



ŻYWNOŚĆ

Nauka Technologia Jakość

FOOD

Science Technology Quality

Nr 1 (122)

Kraków 2020

Rok 27

Redaktor naczelny: prof. dr hab. Lesław Juszczyk; e-mail: rrjuszcz@cyf-kr.edu.pl; tel. 12 662-47-78
Zastępca redaktora naczelnego: dr hab. inż. Mariusz Witczak, prof. UR
Sekretarz redakcji (kontakt z autorami): mgr inż. Jadwiga Ślawska; e-mail: redakcja@pttz.org; tel. 12 662-48-30; 609-800-458

Redaktorzy tematyczni: prof. dr hab. Grażyna Jaworska (żywność pochodzenia roślinnego), prof. dr hab. Danuta Kołozyn-Krajewska (mikrobiologia, bezpieczeństwo i higiena żywności), prof. dr hab. Krzysztof Krygier (technologia tłuszczów, żywność funkcjonalna), prof. dr hab. Irena Ozimek (zachowania konsumentów na rynku żywności), prof. dr hab. Edward Pospiech (nauka o mięsie), dr hab. Anna S. Tarczyńska (mleczarstwo, zarządzanie jakością)

Redaktor językowy (język polski): dr Anna Piechnik

Native speaker: Stanley Holt (Bolton, UK)

Redaktor statystyczny: dr hab. Mariusz Witczak

Stali współpracownicy: dr Grażyna Morkis (Kraków)

Rada Naukowa: prof. dr hab. Tadeusz Sikora (przewodniczący), prof. dr hab. Barbara Baraniak, prof. dr Henryk Daun (USA), prof. dr hab. Teresa Fortuna, prof. dr hab. Mariola Friedrich, prof. dr Józef Golian (Słowacja), prof. dr hab. Anna Gramza-Michałowska, prof. dr hab. Waldemar Gustaw, prof. dr Jerzy Jankun (USA), prof. dr hab. Henryk Jeleń, prof. dr Miroslava Kačániová (Słowacja), prof. dr hab. Agnieszka Kita, prof. dr Józef Korolczuk (Francja), prof. dr hab. Andrzej Lenart, prof. dr hab. Zdzisława Libudzisz, prof. dr hab. Katarzyna Majewska, prof. dr hab. Jan Oszmiański, prof. dr hab. Mariusz Piskula, prof. dr Jan Pokorný (Czechy), prof. dr Roman Przybylski (Kanada), prof. dr hab. Piotr Przybyłowski, prof. dr hab. Zdzisław E. Sikorski, dr Andrzej Sośnicki (USA), prof. dr hab. Krzysztof Surówka, prof. dr hab. Tadeusz Trziszka, prof. dr hab. Stanisław Tyszkiewicz, prof. dr hab. Dorota Witrowa-Rajchert, dr John Wojciak (Kanada).

WYDAWCA: POLSKIE TOWARZYSTWO TECHNOLOGÓW ŻYWNOSTI WYDAWNICTWO NAUKOWE PTTŻ

W latach 1994-1999 wydawcą czasopisma był Oddział Małopolski PTTŻ

© Copyright by Polskie Towarzystwo Technologów Żywności, Kraków 2020
Printed in Poland

e-ISSN 2451-0777 ISSN 2451-0769

Czasopismo w postaci elektronicznej jest wersją główną (pierwotną)

ADRES REDAKCJI: 30-149 KRAKÓW, ul. Balicka 122

Projekt okładki: Jolanta Czarnecka

Zdjęcie na okładce: mikelaptev-Fotolia.com

SKŁAD I DRUK:



Wydawnictwo Naukowe „Akapit”, Kraków

Tel. 608 024 572

e-mail: wn@akapit.krakow.pl; www.akapit.krakow.pl

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość

Organ naukowy PTTŻ – kwartalnik

Nr 1 (122)

Kraków 2020

Rok 27

SPIS TREŚCI

Od Redakcji	3
PIOTR DOMARADZKI, MARIUSZ FLOREK, ZYGMUNT LITWIŃCZUK: Kształtowanie profilu smakowo-zapachowego mięsa wołowego w procesie dojrzewania na sucho	5
MARTA LISZKA-SKOCZYLAŚ: Wpływ nawożenia roślin ziemniaka (<i>Solanum tuberosum</i> L.) na zawartość i jakość skrobi w bulwach	31
SYLWIA PTAK, ARKADIUSZ ŻARSKI, JANUSZ KAPUŚNIAK: Aspekty technologiczne, ekonomiczne i zdrowotne zastosowania promieniowania mikrofalowego w obróbce żywności	47
IZABELLA KWAŚNIEWSKA-KAROLAK, RADOŚLAW MOSTOWSKI: Wpływ preparatów enzymatycznych na trwałość pieczywa mieszanego wytworzonego na zakwasie i przechowywanego w warunkach zamrażalniczych	63
ALEKSANDRA SADOWSKA, ANNA DIOWSZ: Wpływ transglutaminazy na objętość właściwą i porowatość miększu bezglutenowego chleba gryczanego	74
ELŻBIETA ROSIAK, BEATA MADRAS-MAJEWSKA, MATEUSZ GEMBA: Wybrane metody oceny jakości mikrobiologicznej miodów lipowych i akacjowych dostępnych na polskim rynku	85
LIDIA PIEKARSKA-RADZIK, ELŻBIETA KLEWICKA: Wpływ preparatu z jagód acai (<i>Euterpe oleracea</i>) na właściwości powierzchniowe, autoagregację i tworzenie biofilmu przez bakterie z rodzaju <i>Lactobacillus</i>	96
ROBERT GAJDA, DANUTA KOŁOŻYŃ-KRAJEWSKA: Ekonomiczny aspekt bezpieczeństwa żywnościowego w gospodarstwach domowych osób starszych z uwzględnieniem wybranych cech socjodemograficznych	111
KATARZYNA NEFFE-SKOCIŃSKA, MARZENA TOMASZEWSKA, BEATA BILSKA, DANUTA KOŁOŻYŃ-KRAJEWSKA: zachowania starszych konsumentów wobec zjawiska marnotrawstwa żywności	122
KATARZYNA ROLF, BARBARA PIETRUSZKA, IZABELA BARAN, GRAŻYNA JAWORSKA: Występowanie zespołu słabości oraz ryzyka żywieniowego wśród osób starszych korzystających z dziennych domów seniora	137
MAGDALENA PILSKA: Wiedza i postrzeganie tłuszczów a zwyczaje żywieniowe polskich konsumentów produktów do smarowania pieczywa	148
RADOŚLAW KOWALSKI, JAKUB WYROSTEK, GRAŻYNA KOWALSKA, URSZULA PANKIEWICZ: Wpływ ultradźwięków na stężenie wybranych związków bioaktywnych w naparach z mięty pieprzowej, rumianku pospolitego oraz kawy	164
GRAŻYNA MORKIS: Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym	175
LESŁAW JUSZCZAK: Nowe książki	178
Z żałobnej karty: Prof. dr hab. inż. Tadeusz Kołczak 1938 - 2019	181
Technolog Żywności	184

Zamieszczone artykuły są recenzowane

Czasopismo jest referowane przez: Chemical Abstracts Service, IFIS, Scopus, AGRO, BazEkon, Index Copernicus, CrossRef

FOOD. Science. Technology. Quality

The Scientific Organ of Polish Food Technologists' Society (PTTŻ) – quarterly

No 1 (122)

Kraków 2020

Vol. 27

CONTENTS

From the Editor	3
PIOTR DOMARADZKI, MARIUSZ FLOREK, ZYGMUNT LITWIŃCZUK: Shaping flavour profile of beef meat during dry ageing process	5
MARTA LISZKA-SKOCZYLAŚ: Effect of potato plants (<i>Solanum tuberosum</i> L.) fertilization on content and quality of starch in tubers	31
SYLWIA PTAK, ARKADIUSZ ŻARSKI, JANUSZ KAPUŚNIAK: Technological, economic and health aspects of application of microwave radiation in food processing	47
IZABELLA KWAŚNIEWSKA-KAROLAK, RADOSŁAW MOSTOWSKI: Effect of enzyme preparations on durability of mixed bread made with sourdough and stored under freezing conditions	63
ALEKSANDRA SADOWSKA, ANNA DIOWKSZ: Effect of transglutaminase on specific volume and crumb porosity of gluten-free buckwheat bread	74
ELŻBIETA ROSIAK, BEATA MADRAS-MAJEWSKA, MATEUSZ GEMBA: Selected methods of microbiological quality assessment of lime and acacia honeys available on Polish market	85
LIDIA PIEKARSKA-RADZIK, ELŻBIETA KLEWICKA: Effect of açai berry (<i>Euterpe oleracea</i>) extract on surface properties, autoaggregation, and biofilm formation by bacteria of <i>Lactobacillus</i> genus	96
ROBERT GAJDA, DANUTA KOŁOŻYŃ-KRAJEWSKA: Economic aspect of food security in households of the elderly people including selected socio-demographic features	111
KATARZYNA NEFFE-SKOCIŃSKA, MARZENA TOMASZEWSKA, BEATA BILSKA, DANUTA KOŁOŻYŃ-KRAJEWSKA: Older consumers' behaviour towards food waste occurrence	122
KATARZYNA ROLF, BARBARA PIETRUSZKA, IZABELA BARAN, GRAŻYNA JAWORSKA: Prevalence of frailty syndrome and nutritional risk among elderly people attending day care senior centres	137
MAGDALENA PILSKA: Knowledge and perception of fats versus eating habits of Polish bread-spread consumers	148
RADOSŁAW KOWALSKI, JAKUB WYROSTEK, GRAŻYNA KOWALSKA, URSZULA PANKIEWICZ: Effect of ultrasound on concentration of selected bioactive compounds in infusions of peppermint, chamomile and coffee	164
GRAŻYNA MORKIS: Food problems in Polish and EU legislation	175
LESŁAW JUSZCZAK: Book reviews	178
Contemporary terms: Prof. Tadeusz Kołczak 1938 - 2019	181
The Food Technologist	184

Only reviewed papers are published

Covered by: Chemical Abstracts Service, IFIS, Scopus, AGRO, BazEkon, Index Copernicus, CrossRef

OD REDAKCJI

Szanowni Czytelnicy,

przekazujemy Państwu nr 1 (122) czasopisma Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, w którym publikujemy artykuły naukowe o zróżnicowanej tematyce badawczej, zawierające wyniki badań z krajowych ośrodków zajmujących się szeroko pojętą nauką o żywności. Zapraszamy również do lektury stałych działów.

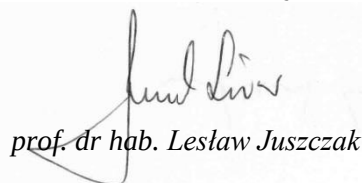
W związku z sytuacją epidemiczną występującą w Polsce terminy krajowych i zagranicznych konferencji, ogłaszanych w Technologi Żywności, zostały przesunięte w przeważającej większości na przyszły rok. W sprawie szczegółów prosimy o sprawdzanie aktualnych informacji na odpowiednich stronach konferencji lub kontakt z organizatorami.

W ramach uproszczenia cyklu wydawniczego Redakcja uruchomiła na stronie internetowej czasopisma elektroniczny system (Editorial System) zgłaszania prac do opublikowania. W systemie tym funkcjonuje również panel recenzyjny wspomagający ocenę przysyłanych prac i samą pracę recenzentów. Działanie to było możliwe dzięki wsparciu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego środkami przeznaczonymi na działalność upowszechniającą naukę. Mamy nadzieję, że wdrożenie nowej procedury zgłaszania artykułów będzie stanowić ułatwienie w działalności publikacyjnej.

Zapraszamy do odwiedzania naszej strony internetowej pod adresem:
<http://wydawnictwo.pttz.org>

Kraków, marzec 2020 r.

Redaktor Naczelny



prof. dr hab. Lesław Juszcak

KOMUNIKAT

W latach 2019 – 2020 Wydawnictwo Naukowe PTTŻ realizuje zadanie z zakresu upowszechniania publikacji naukowych, które ukazały się na łamach czasopisma Żywność. Nauka. Technologia. Jakość:

„Digitalizacja publikacji naukowych wydanych w czasopiśmie Żywność. Nauka. Technologia. Jakość w latach 2019-2020 w celu zapewnienia otwartego dostępu do nich przez sieć Internet”.



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

Zadanie finansowane jest w ramach umowy nr 900/P-DUN/2019 ze środków Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego przeznaczonych na działalność upowszechniającą naukę.

