównoważony system pomiaru, umożliwiający kontrolę realizacji strategii.

PODSUMOWANIE

Wyzwaniem w obecnych czasach dla współczesnych przedsiębiorstw jest wdrożenie podejścia procesowego w taki sposób, który pozwoli organizacji na zachowanie elastyczności działania, poprawę efektywności organizacji oraz zachowanie konkurencyjności na rynku. Poprawna identyfikacja procesów controllingu, ich modele i powiązania z innymi kluczowymi procesami w firmie, automatyzacja a następnie kontrola i ciągłe usprawnienia, są determinującymi czynnikami, wpływającymi na rentowność, poziom zadowolenia klientów a w konsekwencji na przewagę konkurencyjną. Sprawne procesy biznesowe we współczesnej strukturze organizacyjnej są kluczem do sprawowania skutecznej kontroli w całościowym jej ujęciu.

Zarządzanie procesami biznesowymi umożliwia wpływ na kluczowe procesy w firmie zaś ich automatyzacja powoduje, że stają się one bardziej wydajne, lepiej kontrolowane i bardziej elastyczne. Automatyzacja procesów controllingu strategicznego oraz operacyjnego a także wsparcie procesów kontroli kosztów i przychodów przedsiębiorstwa narzędziami informatycznymi klasy BPM, pozwala na szybką reakcję oraz wdrożenie usprawnień i zmian w odpowiednim czasie. Dla celów zarządzania współczesną strukturą organizacyjną niewystarczającą jest informacja i wiedza o wielkości kosztów poniesionych w działach lub pionach, ważne są informacje dotyczące kosztów dotyczących procesów biznesowych i efektywnego nimi zarządzania. Wdrożenie podejścia procesowego w obszarze controllingu, a także w innych obszarach przedsiębiorstwa powoduje wzrost i rozwój organizacji, poprawia jej wyniki, podnosi efektywność oraz konkurencyjność, podnosi poziom wiedzy i kompetencji pracowników oraz przekształca organizacje w innowacyjne przedsiębiorstwo.

Zarządzanie jak i automatyzacja procesów biznesowych w controllingu daje duże możliwości poprawy funkcjonowania przedsiębiorstwa poprzez poprawę przepływu informacji, zwiększenie jakości wykonywania działań, eliminacje czynności zbędnych a także obniża poziom biurokracji,

uelastycznia organizację zgodnie z wymaganiami rynku. Takie wykorzystanie metodyki w automatyzacji i mapowaniu procesów biznesowych firmy pozwala między innymi na eliminację czasu opóźnień w dostarczaniu informacji zarządczych do realizacji procesów decyzyjnych, pełną analizę klienta i rynku na którym firma działa, tworzenie bliższych relacji między partnerami biznesowymi, usprawnienie obsługi klientów, usprawnienie łańcuchów dystrybucji, gromadzenie i natychmiastowe przetwarzanie informacji o klientach.

LITERATURA

[1] **BITKOWSKA A. 2009.** Zarządzanie procesami biznesowymi w przedsiębiorstwie, Warszawa: Wyższa Szkoła Finansów i Zarządzania w Warszawie.

[2] **GABRIELCZYK R. 2008**. Reengineering. Restrukturyzacja procesowa przedsiębiorstwa. Warszawa: Katedra Informatyki Gospodarczej i Analiz Ekonomicznych. Wydział Nauk Ekonomicznych Uniwersytetu Warszawskiego.

[3] GIERSZEWSKA G., B. WAWRZYNIAK 2001. Globalizacja. Wyzwania dla zarządzania strategicznego, Warszawa: Poltex.

[4] GRAJEWSKI P. 2007. Organizacja procesowa. Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.

[5] HAMMER M., J. CHAMPY. 2006. Reengineering w przedsiębiorstwie. Warszawa: Neumann Management Institute.

[6] JOKIEL G. 2009. Podejście procesowe w zarządzaniu − geneza i kierunki rozwoju koncepcji. **[w:]** Podejście procesowe w organizacjach. Wrocław: Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.

[7] KAFEL T. 2006. Podstawy metodyczne zarządzania procesami biznesowymi. Zeszyty naukowe nr 713, Kraków: Akademia Ekonomiczna w Krakowie.

[8] KASPRZAK T. 2005. Modele referencyjne w zarządzaniu procesami biznesu. Warszawa: Difin.

[9] KLUGE P.D. 2009. ERP, jako narzędzie wdrożenia podejścia procesowego do controllingu MŚP, **[w:] Podejście procesowe w zarządzaniu.** Wrocław: Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.

[10] KOPERA S. 2000. Metoda Business Process Management (BPM) jako przykład zastosowania podejścia procesowego do zarządzania organizacją **[w:].** Instrumenty zarządzania we współczesnym przedsiębiorstwie, Poznań: Akademia Ekonomiczna w Poznaniu.

[11] KOŹMIŃSKI K., D. JEMIELNIAK. 2008. Zarządzanie od podstaw. Warszawa: Wydawnictwo Akademickie i Profesjonalne.

[12] ŁADA M., A. KOZARKIEWICZ. 2007. Rachunkowość zarządcza i controlling projektów. Warszawa: Wydawnictwo C. H. Beck.

[13] MARTYNIAK Z. 2000. Nowe metody i koncepcje zarządzania. Kraków*:* Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie.

[14] NOWOSIELSKI S. 2008. Procesy i projekty logistyczne. Wrocław: Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.

[15] OWOC M. L., L. WILK. 2009. Dywersyfikacja narzędzi informatycznych wspomagających zarządzanie łańcuchem dostaw, **[w:]** Podejście procesowe w zarządzaniu. Wrocław: Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.

[16] PANDE P.S., R.P. NEUMAN, R.R. CAVANAGH. 2003. Six Sigma. Sposób poprawy wyników nie tylko dla firm takich, jak GE czy Motorola. Warszawa: Liber.

[17] PEPPARD J., P. ROWLAND. 2007. The essence of business proces re-engineering. Warszawa: Gebethner & Ska.

[18] RADZIKOWSKI W., J. WIERZBIŃSKI. 2009. Controlling: koncepcje – metody – zastosowania. Toruń: Toruńska Szkoła Zarządzania.

[19] RUMMLER A. G., A. P. BRANCHE. 2000. Podnoszenie efektywności organizacji. Warszawa: PWE.

[20] SZYNKIEWICZ R. 2009. Process controllingu a controlling procesów. ***[w:] Controlling i rachunkowość zarządcza nr 7-2009*.** Warszawa: Wydawnictwo internetowe Infor.

Strona internetowa http:// http://dsa.com.pl/

Strona internetowa http://www.metastorm.com/

Strona internetowa http://www.4pm.pl/artykuly/modelowanie-procesow-w-ramach-systemow-soa-czesc-1

Strona internetowa www.sap.com/poland

strona internetowa: www.gartner.com

Mgr Artur PIĄTKOWSKI
Uniwersytet Warszawski, Wydział Zarządzania, Zakład Innowacji Rynkowych i Logistyki

KONCEPCJA USPRAWNIENIA ZARZĄDZANIA ŁAŃCUCHEM DOSTAW W SIECI BIEDRONKA W OPARCIU O AUTORSKIE NARZĘDZIE DIAGNOSTYCZNE – Część 1®

The concept of improving supply chain management in the Biedronka supply chain based on the original diagnostic tool – Part 1®

Słowa kluczowe: Zarządzanie łańcuchem dostaw, badania operacyjne, programowanie liniowe, narzędzie diagnostyczne, optymalizacja.

Głównym celem poniższego artykułu jest konstrukcja autorskiego narzędzia diagnostycznego, które posłuży do usprawnienia zarządzania łańcuchem dostaw w sieci Biedronka. *Do konstrukcji autorskiego narzędzia autor artykułu wykorzystał programowanie liniowe, które jest specyficznym rodzajem programowania matematycznego. Z uwagi na dużą objętość treści oraz chęć przedstawienia przykładowego działania narzędzia diagnostycznego, autor postanowił podzielić artykuł na dwie części.*

W części pierwszej artykułu przygotował niezbędne dane do budowy narzędzia diagnostycznego, a następnie opis formalny tego narzędzia.

W części drugiej artykułu autor dokonał optymalizacji zarządzania łańcuchem dostaw sieci Biedronka w oparciu o autorskie narzędzie diagnostyczne. Następnie zaproponował potencjalne modyfikacje narzędzia diagnostycznego, które mogą w przyszłości usprawnić jego działanie.

Key words: Supply chain management, operational research, linear programming, diagnostic tool, optimization.

The main purpose of this article is the design of a original diagnostic tool, that will help to improve Biedronka supply chain management. For the construction of the diagnostic tool, the author of the article used linear programming, which is a specific type of mathematical programming. Due to the large volume of content and the desire to present an example of using the diagnostic tool, the author decided to divide the article into two parts.

In the first part of the article, the author has prepared the necessary data to build a diagnostic tool. Then he prepared the formal description of the diagnostic tool.

In the second part of the article, the author optimized the supply chain management of the Biedronka network using the author's diagnostic tool. Next he proposed potential modifications of the diagnostic tool which may improve its operation in the future.

WPROWADZENIE

Sieć dystrybucji to grupa przedsiębiorstw, które dostarczają towary od producentów do finalnych odbiorców, tworząc dodatkową wartość dzięki użyteczności miejsca i czasu [7, s. 110]. Optymalizacji sieci dystrybucji można dokonać wykorzystując szereg metod z dziedziny badań operacyjnych, które różnią się między sobą stopniem szczegółowości, pracochłonności i uniwersalności. Można zaliczyć do nich między innymi metodę: **środka ciężkości** np. [5, s. 1803], **transportową** np. [1, s. 514], **najkrótszej ścieżki** np. [2, s. 4], **maksymalnego przepływu** np. [3, s. 651], **minimalnie rozgałęzionego drzewa** np. [6, s. 879] oraz najbardziej zaawansowane: **metodę wieloetapowego zagadnienia transportowego** np. [1, s. 516] i **metodę optymalizacyjną** np. [5, s. 1803].

Według autora poniższego artykułu najlepszą metodą do konstrukcji narzędzia diagnostycznego sieci dystrybucji Biedronki jest **metoda optymalizacyjna**. Pozwala ona na konstrukcję modelu optymalizacyjnego w sposób systemowy i kompletny. Kolejnym atutem metody optymalizacyjnej jest niespotykana wśród innych modeli badań operacyjnych uniwersalność i elastyczność. Metoda optymalizacyjna pozwala na konstrukcje modelu matematycznego, który można w dowolny sposób rozszerzać, dodając nowe dane oraz związki między nimi przy zachowaniu integratywności modelu.

Celem konstrukcji narzędzia diagnostycznego jest wspomaganie procesów decyzyjnych związanych z zarządzaniem logistyką w sieci dystrybucji Biedronki. Narzędzie diagnostyczne pozwoli ocenić koszty funkcjonującej dotychczas sieci. Dodatkowo będzie ono pomocne przy optymalizacji obecnej sieci dystrybucji jak i przyda się do planowania/modyfikacji sieci dostaw w sytuacji powstawania kolejnych sklepów. Narzędzie diagnostyczne będzie uwzględniało koszty i zapotrzebowanie poszczególnych sklepów oraz wykorzystanie posiadanego taboru.

Narzędzie diagnostyczne będzie bazowało na procesie symulacji. Symulacja to odtworzenie istoty systemu lub jego działania bez rzeczywistego uruchamiania samego systemu [4, s. 1-3]. Największymi zaletami modelu symulacyjnego

Adres do korespondencji – Corresponding Author: Artur Piątkowski, Uniwersytet Warszawski, Wydział Zarządzania, ul. Szturmowa 1/3, 02-678 Warszawa, e-mail: apiatkowski@wz.uw.edu.pl

jest jego niższa kosztowność, czasochłonność oraz pracochłonność w porównaniu z fizycznym eksperymentem. Badanie symulacyjne ma dodatkowo tę przewagę, że może być prowadzone na modelu systemu już nie istniejącego lub powstającego.

Wynikiem symulacji za pomocą narzędzia diagnostycznego może być zalecenie o umiejscowieniu na danym obszarze nowego centrum dystrybucji albo rozbudowie istniejących centrów dystrybucji. **Autor poniższej pracy założył, że dostawy zostaną rozpatrzone z perspektywy skupisk, a nie poszczególnych sklepów (narzędzie analizuje ile sklepów Biedronka jest w danym mieście i łączy je w skupiska).** Narzędzie diagnostyczne będzie uwzględniało następujące dane:

1. **Liczbę centrów dystrybucji**, które zaopatrują logistycznie określone terytorium (skupiska).
2. **Liczbę skupisk**, które są obsługiwane przez dane centrum dystrybucji.
3. **Liczbę dostaw i wielkość pojedynczej dostawy** w roku z centrum dystrybucji do skupiska.
4. **Roczną wielkość zamówienia** składaną z danego skupiska do centrum dystrybucji.
5. **Odległość** pomiędzy centrum dystrybucji a skupiskiem.
6. Charakterystykę **środków transportu** wykorzystywanych w sieci dystrybucji:
   - 6.1. **Sztuki samochodów i ich rodzaj.**
   - 6.2. **Ładowność samochodów.**
   - 6.3. **Średnią prędkość** osiąganą przez samochody.

Narzędzie diagnostyczne będzie wykorzystywało kryterium kosztowe do poszukiwania zmiennych decyzyjnych. Na podstawie powyższych danych zostanie zoptymalizowana sieć dystrybucji, aby koszt dostawy z centrum do skupiska był jak najniższy. Dane, które zostały wykorzystane podczas konstrukcji narzędzia diagnostycznego odzwierciedlają stan sieci dystrybucji Biedronki z roku 2014. Nie umniejsza to w żadnym stopniu użyteczności narzędzia, ponieważ pozwala ono na aktualizację danych wejściowych.

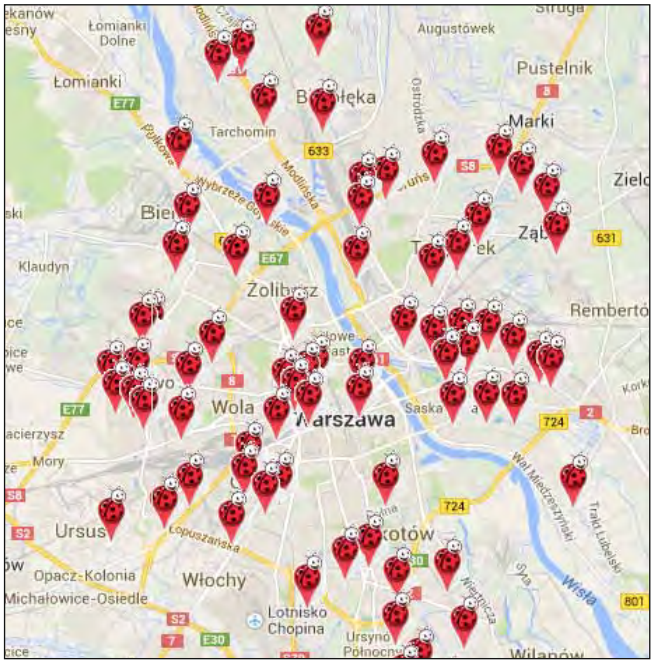
PRZYGOTOWANIE DANYCH NIEZBĘDNYCH DO BUDOWY NARZĘDZIA DIAGNOSTYCZNEGO

Narzędzie diagnostyczne zostanie skonstruowane według określonych założeń:

1. **Pierwszym założeniem** jest analizowanie sieci z perspektywy skupisk, a nie pojedynczych sklepów. Skupiska są przypisane do 13 regionów, na które została podzielona Polska (np. do regionu wyszkowskiego należy skupisko białostockie i warszawskie). Zostało to zaprezentowane na rysunku 1.

   Takie założenie jest podyktowane brakiem precyzyjnych danych o rozmieszczeniu wszystkich sklepów w sieci Biedronka (Jeronimo Martins nie udostępnia takich informacji do publicznego wglądu). Z tego powodu autor postanowił połączyć sklepy w skupiska, które zawierają od kilkunastu do kilkudziesięciu placówek. Przykładowe skupisko sklepów na terenie Warszawy zostało przedstawione na rysunku 2.

Rys. 1. Mapa regionalna sieci Biedronka.
Fig. 1. Regional map of the Biedronka network.
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [9, 10, 11, 12]
Source: Own study based on [9, 10, 11, 12]



Rys. 2. Skupisko sklepów Biedronka w Warszawie.
Fig. 2. A cluster of Biedronka stores in Warsaw.
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [9, 10, 11, 12]
Source: Own study based on [9, 10, 11, 12]

2. **Drugim założeniem** jest ilość sklepów branych pod uwagę w tworzonym narzędziu. Większość sklepów Biedronka znajduje się na terenie małych miejscowości (najczęściej jeden sklep przypada na jedną, małą miejscowość). Autor pracy postanowił ograniczyć się do miejscowości (skupisk), które posiadają co najmniej 150 tysięcy mieszkańców oraz znajduje się na ich terenie minimalnie 10 sklepów. Wyjątkiem od tej reguły są:
   - ➤ **Zielona Góra** – ma 119 tys. mieszkańców. Niestety na terenie regionu Lubinia nie występuje miasto o liczbie mieszkańców przekraczającej 150 tys.

- **Sosnowiec, Gliwice, Zabrze, Bytom i Bielsko-Biała**, które posiadają powyżej 150 tys. mieszkańców. Wszystkie wymienione miasta należą do regionu Rudy Śląskiej, który powierzchniowo jest bardzo mały (powstałaby dysproporcja pomiędzy szczegółowością analizy regionów – region Wyszkowa jest dziesięciokrotnie większy, a autor pracy przyjął, że bada się na jego terenie tylko dwa skupiska). Z tego powodu postanowił on ograniczyć się do Katowic, które są najbardziej reprezentatywnym miastem regionu Rudy Śląskiej.

3. **Trzecim założeniem** jest sposób obliczania odległości pomiędzy skupiskiem a centrum dystrybucji. Autor pracy chciałby zasygnalizować, że obliczanie odległości pomiędzy skupieniami wiąże się z dwoma problemami:
   - Pierwszym problemem jest sposób określenia reprezentanta skupienia czyli punktu, od którego liczy się odległość. Reprezentantem skupienia może być punkt centralny skupienia lub brzegowy (granica) skupienia.
   - Gdy zostanie określony punkt, który jest reprezentantem skupienia, pojawia się problem jak obliczyć odległości. Można dokonać pomiaru odległości w linii prostej pomiędzy dwoma reprezentantami skupienia lub dokonać pomiaru odległości trasy samochodowej.

   Autor pracy postanowił za reprezentanta skupienia obrać punkt centralny skupienia, natomiast odległość pomiędzy nimi liczyć jako odległość trasy samochodowej pomiędzy dwoma skupiskami. Przykładowa długość trasy pomiędzy Warszawą (skupisko) a Wyszkowem (centrum dystrybucji – CD) została przedstawiona na rysunku 3.

Rys. 3. Sposób pomiaru odległości pomiędzy dwoma punktami.

Fig. 3. The method of measuring the distance between two points.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [9, 10, 11, 12]

Source: Own study based on [9, 10, 11, 12]

4. **Czwarte założenie** dotyczy sposobu określenia zapotrzebowania na produkty w skupisku. Popyt zgłaszany przez sklepy został przez autora artykułu ujednolicony dla wszystkich skupisk (wszystkie sklepy uwzględnione w narzędziu wyrażają takie samo zapotrzebowanie). Jeżeli dane skupisko np. Gdynia, posiada 21 sklepów to zapotrzebowanie całego skupiska wyniesie 21*poziom zapotrzebowania jednego sklepu. W dalszej części artykułu zostanie zaprezentowany sposób obliczenia zapotrzebowania jednego sklepu.

Jednym z elementów konstruowanego narzędzia diagnostycznego jest mapa regionalna sieci Biedronka z naniesionymi na nią danymi, niezbędnymi do konstrukcji modelu diagnostycznego. Dane zostały naniesione z uwzględnieniem czterech powyższych założeń. Na mapie (Rys.1.) zostały zaznaczone centra dystrybucji (niebieskie kwadraty podpisane taką samą czcionką), skupiska sklepów (pomarańczowe sygnatury podpisane czarną czcionką) oraz odległości trasy samochodowej między nimi. Dane (nazwy regionów, nazwy skupisk sklepów oraz długości tras samochodowych pomiędzy centrami dystrybucji a skupiskami) zostały zaczerpnięte z rysunku 1. Zostały one uporządkowane według regionów, na jakie jest podzielona sieć Biedronka i umieszczone w tabeli 1. Dodatkowo w tej tabeli znajdują się informacje o liczbie sklepów i liczbie ludności w poszczególnych skupiskach. Tabela 1. jest podstawą konstruowanego narzędzia diagnostycznego i zawiera pogrupowane dane wejściowe.