PIOTR DOMARADZKI, MARIUSZ FLOREK, ZYGMUNT LITWIŃCZUK

KSZTAŁTOWANIE PROFILU SMAKOWO-ZAPACHOWEGO MIĘSA WOŁOWEGO W PROCESIE DOJRZEWANIA NA SUCHO

Streszczenie

Dojrzewanie to naturalny proces enzymatyczny zachodzący w tkance mięśniowej *post mortem*. Aktualnie praktykowane są dwie techniki dojrzewania mięsa: na mokro (w warunkach próżniowych) i na sucho (tradycyjne, bez pakowania, w powietrzu o określonej temperaturze i wilgotności). Dojrzewanie wołowiny na mokro jest i pozostanie dominującą metodą stosowaną w przemyśle mięsnym ze względu na możliwość zwiększania kruchości i ograniczania ubytków mięsa. Z kolei dojrzewanie na sucho pozwala uzyskać wołowinę o unikatowej smakowości. Celem niniejszego opracowania było omówienie stanu wiedzy, na podstawie przeglądu literatury, na temat charakterystyki profilu smakowo-zapachowego wołowiny dojrzewającej na sucho oraz przedstawienie potencjalnych prekursorów i kluczowych związków odpowiedzialnych za jej swoisty profil. Smakowość jest jedną z najważniejszych cech jakości mięsa wołowego, będącą kompleksowym wrażeniem odbieranym przez zmysły smaku i zapachu. Surowe mięso ma bardzo słaby aromat i smak, ale zawiera wiele prekursorów, które są generowane w procesie dojrzewania. To właśnie te związki (pochodzące zarówno z tkanki mięśniowej, jak i tkanki tłuszczowej) w trakcie obróbki cieplnej tworzą charakterystyczny profil smakowo-zapachowy wołowiny. Z badań dotyczących smakowości mięsa wołowego wynika, że surowiec poddawany dojrzewaniu na sucho jest pod względem tej cechy oceniany wyżej od dojrzewającego na mokro. Cechy smakowo-zapachowe takiej wołowiny opisywane są jako mocne, maślane, orzechowe, wołowe, pieczeniowe czy skarmelizowane. Dotychczas nie zidentyfikowano unikatowych związków smakowo-zapachowych, które różniłyby dojrzewanie na sucho od dojrzewania na mokro, ale wiele z tych substancji występuje w wołowinie dojrzewającej na sucho w większych ilościach. Aktywne smakowo i zapachowo związki obecne w wołowinie dojrzewającej tym sposobem obejmują spektrum substancji, a do najważniejszych należą związki: siarki, karbonylowe (aldehydy, ketony), heterocykliczne zawierające azot (pirazyny) oraz związki rozpuszczalne w wodzie (zwłaszcza wolne aminokwasy). Istotny jest też sposób obróbki termicznej mięsa. Proces prowadzony w niskiej temperaturze skutkuje tworzeniem produktów degradacji lipidów, podczas gdy szybkie ogrzewanie w wyższej temperaturze generuje więcej produktów reakcji Maillarda.

Słowa kluczowe: wołowina, smak, zapach, smakowość, związki lotne, prekursory smaku

Dr hab. inż. P. Domaradzki, prof. UP., prof. dr hab. inż. M. Florek, Instytut Oceny Jakości i Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych, prof. dr hab. inż. Z. Litwińczuk, Instytut Hodowli Zwierząt i Ochrony Biodźnorodności, Wydz. Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin. Kontakt: mariusz.florek@up.lublin.pl

Wprowadzenie

Konsumenci oczekują kruchej (delikatnej), soczystej i smakowitej wołowiny kulinarnej o gwarantowanej powtarzalności doznań sensorycznych [22]. Za taki produkt klienci skłonni są zapłacić wyższą cenę, oczekując jednocześnie, że poniesione koszty zostaną zrekompensowane przez wysoką jakość mięsa [39, 47]. Jednym z najważniejszych zabiegów poubojowych stosowanych w celu poprawy właściwości sensorycznych wołowiny (przede wszystkim kruchości i smakowitości) jest proces poubojowego dojrzewania. Jest to jeden z najmniej skomplikowanych zabiegów prowadzących do podwyższenia jakości mięsa wołowego [17, 29]. Ponadto odpowiednio długi okres dojrzewania sprawia, że zazwyczaj obserwowane początkowe zróżnicowanie wyróżników jakościowych mięsa (zarówno pomiędzy rasami, jak i poszczególnymi osobnikami w obrębie tej samej rasy) ulega zmniejszeniu. Ostatecznie proces ten pozwala uzyskać produkt bardziej jednorodny, a co najistotniejsze – pożądaną przez konsumentów [18, 41].

W przemyśle mięsnym praktykowane są dwa sposoby dojrzewania wołowiny: na mokro (w warunkach próżniowych) i na sucho. Pierwsza z metod polega na próżniowym zapakowaniu elementów mięsa w worki z folii o dużej barierowości i przechowywaniu w temperaturze chłodniczej ($0 - 4^{\circ}\text{C}$). Technika ta opracowana w latach 60. XX w. jest szeroko stosowana w przemyśle mięsnym jako najbardziej praktyczna ze względu na wygodę podczas przechowywania i transportu oraz na bardzo małe (zwykle do 6 %) ubytki dojrzewalnicze [15, 58]. Dojrzewanie na sucho, mimo że jest praktykowane od kilku stuleci, stosuje się obecnie rzadziej, przede wszystkim z uwagi na brak odpowiedniej wiedzy oraz duży nakład pracy. Udział wołowiny kulinarnej poddanej tej technice w praktyce nie przekracza 10 % [50]. Dojrzewanie na sucho polega na przetrzymywaniu całych tusz lub niepakowanych elementów zasadniczych w ściśle monitorowanych warunkach chłodniczych o parametrach: temp. – $0 \div 4^{\circ}\text{C}$, wilgotność względna – $75 \div 85\%$, prędkość przepływu powietrza – $0,2 \div 2,5\text{ m/s}$. Produkcja takiego surowca jest kosztowna ze względu na duże ubytki związane z utratą wody oraz konieczność usuwania przebarwionej i/lub odwodnionej powierzchniowej warstwy tkanki mięśniowej oraz tłuszczowej. Straty związane z ususzką mogą sięgać nawet 40 % [15, 37].

W przypadku dojrzewania mokrego, oprócz czasu chłodniczego przechowywania mięsa, najważniejszym parametrem jest temperatura. Wilgotność względna oraz prędkość przepływu powietrza praktycznie nie mają żadnego znaczenia [23, 58]. Czas dojrzewania na sucho jest zbliżony do dojrzewania na mokro i zwykle wynosi od 14 do 35 dni, ale niekiedy może ulec wydłużeniu do 60 [24], a nawet 240 dni [14]. Najważniejszym efektem poubojowego dojrzewania jest zmniejszenie twardości mięsa, tzn. zwiększenie jego kruchości. Z kolei nadrzędnym celem dojrzewania wołowiny na sucho jest uzyskanie unikatowego profilu smakowo-zapachowego z jednoczesnym

zwiększeniem jej kruchości [50]. Spośród wielu cech organoleptycznych wołowiny polscy konsumenci za najważniejsze uznają właśnie smak i zapach (40 %), następnie wygląd ogólny (30 %), a w dalszej kolejności kruchość (20 %) i soczystość (10 %). Podobną opinię wyrażają mieszkańcy Irlandii Północnej. Z kolei w opinii Australijczyków i Amerykanów najważniejszymi cechami jakościowymi wołowiny są kruchość, smakowitość i wygląd ogólny (po 30 %) i ostatecznie soczystość (10 %) [22]. W opinii niektórych badaczy [4, 28], jeżeli kruchość mięsa pozostaje na akceptowanym poziomie, wówczas smak staje się najważniejszym wyróżnikiem w ocenie sensorycznej wołowiny. Należy również podkreślić, że konsumenci mają własne, często różniące się preferencje w odniesieniu do cech organoleptycznych tego gatunku mięsa [28]. Te indywidualne preferencje znajdują odzwierciedlenie w decyzjach zakupowych [53].

Celem niniejszego opracowania było omówienie stanu wiedzy, na podstawie przeglądu literatury, na temat charakterystyki profilu smakowo-zapachowego wołowiny dojrzewającej na sucho oraz przedstawienie potencjalnych prekursorów i kluczowych związków odpowiedzialnych za ten swoisty profil.

Smakowitość mięsa

Smakowitość to kompleksowe wrażenie, na które składają się smak i zapach. Podstawowe smaki (słodki, gorzki, kwaśny, słony i umami) pochodzą od związków rozpuszczalnych w wodzie, z kolei zapachy są pochodną wielu substancji (zwłaszcza lipidowych) obecnych w produkcie żywnościowym lub powstających wskutek różnych reakcji [6]. Smakowitość mięsa obejmuje głównie smak i zapach, ale inne odczucia, takie jak wrażenie cierpkości, soczystości czy wrażenia odbierane na języku oraz wewnętrznej powierzchni jamy ustnej również mogą odgrywać pewną rolę w jej kształtowaniu [19].

Smak jest odczuciem pochodzącym od wyspecjalizowanych komórek receptora smaku umiejscowionych w jamie ustnej, głównie na języku. Wrażenia te są generowane przez związki nietlotne lub rozpuszczalne w wodzie. Przyjmuje się, że receptory zlokalizowane w kubkach smakowych reagują na pięć podstawowych smaków. Z kolei ludzki węch potrafi odróżnić od kilkuset do nawet kilku tysięcy zapachów. Wrażenie zapachu wytwarzają lotne substancje chemiczne, które stymulują receptory w nabłonku nosa. Związki lotne mogą docierać do tych receptorów przez nos (w trakcie wąchania) lub poprzez nozdrza wewnętrzne w tylnej części nosa i gardła w trakcie przeżuwania pokarmu w jamie ustnej. Zapach odgrywa zatem główną rolę w definiowaniu charakterystycznego smaku żywności [6, 19, 44]. O wiele trudniej rozróżnić smak produktów mięsnych, gdy zostanie wyeliminowany wpływ zapachu. Reakcja na zapach jest ponad 10 000 razy silniejsza niż na smak [32]. Rzadziej dyskutowanym problemem, ale będącym integralną częścią ogólnego postrzegania smaku i zapachu, są wrażenia determi-

nowane przez duży nerw trójdzielny (tzw. piąty nerw czaszkowy), zawierający gałęzie oftalmiczne, szczękowe i zuchwowe. Ponieważ nerwy te docierają do błon śluzowych jamy ustnej i zatok, ich funkcje sensoryczne są integralną częścią percepcji smakowości. Przykładami substancji, które odczuwane są w wyniku stymulacji nerwu trójdzielnego to np. mentol dający uczucie „zimna”, kwas octowy odczuwany jako „ostry, gryzący” oraz etanol powodujący uczucie „ciepła” [26].

Surowe mięso wykazuje bardzo słaby aromat i smak (zbliżony do krwi), jednocześnie jest źródłem wielu prekursorów i substancji wzmacniających smakowość, pochodzących zarówno z tkanki mięśniowej, jak i z tkanki tłuszczowej. To właśnie te związki w trakcie obróbki cieplnej generują smak i zapach mięsa [44, 51]. Wyróżnia się dwie główne kategorie prekursorów smakowości: rozpuszczalne w wodzie i lipidy. Reakcje podczas obróbki termicznej, w trakcie których powstają związki lotne to m.in.: 1) reakcje Maillarda, 2) utlenianie lipidów, 3) interakcje między produktami reakcji Maillarda i produktami utleniania lipidów oraz 4) termiczna degradacja tiaminy [40, 44]. Generalnie zapach indukowany jest przez niskocząsteczkowe związki lotne, a smak – przez substancje znacznie cięższe i rozpuszczalne w wodzie. Inną klasą nie-lotnych analitów są tzw. wzmacniacze smaku, np. kwas glutaminowy, glutaminian monosodowy, kwas inozynowy. Zwykle nie są to substancje smakowo- lub aromatyzujące, a ich rola polega na wzmacnianiu wrażenia sensorycznego pochodzącego od innych związków [19].

Główne prekursory substancji smakowych rozpuszczalnych w wodzie to wolne i ufosforylowane cukry, cukry wchodzące w skład nukleotydów, sole nieorganiczne, kwasy organiczne, wolne aminokwasy, peptydy, nukleotydy i inne składniki azotowe, np. tiamina [40, 44]. Związki te mogą uczestniczyć zarówno w reakcjach Maillarda, utleniania/degradacji, jak również wchodzić w interakcje w trakcie ogrzewania, generując lotne związki smakowo-zapachowe – finalnie kształtując smakowość mięsa poddanego obróbce termicznej [2]. Podczas ogrzewania zaobserwowano zmniejszenie ilości węglowodanów i aminokwasów, przy czym najbardziej znaczące straty wystąpiły w przypadku cysteiny i rybozy [44]. Przyjmuje się [32], że rozpuszczalne w wodzie składniki prekursorowe przyczyniają się do wykształcenia tzw. smaku mięsnego, natomiast tkanka tłuszczowa i tłuszcz śródmięśniowy odpowiadają nie tylko za smak ogrzewanego mięsa, ale także za uzyskanie w mięsie smaku danego gatunku zwierząt. Oznacza to, że różnice w cechach smakowości mięsa różnych gatunków zwierząt związane są przede wszystkim z frakcją lipidową, a nie z rozpuszczalnymi w wodzie związkami prekursorowymi [2, 44].

Do najważniejszych klas związków pochodzących z degradacji lipidów mięsa po jego obróbce termicznej należą: węglowodory, aldehydy, ketony, alkohole, kwasy karboksylowe i estry [44]. Większość związków aromatycznych identyfikowanych w mięsie po obróbce termicznej jest wynikiem reakcji Maillarda [3]. Prekursory utwo-

rzony z 1-deoksyosonów reagują z produktami reakcji Streckera, w wyniku czego powstają liczne związki aromatyczne. Termiczna degradacja tiaminy powoduje powstanie szeregu związków siarki, takich jak tiole, siarczki i disiarczki [21], które same wydzielają woń lub przyczyniają się do rozwoju aromatu gotowanego mięsa [25]. Zasadniczo progi wyczuwalności sensorycznej lotnych związków pochodzących z degradacji lipidów są wyższe niż związków heterocyklicznych pochodzących z reakcji Maillarda i zawierających siarkę oraz azot. Oznacza to, że ludzki zmysł powonienia potrzebuje większej koncentracji pochodnych lipidowych, aby zarejestrować obecność aromatu [13]. Wołowina kulinarna powinna zawierać odpowiednio dużo tłuszczu śródmięśniowego, stąd jego udział w kształtowaniu smakowitości mięsa w trakcie obróbki termicznej jest znaczący. Powolna, prowadzona w niskiej temperaturze obróbka termiczna powoduje przede wszystkim tworzenie produktów degradacji lipidów, podczas gdy szybkie ogrzewanie w wysokiej temperaturze generuje więcej produktów reakcji Maillarda [26]. Złożoność smakowitości oraz wpływ procesów ją kształtujących sprawiają, że w wołowinie zidentyfikowano wiele związków lotnych i aktywnych smakowo. Są to m.in. kwasy, alkohole, aldehydy, związki aromatyczne, estry, eter, furany, węglowodory, ketony, laktony, pirazyny, pirydyny, pirole, siarczki, tiazole i tiofeny [51]. Najważniejsze substancje występujące w wołowinie oraz ich związek z odpowiednimi rodzajami i nutami smakowo-zapachowymi przedstawiono w tab. 1 i 2.

Tabela 1. Najważniejsze związki lotne występujące w wołowinie związane z jej charakterystyczną smakowitością

Table 1. Most important volatile compounds present in beef and associated with its characteristic palatability

Związek chemiczny smakowo/zapachowo czynny Chemical compound taste/aroma active	Próg wykrywalności Detection threshold [ppm]	Charakterystyczny smak/zapach Characteristic taste/aroma	Prawdopodobne pochodzenie (mechanizm powstawania w mięsie) / Possible origin (mechanism of formation in meat)
Aldehydy / Aldehydes:			
Butanal	0,009	stęchły, sfermentowany, drożdżowy musty, fermented, yeast	utlenianie lipidów
Pentanal	0,01	ostry, gryzący spicy, pungent	utlenianie lipidów
Heksanal / Hexanal	0,005	surowy, trawiasty, tłuszczowy crude, grassy, fatty	utlenianie kwasów tłuszczowych (KT) <i>n</i> -6
Heptanal	0,003	surowy, tłusty, oleisty crude, fatty, oily	utlenianie lipidów
Nonanal	0,001	mydlasty / soapy	utlenianie KT <i>n</i> -9

Metional / Methional	-	gotowanych ziemniaków boiled potatoes	degradacja Streckera metioniny
Aldehyd benzoesowy Benzaldehyde	0,35	gorzkich migdałów, palący bitter almonds, burning	degradacja Streckera tyrozyny lub termiczna degradacja 2,4-dekadienu
2-metylobutanal 2-methylbutanal	0,002	słodowy, owocowy, ostry, gryzący, słodki / malty, fruity, spicy, pungent, sweet	degradacja Streckera izoleucyny
3-metylobutanal 3-methylbutanal	0,0005	słodowy, mięsny, rybny malty, meat, fishy	degradacja Streckera leucyny
12-metylotridekanal 12-methyltridecanal	0,1	wołowy / bovine	hydroliza plazmalogenów (fosfolipidów eterowych)
(E)-2-nonenal	0,0002	łojowy, tłuszczowy sebaceous, fatty	utlenianie KT <i>n</i> -6
(E,E)-2,4-dekadienal Deca-2,4-dienal	0,00007	tłuszczowy, smażonych ziemniaków fatty, fried potatoes	utlenianie KT <i>n</i> -6
Ketony / Ketones:			
2-dekanon 2-decanone	-	stęchły, owocowy musty, fruity	utlenianie lipidów
2,3-butanodion (diacetyl) 2,3-butanedione	0,007	słodki, maślany sweet, buttery	degradacja cukrów w reakcji Maillarda
3-hydroksy-2-butanon (acetoina) 3-hydroxy-2-butanone (acetoin)	8	maślany buttery	degradacja cukrów w reakcji Maillarda lub wytwarzany przez bakterie kwasu mlekowego
2,3-oktanodion 2,3-octanedione	-	niepożądany, zjełczały - „warm-over flavour” undesirable, rancid - „warm-over flavour”	utlenianie lipidów
Lotne kwasy tłuszczowe / Volatile fatty acids:			
Kwas butanowy Butanoic acid	2,4	zjełczały / rancid	hydroliza wiązania estrowego triacylogliceroli lub utlenianie kwasów tłuszczowych do krótkołańcuchowych KT
Kwas octowy Acetic acid	180	kwaśny, octowy sour, acetic	
Kwas heksanowy Hexanoic acid	3,0	zapach potu the smell of sweat	
Kwas oktanowy Octanoic acid	3,0	-	
Laktony / Lactones:			
Delta-nonalakton Delta-nonalactone	-	słodki, mleczny, z woskowymi nutami / sweet, milky, with waxy notes	utlenianie lipidów (laktonizacja hydroksykwasów tłuszczowych)

Alkohole / Alcohols :			
Etanol / Ethanol	990	podobny do aldehydu octowego, grillowy (słaby) similar to acetaldehyde, grilled (faint)	utlenianie/degradacja lipidów, fermentacja węglowodanów
1-pentanol	4	łagodny, oleju opałowego, owocowy, balsamiczny mild, heating oil, fruity, balsamic	
1-heptanol	0,003	aromatyczny, drzewny, tłusty surowy, winny aromatic, woody, greasy raw, vine	
1-okten-3-ol 1-octene-3-ol	0,001	grzybowy / fungous	
Pirazyny / Pyrazines:			
Metylopirazyna Methylpyrazine	60	pieczeniowy, orzechowy roasted, nutty	degradacja aminokwasów
2,5- (i 2,6-) dimetylopi- razyna 2,5- (and 2,6-) dimet- hylpyrazine	1,7	kawowy, pieczeniowy coffee, roasted	degradacja Streckera aminokwasów ze związkami dikarbonyłowymi (z reakcji Maillarda) i kondensacja otrzymanych związków aminokarbonylowych
Związki siarki / Sulphur compounds:			
2-metylo-3-furantiol 2-methyl-3-furanthiol	-	pieczonego mięsa roasted meat	reakcja Maillarda pomiędzy cysteiną a rybozą lub związkami pokrewnymi, lub w wyniku degradacji tiaminy
Disiarczek bis-(2- metylo-3-furylu) Bis-(2-methyl-3-furyl) disulfide	-	pieczonego mięsa roasted meat	jak wyżej, a następnie reakcja oksydacji lub degradacji tiaminy
Siarczek dimetylu Dimethyl sulfide	0,001	szparagowy, gnilny asparagus, putrefactive	degradacja aminokwasów lub degradacja metionalu
Furany / Furans			
2-pentylofuran 2-pentyl furan	0,006	metaliczny, surowy, ziemisty, fasolowy metallic, crude, earthy, bean	utlenianie KT n-6
2-metylo-3- (metylotio)furan 2-methyl-3-(methylthio) furan	-	mięsny, słodki, siarkowy meat, sweet, sulphuric	jak (1), a następnie reakcja z metanotiolem pochodzącym z degradacji metioniny
4-hydroksy-5-metylo- 3(2H)-furanon 4-hydroxy-5-methyl- 3(2H)-furanone	-	mięsny / meat	degradacja pentoz w reakcji Maillarda lub w wyniku defosforylacji i dehydratacji fosforanu rybozy

Źródło / Source: opracowanie własne na podstawie [2, 6, 8, 20, 26] / Author's own study based on [2, 6, 8, 20, 26]

Tabela 2. Aktywne smakowo substancje rozpuszczalne w wodzie występujące w wołowinie

Table 2. Taste-active, water-soluble compounds present in beef

Związek chemiczny Chemical compound	Charakterystyczny smak Characteristic taste
Kwasy organiczne / Organic acids:	
Mlekowy, ortofosforowy i pirolidonokarboksylowy Lactic, orthophosphoric and pyrrolidone carboxylic	słodki / sweet
Bursztynowy, mlekowy, inozynowy, ortofosforowy, pirolidonokarboksylowy Succinic, lactic, inosinic, ortho-phosphoric, pyrrolidone carboxylic	kwaśny / sour
Cukry/cukry redukujące / Sugars/reducing sugars:	
Glukoza, fruktoza, ryboza / Glucose, fructose, ribose	słodki / sweet
L-aminokwasy / L-amino acids:	
Glicyna, alanina, lizyna, cysteina, metionina, glutamina Glycine, alanine, lysine, cysteine, methionine, glutamine	słodki / sweet
Kwas asparaginowy, histydyna, asparagina Aspartic acid, histidine, asparagine	kwaśny / sour
Arginina, leucyna, tryptofan / Arginine, leucine, tryptophan	gorzki / bitter
Peptydy / Peptides:	
Anseryna, karnozyna / Anserine, carnosine	gorzki / bitter
Inne związki azotowe / Other nitrogen compounds:	
Glutaminian sodu (MSG), monofosforan inozyny i guanozyny (IMP, GMP) / Monosodium glutamate (MSG), inosine and guanosine monophosphate (IMP, GMP)	pikantny, rosółowy, wołowy spicy, brothy, bovine
Hipoksantyna / Hypoxanthine	gorzki / bitter
Tiamina / Thiamine	przypominający mięso, pieczony resembling meat, roasted

Źródło / Source: opracowanie własne na podstawie [2, 6] / Author's own study based on [2, 6]

Smakowitość wołowiny dojrzewającej na sucho

Kluczowym efektem dojrzewania wołowiny na sucho jest wykształcenie związków smakowo-zapachowych, warunkujących jej niepowtarzalną smakowitość. Ze względu na specyfikę można ją określić jako „smakowitość wołowiny dojrzewającej na sucho”. W trakcie spożywania jej profil smakowy jest zwykle opisywany jako mocny, maślany, orzechowy i/lub ziemisty. Intensywniejszy orzechowy i wołowy smak mięsa poddanego dojrzewaniu na sucho warunkuje częściowa absorpcja soków mięsnych przez tkankę mięśniową, jak również chemiczna degradacja składników

białkowych i tłuszczowych. Progresywna utrata wilgoci podczas dojrzewania wpływa również na koncentrację wielu związków prekursorowych odpowiedzialnych za smakowość wołowiny po obróbce termicznej [9, 15, 50, 58]. Z uwagi na cechy sensoryczne zachodzące procesy są korzystne, ale znaczne ubytki dojrzewalnicze skutkują zmniejszeniem wydajności produktu gotowego do sprzedaży. Strata ta musi zostać zrekompensowana końcową jego ceną. Przyjmuje się, że cena wołowiny dojrzewającej na sucho powinna być wyższa o ok. 20 % w porównaniu z jej odpowiednikiem pakowanym próżniowo [36, 55].

Wyniki analizy sensorycznej wołowiny dojrzewającej na sucho oraz na mokro nie są jednoznaczne, ale w wielu badaniach wskazywano na korzystniejszą smakowość wołowiny dojrzewającej na sucho (tab. 3). W smaku takiej wołowiny silniej zaznaczone są nuty, jak np. wołowa, pieczeniowa czy mięsa zrumienionego [9, 45, 58]. Ponadto wołowina dojrzewająca na sucho była wysoko punktowana za takie wyróżniki, jak smak umami, maślany, skarmelizowany oraz orzechowy [24, 45]. Steki dojrzewające na mokro wykazywały z kolei bardziej intensywne nuty smakowe kwaśne i metaliczne oraz silny smak surowiczy i krwi, przez co były niżej oceniane [57, 58]. Nie jest to jednak reguła i w niektórych badaniach albo nie stwierdzano wpływu metody dojrzewania na smakowość wołowiny [16, 34, 55], albo nawet korzystniej oceniano mięso poddane dojrzewaniu na mokro [46, 53, 54]. Jedną z przyczyn tych sprzecznych wyników może być brak kontroli lub/i zmienność warunków stosowanych podczas procesu dojrzewania mięsa na sucho (temperatury, wilgotności czy prędkości obiegu powietrza i czasu). Wynika z tego, że do tej pory nie opracowano jednoznacznych (optymalnych) warunków dojrzewania wołowiny na sucho, które zapewniałyby wysoką i powtarzalną jakość produktu końcowego [29]. Ponadto większość badań w zakresie percepcji sensorycznej smakowości, w których nie wykazano istotnych różnic w zależności od sposobu dojrzewania, została przeprowadzona przez konsumentów nieznających specyficznego profilu smakowo-zapachowego wołowiny dojrzewającej na sucho (tab. 3). W związku z tym preferują produkt bardziej im znany, czyli wołowinę dojrzewającą na mokro [15, 16, 38, 53].