Tabela 1. Dane wejściowe narzędzia diagnostycznego pogrupowane według regionów

Table 1. Diagnostic tool input data grouped by region

Region	Nazwa miasta (skupisko sklepów)	Liczba ludności	Liczba sklepów w mieście (skupisku)	Długość trasy samochodowej pomiędzy centrum dystrybucji a miastem (skupiskiem)
Wyszków	Warszawa	1,7 mln	80	60 km
	Białystok	295 tys.	22	138 km
Koszalin	Szczecin	409 tys.	29	160 km
Gdańsk	Gdańsk	460 tys.	46	10 km
	Gdynia	249 tys.	21	36 km
Grudziądz	Bydgoszcz	361 tys.	27	74 km
	Olsztyn	175 tys.	14	136 km
	Toruń	204 tys.	19	65 km
Lubin	Zielona Góra	119 tys.	17	45 km
Kostrzyn	Poznań	551 tys.	49	22 km
Sieradz	Łódź	719 tys.	34	64 km
	Częstochowa	234 tys.	14	109 km
Mszczonów	Kielce	201 tys.	10	162 km
	Radom	220 tys.	18	86 km
Lubartów	Lublin	348 tys.	23	26 km
Brzeg	Wrocław	631 tys.	51	43 km
Ruda Śląska	Katowice	307 tys.	19	14 km
Kraków	Kraków	758 tys.	36	10 km
Wojnicz	Rzeszów	182 tys.	16	99 km

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [9, 10, 11, 12]

Source: Own study based on [9, 10, 11, 12]

Z powyższej tabeli wynika, że w narzędziu diagnostycznym będzie uwzględnionych 13 regionów (centrów dystrybucji) oraz 19 skupisk. Na region Grudziądza przypadają trzy skupiska. Na region Wyszkowa, Gdańska, Sierdzia i Mszczonowa przypadają po dwa skupiska. Natomiast na region Koszalina, Lubina, Kostrzyna, Lubartowa, Brzegu, Rudy Śląskiej, Krakowa i Wojnicza przypada po jednym skupisku. 19 skupisk obejmuje łącznie 541 sklepów, co stanowi około 22% wszystkich sklepów. W przypadku występowania w jednym mieście centrum dystrybucji oraz skupiska autor przyjął, że odległość między nimi wynosi 10 km (jest to założenie upraszczające – przyjęto, że w takiej sytuacji CD znajduje się na obrzeżach miasta, a skupisko sklepów w jego centrum).

Podczas przygotowywania danych niezbędnych do konstrukcji modelu diagnostycznego nastąpiły liczne uproszczenia spowodowane brakiem dostępu do danych. Nie umniejsza to w żadnym wypadku użyteczności narzędzia diagnostycznego. Jego najsilniejszą stroną jest uniwersalność i elastyczność. W przypadku zdobycia dodatkowych danych, np. uzyskania dokładnej lokalizacji wszystkich sklepów Biedronka wraz z ich odległością od centrum dystrybucji, można bezproblemowo zmodyfikować i rozszerzyć narzędzie. Innymi słowy, konstruowane w dalszej części artykułu narzędzie może być swobodnie rozszerzane i modernizowane, zgodnie z potrzebą projektujących sieć dystrybucji Biedronki.

OPIS FORMALNY NARZĘDZIA DIAGNOSTYCZNEGO

Celem narzędzia jest wyznaczenie elementów macierzy $\mathbf{X, X=[x_{ij}]_{IxJ}}$ wyjaśniających jak zaopatrywane są skupiska sklepów przez poszczególne centra. Poniżej został przedstawiony zapis formalny narzędzia.

I – *liczba centrów dystrybucji,*

J – *liczba skupisk,*

x_{ij} – *zmienna decyzyjna zero-jedynkowa wyjaśniająca jak zapatrywane jest j – te skupisko przez i – te centrum dystrybucji*

x_{ij} – 1 *jeżeli j – te skupisko jest zaopatrywane przez i – te centrum dystrybucji,*
– 0 *w przeciwnym przypadku.*

W tabeli 2. Przedstawiono zmienne decyzyjne wyjaśniające jak zaopatrywane są skupiska sklepów przez poszczególne centra.

Wynika z niej, że w narzędziu występuje 60 zmiennych decyzyjnych. Zmienna decyzyjna X_{17} oznacza możliwość, że centrum dystrybucji w Wyszkowie obsługuje skupisko w Olsztynie. Autor pracy przyjął, że każde centrum dystrybucji może obsługiwać poza swoim regionem również skupiska

Tabela 2. Zmienne decyzyjne wyjaśniające jak zaopatrywane są skupiska sklepów przez poszczególne centra
Table 2. Decision variables explaining how the store clusters are supplied by individual centers

Skupisko / CD	Warszawa	Białystok	Szczecin	Gdańsk	Gdynia	Bydgoszcz	Olsztyn	Toruń	Zielona Góra	Poznań	Łódź	Częstoch.	Kielce	Radom	Lublin	Wrocław	Katowice	Kraków	Rzeszów
Wyszków	X_{11}	X_{12}					X_{17}							$X_{1\,14}$	$X_{1\,15}$				
Koszalin			X_{23}		X_{25}	X_{26}													
Gdańsk				X_{34}	X_{35}	X_{36}	X_{37}	X_{38}											
Grudziądz				X_{44}	X_{45}	X_{46}	X_{47}	X_{48}											
Lubin									X_{59}	$X_{5\,10}$						$X_{5\,16}$			
Kostrzyn						X_{66}		X_{68}	X_{69}	$X_{6\,10}$	$X_{6\,11}$					$X_{6\,16}$			
Sieradz								X_{78}		$X_{7\,10}$	$X_{7\,11}$	$X_{7\,12}$	$X_{7\,13}$	$X_{7\,14}$		$X_{7\,16}$	$X_{7\,17}$		
Mszczonów	X_{81}										$X_{8\,11}$	$X_{8\,12}$	$X_{8\,13}$	$X_{8\,14}$	$X_{8\,15}$				
Lubartów	X_{91}													$X_{9\,14}$	$X_{9\,15}$				$X_{9\,19}$
Brzeg												$X_{10\,12}$				$X_{10\,16}$			
Ruda Śląska												$X_{11\,12}$				$X_{11\,16}$	$X_{11\,17}$	$X_{11\,18}$	
Kraków												$X_{12\,12}$	$X_{12\,13}$	$X_{12\,14}$			$X_{12\,17}$	$X_{12\,18}$	$X_{12\,19}$
Wojnicz													$X_{13\,13}$					$X_{13\,18}$	$X_{13\,19}$

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [9, 10, 11, 12]

Source: Own study based on [9, 10, 11, 12]

bezpośrednio sąsiadujące pod warunkiem, że odległość pomiędzy CD a skupiskiem nie przekracza 200 kilometrów. Dlatego CD w Wyszkowie może obsługiwać Warszawę i Białystok ze swojego regionu, Lublin z regionu Lubartowa, Radom z regionu Mszczonowa oraz Olsztyn z regionu Grudziądza.

Funkcja kryterium oznaczająca koszty obejmujące przewóz towaru pomiędzy centrami dystrybucji a skupiskami została przedstawiona za pomocą wzoru 1.

$$\textbf{Wzór 1}\ \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} x_{ij}c_{ij} \rightarrow MIN \qquad (1)$$

gdzie: $\boldsymbol{cij}$ – *koszt jednostkowy przewozu towaru pomiędzy i – tym centrum dystrybucji a j – tym skupiskiem*

Koszt jednostkowy c_{ij} można wyrazić wzorem 2.

$$\textbf{Wzór 2}\ c_{ij} = \frac{d_j}{v} * l_{ij} \qquad (2)$$

gdzie: d_j – *popyt j – tego skupiska*

Na popyt skupiska składa się suma popytów sklepów zawierających się w jego obrębie. Autor pracy przyjął, że roczny popyt jednego sklepu wynosi **500 ton** (założenie upraszczające). Kolejna wielkość występująca w funkcji kosztu jednostkowego to v, gdzie:

v – *ładowność samochodu ciężarowego służącego do przewozu dóbr.*

Flota transportowa Biedronki to obecnie ponad 1000 pojazdów o różnej ładowności [9, 10, 11, 12]. Autor pracy przyjął, że narzędzie diagnostyczne będzie wykorzystywało jednakowe samochody ciężarowe o ładowności wynoszącej **20 ton**. Ostatnia wielkość w funkcji kosztu jednostkowego to l, gdzie:

l_{ij} – *odległość pomiędzy i – tym centrum dystrybucji a j – tym skupiskiem.*

Odległości pomiędzy badanymi centrami dystrybucji a skupiskami zostały zaprezentowane w Tabeli 3.

Uwzględniając we wzorze 1 zależności na c_{ij} ze wzoru 2 otrzymamy wzór 3.

$$\textbf{Wzór 3}\ \sum_{i=1}^{13}\sum_{j=1}^{19} x_{ij}\frac{d_j}{v} * l_{ij} \rightarrow MIN \qquad (3)$$

Po uwzględnieniu wartości liczbowych we wzorze 3 otrzymamy następującą postać funkcji celu:

Tabela 3. Odległości pomiędzy badanymi centrami dystrybucji a skupiskami

Table 3. Distances between the examined distribution centers and clusters

Skupisko / CD	Wa-wa	B-stok	Szczecin	Gdańsk	Gdynia	Bydgoszcz	Olsztyn	Toruń	Zielona Góra	Poznań	Łódź	Częstochowa	Kielce	Radom	Lublin	Wrocław	**Katowice**	**Kraków**	**Rzeszów**
Wyszków	60 km	138 km					188 km							134 km	200 km				
Koszalin			160 km		178 km	194 km													
Gdańsk				10 km	36 km	167 km	168 km	170 km											
Grudziądz				109 km	132 km	74 km	136 km	65 km											
Lubin									45 km	161 km						74 km			
Kostrzyn						113 km		132 km	179 km	22 km	181 km					170 km			
Sieradz								193 km		183 km	64 km	109 km	176 km	194 km		156 km	183 km		
Mszczonów	45 km										97 km	172 km	162 km	86 km	198 km				
Lubartów	170 km													129 km	26 km				192 km
Brzeg												141 km				43 km			
Ruda Śląska												91 km				181 km	14 km	89 km	
Kraków												142 km	116 km	171 km			80 km	10 km	175 km
Wojnicz													128 km					73 km	99 km

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [9, 10, 11, 12]