Tabela 3. Najważniejsze wyniki oceny sensorycznej smakowitości wołowiny dojrzewającej na sucho

Table 3. The major findings of the sensory evaluation in respect to the palatability of dry-ageing beef

Rodzaj elementu Type of cut	Zawartość tłuszczu* Fat content [%]	Rodzaj obróbki termicznej/ temperatura wewnątrz kawałka Type of thermal treatment/ internal temperature	Zespół oceniający Assessment panel	Wpływ dojrzewania suchego na smakowitość wołowiny Impact of dry ageing on beef palatability	Najważniejsze obserwacje w zakresie smakowitości The most important observations in terms of palatability	Źródło Reference
Rostbef Strip loin	-	Pieczenie Roasting 70 °C (158 F)	Wykwalifikowany zespół oceniający Qualified assessment panel	tak yes	Bardziej intensywny posmak wołowiny (5,98 vs. 5,64 w 10- punktowej skali) zrumieniony i pieczony (6,01 vs. 4,74) w porównaniu z DM	[58]
Rostbef Short loin	-	Grillowanie Grilling 63 °C	Wykwalifikowany zespół oceniający Qualified assessment panel	tak yes	Wyższe noty za smak mięsa dojrzewającego na sucho (10,6 vs. 9,7 w 15-punktowej skali) zrumieniony i pieczony (10,6 vs. 10,4) w porównaniu z DM, zwłaszcza w 14. dniu DS poprzedzonego 7-dniowym DM	[9]
Rostbef Strip/short loins	3,5 - 5,0	Grillowanie Grilling 71 °C	Wykwalifikowany zespół oceniający Qualified assessment panel	tak yes	Większa intensywność smaku mięsa dojrzewającego na sucho (zwłaszcza w stekach z elementów odkostnionych) w porównaniu z DM (1,87 vs. 1,44 w 8-punktowej skali). Dojrzewanie należy prowadzić nie krócej niż 21 dni	[36]
Rostbef Short loin	-	Grillowanie Grilling 71 °C	Ocena konsumentcka Consumer rating	tak yes	Większa intensywność smakowitości (6,18 vs. 5,75 w 10- punktowej skali) i ogólna akceptowalność (6,2 vs. 5,8) w porównaniu z DM	[29]
Rostbef Loin	4,75	Grillowanie Grilling 65 °C	Ocena konsumentcka Consumer rating	tak yes	Większa intensywność smakowitości w porównaniu z DM	[6]

Rostbef (LTL)	3,0	Pieczenie Roasting 65 - 68 °C	Wykwalifikowany zespół oceniający Qualified assessment panel	tak yes	Wyższe noty za smak umami (8,6 vs. 8,2 w 15-punktowej skali), tłuszczowy (6,45 vs. 5,8) i mięsa smażonego w maśle (7,65 vs. 7,1) w porównaniu z DM. Korzystny wpływ wydłużonego okresu dojrzewania	[37]
Krzyżowa (GM)	-	Pieczenie Roasting 68 °C	Ocena konsumentcka Consumer rating	tak yes	Bardziej preferowane przez konsumentów w porównaniu z DM (58 % vs. 37,3 %)	[38]
Rostbef Strip loin	6,9 ± 1,5	Grillowanie Grilling 68 °C	Wykwalifikowany zespół oceniający Qualified assessment panel	tak yes	Wysoka ocena za: smak dojrzewającego na sucho mięsa (8,5 - 9,1 w 15-punktowej skali), smak wołowy (9,5 - 9,8), zrumieniony i pieczony (9,3 - 9,7). Brak istotnych różnic między wyróżnikami sensorycznymi w zależności od czasu (14 vs. 21 dni) dojrzewania	[1]
Rostbef Strip loin	9,0 - 13,9	Grillowanie Grilling 68 °C	Wykwalifikowany zespół oceniający Qualified assessment panel	tak yes	Wysoka ocena za: smak wołowy (10,7 w 15-punktowej skali), zrumieniony i pieczony (10,7 - 10,8). Brak istotnych różnic w wyróżnikach sensorycznych w zależności od czasu (21 vs. 28 dni) dojrzewania	[15]
Rostbef Strip loin	7,24 - 12,02	Grillowanie Grilling 74 °C	Ocena konsumentcka Consumer rating	tak yes	Spośród różnych zabiegów (system produkcji, rasa bydła, sposób żywienia, czas dojrzewania) i metod dojrzewania (DS, DM) produkty DS ocenione najwyższej pod względem ogólnej pożądalności smaku (4,92 - 6,65 w 10-punktowej skali) oraz intensywności takich nut jak: wołowa/ bulionowa (4,60 - 5,83), skarmelizowana/grillowa (5,12 - 5,92), maślana/tłuszczu wołowego (2,99 - 4,38), orzechowa (1,14 - 1,70) i słodka (0,64 - 1,40)	[45]
Rostbef Strip loin	-	Grillowanie Grilling 74 °C	Ocena konsumentcka Consumer rating	tak yes	Wołowina DS w zakresie smakowitości wyżej oceniona od DM, zarówno przez australijskich, jak i japońskich konsumentów	[57]

Rostbef (LT)	40,3	Grillowanie Grilling 60 °C	Zespół oceniający Assessment panel	tak yes	W zakresie cech sensorycznych zwłaszcza smakowitości (5,26 w 8-punktowej skali) oraz intensywności smaku umami (5,44), optymalny okres DS dla wołowiny o bardzo wysokiej marmurkowatości wynosi 40 dni	[24]
Rostbef Strip loin Antrykot Rib	-	Pieczenie Roasting 60 °C	Wykwalifikowany zespół oceniający Ocena konsumencka Qualified assessment panel Consumer rating	tak yes	DM wyższe noty za smakowitość ogółem (6,28 vs. 6,18 w 8-punktowej skali). W zależności od klasy jakościowej noty za smakowitość w następującej kolejności: Prime > Choice > Select; Steki z antrykotu korzystniej ocenione niż steki z rostbefu	[46]
Rostbef Strip loin	10,44 - 11,56	Grillowanie Grilling 70 °C	Ocena konsumencka Consumer rating	nie no	W klasie Choice brak istotnych różnic w zakresie smakowitości (DS = DM). W klasie Prime – DM wyższe oceny za smakowitość (6,08 vs. 5,70 w 8-punktowej skali). Użyte w badaniach steki DM o dużo większej zawartości tłuszczu (16,16 vs. 11,56 %)	[53]
Antrykot/ Rostbef/ Krzyżowa Rib eye roll/ Strip loin/ Sirloin	-	Grillowanie Grilling 70 °C	Ocena konsumencka Consumer rating	nie no	Wysokie oceny w zakresie smaku wołowego i smakowitości ogółem. Brak istotnych różnic pomiędzy DS a DM (DS = DM) oraz okresami dojrzewania. Steki z rostbefu w klasie Choice wyżej ocenione niż ich odpowiedniki w klasie Select	[34]
Rostbef Porterhouse steak	-	Grillowanie Grilling 70 °C	Ocena konsumencka Consumer rating	nie no	Wysokie oceny w zakresie smaku wołowego i smakowitości ogółem. Brak istotnych różnic pomiędzy DS a DM (DS = DM) oraz okresami dojrzewania. Steki z rostbefu w klasie Choice wyżej ocenione niż w klasie Select. Najwyżej oceniono steki w 21. dniu dojrzewania	[54]

Rostbef T-bone steak Rostbef Top loin	-	Grillowanie Grilling 70 °C	Wykwalifikowany zespół oceniający Ocena konsumencka Qualified assessment panel Consumer rating	nie no	Niższe noty za smakowitość i ogólną akceptowalność w porównaniu z DM (DM > DS). W DS wyczuwalne nuty pleśniowe i zepsutego mięsa	[55]
Rostbef Strip loin	3,81 - 5,81	Pieczenie 62,8 lub 71,1 °C Roasting 62,8 or 71,1 °C	Wykwalifikowany zespół oceniający Qualified assessment panel	nie no	Brak istotnych różnic w intensywności smaku wołowego w zależności od metody dojrzewania (DS = DM) oraz klasy jakościowej steków. Steki dogrzane do temp. 62,8 °C większa intensywności smaku wołowego niż steki dogrzane do temp. 71,1 °C (5,67 vs. 5,54 w 8-punktowej skali)	[16]

Objaśnienia / Explanatory notes:

DS – dojrzewanie na sucho / dry-ageing; DM – dojrzewanie na mokro / wet-ageing; (*) – zawartość tłuszczu oznaczona w surowcu przed procesem dojrzewania / fat content as determined in raw cut before aging process; GM – *m. gluteus medius*; LTL – *m. longissimus thoracis et lumborum*; LT – *m. longissimus thoracis*

Smakowitość jest atrybutem trudnym do oceny sensorycznej, dlatego powinien ją przeprowadzać bardzo dobrze wyszkolony zespół oceniający (panel) lub eksperci. Zapewni to możliwość stwierdzenia obecności w mięsie, a zwłaszcza w wołowinie poddanej procesowi dojrzewania na sucho, zarówno pozytywnych, jak i negatywnych nut smakowitości [50].

Suchemu dojrzewaniu należy poddawać jedynie wołowinę najwyższej jakości. Powinna wykazywać pH końcowe ($\text{pH}_{48\text{h}}$) w zakresie $5,4 \div 5,7$ i zawierać odpowiednią ilość tłuszczu śródmięśniowego (marmurkowatość), zwiększającą prawdopodobieństwo pozytywnych doznań sensorycznych (głównie smakowitości i soczystości) gotowego produktu [14, 36]. W związku z tym np. w USA dojrzewaniu poddawane są najczęściej elementy zakwalifikowane do najwyższych klas jakościowych, tj. USDA Prime oraz USDA Choice (z co najmniej umiarkowaną marmurkowatością). Zawartość tłuszczu śródmięśniowego w takich elementach mieści się zwykle w przedziale $6 \div 11\%$, a niekiedy jest większa [36, 53]. O'Quinn i wsp. [45] wykazali, że wołowina o większej zawartości tłuszczu śródmięśniowego i jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA), a jednocześnie z mniejszą ilością kwasów tłuszczowych nasyconych (SFA), nieparzystych (OCFA), *n-3* i *trans* była bardziej preferowana przez konsumentów. Związane to było z pozytywnymi nutami smakowymi, takimi jak: wołowa, rosółowa, maślana, tłuszczu wołowego, grillowa, skarmelizowana, orzechowa i słodka.

Substancje odpowiedzialne za smakowitość wołowiny dojrzewającej na sucho

Związki lotne

W badaniach związków lotnych alternatywnie do metod analizy sensorycznej wykorzystuje się metody instrumentalne. Podstawowym narzędziem analizy składu frakcji lotnej mięsa jest chromatografia gazowa sprzężona ze spektrometrią mas lub z detekcją za pomocą ludzkiego nosa (olfaktometrią, GC-O), a do podstawowych metod przygotowania próbek do analizy chromatograficznej związków lotnych należy technika mikroekstrakcji do fazy stacjonarnej (SPME) [2, 26, 27].

W mięsie po obróbce termicznej zidentyfikowano ponad 1000 różnych związków lotnych, ale tylko nieliczne z nich tworzą jego profil smakowo-zapachowy [44]. Resconi i wsp. [48] wykorzystali technikę olfaktometryczną i wykazali w grillowanej wołowinie 35 potencjalnie aktywnych zapachowo związków. Najwyższą aktywnością charakteryzowały się: 1-okten-3-on, (E)-2-oktenal + 2-furfurylotiol, trisiarczek dimetylu + 2,4,5-trimetylotiazol, metional i heksanal. Z kolei Kerscher i Grosch [25] w gotowanej wołowinie oznaczyli 34 związki aktywne zapachowo, przy czym 2-furfurylotiol, furaneol, 2-metylo-3-furantiol, 1-okten-3-on i (E)-2-nonenal były kluczowe. Belitz i wsp. [5] podają, że do najważniejszych związków zapachowo aktywnych w gotowanej wołowinie należą: oktanal, nonanal, (E,E)-2,4-dekadienal, metanotiol, metional,

2-furfurylotiol, 2-metylo-3-furantiol, 3-merkapt-2-pentanon i 4-hydroksy-2,5-dimetylo-3-(2H)-furanon. Przytoczone wyniki badań potwierdzają duże znaczenie związków siarki i karbonylowych w kształtowaniu aromatu i smaku wołowiny po obróbce cieplnej. Typowanie przez różnych autorów odmiennych związków odpowiedzialnych za kształtowanie smakowości wołowiny może mieć związek z różnorodnością metod stosowanych w przygotowaniu prób, metod ekstrakcji związków lotnych oraz z różnym sposobem oceny zapachu. Ponadto należy podkreślić, że smakowość mięsa jest determinowana przez wiele czynników zarówno przed-, jak i poubojowych, przy czym za najważniejsze uznaje się żywienie zwierząt oraz warunki/parametry obróbki termicznej surowca [2, 8, 26].

Tabela 4. Najważniejsze związki lotne identyfikowane w wołowinie dojrzewającej na sucho lub na mokro i poddanej obróbce cieplnej

Table 4. Most important volatile compounds identified in dry or wet aging and thermally treated beef

Związki lotne Volatile compounds	Dojrzewanie / Ageing					
	na sucho dry [ng/100 g]	na mokro wet [ng/100 g]	na sucho dry [% m/m] [% w/w]	na mokro wet [% m/m] [% w/w]	na sucho dry [% IS]	na mokro wet [% IS]
Aldehydy / Aldehydes:						
Butanal	543,00	972,26	-	-	-	-
2-metylobutanal 2-methylbutanal	60,47	53,81	-	-	3869	3659
3-metylobutanal 3-methylbutanal	60,65	44,77	-	-	1230	1641
Pentanal	7,11	7,99	5,56 ^y	3,26 ^x	-	-
Heksanal / Hexanal	42,88	58,15	6,88 ^y	3,76 ^x	1366 ^y	1293 ^x
Heptanal	1,46	1,98	1,00 ^x	2,77 ^y	345	167
Aldehyd benzoesowy Benzaldehyde	31,91	39,15	-	-	703	714
Nonanal	11,18	7,81	3,29	3,50	797	934
Oktanal / Octanal	3,02	2,91	1,67 ^x	4,60 ^y	183	224
Cyklobutanal / Cyclobutanal	32,54	38,12	-	-	-	-
Ketony / Ketones:						
2,3-butandion (diacetyl) 2,3-butanedione	1897,82 ^y	427,92 ^x	-	-	1067	1201
3-hydroksy-2-butanon (acetoina) 3-hydroxy-2-butanone (acetoin)	67,52 ^y	18,85 ^x	0,56	0,15	2183 ^y	473 ^x
7-okten-2-on / 7-octen-2-one	-	-	0,03 ^x	0,37 ^y	-	-
2,3-oktanodion / 2,3-octanedione	-	-	0,56	0,49	-	-
Związki siarki / Sulphur compounds:						
Siarczek dimetylu Dimethyl sulfide	2,02 ^x	5,07 ^y	-	-	156	115
Dimetylosulfon Dimethyl sulfone	-	-	0,00 ^x	0,28 ^y	-	-