Source: Own study based on [9, 10, 11, 12]

$$x_{11} \cdot \frac{d_1}{v} \cdot 60 + x_{12} \cdot \frac{d_2}{v} \cdot 138 + x_{17} \cdot \frac{d_7}{v} \cdot 188 +$$

$$x_{1\,14} \cdot \frac{d_{14}}{v} \cdot 134 + x_{1\,15} \cdot \frac{d_{15}}{v} \cdot 200 + x_{23} \cdot \frac{d_3}{v} \cdot 160 +$$

$$x_{25} \cdot \frac{d_5}{v} \cdot 178 + x_{26} \cdot \frac{d_6}{v} \cdot 194 + \cdots x_{12\,12} \cdot \frac{d_{12}}{v} \cdot 142 +$$

$$x_{12\,13} \cdot \frac{d_{13}}{v} \cdot 116 + x_{12\,14} \cdot \frac{d_{14}}{v} \cdot 171 + x_{12\,17} \cdot \frac{d_{17}}{v} \cdot 80 +$$

$$x_{12\,18} \cdot \frac{d_{18}}{v} \cdot 10 + x_{12\,19} \cdot \frac{d_{19}}{v} \cdot 175 + x_{13\,13} \cdot \frac{d_{13}}{v} \cdot 128 +$$

$$x_{13\,18} \cdot \frac{d_{18}}{v} \cdot 73 + x_{13\,19} \cdot \frac{d_{19}}{v} \cdot 99 \rightarrow MIN$$

Zmienne decyzyjne podlegają pewnym ograniczeniom. Pierwsze ograniczenie dotyczy nieujemności zmiennych decyzyjnych:

$$x_{11}, x_{12}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{1\,13}, x_{1\,14}, x_{1\,15}, ..., x_{13\,13}, x_{13\,18}, x_{13\,19} \geq 0$$

Drugie ograniczenie dotyczy obsługi każdego skupiska przez dokładnie jedno centrum dystrybucji:

$$x_{11} + x_{81} + x_{91} = 1$$
$$x_{12} = 1$$
$$x_{23} = 1$$
$$x_{34} + x_{44} = 1$$
$$x_{25} + x_{35} + x_{45} = 1$$
$$x_{26} + x_{36} + x_{46} + x_{66} = 1$$
$$x_{17} + x_{37} + x_{47} = 1$$
$$x_{38} + x_{48} + x_{68} + x_{78} = 1$$
$$x_{59} + x_{69} = 1$$
$$x_{5\,10} + x_{6\,10} + x_{7\,10} = 1$$
$$x_{6\,11} + x_{7\,11} + x_{8\,11} = 1$$
$$x_{7\,12} + x_{8\,12} + x_{10\,12} + x_{11\,12} + x_{12\,12} = 1$$
$$x_{7\,13} + x_{8\,13} + x_{12\,13} + x_{13\,13} = 1$$
$$x_{1\,14} + x_{7\,14} + x_{8\,14} + x_{9\,14} + x_{12\,14} = 1$$
$$x_{1\,15} + x_{8\,15} + x_{9\,15} = 1$$
$$x_{5\,16} + x_{6\,16} + x_{7\,16} + x_{10\,16} + x_{11\,16} = 1$$
$$x_{7\,17} + x_{11\,17} + x_{12\,17} = 1$$
$$x_{11\,18} + x_{12\,18} + x_{13\,18} = 1$$
$$x_{9\,19} + x_{12\,19} + x_{13\,19} = 1$$

Ostatnie ograniczenie dotyczy charakteru zmiennych binarnych, które przyjmują wartości zero-jedynkowe.

$$x_{11}, x_{12}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{1\,13}, x_{1\,14}, x_{1\,15}, \ldots, x_{13\,13}, x_{13\,18}, x_{13\,19} \in \{0, 1\}$$

WNIOSKI

Powyższy artykuł dotyczy analizy sieci dystrybucji organizacji Biedronka z perspektywy badań operacyjnych. Do analizy zostało wykorzystane programowanie liniowe, w którym warunki ograniczające oraz funkcja celu są funkcjami liniowymi [8]. Wynikiem tej analiz jest opis formalny autorskiego narzędzia diagnostycznego. Narzędzie umożliwia optymalizację sieci dystrybucji Biedronki z perspektywy kryterium kosztowego obranego przez autora niniejszego artykułu. Rezultat optymalizacji sieci dystrybucji Biedronki zostanie zaprezentowany w kolejnej części artykułu.

LITERATURA

[1] **AMIRTEIMOORI A. 2011.** "An extended transportation problem: a DEA-based approach". Central European Journal of Operations Research. vol. 19, issue 4: 513.

[2] **ANTILL J. M., R. W. WOODHEAD. 1990.** Critical Path Methods in Construction Practice. John Wiley & Sons Ltd, West Sussex.

[3] **CORMEN T. H., C. E. LEISERSON, R. L. RIVEST, C. STEIN. 2009.** Introduction to Algorithms. The MIT Press, Cambridge.

[4] **GAJDA J. B. 2001.** Prognozowanie i symulacja a decyzje gospodarcze. Warszawa: Wydawnictwo C.H. BECK.

[5] **GUO X., X. LIU, Z. ZHAO. 2012.** „Study on Logistics Center Site Selection of Jilin Province". Journal of Software. vol. 7, nr. 8: 1799.

[6] **HUTSON K. R., D. R. SHIER. 2005.** "Bounding Distributions for the Weight of a Minimum Spanning Tree in Stochastic Networks". Operations Research. vol. 53, nr. 5: 879.

[7] **KRAMARZ M. 2011.** „Sieci dostaw jako droga do wzrostu innowacyjności usług w sektorze dystrybucji". Współczesne Zarządzanie. nr 4: 109.

[8] **KUKUŁA K. (red.) 2016.** Badania operacyjne w przykładach i zadaniach. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.

[9] Jeronimo Martins – Poznaj nas, http://karierawjm.pl/poznaj-nas/, Stan na: 14.IV.2014r.

[10] Lista sklepów według producentów i miast, http://www.promoceny.pl/sklepy/, Stan na: 25.IV.2014r.

[11] Obliczanie odległości dla dwóch punktów na całym świecie, http://www.dystans.org/, Stan na: 25.IV.2014r.

[12] Biedronka – nasze sklepy, http://www.biedronka.pl/pl/sklepy,city, Stan na: 27.IV.2014r.

Dr Marek PAWŁOWSKI
Wyższa Szkoła Menedżerska w Warszawie
Mgr Anna KUŁAKOWSKA
Dr Zdzisław PIĄTKOWSKI
Dr Renata SAJECKA
Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania w Warszawie
Mgr Anna WÓJTOWICZ
Szkoła Główna Handlowa w Warszawie

STOSOWANIE EMPOWERMENTU W KOMUNIKACJI INTERPERSONALNEJ I ORGANIZACYJNEJ W PRACY ZAWODOWEJ PRACOWNIKÓW I KADRY KIEROWNICZEJ W ORGANIZACJACH – Część V®

Applying empowerment in the interpersonal communication and organizational in the career of employees and the senior staff in organizations – Part V®

Słowa kluczowe: empowerment, komunikacja interpersonalna, sprawność komunikacji, techniki komunikacji, formy i metody komunikacji, bariery sprawności komunikacji, pracownicy, kadra kierownicza.

Celem artykułu jest zaprezentowanie kolejnego etapu wyników badań ankietowych dotyczących stosowania empowermentu w komunikacji interpersonalnej i organizacyjnej w pracy zawodowej pracowników i kadry kierowniczej w organizacjach. *Upełnomocnienie pracowników i kadry kierowniczej w pracy zawodowej odbywa się również w takich obszarach jak: sprawność komunikacji interpersonalnej, techniki i formy komunikacji interpersonalnej oraz bariery sprawności komunikacji interpersonalnej w pracy zawodowej pracowników i kadry kierowniczej w organizacjach. Badania uwiarygodniają wcześniej postawioną tezę, iż pracownicy partycypując w rolach kierowników: interpersonalnej, informacyjnej i decyzyjnej przyczyniają się do podniesienia sprawności funkcjonowania organizacji oraz identyfikują się z jej celami.*

Key words: empowerment, the interpersonal communication, the efficiency of the transport, techniques of the communication, the form and the method of the communication, barriers of the efficiency of the transport, employees, senior staff.

Presenting the next stage of results of the questionnaire survey concerning applying is a purpose of the article empowerment in the interpersonal and organizational communication in the career of employees and the senior staff in organizations. Authorizing employees and the senior staff in the career also takes place in such areas as: fitness of the interpersonal communication, the technique and the form of the interpersonal communication and the barrier of the fitness of the interpersonal communication in the career of employees and the senior staff in organizations. Examinations are lending credence to the thesis earlier put forward, that for the worker participating in roles of managers: interpersonal, information and decision-making they are contributing to raise the efficiency of functioning of the organization as well as are identifying themselves with her purposes.

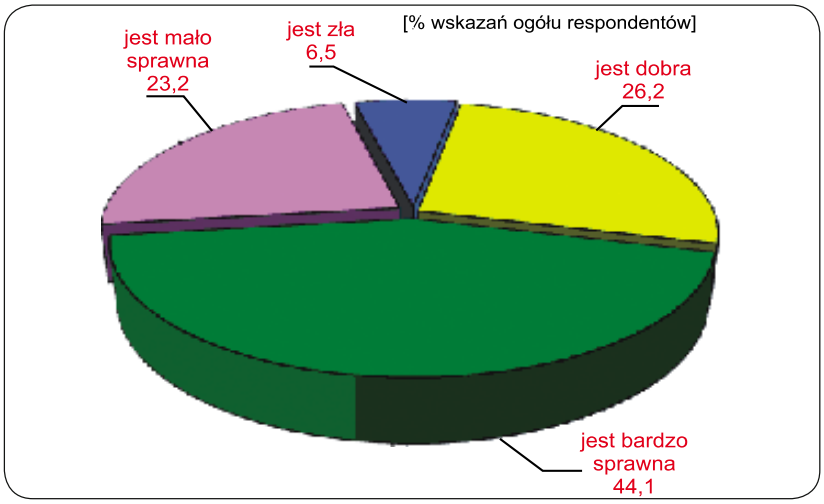
WPROWADZENIE

We współczesnych organizacjach, przy realizacji coraz ambitniejszych zadań, przy coraz większej liczbie przekazywanych informacji, jedną z ważniejszych umiejętności pracowników jest umiejętność efektywnej komunikacji interpersonalnej. M. Armstrong, S. Taylor uważają, że komunikacja interpersonalna dotyczy wymiany informacji i idei w organizacjach [1]. Żeby mógł zajść proces komunikowania się musi być odbiorca i nadawca komunikatu. Skuteczna komunikacja jest wtedy, kiedy odbiorca rozumie informację przekazaną przez nadawcę zgodnie z jego intencjami i założeniami.