Furany / Furans:						
2-pentylofuran / 2-pentylfuran	0,67 ^y	0,41 ^x	-	-	55	38
Pirazyny / Pyrazines:						
2,5-dimetylopirazyna 2,5-dimethylpyrazine	0,42	2,00	-	-	292 ^y	181 ^x
Trimetylopirazyna Trimethylpyrazine	0,01	0,63	-	-	1019 ^y	570 ^x
2,6-dimetylopirazyna 2,6-dimethylpyrazine	-	-	-	-	1345 ^y	882 ^x
Alkany / Alkanes:						
Heptan / Heptane	38,94	33,91	18,82 ^y	13,70 ^x	-	-
Oktan / Octane	12,65	11,92	0,00	0,18	11 ^x	264 ^y
Alkohole / Alcohols:						
Etanol / Ethanol	-	-	-	-	80 ^x	2329 ^y
1-butanol	-	-	0,67 ^y	0,37 ^x	-	-
1-pentanol	-	-	1,44 ^y	0,09 ^x	292	321
1-okten-3-ol / 1-octene-3-ol	-	-	0,28	0,16	-	-
Heptanol	-	-	0,08	0,72	121 ^y	87 ^x
Kwasy karboksylowe / Carboxylic acids:						
Kwas octowy / Acetic acid	-	-	3,41 ^y	0,87 ^x	293 ^x	1150 ^y
Kwas heksanowy Hexanoic acid	-	-	1,45	1,28	213 ^x	314 ^y
Kwas oktanowy / Octanoic acid	-	-	0,09 ^x	2,31 ^y	78	76
Okres dojrzewania [dni] Ageing period [days]	17 (na mokro) + 30 (na sucho)	46	14	28	35	35
Rodzaj elementu / Type of cut	Rostbef Strip loin		Antrykot Ribeye		Rostbef Strip loin	
Sposób obróbki cieplnej Thermal treatment	Mięso mielone formowane w postaci kotletów; obróbka cieplna na patelni grillowej (rozgrzanej do temp. 246 °C z powłoką nieprzywierającą) do osiągnięcia w mięsie temp. 74 °C Thermal treatment on non-stick grill pan (heated to 246 °C) to reach internal meat target temp. of 74 °C		Pieczenie w piekarniku w temp. 175 °C, do osiągnięcia temp. wewnętrznej 70 °C Roasting in oven at temp. of 175 °C to reach internal target temp. of 70 °C		Steki o grubości 2,5 cm grillowane w temp. 220 °C przez 180 s 2.5 cm thick steaks grilled for 180 s at 220 °C	
Technika ekstrakcji Technique of extraction	HS-SPME; włókno CAR/PDMS CAR/PDMS fibre		CO ₂ w stanie nadkrytycznym CO ₂ in supercritical state		HS-SPME; włókno DVB/CAR/PDMS DVB/CAR/PDMS fibre	
Źródło / Reference	[45]		[31]		[57]	

Objaśnienia / Explanatory notes:

IS – standard wewnętrzny stanowił 4-metylopentanol / 4-methylpentanol as an internal standard; x, y – różnice między związkami lotnymi w obrębie danego oznaczenia istotne przy $p < 0,05$ / differences between volatile compounds within a single assay significant $p < 0.05$.

Analiza związków lotnych w wołowinie dojrzewającej na sucho była przedmiotem jedynie nielicznych badań naukowych (tab. 4). Większość z nich dotyczyła porównania profilu związków lotnych: wołowiny dojrzewającej na sucho z wołowiną dojrzewającą na mokro. Warner i Ha [57] wykazali, że bardziej korzystne wyniki konsumenckiej oceny smakowitości steków dojrzewających na sucho były związane z różnicami w udziale niektórych związków lotnych analizowanych techniką GC-MS. Wołowina dojrzewająca na sucho zawierała znacznie więcej 3-hydroksy-2-butanonu, acetonu, pirazyn i heksanal, podczas gdy etanol i kwas octowy były dominujące w mięsie dojrzewającym na mokro. Etanol i kwas octowy są kluczowymi produktami fermentacji beztlenowej, natomiast 3-hydroksy-2-butanon, aceton i heksanal są produktami utleniania lipidów. Pirazyny z kolei są ważnymi produktami reakcji Maillarda indukowanymi ciepłem, o silnych pieczeniowych i grillowych nutach zapachowych. Ponadto wołowina dojrzewająca na sucho w porównaniu z dojrzewającą na mokro charakteryzowała się wyższym pH (5,62 vs. 5,44 w 35. dniu *post mortem*), co mogło przyczynić się do zwiększonego wytwarzania produktów reakcji Maillarda w trakcie grillowania [57]. Wraz ze wzrostem pH mięsa zwiększa się ilość związków polimerowych, przy czym związki zawierające azot (np. pirazyny) pojawiają się jako pierwsze [42]. Właśnie z tą grupą związków badacze wiążą intensywniejszą smakowitość wołowiny dojrzewającej na sucho. W grupie pirazyn odnotowano bowiem najwięcej istotnych różnic (na 13 zidentyfikowanych związków udział wszystkich był istotnie większy w stekach dojrzewających na sucho) [42]. Mniejsza zawartość wody w wołowinie dojrzewającej na sucho (zwłaszcza na jej powierzchni) najprawdopodobniej również sprzyja tworzeniu pirazyn w trakcie obróbki termicznej. Potwierdzeniem tych spostrzeżeń jest znacznie wyższa intensywność związków zapachowych, takich jak: 2-etylo-3,5-dimetylopirazyna, 3-etylo-2,5-dimetylopirazyna, 2,5-dimetylopirazyna, 2-metylopropanal/aceton, (E)-2-nonenal oraz 1-oktanol w stekach grillowanych, które dojrzewały na sucho [57]. W wołowinie poddanej obróbce termicznej lotne związki pochodzące z lipidów są grupą dominującą ilościowo nawet po usunięciu tłuszczu podskórnego czy śródmięśniowego, ale w przypadku steków grillowanych w temperaturze powyżej 149 °C składnikami przeważającymi są lotne pochodne reakcji Maillarda [26]. Należy podkreślić, że związki heterocykliczne zawierające siarkę i azot (np. pirazyny i tiazole będące produktami reakcji Maillarda) charakteryzują się zdecydowanie niższym progiem wyczuwalności sensorycznej niż lotne związki pochodzące z przemian lipidów [13]. O'Quinn i wsp. [45], po przeanalizowaniu wpływu różnych metod dojrzewania na profil zapachowy wołowiny poddanej obróbce cieplnej, wykazali istotnie więcej 2,3-butanodionu (diacetylu) i 3-hydroksy-2-butanonu (acetoiny) oraz tendencję do większej zawartości 2-metylobutanalu i 3-metylobutanalu w surowcu dojrzewającym na sucho. W przypadku wołowiny dojrzewającej na mokro dominowały natomiast siarczki dimetylu, 2-propanon i 2-butanon (tab. 4). Spośród zidentyfiko-

wanych substancji lotnych 2,3-butanodion, 3-hydroksy-2-butanon i 3-metylobutanal były w największym stopniu skorelowane z pożądanymi nutami smakowości m.in. wołową/rosołową, maślaną, zrumienioną/grillowaną, orzechową i słodką oraz ogólną pożądalnością smaku (odpowiednio dla ww. związków, $r = 0,49 \div 0,72$, $r = 0,17 \div 0,57$ i $r = 0,23 \div 0,53$). Siarczek dimetylu i 2-propanon były z kolei związane z negatywnymi nutami smakowości, głównie kwaśną ($r = 0,54$ i $r = 0,56$), gorzką ($r = 0,47$ i $0,38$), a w przypadku pierwszego z wymienionych związków również z posmakiem krwi/metalicznym ($r = 0,47$) [45]. Autorzy wykazali, że jakkolwiek zawartość aldehydów takich, jak butanal, pentanal i oktanal nie różniła się istotnie w zależności od metody dojrzewania, to nuty smakowe określane jako kwaśne i gorzkie stały się bardziej wyraźne wraz z większą zawartością butanalalu ($r = 0,51$ i $r = 0,44$). Większa ilość oktanalu była dodatnio skorelowana z aromatem dziczyzny ($r = 0,38$), wątrobowym ($r = 0,37$) i rybny ($r = 0,47$), natomiast pentanal – z ogólną pożądalnością smaku ($r = 0,33$) oraz pozytywnymi nutami smakowości, tj. maślaną ($r = 0,37$) oraz słodką ($r = 0,35$). Było to pewnym zaskoczeniem, gdyż we wcześniejszych badaniach [45] wskazywano na ujemny wpływ tego aldehydu na smakowość mięsa.

King i wsp. [31] analizowali profil związków lotnych w pieczonej wołowinie poddanej dojrzewaniu na mokro lub na sucho i zidentyfikowali 107 związków. Największą grupę stanowiły węglowodory (w tym 24 związki stanowiły 33,02 % w ogólnym profilu), alkohole (21 związków – 6,64 %) oraz aldehydy (19 związków – 34,09 %). W grupie węglowodorów dominował heptan, a jego istotnie wyższy udział wykazano w wołowinie dojrzewającej na sucho (18,82 % vs. 13,70 %). W mięsie stwierdzono także wyższy udział estrów (5,05 % vs. 3,36 %) i związków niesklasyfikowanych (2,21 % vs. 1,18 %). Wołowina dojrzewająca na mokro zawierała natomiast więcej kwasów organicznych (6,44 % vs. 9,22 %) [31]. Duży udział heptanu i aldehydu (heksanal) w mięsie dojrzewającym na sucho (tab. 4) i ich ekspozycja na tlen, w rezultacie doprowadziły do większej autooksydacji lub/i termicznej degradacji nienasyconych kwasów tłuszczowych, odpowiednio w przypadku ww. związków kwasu oleinowego (najobficiej występującego w mięsie wołowym) oraz kwasu linolowego.

Węglowodory należą do jednej z najliczniejszych klas związków identyfikowanych w profilu zapachowym mięsa. Powstają one na drodze termicznej degradacji lipidów w wyniku termicznej homolizy lub autooksydacji długołańcuchowych kwasów tłuszczowych. Węglowodory alifatyczne charakteryzują się względnie wysokimi wartościami progowymi wyczuwalności zapachu, stąd też zazwyczaj uważa się je za nieistotne w kształtowaniu profilu smakowo-zapachowego mięsa [56].

Prekursory smaku rozpuszczalne w wodzie

Związki lotne odgrywają decydującą rolę w kształtowaniu smakowości mięsa po obróbce termicznej. Należy jednak zaznaczyć, że nielotne, rozpuszczalne w wodzie

substancje również w istotny sposób przyczyniają się do profilowania smakowości w sposób bezpośredni jako substancje smakotwórcze (tab. 2) lub pośredni – uczestnicząc w różnych reakcjach chemicznych (głównie Maillarda) i tworząc lotne związki aromatyczne [29, 33]. Identyfikacja w surowym mięsie rozpuszczalnych w wodzie prekursorów smakowości nabiera więc szczególnego znaczenia. Kim i wsp. [29] wykazali, że zawartość 7 spośród 32 oznaczonych metabolitów (tzw. pozytywnych prekursorów smaku, czyli tryptofanu, fenyloalaniny, waliny, tyrozyny, glutaminianu, izoleucyny i leucyny) była istotnie większa w wołowinie dojrzewającej na sucho niż na mokro. Było to związane z większym ubytkiem wody w wołowinie dojrzewającej na sucho oraz najprawdopodobniej z różnicami w zaawansowaniu hydrolizy białka, gdyż nie wszystkie oznaczone w mięsie metabolity uległy zagęszczeniu związanemu z odparowaniem wody. Koutsidis i wsp. [33] stwierdzili w wołowinie dojrzewającej na mokro pomiędzy 3. i 21. dniem chłodniczego przechowywania zwiększoną zawartość 20 z 22 oznaczonych aminokwasów. Metabolitami, których dotyczyły największe zmiany były: seryna, treonina, leucyna, izoleucyna, metionina, walina i tryptofan. Aminokwasy występujące w większych ilościach w wołowinie dojrzewającej na sucho są silnie związane ze smakiem mięsa. Zależność ta dotyczy zarówno substancji aktywnych smakowo, jak i ich prekursorów powstających w reakcjach Maillarda lub w degradacji Streckera, prowadzących to wytworzenia takich substancji, jak aldehydy Streckera (np. 2- i 3-metylobutanal) oraz wiele innych związków aromatycznych (np. pirazyny) [29]. W badaniach, które prowadzili Kim i wsp. [29], jedynym związkiem, którego zawartość była istotnie większa w wołowinie dojrzewającej na mokro był monofosforan inozyny (IMP, 0,81 vs. 0,49 $\mu\text{mol/g}$ mięsa), będący ważnym składnikiem smaku umami. Pomimo tych różnic konsumenci wyżej ocenili steki dojrzewające na sucho pod względem sensorycznym. Mottram i Nobrega [43] także wykazali, że takie produkty degradacji IMP, jak ryboza i rybozo-5-fosforan generują więcej substancji smakowych niż sam IMP. Iida i wsp. [24] oceniali (pomiędzy 4. i 60. dniem *post mortem*) wpływ czasu dojrzewania na sucho wołowiny o dużej marmurkowatości na jej jakość sensoryczną i stwierdzili, że najkorzystniejszy był 40-dniowy okres. Wołowina po tym czasie została najwyżej oceniona za smakowość oraz za intensywność smaku umami. Stwierdzono ponadto, że zawartość IMP w mięsie w kolejnych dniach dojrzewania wykazywała tendencję malejącą (z 2 $\mu\text{mol/g}$ w 4. dniu *post mortem* poprzez 1,8 $\mu\text{mol/g}$ w 11. dniu do 0,5 $\mu\text{mol/g}$ w 40. dniu *post mortem*), natomiast zaobserwowano istotny wzrost zawartości wolnych aminokwasów (z 15,9 do 29,6 $\mu\text{mol/g}$), w tym również bardzo ważnego składnika umami – kwasu glutaminowego (z 0,7 do 2,1 $\mu\text{mol/g}$).