Praca menedżerów i kierowników w organizacji polega na motywowaniu pracowników, przekazywaniu celów i zadań do realizacji, delegowaniu uprawnień, zapobieganiu konfliktom lub sytuacjom kryzysowym, organizacji pracy, doskonaleniu wymagań oraz przeobrażeń w strukturze, modelowaniu postaw i wartości oraz przekazywaniu informacji. Pracownicy w organizacji niezależnie od zajmowanego stanowiska pracy, funkcji, którą spełniają w firmie, połowę czasu poświęcają na kontaktowanie się z innymi pracownikami. Niezwykle ważne są sposób i forma komunikowania się z poszczególnymi pracownikami lub całym zespołem. Najczęściej stosowane kanały przekazywania informacji to:

Adres do korespondencji – Corresponding author: Marek Pawłowski, Wyższa Szkoła Menedżerska w Warszawie, ul. Kawęczyńska 36, 03-772 Warszawa, e-mail: drmarekpawlowski@wp.pl

indywidualne rozmowy dwóch osób, zebrania, narady, odprawy, telefony, telefaxy, pisma, raporty, tablice informacyjne, poczta elektroniczna lub nieformalne sieci plotek i pogłosek. A. Pocztowski uważa, że istotną rolą w efektywnym komunikowaniu się odgrywa sprzężenie zwrotne, umożliwiające odbiorcy na bezzwłoczną reakcję uczestniczących stron, w celu wyjaśnienia związanych z nią niejasności oraz umożliwienia nadawcy zorientowania się czy informacja dotarła w spodziewanej przez niego formie i jaką wywołała reakcję odbiorcy [5]. R.W. Griffin pisze, że komunikowanie się w organizacji może ulec zakłóceniu, jeżeli przekazywana informacja jest niedokładna, pomija ważne szczegóły lub nadawca dobiera niewłaściwe słowa lub jeśli odbiorca zapomina całości lub części wiadomości [3]. Identyfikacja tych czynników, które można określić jako bariery komunikacji w organizacji, jest pierwszym krokiem w usprawnieniu sposobu komunikacji interpersonalnej w organizacji oraz formułowaniu zaleceń, których przestrzeganie przyczynia się do podniesienia efektywności komunikowania się w codziennych kontaktach pracowników organizacji. Bariery pojawiają się zarówno na szczeblu jednostek, jak i całej organizacji. Menedżerowie, którzy chcą usprawnić sposób komunikowania, powinni dążyć do doskonalenia zarówno w przekazywaniu informacji jak i doskonaleniu własnego sposobu rozumienia innych pracowników. Efektem skutecznej komunikacji interpersonalnej, oprócz właściwego przepływu informacji i przeciwdziałaniu konfliktom wynikającym z deficytu informacyjnego, jest osiąganie celów na różnych poziomach organizacyjnych, utrzymanie poprawnych relacji organizacji z otoczeniem oraz wzrost motywacji i zaangażowania pracowników przy tworzeniu klimatu zaufania. Korzyści płynące ze sprawnej komunikacji interpersonalnej będą w pełni zadawalające, jeśli pracownicy będą mogli wypowiadać się na temat informacji otrzymanych od kierownictwa oraz wpływać na wydarzenia w organizacji.



Wykres 1. Ocena sprawności komunikacji interpersonalnej i organizacyjnej w pracy zawodowej pracowników i kadry kierowniczej w organizacjach.

Graph 1. Evaluation of the fitness of the interpersonal and organizational communication in the career of employees and the senior staff in organizations.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań empirycznych (badaniem objęto 168 respondentów)

Source: Own drawing up empirical examinations on the base conducted (168 respondents were provided with the examination)

ANALIZA I INTERRPRETACJA BADAŃ EMPIRYCZNYCH

Analizując rozkład wskazań respondentów na pytanie o ocenę sprawności komunikacji interpersonalnej i organizacyjnej w macierzystym przedsiębiorstwie (wykres 1), respondenci udzielili łącznie 168 odpowiedzi, przy czym 44,1% (74 respondentów) oceniło tą komunikację jako bardzo sprawną, a 26,2% (44 respondentów) stwierdziło, że jej jakość jest na dobrym poziomie. Natomiast 23,2% (39 respondentów) oceniło ją jako mało sprawną, a 6,5% (11 respondentów) wskazało, że jest ona zła. Efektywność komunikacji interpersonalnej powinna przebiegać między pracownikami i kierownikami dwukierunkowo i sprawiać, że obie strony są doinformowane. Wymaga pełnego zaangażowania w nią obu stron. Komunikację interpersonalną między kierownictwem a pracownikami ułatwiają nowe technologie: telefony komórkowe, smartfony i Internet. Innowacje pozwalają na mniej kosztowne i częstsze relacje, co znajduje odzwierciedlenie w podejmowanych decyzjach. Nowe technologie komunikacyjne: SMS-y/MMS-y, czat, media społecznościowe, video rozmowy, infokioski i Internet są bezosobową formą kontaktu, co może znaleźć swój oddźwięk w negatywnych relacjach kierownik – pracownik. Zmierzając do wyeliminowania takich sytuacji wskazany jest czasami kontakt telefoniczny lub twarzą w twarz. Osobista komunikacja pomiędzy kierownikami i pracownikami jest ścieżką, która optymalizuje procesy decyzyjne, integruje pracowników z celami organizacji, eliminuje stres i wpływa na jakość pracy. Należy zaznaczyć, iż od pozycji zajmowanej w hierarchii organizacyjnej i od preferowanego stylu kierowania pracownikami, w znacznej mierze zależy jaką formę: miękką czy twardą, przyjmie wymiana informacji.

Analizując rozkład wskazań osób wyróżnionych ze względu na zajmowane przez nich stanowisko (tabela 1), (wykres 2) na pytanie dotyczące sprawności komunikacji interpersonalnej i organizacyjnej w przedsiębiorstwie najwięcej respondentów z grupy: referentów 67,7% (21osób), 52,6% kierowników średniego szczebla zarządzania (10 osób), oraz 50,0% asystentów (4 osoby) oceniło komunikację jako bardzo sprawną. Nieco mniej na ten fakt wskazało 43,7% kierowników najniższego szczebla zarządzania (10 osób), 38,5% samodzielnych specjalistów (10 osób) oraz 38,1% menedżerów (8 osób) i 30,0% specjalistów (12 osób). Natomiast 37,6% (3 osoby z grupy respondentów zajmujących stanowisko asystenta) i 31,6% kierowników średniego szczebla zarządzania (6 respondentów) oraz 30,0% specjalistów (12 z tej grupy respondentów) wskazało jakość jako dobrą. W odróżnieniu od osób z tych grup respondenci z grupy menedżerów 14,3% (3 osoby) oraz 10,5% respondentów pracujących na stanowisku kierowników średniego szczebla (2 osoby tej grupy) oceniali jakość komunikacji interpersonalnej i organizacyjnej jako złą.

Tabela 1. Wskazania respondentów dotyczące sprawności komunikacji interpersonalnej i organizacyjnej w przedsiębiorstwie za względu na zajmowane stanowisko

Table 1. The indications of respondents concerning the fitness of the interpersonal and organizational communication in the enterprise too of account of the taken position

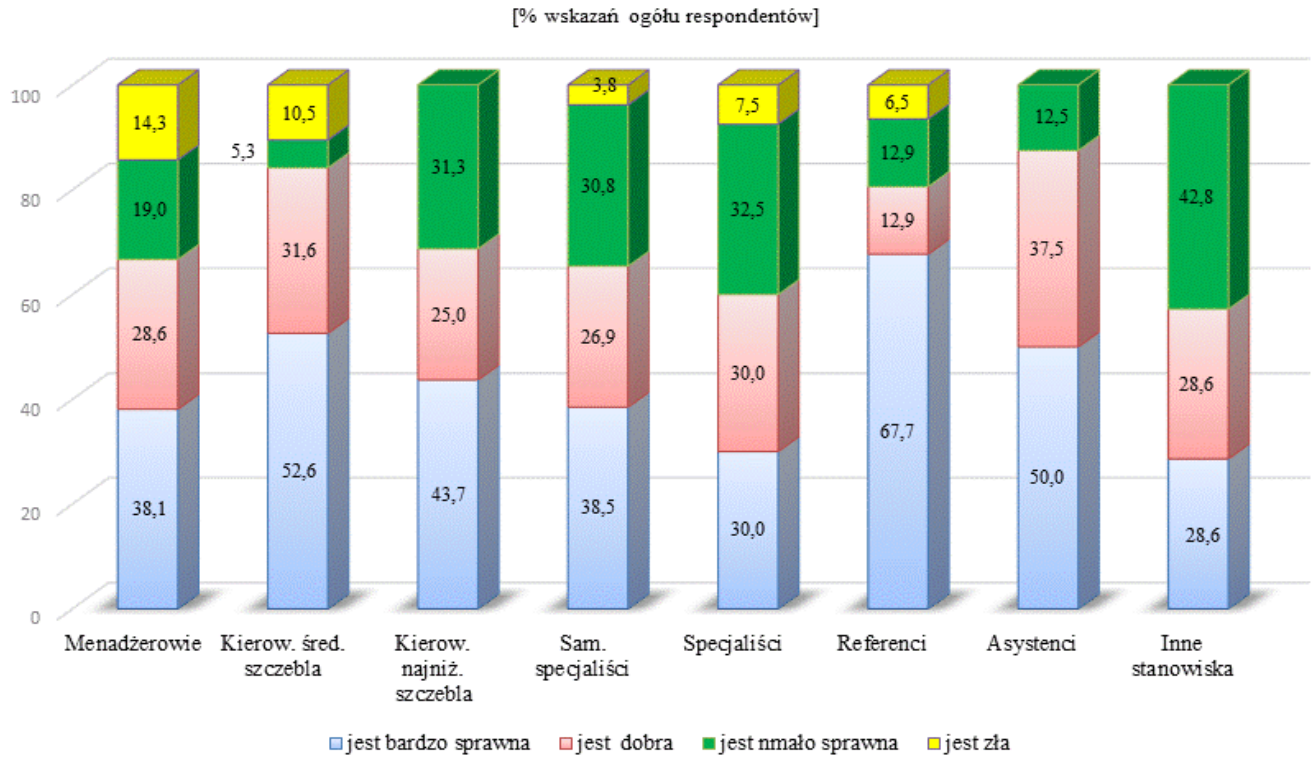
Wersje odpowiedzi	Łączna liczba wskazań	Menedżerowie	Kierownicy średniego szczebla	Kierownicy najniższego szczebla	Samodzielni specjaliści	Specjaliści	Referenci	Asystenci	Inne stanowiska
jest bardzo sprawna	74	8	10	7	10	12	21	4	2
jest dobra	44	6	6	4	7	12	4	3	2
jest mało sprawna	39	4	1	5	8	13	4	1	3
jest zła	11	3	2		1	3	2		

Źródło: Opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań empirycznych (badaniem objęto 168 respondentów)

Source: Own drawing up empirical examinations on the base conducted (168 respondents were provided with the examination)

Biorąc pod uwagę powyższe odpowiedzi respondentów można stwierdzić, iż wprowadzanie empowermentu w macierzystych organizacjach respondentów usprawniło komunikację interpersonalnej i organizacyjną w tych przedsiębiorstwach. Wskazują na to wyniki badań przeprowadzonych w 2009 roku w tych samych organizacjach, kiedy 39% osób ankietowanych wskazywało, że jakość komunikacji jest wystarczająca, a 33,3% stwierdziło, że jej jakość jest na dobrym poziomie [5].

W kolejnej części badań respondenci wskazali najskuteczniejsze techniki komunikacji stosowane w ich macierzystych organizacjach (wykres 3). Z analizy danych zamieszczonych na wykresie 3 wynika, że respondenci najczęściej odpowiadali, że w codziennej pracy najskuteczniejszą formą komunikacji są zebrania z przełożonymi 85,7% (144 osoby ankietowane). Stosunkowo duży odsetek respondentów wskazał, że skutecznym sposobem komunikowania się w ich organizacjach jest poczta elektroniczna 79,8% (134 osoby) i tablica ogłoszeń 62,5% (105 osób ankietowanych). Nieco mniej respondentów wskazało imprezy integracyjne 54,8% (92 osoby) jako skuteczną technikę przekazywania informacji, natomiast, aż 60,7% ogółu respondentów (102 pracowników ankietowanych) wskazała, że nie ufa nieformalnym sposobom przekazywania informacji (plotkom, rozmowom korytarzowym), a 45,2% (76 osób) informacjom przekazywanym na spotkaniach integracyjnych. Na podstawie badania przeprowadzonego przez Joe Labianca wraz z Travisem J. Grosserem i Virginie Lopez-Kidwell, w jednej



Wykres 2. Wskazania respondentów dotyczące sprawności komunikacji interpersonalnej i organizacyjnej w przedsiębiorstwie za względu na zajmowane stanowisko.

Graph 2. The indications of respondents concerning the fitness of the interpersonal and organizational communication in the enterprise too of account of the taken position.

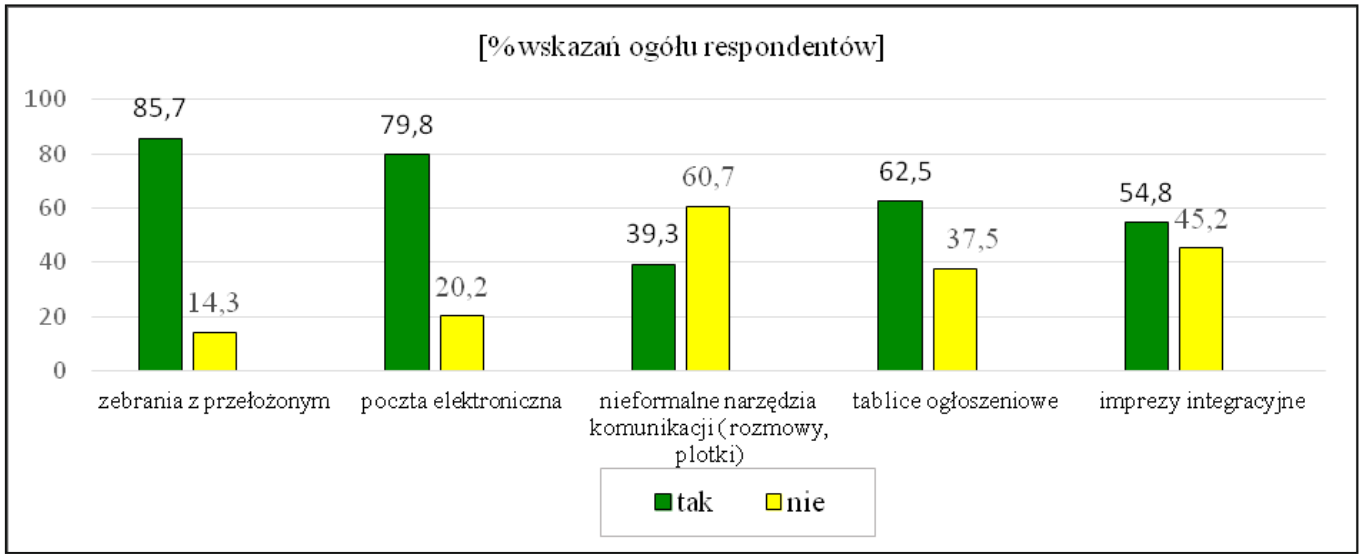
Źródło: Opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań empirycznych (badaniem objęto 168 respondentów)

Source: Own drawing up empirical examinations on the base conducted (168 respondents were provided with the examination)

z amerykańskich firm wiemy, że menedżerowie traktują plotki niemal jako dywersję. Przeprowadzone badanie dowiodło, że im więcej dana osoba plotkuje, tym większy nieformalny wpływ wywiera na swoich współpracowników. Jest to siła budująca demokrację. Wyrównuje ona układ sił na linii menedżerowie – pracownicy i stanowi zagrożenie dla tych menedżerów, którzy pragną sprawować pełną kontrolę. Nie jest więc zaskoczeniem, że kiedy w ramach przeprowadzonego badania poproszono menedżerów, by ocenili wyniki pracowników, przyznali niższe oceny tym, którzy więcej plotkowali. Działo się tak niezależnie od tego, czy plotki miały charakter negatywny czy pozytywny. Można z tego wnioskować, iż menedżerowie uważają każdy rodzaj plotek za zjawisko negatywne [5]. Plotki wynikające z braku komunikacji, mogą wygenerować ogromne straty dla organizacji i długoterminowe koszty zarówno finansowe, jak i te poważniejsze, związane z zaufaniem do kadry zarządzającej organizacją.

Analizując rozkład wskazań respondentów ze względu na zajmowane przez nich stanowisko służbowe na pytanie dotyczące stosowania najskuteczniejszych technik komunikacji interpersonalnej w organizacji, 100% kierowników średniego szczebla zarządzania (19 respondentów z tej grupy ankietowanych), 90,5% menedżerów (19 respondentów), 87,5% kierowników najniższego szczebla zarządzania i specjalistów (14 kierowników i 35 specjalistów) wskazało jako najskuteczniejszą technikę komunikacji zebrania z przełożonymi. Za drugą ze skutecznych technik komunikowania się interpersonalnego w macierzystych organizacjach respondentów, ankietowani uznali pocztę elektroniczną. Tą technikę wskazało 87,5% (14 osób z tej grupy respondentów), 85,7% menedżerów (18 osób z tej grupy respondentów), 82,5% specjalistów (33 osoby z tej grupy respondentów) oraz 78,9% kierowników średniego szczebla zarządzania (15 osób z tej grupy respondentów). Poczta elektroniczna może pochłaniać i odciągać pracowników od wykonywanych zadań, gdy bardzo często sprawdzają oni swoją skrzynkę i odczytują wiadomość od razu po jej nadejściu, a następnie odpowiadają na nią nadawcy. Jest to szczególnie dysfunkcyjne w pracy koncepcyjnej, która wymaga skupienia się przez dłuższy czas na jednym zadaniu bez odrywania się od niego. Badania pokazują, iż wielu pracowników nie jest świadomych tego, jak często „przełączają się" pomiędzy podstawowymi zadaniami, a czytaniem wiadomości otrzymanych pocztą elektroniczną [7]. Nieco mniejszy odsetek respondentów zajmujący stanowisko referentów 80,6% (25 osób z tej grupy respondentów), menedżerów 66,6% (14 osób z tej grupy respondentów) oraz samodzielnych specjalistów 53,8% (14 osoby z tej grupy respondentów) wskazało na tablice informacyjne. Tablice informacyjne umieszczane są zazwyczaj w okolicach wejść, pomieszczeń socjalnych, sekretariatów. Niektóre organizacje wykorzystują także plazmowe tablice informacyjne. Z pewnością jest to jedna z najtańszych i najprostszych form informowania pracowników w organizacji.

Analizując rozkład odpowiedzi respondentów na pytanie dotyczące najskuteczniejszych form komunikacji pracowników z ich przełożonymi po otrzymaniu delegacji władzy w ich macierzystych organizacjach (wykres 4), ankietowani wskazali pocztę elektroniczną 73,8% (124 respondentów) oraz komunikację ustną podczas indywidualnych spotkań z przełożonym 73,2% (123 respondentów). Ważną techniką komunikacji interpersonalnej w organizacji jest bezpośredni kontakt między pracownikami. Komunikowanie się za pomocą przemówienia, może być formą przekazu informacji od menadżerów do podwładnych lub od podwładnych do przełożonych. Nic tak nie motywuje zespołu jak odpowiednie przemówienie i nic tak nie zmniejsza zaangażowania pracowników jak nieprecyzyjnie przekazana informacja dotycząca zlecanych zadań do realizacji. Poinformowany pracownik pracuje efektywniej i bezpieczniej, a nieprawidłowy przepływ informacji skutkuje pojawieniem się konfliktów w organizacji. Komunikacja za pomocą poczty elektronicznej



Wykres 3. Techniki komunikacji interpersonalnej i jej efektywność w pracy zawodowej pracowników i kadry kierowniczej w organizacjach.