Chen i wsp. [11] wskazują na znaczącą rolę 2,5-diketopiperazyn (cyklicznych dipeptydów) wśród związków potencjalnie biorących udział w kształtowaniu smakowości wołowiny dojrzewającej na sucho. Spośród 10 zidentyfikowanych przez nich związków z tej grupy największy potencjał wykazywał *cis*-cyclo (L-Leu-L-Pro), wy-

stępujący w relatywnie dużej ilości (20,6 ppm) w długo ogrzewanej (duszonej) wołowinie. W zależności od zawartości uwalniał on aromaty, m.in. akrylanu etylu, ananasa (przy 10 ppm) oraz zielonej fasoli i surowej wołowiny (przy 100 ppm).

Produkty degradacji lipidów

Lipidy mięśniowe odgrywają ważną rolę w kształtowaniu smakowości wołowiny. Mogą pełnić funkcję rozpuszczalnika lotnych substancji wytworzonych podczas przetwarzania. Z kolei produkty termicznego utleniania lipidów tworzą wyraźne nuty smakowe w reakcjach z metabolitami z tkanki mięśniowej [8]. Lipidy mogą uczestniczyć w kształtowaniu pożądanych cech smakowo-zapachowych mięsa, a także przyczyniać się do powstawania ich niepożądanych odchyłeń [52]. Dominującą reakcją dla tej grupy związków, występującą w trakcie dojrzewania mięsa, jest autooksydacja, natomiast w trakcie jego obróbki termicznej zarówno oksydacja, jak i termiczna degradacja. Fosfolipidy (bogate w nienasycone kwasy tłuszczowe) są bardziej podatne na te przemiany niż lipidy obojętne (triacyloglicerole) [26, 52]. Utlenianie lipidów jest jedną z głównych przyczyn obniżania jakości mięsa podczas przechowywania i przetwarzania, ale proces ten jest także niezbędny do wykształcenia typowego aromatu mięsa [27]. Reakcje związane z autooksydacją lipidów oraz ich utlenianiem w trakcie obróbki termicznej mięsa przebiegają zasadniczo tymi samymi szlakami. Subtelne różnice w ich mechanizmach wpływają na różne profile substancji lotnych. Przyjmuje się, że autooksydacja lipidów w trakcie przechowywania mięsa przyczynia się do pojawiania się niepożądanych cech smakowo-zapachowych, natomiast degradacja lipidów (najczęściej oksydacja) w trakcie obróbki cieplnej wołowiny przyczynia się do generowania pożądanej smakowości [42]. Wodoronadtlenki, jako pierwotne produkty utleniania lipidów, są bezwonne i pozbawione smaku, ale ich degradacja prowadzi do powstawania szeregu produktów wtórnych, takich jak: aldehydy, węglowodory, alkohole, ketony, kwasy, estry, furany, laktony i związki epoksydowe czy polimery. Te ostatnie klasy związków są smakowo i zapachowo aktywne (zwłaszcza aldehydy), a odznaczając się niskimi wartościami progowymi, przyczyniają się do ujawniania smaku zjełczałego w mięsie surowym. We wstępnie obgotowanym lub ponownie podgrzanym mięsie (np. po chłodniczym przechowywaniu) związki te generują pojawianie się nieprzyjemnego smaku i zapachu określanego w literaturze mianem „*warmed-over flavour* (WOF)” [42].

Oktanal, nonanal i 2-undekenal to główne lotne produkty utleniania kwasu oleinowego, natomiast heksanal, 2-nonenal i 2,4-dekadienal – kwasu linolowego. Kwas oleinowy i linolowy to nienasycone kwasy tłuszczowe występujące w wołowinie w największej ilości. Niektóre z lotnych pochodnych degradacji lipidów, np. heksanal, 2,4-dekadienal, kwas nonanowy, kwas dekanowy czy (E)-2-dekenal w małych ilościach pozytywnie wpływają na smakowość wołowiny, natomiast przy wyższej za-

wartości są przyczyną niepożądanych cech smakowo-zapachowych [8]. Należy podkreślić, że utlenianie lipidów rozpoczyna się już w surowej wołowinie i jest kontynuowane w trakcie gotowania. W mięsie zawierającym nawet niewielką ilość tłuszczu śródmięśniowego jest on źródłem dużej liczby substancji lotnych, z których wiele występuje w relatywnie dużych ilościach [40]. Reasumując, można stwierdzić, że umiarkowane utlenianie lipidów mięśniowych przyczynia się do wytworzenia pożądanego profilu smakowo-zapachowego, natomiast zawansowane zmiany są przyczyną niepożądanego, zjełczałego posmaku.

Stopień oksydacji lipidów mięśniowych określany jest najczęściej na podstawie wartości testu TBARS, wyrażającego zawartość [mg] dialdehydu malonowego (MDA) w 1 kg mięsa lub zawartości heksanal – najważniejszego lotnego związku wytwarzanego podczas utleniania kwasów tłuszczowych z grupy *n*-6. Wykazano, że zawartość heksanal w mięsie po obróbce termicznej jest wprost proporcjonalna do wartości TBARS [8] i odwrotnie proporcjonalna do akceptowalności smaku [8]. Stwierdzono, że udział heksanal w wołowinie dojrzewającej na sucho i poddanej następnie obróbce termicznej był istotnie wyższy niż w wołowinie dojrzewającej na mokro (tab. 4) [31, 57]. W przypadku wskaźnika TBARS, niezależnie od przyjętej metody dojrzewania, wykazano wzrost jego wartości wraz z upływem czasu poubojowego przechowywania mięsa (tab. 5).

Tabela 5. Wartość TBARS [mg dialdehydu malonowego/kg mięsa] w wołowinie w zależności od sposobu i czasu dojrzewania

Table 5. TBARS value [mg malondialdehyde/kg meat] in beef depending on method and time of ageing

Rodzaj elementu Cut type	Okres dojrzewania Ageing period [dni / days]	Dojrzewanie na sucho Dry ageing	Dojrzewanie na mokro Wet ageing	Źródło Reference
Rostbef Strip loin	7	-	0,28	[57]
	21	-	0,50	
	35	0,82	0,88	
	56	1,32	1,04	
Rostbef Strip loin	21	1,1	-	[15]
	28	1,2	-	
Krzyżowa Sirloin	28	1,57	-	[35]
<i>Musculus longissimus lumborum</i>	2	-	0,10	[12]
	4	-	0,41	
	21	-	0,24	
	42	-	0,33	
	63	-	0,49	

Pomimo tego, że wyższe wartości TBARS stwierdzono w mięsie dojrzewającym na sucho, to wyniki uzyskane w 21., 35. czy nawet w 56. dniu *post mortem* nie prze-

kraczały przyjętej dla mięsa wartości granicznej 2 mg MDA/kg (tab. 5), przy której pojawiają się symptomy pogorszenia jego smakowitości [10]. DeGeer i wsp. [15] oraz Lee i wsp. [35] podają, że relatywnie wysokie wartości TBARS ($1,1 \div 1,57$ mg MDA/kg) w przypadku wołowiny dojrzewającej na sucho nie mają negatywnego wpływu na oceniane sensorycznie cechy jakościowe produktu. Co więcej, taki stopień utlenienia lipidów korzystnie oddziałuje na profil smakowo-zapachowy mięsa. Warto również podkreślić, że aldehydy (m.in. heksanal, MDA), jako główne produkty utleniania lipidów w wyższej temperaturze lub/i przy dłuższym czasie obróbki termicznej, łatwo reagują z grupami aminowymi lizyny, cysteiny i glutationu [59], dając początek innym lotnym i nielotnym produktom. Tym samym ich zawartość w gotowym produkcie ulega zmniejszeniu [49].

Podsumowanie

Duża liczba związków tworzących smak i zapach mięsa, jak również czynników wpływających na ich powstawanie sprawiają, że smakowitość wołowiny jest złożonym atrybutem jakości sensorycznej. Charakterystyczny smak mięsa wołowego po obróbce termicznej jest wynikiem synergii i/lub interakcji rozpuszczalnych w wodzie substancji smakowych i lotnych związków aromatycznych. Podczas dojrzewania wołowiny na sucho nie powstają unikatowe związki prekursorowe i aromatyczne, ale zawartość wielu z nich jest większa niż w mięsie dojrzewającym na mokro. Odzwierciedleniem tego są wyniki analizy sensorycznej, które wskazują najczęściej na korzystniejszą smakowitość wołowiny dojrzewającej na sucho. Jej smak i zapach opisywany jest jako niepowtarzalny, o silnie zaznaczonych nutach: maślanej, orzechowej, wołowej, pieczeniowej czy zrumienionego mięsa.

Wydaje się, że w kształtowaniu profilu smakowo-zapachowego wołowiny dojrzewającej na sucho i poddanej obróbce cieplnej, największe znaczenie mają związki siarki, karbonylowe (aldehydy, ketony) oraz związki heterocykliczne zawierające azot (pirazyny). Istotne są również substancje rozpuszczalne w wodzie, zwłaszcza wolne aminokwasy.

Pracę zrealizowano jako projekt finansowany w ramach programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pod nazwą „Regionalna Inicjatywa Doskonałości” w latach 2019 - 2022, nr projektu 029/RID/2018/19, kwota finansowania 11 927 330,00 zł.

Literatura

- [1] Ahnström M.L., Seyfert M., Hunt M.C., Johnson D.E.: Dry aging of beef in a bag highly permeable to water vapour. *Meat Sci.*, 2006, 73, 674-679.

- [2] Ba H.V., Hwang I.H., Dawoon J., Amna T.: Principle of meat aroma flavors and future prospect. In: Latest Research into Quality Control. Ed. I. Akyar. In Tech, Rijeka 2012, pp. 145-176.
- [3] Bailey M.E., Suzuki J., Fernando L.N., Swartz H.A., Purchas R.W.: Influence of finishing diets on lamb flavor. In: Lipids in food flavors. Eds. C.-T. Ho, T.G. Hartman. American Chemical Society, Washington 1994, pp. 170-185.
- [4] Behrends J.M., Goodson K.J., Koohmaraie M., Shackelford S.D., Wheeler T.L., Morgan W.W., Reagan J.O., Gwartney B.L., Wise J.W., Savell J.W.: Beef customer satisfaction: Factors affecting consumer evaluations of calcium chloride-injected top sirloin steaks when given instructions for preparation. *J. Anim. Sci.*, 2005, 83, 2869-2875.
- [5] Belitz H.D., Grosch W., Schieberle P.: Food Chemistry. Springer-Verlag, Berlin 2009, pp. 605-608.
- [6] Berger J., Kim Y.H.B., Legako J.F., Martini S., Lee J., Ebner P.E., Zuelly S.M.S.: Dry-aging improves meat quality attributes of grass-fed beef loins. *Meat Sci.*, 2018, 145, 285-291.
- [7] Brewer M.S.: The Chemistry of Beef Flavor. Executive Summary. National Cattlemen's Beef Association, Centennial, CO, 2006.
- [8] Calkins C.R., Hodgen J.M.: A fresh look at meat flavor. *Meat Sci.*, 2007, 77, 63-80.
- [9] Campbell R.E., Hunt M.C., Levis P., Chambers E.: Dry-aging effects on palatability of beef *longissimus* muscle. *J. Food Sci.*, 2001, 66, 196-199.
- [10] Campo M.M., Nute G.R., Hughes S.I., Enser M., Wood J.D., Richardson R.I.: Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Sci.*, 2006, 72, 303-311.
- [11] Chen M.Z., Dewis M.L., Kraut K., Merritt D., Reiber L., Trinnaman L., Da Costa N.C.: 2,5-diketopiperazines (cyclic dipeptides) in beef: Identification, synthesis, and sensory evaluation. *J. Food Sci.*, 2009, 74, C100-C105.
- [12] Colle M.J., Richard R.P., Killinger K.M., Bohlscheid J.C., Gray A.R., Loucks W.I., Day R.N., Cochran A.S., Nasados J.A., Doumit M.E.: Influence of extended aging on beef quality characteristics and sensory perception of steaks from the *gluteus medius* and *longissimus lumborum*. *Meat Sci.*, 2015, 110, 32-39.
- [13] Czerny M., Christlbauer M., Christlbauer M., Fischer A., Granvogl M., Hammer M., Hartl C., Hernandez N.M., Schieberle P.: Re-investigation on odour thresholds of key food aroma compounds and development of an aroma language based on odour qualities of defined aqueous odorant solutions. *Eur. Food Res. Technol.*, 2008, 228, 265-273.
- [14] Dashdorj D., Tripathi V.K., Cho S., Kim Y., Hwang I.: Dry aging of beef: Review. *J. Anim. Sci. Technol.*, 2016, 58, 20.
- [15] DeGeer S.L., Hunt M.C., Bratcher C.L., Crozier-Dodson B.A., Johnson D.E., Stika J.F.: Effects of dry aging of bone-in and boneless strip loins using two aging processes for two aging times. *Meat Sci.*, 2009, 83, 768-774.
- [16] Dikeman M.E., Obuz E., Gök V., Akkaya L., Stroda S.: Effects of dry, vacuum, and special bag aging; USDA quality grade; and end-point temperature on yields and eating quality of beef *longissimus lumborum* steaks. *Meat Sci.*, 2013, 94, 228-233.
- [17] Domaradzki P., Litwińczuk Z., Florek M., Litwińczuk A.: Zmiany właściwości fizykochemicznych i sensorycznych mięsa wołowego w zależności od warunków jego dojrzewania. *Żywność. Nauka Technologia. Jakość*, 2016, 3 (106), 35-53.
- [18] Domaradzki P., Litwińczuk Z., Florek M., Żółkiewski P.: Wpływ okresu dojrzewania na właściwości fizykochemiczne mięsna *longissimus lumborum* buhajków pięciu ras. *Med. Weter.*, 2017, 73 (12), 802-810.
- [19] Farmer L.J.: The role of nutrients in meat flavour formation. *Proc. Nutr. Soci.*, 1994, 53, 327-333.
- [20] Flores M.: Understanding the implications of current health trends on the aroma of wet and dry cured meat products. *Meat Sci.*, 2018, 144, 53-61.