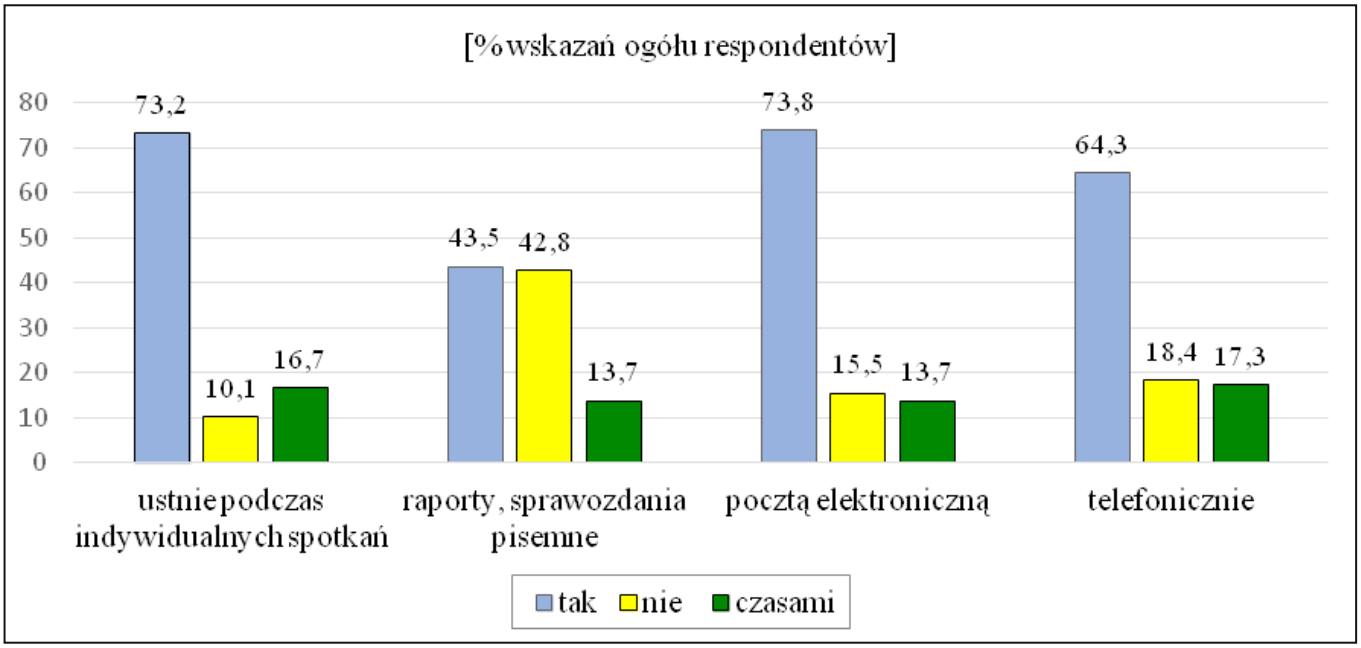
Graph 3. Techniques of the interpersonal communication and her effectiveness in the career of employees and the senior staff in organizations.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań empirycznych (badaniem objęto 168 respondentów)

Source: Own drawing up empirical examinations on the base conducted (168 respondents were provided with the examination)

wymaga dokładnego dopracowania pod względem merytorycznym treści przekazywanych informacji. Dzięki odpowiedniemu dopracowaniu listu elektronicznego tj. poprawnej ortografii, interpunkcji, budowie zdań, stosowaniu odpowiednich form grzecznościowych, może stać się pozytywną reklamą naszej organizacji. Nieco mniej, bo tylko 64,3% (108 osób ankietowanych) wskazało, że skuteczną formą komunikacji z ich przełożonymi jest rozmowa telefoniczna. Przystępując do analizowania odsetek respondentów z wyróżnionych ze względu na zajmowane przez nich stanowisko służbowe 87,5% specjalistów (35 osób z tej grupy respondentów), 76,2% menedżerów (16 osób z tej grupy respondentów), 73,1% samodzielnych specjalistów (19 osób z tej grupy respondentów), oraz 71,4% kierowników średniego szczebla zarządzania (15 osób z tej grupy respondentów) wskazało, że po otrzymaniu delegacji władzy najskuteczniejszą formą komunikacji z przełożonym są indywidualne spotkania z menedżerem. Taka forma komunikacji nie dziwi autorów artykułu, bowiem pozwala na natychmiastowe sprzężenie zwrotne (w bezpośrednim sposobie porozumiewania się), konsultowanie bieżących spraw, czy demontowanie plotek. Ponadto sprzyja budowaniu polityki otwartości w organizacji. Nieco mniej respondentów, bo 66,6% menedżerów (14 osób z tej grupy respondentów) i 61,3% referentów (19 osób z tej grupy respondentów), 60,0% specjalistów (24 osoby z tej grupy respondentów), wskazało na przekazywanie informacji swoim przełożonym w formie raportów i sprawozdań. 87,5% kierowników najniższego szczebla zarządzania (14 osób z tej grupy respondentów), 84,2% kierowników średniego szczebla zarządzania (16 osób z tej grupy respondentów) oraz 80,0% specjalistów (32 respondentów) wskazało, że kontaktuje się ze swoim przełożonym przy pomocy poczty elektronicznej. Niewątpliwie do zalet takiej formy komunikacji należy: prędkość dostarczenia informacji, obniżenie kosztów operacyjnych, oszczędność czasu, przyśpieszenie pracy oraz możliwość wysyłania całych plików dokumentów, a jednocześnie łatwość obsługi [8]. 80,9 % menedżerów (17 osób z tej grupy respondentów) oraz 73,7% kierowników średniego szczebla zarządzania (14 osób z tej grupy respondentów) i 60,0% specjalistów (24 osoby z grup ankietowanych) wskazało na przekazywanie informacji w rozmowie telefonicznej.

W kolejnym punkcie respondenci mieli odpowiedzieć na pytanie Jakie bariery komunikacyjne występują w badanych organizacjach?: zła komunikacja między działami, zbyt długi czas przepływu informacji z górnych szczebli na dół, blokowanie informacji przez pracowników, sprzeczność w przekazywaniu informacji, duża rola plotki w przedsiębiorstwie, nadmierna ilość informacji, blokowanie informacji przez przełożonych? Respondenci mogli wskazać kilka odpowiedzi. Analiza wyników została przedstawiona na wykresie 5. 51,7% respondentów (87 ogółu osób ankietowanych) wskazało na złą komunikację między działami, a 34,5% ankietowanych (58 ogółu badanych osób) na blokowanie przekazywanych informacji przez pracowników a także przez przełożonych 33,3% (56 osób ankietowanych). Respondenci wskazali jeszcze na zbyt długi przepływ informacji z góry na dół 32,7% (55 osób ankietowanych) oraz na dużą rolę plotki w organizacji 27,9% (47 osób ankietowanych). Powyższe odpowiedzi osób ankietowanych wskazują, że 60,7% respondentów nie ufa plotkom w organizacji i sądzi, że to, poważna bariera w poprawnej komunikacji interpersonalnej, natomiast 26,7% (45 osób ankietowanych) uważa, że sprzeczność w przekazywanych informacjach to kolejna bariera w prawidłowej komunikacji. Przekazywanie przez jednego z rozmówców komunikatów niosących sprzeczne treści doprowadza do tego, iż po pewnym czasie także drugi z nich zaczyna wysyłać niespójne informacje. 23,2% (39 respondentów)



Wykres 4. Formy komunikacji interpersonalnej pracowników z przełożonym po otrzymaniu delegacji władzy.
Graph 4. Forms of the interpersonal communication of employees with the superior after receiving the delegation of the power.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań empirycznych (badaniem objęto 168 respondentów)

Source: Own drawing up empirical examinations on the base conducted (168 respondents were provided with the examination)

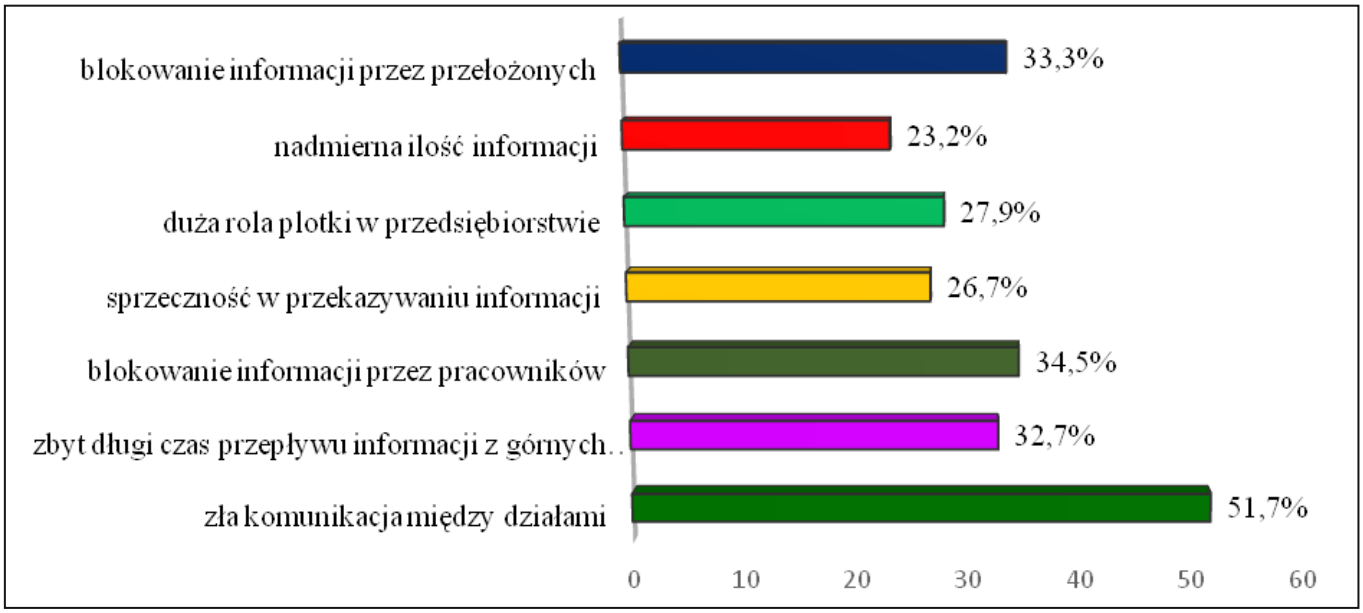
wskazało na przekazywanie nadmiernej ilości informacji. Przeładowanie informacyjne to psychiczny stan charakteryzujący pracownika, który przeżywa stres - negatywne odczucia spowodowane faktem, że rozwiązywanie problemów zawodowych jest znacznie utrudnione z powodu nadmiaru dostępnych informacji. Nadmiar informacji powoduje rosnący deficyt uwagi, ma zatem negatywny wpływ na efektywność pracy. W badaniu przeprowadzonym wśród pracowników biurowych przez *Institute for The Future* stwierdzono, że pracownicy biurowi otrzymywali dziennie około 200 wiadomości, 71% było z tego powodu „zestresowanych", a 60% „przytłoczonych"[6].

Analizując rozkład wskazań osób wyróżnionych ze względu na zajmowane przez nich stanowisko na pytanie dotyczące barier w sprawności komunikacji interpersonalnej w organizacji, ankietowani zajmujący stanowisko kierownika średniego szczebla zarządzania 73,7% (14 osób z tej grupy respondentów), samodzielnych specjalistów 61,5% (16 osób z tej grupy respondentów) oraz 54,8% referentów (17 osób z tej grupy respondentów) wskazało na złą komunikację między działami. Na zbyt długi czas przepływu informacji z górnych szczebli zarządzania na dół wskazało 31,5% kierowników średniego szczebla zarządzania (6 osób z tej grupy respondentów). Kolejną barierą w sprawności komunikacji interpersonalnej w organizacji wśród pracowników otrzymujących delegację władzy jest blokowanie informacji przez pracowników. Na ten problem wskazało 50,0% kierowników najniższego szczebla zarządzania (8osób z tej grupy respondentów), 42,8% menedżerów (9 osób z tej grupy respondentów) oraz 36,8% kierowników średniego szczebla zarządzania (7 osób z tej grupy respondentów). Respondenci zajmujący stanowisko kierownika najniższego szczebla zarządzania 43,7% (7 osób z tej grupy respondentów) i 29,0% referentów (9 osób z tej grupy respondentów) wskazali także na barierę jaką jest sprzeczność w przekazywaniu informacji. Kolejną z barier jaką wskazały osoby ankietowane była nadmierna ilość przekazywanych informacji. Tę przeszkodę wskazało najwięcej pracowników na stanowisku kierowników najniższego szczebla 50,0% (8 osób z tej grupy respondentów), i 38,1% menedżerów (8 osób z tej grupy respondentów) a nieco mniej kierowników średniego szczebla zarządzania 26,3% (5 osób z tej grupy respondentów) i samodzielnych specjalistów 23,1% (6 osób z tej grupy respondentów). Ostatnią z barier utrudniającą sprawne komunikowanie się pracowników w organizacji po otrzymaniu delegacji władzy jest blokowanie informacji przez przełożonych. Na tą przeszkodę wskazało najwięcej osób zajmujących stanowiska kierowników średniego szczebla zarządzania (7 osób z tej grupy respondentów), 32,5% specjalistów (13 osób z tej grupy respondentów), 30,7% samodzielnych specjalistów (8 osób z grup badanych respondentów).

Istnienie barier sprawności interpersonalnej implikuje źródło konfliktów w relacjach przełożony – podwładny. W takiej sytuacji pojawia się kwestia przyjęcia metod i technik neutralizujących zaistniałe konflikty. Jak należy wówczas zareagować? Należy odwołać się do filozofii empowermentu, która w wędrówce przez chaos organizacyjny pozwoli zapanować nad różnorodnością i przekierunkować negatywny potencjał na racjonalne działanie.

Thomas Gordon proponuje następujący tryb postępowania:

1. Wysłuchaj pracownika w atmosferze empatii, nie zajmuj jednak stanowiska w sprawie problemu. Zaproponuj drogi/techniki jego rozwiązania;
2. Jeżeli znajdziecie dobre rozwiązanie, rozmowa się kończy. Jeżeli rozwiązanie nie zostanie znalezione, zaproponuj swojemu rozmówcy, aby zwrócił się bezpośrednio do przełożonego, stosując komunikat JA;



Wykres 5. Bariery sprawności komunikacji interpersonalnej w pracy zawodowej pracowników i kadry kierowniczej w organizacjach.

Graph 5. Barriers of the fitness of the interpersonal communication in the career of employees and the senior staff in organizations.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań empirycznych (badaniem objęto 168 respondentów)

Source: Own drawing up empirical examinations on the base conducted (168 respondents were provided with the examination)

3. Jeżeli pracownik obawia się takiej rozmowy, zaproponuj, żeby rozwiązać problem we trójkę;
4. Jeżeli i na to się nie zgodzi, wyjaśnij, że nie podejmiesz żadnej decyzji pod nieobecność szefa. Nie wolno dać się wciągnąć w rozwiązywanie problemu. Problem powinni rozwiązać sami zainteresowani. Ty możesz być jedynie moderatorem, ale nigdy arbitrem [2].

Proponowany scenariusz nie ma wymiaru uniwersalnego, który może być stosowany w różnych konfiguracjach negatywnych sytuacji organizacyjnych. Jest on tylko drogowskazem, który wykorzystując wytyczne empowermentu ułatwia wejście na ścieżki prowadzące do zneutralizowania kryzysów o wymiarze konfliktowym [4]. Podejście to posiada szczególne znaczenie wówczas, kiedy na wymiar opiniotwórczy pracowników wpływają osoby charyzmatyczne, tzw. szare eminencje. Osoby te dysponując dużymi możliwościami oddziaływania na pracowników, mogą niejednokrotnie przyblokować proces decyzyjny i osłabić skuteczność funkcjonowania organizacji w dynamicznym otoczeniu.

WNIOSKI

Z filozofii empowermentu wypływają sugestie, iż w podejmowaniu decyzji powinni współuczestniczyć ludzie, którzy będą ich wykonawcami. Partycypacja pracowników w podejmowaniu decyzji usprawnia proces komunikacji pomiędzy nimi i kierownictwem, podnosi jakość realizowanych zadań, a także eliminuje konflikty. Pracownicy decyzje traktują jako swoje, a nie jako wymuszone przez kierownictwo. Przy określaniu kompetencji decyzyjnych pracowników celowe byłoby zastosowanie reguły: co nie jest zakazane, jest dozwolone, tym bardziej, że ubezwłasnowolnienie decyzyjne pracowników niszczy ich kreatywność.

Stosowanie empowermentu w komunikacji interpersonalnej i organizacyjnej w pracy zawodowej pracowników i kierowników pozwala na:

- Wyeliminowanie permanentnego kontrolowania, które ubezwłasnowolnia pracowników i czyni ich zestresowanymi i wypalonymi zawodowo,
- Partycypowanie pracowników w podejmowaniu decyzji, co eliminuje stanowiska stresogenne oraz absencję i fluktuację pracowników,
- Osiągnięcie mistrzostwa osobistego w korzystaniu z szerokiego spektrum uzdolnień innych kierowników i pracowników funkcjonujących w wielokulturowym życiu organizacji,
- Wykorzystywanie podejścia systemowego w realizacji funkcji zarządzania,
- Kształtowanie wspólnej wizji rozwoju i ekspansji organizacji w turbulentnym otoczeniu.

LITERATURA

[1] **ARMSTRONG M., S. TAYLOR. 2016.** Zarządzanie zasobami ludzkimi. Warszawa: Wolters Kluwer: 530.

[2] **GORDON T. 2000.** Wychowanie bez porażek szefów, liderów, przywódców. Warszawa: Instytut Wydawniczy PAX.

[3] **GRIFFIN R.W. 2004.** Podstawy zarządzania organizacją. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN: 597.

[4] **MAZUR K., Z. PIĄTKOWSKI, Ł. GORYSZEWSKI, A. KUŁAKOWSKA, G. RATYŃSKA. 2010.** „Empowerment w przedsiębiorstwach w świetle przeprowadzonych badań ankietowych". Zarządzanie. Teoria i Praktyka Nr 2/2010, Wyższa Szkoła Menedżerska w Warszawie: 124.

[5] **POCZTOWSKI A. 2008.** Zarządzanie zasobami ludzkimi. Strategie – procesy -metody. Warszawa: Wydanie II, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne: 216-217.

NETOGRAFIA:

[6] **FAZLAGIĆ J. A. 2010.** Zjawisko „nadmiaru informacji" a współczesna edukacja, [za] **GOLDHABER M. H. 2010.** Attention: The System of Post Industrialism?, „Z papers" t. 1, nr 2.http://http://www.e-mentor.edu.pl., Dwumiesięcznik Szkoły Głównej Handlowej, **nr 4 (36) / 2010.**

[7] **LABIANCA J. 2018.** Plotkowanie w pracy nie jest nieprofesjonalne, https://www.hbrp.pl z dnia 22.04.2018.

[8] **WRÓBEL P. 2018.** Konsekwencje stosowania poczty elektronicznej z perspektywy organizacji i pracowników, http://www.e-mentor.edu.pl» e-biznes, Dwumiesięcznik Szkoły Głównej Handlowej nr 2 (44)/2012, z dnia 21.04.2018.

LISTA RECENZENTÓW ARTYKUŁÓW PUBLIKOWANYCH W CZASOPIŚMIE „POSTĘPY TECHNIKI PRZETWÓRSTWA SPOŻYWCZEGO”

Prof. dr hab. inż.	Igor	AREFYEV	Sankt-Petersburg (Federacja Rosyjska/Russia)
Prof.	Sa’eed	BAWA	Trinidad (Republic of Trinidad and Tobago)
Prof. dr hab.	Honorata	DANILCENKO	Wilno (Litwa/Lituania)
Dr hab.	Oleksandr	DATSIL	Kijów (Ukraina/Ukraine)
Prof. dr hab. inż.	Petr	DOLEŽAL	Brno (Czechy/Czech Republic)
Doc. dr hab.	Eva	DOLINSKA	Presov (Słowacja/Slovakia)
Prof. dr hab. inż.	Andrzej	DOWGIAŁŁO	Koszalin (Polska/Poland)
Dr. sc. ing.	Paweł	GÓRNAS	Duopele (Łotwa/Latvija)
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)
Ing. ph D	Eva	IVANIŠOVÁ	Nitra (Słowacja/Slovakia)
Prof. dr hab.	Tamara Wiktoriwna	IVANOWA	Kijów (Ukraina/Ukraine)
Prof. dr	Elvyra	JARIENE’	Wilno (Litwa/Lituania)
Doc. ph. dr	Martina	KÁŠOVÁ	Presov (Słowacja/Slovakia)
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 inż.	Joanna	PIEPIÓRKA-STEPUK	Koszalin (Polska/Poland)
Dr hab. inż.	Antoni	PLUTA	Prof. (SGGW), Warszawa (Polska/Poland)
Prof. dr hab.	Janusz	POSPOLITA	Opole (Polska/Poland)
Prof. ing. DrSc.	František	RIEGER	Praga (Czechy/Czech Republic)
Prof. dr hab.	Włodzimierz	RUDENKO	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.	Květoslava	ŠUSTOVÁ	Brno (Czechy/Czech Republic)
Dr hab. inż.	Krzysztof	ŚMIECHOWSKI	Prof. (UTH), Radom (Polska/Poland)
Prof. dr hab.	Franciszek	ŚWIDERSKI	Warszawa (Polska/Poland)
Dr inż.	Urszula	TYLEWICZ	Bolonia (Włochy/Italy)
Doc. ing. DrSc.	Pavel	VESELY	Brno (Czechy/Czech Republic)
Dr	Oleksandra	VASYLIEVA	Kijów (Ukraina/Ukraine)
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 authovship" 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 przesyłać na adres: WYŻSZA SZKOŁA MENEDŻERSKA
  Redakcja czasopisma „Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego"
  ul. Kawęczyńska 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