- [21] Grosch W.: Evaluation of the key odorants of foods by dilution experiments, aroma models and omission. *Chem. Senses*, 2001, 26, 533-545.
- [22] Hocquette J.-F., van Wezemael L., Chriki S., Legrand I., Verbeke W., Farmer L., Scollan N.D., Polkinghorne R., Rodbotteni R., Allen P., Pethick D.W.: Modelling of beef sensory quality for a better prediction of palatability. *Meat Sci.*, 2014, 97, 316-322.
- [23] Hulánková R., Kameník J., Saláková A., Závodský D., Borilova G.: The effect of dry aging on instrumental, chemical and microbiological parameters of organic beef loin muscle. *LWT – Food Sci. Technol.*, 2018, 89, 559-565.
- [24] Iida F., Miyazaki Y., Tsuyuki R., Kato K., Egusa A., Ogoshi H., Nishimura T.: Changes in taste compounds, breaking properties, and sensory attributes during dry aging of beef from Japanese black cattle. *Meat Sci.*, 2016, 112, 46-51.
- [25] Kersch R., Grosch W.: Quantification of 2-methyl-3-furanthiol, 2-furfurylthiol, 3-mercapto-2-pentanone, and 2-mercapto-3-pentanone in heated meat. *J. Agric. Food Chem.*, 1998, 46, 1954-1958.
- [26] Kerth C.R., Miller R.K.: Beef flavor: A review from chemistry to consumer. *J. Sci. Food Agric.*, 2015, 95, 2783-2798.
- [27] Khan M.I., Jo C., Tariq M.R.: Meat flavor precursors and factors influencing flavor precursors – A systematic review. *Meat Sci.*, 2015, 110, 278-284.
- [28] Killinger K.M., Calkins C.R., Umberger W.J., Feuz D.M., Eskridge K.M.: A comparison of consumer sensory acceptance and value of domestic beef steaks and steaks from a branded, Argentine beef program. *J. Anim. Sci.*, 2004, 82, 3302-3307.
- [29] Kim Y.H.B., Kemp R., Samuelsson L.M.: Effects of dry-aging on meat quality attributes and metabolite profiles of beef loins. *Meat Sci.*, 2016, 111, 168-176.
- [30] Kim Y.H.B., Ma D., Setyabrata D., Farouk M.M., Lonergan S.M., Huff-Lonergan E., Hunt M.C.: Understanding postmortem biochemical processes and post-harvest aging factors to develop novel smart-aging strategies. *Meat Sci.*, 2018, 144, 74-90.
- [31] King M.F., Matthews M.A., Rule D.C., Field R.A.: Effect of beef packaging method on volatile compounds developed by oven roasting or microwave cooking. *J. Agric. Food Chem.*, 1995, 43, 773-778.
- [32] Kołczak T.: Jakość wołowiny. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, 1 (56), 5-22.
- [33] Koutsidis G., Elmore J.S., Oruna-Concha M.J., Campo M.M., Wood J.D., Mottram D.S.: Water-soluble precursors of beef flavour. Part II: Effect of *post-mortem* conditioning. *Meat Sci.*, 2008, 79, 270-277.
- [34] Laster M.A., Smith R.D., Nicholson K.L., Nicholson J.D.W., Miller R.K., Griffin D.B., Harris K.B., Savell J.W.: Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer sensory attribute evaluations of steaks from ribeyes, strip loins, and top sirloins from two quality grade groups. *Meat Sci.*, 2008, 80, 795-804.
- [35] Lee H.J., Choe J., Yoon J.W., Kim S., Oh H., Yoon Y., Jo C.: Determination of salable shelf-life for wrap-packaged dry-aged beef during cold storage. *Korean J. Food Sci. An.*, 2018, 38 (2), 251-258.
- [36] Lepper-Blilie A.N., Berg E.P., Buchanan D.S., Berg P.T.: Effects of *post mortem* aging time and type of aging on palatability of low marbled beef loins. *Meat Sci.*, 2016, 112, 63-68.
- [37] Li X., Babol J., Bredie W.L.P., Nielsen B., Tománková J., Lundström K.: A comparative study of beef quality after ageing *longissimus* muscle using a dry ageing bag, traditional dry ageing or vacuum package ageing. *Meat Sci.*, 2014, 97, 433-442.
- [38] Li X., Babol J., Wallby A., Lundström K.: Meat quality, microbiological status and consumer preference of beef *gluteus medius* aged in a dry ageing bag or vacuum. *Meat Sci.*, 2013, 95, 229-234.
- [39] Lyford C., Thompson J., Polkinghorne R., Miller M., Nishimura T., Neath K., Allen P., Belasco E.: Is willingness to pay (WTP) for beef quality grades affected by consumer demographics and meat consumption preferences? *Australas. Agribus. Rev.*, 2010, 18, 1-17.

- [40] MacLeod G.: The flavor of beef. In: Flavor of Meat and Meat Products and Seafoods. Ed. F. Shahidi. Blackie Academic and Professional, London 1998, pp. 27-60.
- [41] Monsón F., Sañudo C., Sierra I.: Influence of cattle breed and ageing time on textural meat quality. *Meat Sci.*, 2004, 68, 595-602.
- [42] Mottram D.S., Madruga M.S.: Important sulfur containing aroma volatiles in meat. In: Sulfur Compounds in Foods. Eds. C.J. Mussinan, M.E. Keelan. American Chemical Society, Washington, DC, 1994, pp. 180-187.
- [43] Mottram D.S., Nobrega I.C.C.: Formation of sulfur aroma compounds in reaction mixtures containing cysteine and three different forms of ribose. *J. Agric. Food Chem.*, 2002, 50, 4080-4086.
- [44] Mottram D.S.: Flavor formation in meat and meat products. *Food Chem.*, 1998, 62, 415-424.
- [45] O'Quinn T.G., Woerner D.R., Engle T.E., Chapman P.L., Legako J.F., Brooks J.C., Belk K.E., Tatum J.D.: Identifying consumer preferences for specific beef flavor characteristics in relation to cattle production and *post mortem* processing parameters. *Meat Sci.*, 2016, 112, 90-102.
- [46] Parrish F.C., Boles J.A., Rust R.E., Olson D.G.: Dry and wet aging effects on palatability attributes of beef loin and rib steaks from three quality grades. *J. Food Sci.*, 1991, 56, 601-603.
- [47] Polkinghorne R.J., Thompson J.M.: Meat standards and grading: A world view. *Meat Sci.*, 2010, 86, 227-235.
- [48] Resconi V.C., del Mar Campo M., Montossi F., Ferreira V., Sañudo C., Escudero A.: Gas chromatographic-olfactometric aroma profile and quantitative analysis of volatile carbonyls of grilled beef from different finishing feed systems. *J. Food Sci.*, 2012, 77, S240-S246.
- [49] Roldan M., Antequera T., Armenteros M., Ruiz J.: Effect of different temperature-time combinations on lipid and protein oxidation of sous-vide cooked lamb loins. *Food Chem.*, 2014, 149, 129-136.
- [50] Savell J.: Dry-aging of beef. Executive Summary. Center for Research and Knowledge Management. National Cattlemen's Beef Association, Centennial, CO, 2008.
- [51] Shahidi F.: Flavor of meat and meat products - an overview. In: Flavor of Meat and Meat Products. Ed. F. Shahidi. Blackie Academic and Professional, Glasgow 1994, pp. 1-3.
- [52] Shahidi F.: Lipid-derived flavours in meat products. In: Meat Processing – Improving Quality. Eds. J. Kerry, D. Ledward. Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, 2002, pp. 105-121.
- [53] Sitz B.M., Calkins C.R., Feuz D.M., Umberger W.J., Eskridge K.M.: Consumer sensory acceptance and value of wet-aged and dry-aged beef steaks. *J. Anim. Sci.*, 2006, 84, 1221-1226.
- [54] Smith A.M., Harris K.B., Griffin D.B., Miller R.K., Kerth C.R., Savell J.W.: Retail yields and palatability evaluations of individual muscles from wet-aged and dry-aged beef ribeyes and top sirloin butts that were merchandised innovatively. *Meat Sci.*, 2014, 97, 21-26.
- [55] Smith R., Nicholson K., Nicholson J., Harris K., Miller R., Griffin D., Savell J.: Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer palatability evaluations of steaks from US Choice and US Select short loins. *Meat Sci.*, 2008, 79, 631-639.
- [56] Song S., Zhang X., Hayat K., Liu P., Jia C., Xia S., Xiao Z., Tian H., Niu Y.: Formation of the beef flavour precursors and their correlation with chemical parameters during the controlled thermal oxidation of tallow. *Food Chem.*, 2011, 124, 203-209.
- [57] Warner R., Ha M.: Dry aged beef – Evaluation of wet age step on quality and yield. Meat and Livestock Australia Ltd, North Sydney, NSW, 2017.
- [58] Warren K.E., Kastner C.L.: A comparison of dry-aged and vacuum-aged beef strip loins. *J. Muscle Foods*, 1992, 3, 151-157.
- [59] Zamora R., Gallardo E., Hidalgo F.J.: Model studies on the degradation of phenylalanine initiated by lipid hydroperoxides and their secondary and tertiary oxidation products. *J. Agric. Food Chem.*, 2008, 56, 7970-7975.

SHAPING FLAVOUR PROFILE OF BEEF MEAT DURING DRY AGEING PROCESS

S u m m a r y

Ageing is a natural enzymatic process that takes place *post-mortem* in muscle tissue. Currently, two methods of meat ageing are usually utilized: wet ageing (under vacuum conditions) and dry ageing (customarily, without packaging, in air at a given temperature and humidity). The wet ageing of beef is and will remain a prevailing method applied in meat industry for, with this method, the tenderness of meat can be increased and its shrinkage reduced. In turn, with the dry ageing, it is possible to produce beef meat of a unique palatability. The objective of this review was to discuss, on the basis of the available reference literature, the state of the art as regards the characteristics of flavour profile of the dry-ageing beef and to present potential precursors and key compounds responsible for its specific flavour profile. Palatability is one of the most important determinants of the beef quality; it is a comprehensive impression perceived by the taste and smell senses. Raw meat shows a very weak aroma and taste, however it contains many precursors and substances formed during the ageing process. Those compounds (originating from both the muscle and the adipose tissues) are the ones to form a characteristic flavour profile of beef during heat treatment. Based on the research studies on the palatability of beef, it has been concluded that the palatability of dry aging raw meat is more advantageous than that of the wet aging raw meat. The palatability features of this type of beef are described as strong, buttery, nutty, beefy, roasted or caramelised. So far no unique flavour compounds have been identified on the basis of which a distinction between the dry and the wet ageing techniques could be made, though in the case of many of those compounds their amounts in dry-ageing beef are higher. The taste- and aroma-active compounds present in dry-ageing beef cover the entire spectrum of substances; among them the following are the most important: sulphur compounds, carbonyl compounds (aldehydes, ketones), nitrogen-containing heterocycles (pyrazines) and water-soluble compounds (especially free amino acids). Also a heat treatment method of meat is important. A process carried out at a low temperature results in forming lipid degradation products, while a quick heating at a higher temperature generates a higher amount of Maillard reaction products.

Key words: beef, taste, aroma, palatability, volatile compounds, taste precursors ☒

MARTA LISZKA-SKOCZYLAS

WPLYW NAWOŻENIA ROŚLIN ZIEMNIAKA (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) NA ZAWARTOŚĆ I JAKOŚĆ SKROBI W BULWACH

Streszczenie

Skrobia jest głównym składnikiem ziemniaka, stanowiącym ok. 17 ÷ 21 % masy świeżych bulw. Poza ilością, to struktura i skład, a w konsekwencji właściwości fizykochemiczne tego biopolimeru są ważnymi czynnikami określającymi kierunek jego zastosowań spożywczych i przemysłowych. Na wskaźniki te mają z kolei wpływ, oprócz genotypu, warunki środowiskowe i agrotechnika stosowana podczas uprawy roślin. Podstawą prawidłowego przebiegu procesów fizjologicznych i biochemicznych zachodzących w roślinie jest jej kompleksowe zaopatrzenie w łatwo dostępne składniki pokarmowe. Pełne odżywienie roślin ziemniaka decyduje bezpośrednio o ilości i jakości skrobi zawartej w bulwach. Zastosowanie odpowiedniego nawożenia (rodzaju oraz ilości stosowanego nawozu, jak również metody dozowania składników mineralnych i materii organicznej) wpływa m.in. na granulację ziaren polimeru, zawartość amylozy i fosforu, właściwości termiczne oraz proces kleikowania skrobi, np. zawartość skrobi w bulwach maleje przy niedostatecznej podaży potasu oraz przy zbyt dużych dawkach azotu. Mniejszy wpływ na ten parametr ma nawożenie fosforem. Zastosowanie dogłębowo nawozów fosforowych i potasowych promuje formowanie się dużych ziaren skrobi, podczas gdy nawożenie azotowe przynosi odwrotne skutki. Nawożenie roślin ziemniaka nie wpływa na strukturę krystalograficzną skrobi, jednak względna jej krystaliczność zwiększa się wraz ze wzrostem dawki potasu, a zmniejsza się w sytuacji większej podaży nawozu azotowego. Określenie wpływu nawożenia roślin na właściwości skrobi dostarcza przydatnych i ważnych informacji zarówno dla producentów ziemniaków, badaczy, jak i sektora przemysłowego, ponieważ stwarza możliwość kontroli warunków uprawy ziemniaka mających wpływ na uzyskanie skrobi natywnej o określonych właściwościach fizykochemicznych.

Słowa kluczowe: ziemniak, skrobia, nawożenie, azot, fosfor, potas

Wprowadzenie

Skrobia to główny materiał zapasowy roślin wyższych, a zarazem drugi po celulozie biopolimer na świecie pod względem występowania. Jest najważniejszym wę-

*Dr M. Liszka-Skoczylas, Katedra Inżynierii i Aparatury Przemysłu Spożywczego, Wydz. Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków.
Kontakt: marta.liszka-skoczylas@urk.edu.pl*

glowodanem w diecie człowieka. Stały, wysoki popyt na skrobie wynika z jej wszechstronnego wykorzystania w różnych gałęziach przemysłu. Biopolimer ten stanowi surowiec do produkcji artykułów spożywczych, farmaceutyków i pasz oraz niejadalnych produktów, takich jak tekstylia, nawozy, powłoki nasienne, papier czy biopaliwa [57].

Pod względem technologicznym najbardziej przydatna jest skrobia ziemniaczana. Węglowodan ten to główny składnik bulw ziemniaka (*Solanum tuberosum* L.), stanowiący $17 \div 21$ % jego świeżej masy i ok. 80 % suchej masy [32]. W światowej produkcji ziemniaki plasują się na trzecim miejscu po pszenicy i kukurydzy. Fizyczna i chemiczna natura skrobi ziemniaczanej sprawia, że można ją modyfikować za pomocą różnych czynników. Skrobia zbożowa łatwo może zastąpić skrobię ziemniaczaną jako surowiec i ze względów ekonomicznych zwykle tak się dzieje. W przyszłości wykorzystanie skrobi ziemniaczanej będzie uzależnione od kosztów jej pozyskania na każdym z etapów produkcji, tj. od uprawy roślin, ich transportu i przetwarzania, w tym również wytwarzania produktów ubocznych [67].

Właściwości produktów bogatych w skrobię określa w dużej mierze jakość materiału wyjściowego. Ziemniaki stosowane w przemyśle skrobiowym muszą dostarczać dużych ilości polimeru o najwyższej jakości. Na właściwości funkcjonalne skrobi, oprócz uwarunkowań genetycznych ziemniaka, wpływ ma pogoda, w szczególności temperatura powietrza i profil opadów w sezonie wegetacyjnym, miejsce wzrostu oraz praktyki agrotechniczne, w tym nawożenie i nawadnianie. Czynniki zewnętrzne zmieniają właściwości biopolimeru, działając na wrażliwe enzymy biosyntezy skrobi odpowiedzialne za wytwarzanie substratu, wydłużanie łańcuchów α -1,4-glukanu, tworzenie ich rozgałęzień oraz utrzymywanie krystaliczności ziarenek. Enzymy te tworzą współzależne kompleksy, które wspólnie syntetyzują skrobię. Zmiany w spektrum enzymów tworzących kompleksy odzwierciedlają się zmianą struktury i składu biopolimeru, a to wpływa na właściwości fizykochemiczne skrobi [62].

Ze wszystkich czynników agrotechnicznych wpływających zarówno na ilość, jak i na jakość skrobi zawartej w bulwach najistotniejsze, poza nawodnieniem, jest nawożenie roślin ziemniaka [41]. Biorąc pod uwagę ten zabieg rolniczy, ważne są: rodzaj stosowanego nawożenia (organiczne lub mineralne), skład, dawka i częstotliwość podawanego nawozu, jak również sposób jego aplikacji (doglebowo lub dolistnie).

Nawożenie roślin ziemniaka

Systematyczne nawożenie ziemniaka, dostosowane do wymagań uprawowych danej odmiany, nie tylko wpływa na zwiększenie plonu, ale także zmienia jego jakość, poprzez większe gromadzenie się w nim składników odżywczych. Wydajność i jakość plonu zależą od ilości dostępnych makroelementów, takich jak fosfor, potas i azot, a także mikroelementów (np. mangan, cynk, bor, miedź, żelazo, molibden) [1, 43].

Podstawę w procesie nawożenia roślin ziemniaka stanowić powinny nawozy organiczne uzupełnione odpowiednimi dawkami nawozów mineralnych [60].

Rośliny ziemniaka dobrze reagują na nawożenie obornikiem, co odzwierciedla się wzrostem plonu. Obornik pokrywa wymagania pokarmowe rośliny na poziomie ok. 30 % azotu, 30 % fosforu oraz ok. 50 % potasu [48]. Ziemniaki zużywają ok. 50 kg/ha substancji mineralnej z nawozów w postaci obornika (dawka 30 t/ha) stosowanego jesienią, podczas gdy inne wymagane składniki odżywcze są dostarczane przez nawozy mineralne w okresie wegetacji [5].

W nawożeniu ziemniaka bardzo ważny jest stosunek makroelementów N : P : K, który jest uzależniony od kierunku użytkowania rośliny. W przypadku ziemniaków jadalnych proporcja tych składników powinna wynosić 1 : 1 : (1,5 ÷ 2,0), a ziemniaków skrobiowych – 1 : 1 : (1,3 ÷ 1,5). Zbyt małe dawki nawozów mineralnych i/lub niewłaściwa proporcja N : P : K skutkują m.in. obniżeniem plonu i zmniejszeniem skrobiowości bulw [9].

Azot to makroelement występujący w roślinie w największej ilości. Racjonalne nawożenie azotem, przy korzystnych warunkach uprawy, wpływa pozytywnie na rozwój nadziemnych części rośliny, wzrost i różnicowanie bulw oraz ich skład chemiczny [36, 46]. Według Machnackiego i Kołpaka [45] dawka 1 kg N/ha powoduje zwiększenie plonu bulw o 70 kg/ha (do zastosowanej dawki 80 kg N/ha). Niedostateczne lub nadmierne stosowanie azotu oraz jego zbyt wczesne lub zbyt późne zastosowanie niekorzystnie wpływa na wytwarzanie bulw. Niedobór tego makroelementu zmniejsza wzrost i plon roślin, zaś jego nadmiar – stymuluje wzrost pędów, opóźnia tworzenie się bulw, zmniejsza ich masę oraz skraca czas ich przechowywania [30].

Odporność roślin ziemniaka na czynniki chorobotwórcze oraz stres wodny jest ściśle uzależniona od dostępności fosforu, potasu i magnezu w podłożu. Składniki te mają bezpośredni wpływ zarówno na tworzenie, jak i magazynowanie białka i skrobi w bulwach. Fosfor to pierwiastek odpowiedzialny za jakość ziaren skrobiowych. Jakość bulw uzależniona jest natomiast od dostępności potasu. Niedożywienie roślin ziemniaka tym pierwiastkiem jest odpowiedzialne za ciemnienie miąższu i pustawość bulw. Przenawożenie potasem objawia się zaś zmniejszeniem zawartości suchej masy i skrobi w bulwach. Wysoka jakość plonów uzależniona jest od dostępności magnezu. Atom magnezu jest obecny w każdej cząsteczce chlorofilu, przez co odgrywa ważną rolę w fotosyntezie. Jest on również zaangażowany w kluczowe etapy produkcji cukrów i białka w roślinie, a także w transport sacharydów w postaci sacharozy z liści do bulw [24, 50].

Siarka wzmacnia syntezę skrobi w bulwach, jest składnikiem białek i wielu enzymów, ogranicza zawartość azotanów(V) i azotanów(III) oraz cukrów redukujących, co z kolei podwyższa wartość technologiczną ziemniaka [2, 50].

Zapotrzebowanie rośliny na mikroelementy (m.in. Mn, B, Cu, Zn) jest mniejsze niż na makroskładniki, ale nie mniej ważne. Optymalne żywienie roślin manganem zwiększa wydajność fotosyntezy, przez co wpływa korzystnie na wielkość plonu. Niedobór tego pierwiastka powoduje znaczne zmniejszenie zawartości białka w bulwach oraz zakłócenia w procesie tworzenia skrobi. Bor ma korzystny wpływ na gromadzenie skrobi w bulwach. W roślinach niedostatecznie żywionych borem występują m.in. zaburzenia w metabolizmie węglowodanów [14, 18, 24]. Miedź jest składnikiem enzymów zaangażowanych w metabolizm węglowodanów oraz białek i służy jako katalizator w fotosyntezie i oddychaniu. Do prawidłowego wzrostu i rozwoju ziemniaka niezbędny jest cynk. Zwiększa on odporność rośliny na choroby np. na parcha zwykłego ziemniaka wywołanego przez bakterie *Streptomyces scabies*, wpływając w ten sposób bezpośrednio na wysokość plonu, ale również zwiększa efektywność nawożenia azotem [24].

Zawartość skrobi w bulwach a nawożenie

Zawartość skrobi w bulwach danej odmiany ziemniaka decyduje o kierunku jej użytkowania. Odmiany jadalne powinny charakteryzować się mniejszą zawartością skrobi ($11 \div 17$ %) niż odmiany przeznaczone do przetwórstwa ($17 \div 22$ %) [48]. Nawożenie to jeden z bardzo istotnych czynników agrotechnicznych wpływających na ten parametr.

Zastosowanie zalecanej dawki nawozów wraz z odpowiednią proporcją makroskładników N : P : K gwarantuje uzyskanie największego plonu bulw danej odmiany, bez zmniejszenia w nich zawartości skrobi.

Według Boguckiej [4] zawartość skrobi w bulwach ziemniaka nawożonego 420 kg NPK/ha (120 kg N/ha, 144 kg P/ha, 156 kg K/ha) była średnio o 0,30 % mniejsza niż w bulwach nawożonych dawką 280 kg NPK/ha (80 kg N/ha, 80 kg P/ha, 120 kg K/ha). Podobny poziom obniżenia skrobioności bulw w odpowiedzi na wyższy poziom nawożenia gleb, wynoszący 420 kg NPK/ha, Bogucka i wsp. [5] odnotowali we wcześniejszej pracy. Kosecka i wsp. [34] udowodnili, że nawożenie azotowe do poziomu 100 kg N/ha zwiększa plon skrobi, natomiast dawka azotu ponad 200 kg/ha – zmniejsza go. Podobną tendencję wykazali Bombik i wsp. [7]. O zmniejszeniu udziału skrobi w bulwach ziemniaka o ok. 1,5 % pod wpływem dogłębowo zastosowanej wyższej dawki azotu (o 50 kg/ha) pisał Bernat [3]. Jabłoński [21] odnotował zmniejszenie zawartości biopolimeru w bulwach o ok. 1,7 % pod wpływem takiego samego nawożenia azotem. Sharma i Arora [55] przedstawili znaczące zmniejszenie zawartości skrobi w bulwach do poziomu nawożenia 100 kg N/ha i nie odnotowali dalszego jej obniżania w miarę stosowania większych dawek azotu (do 250 kg/ha). Również z obserwacji prowadzonych przez Leszczyńskiego [39] i Mozolewskiego [47] wynika, że wzrost nawożenia azotowego powoduje zmniejszenie zawartości skrobi w bulwach

ziemniaka. Podobną reakcję na zwiększenie dawki azotu (o 80 kg/ha) i fosforu (o 34 kg/ha) zaobserwowali Ciećko i wsp. [9].

Jak podają Sharma i Arora [55], zmniejszenie zawartości skrobi w bulwach wraz ze wzrostem zastosowanej dawki azotu można przypisać efektowi rozcieńczenia wynikającemu ze zwiększonej produkcji suchej masy. Ze względu na to, że azot jest bezpośrednio zaangażowany w syntezę aminokwasów, zawartość białka w bulwach zwiększa się wraz ze zwiększoną dawką tego składnika. Talley [61] wykazał, że zawartość białka i aminokwasów w roślinie jest proporcjonalna do ilości azotu dostępnego w podłożu, a nawożenie ziemniaka tym pierwiastkiem wpływa pozytywnie na zawartość białka w bulwach.

Brak dostępności dla roślin potasu, pierwiastka będącego składnikiem odpowiedzialnym za tuberyzację bulw, prowadzi do zmniejszenia nie tylko plonu ziemniaków, ale również zawartości skrobi w bulwach [42, 51]. Zawartość tego węglowodanu w suchej masie wzrasta wraz ze zwiększeniem dawki potasu, co wskazuje, że składnik ten sprzyja syntezie skrobi [19]. Jak twierdzą Gruczek i wsp. [15], nawożenie potasem zwiększa zawartość polimeru pod warunkiem, że dawki te nie przekraczają $160 \div 180$ kg K_2O/ha [15]. W badaniach prowadzonych przez Pobereźnego i Wszelaczyńską [51] najkorzystniejszy wzrost zawartości skrobi odnotowano do dawki 160 kg K_2O/ha . Dalsze jej zwiększanie do 240 kg K_2O/ha nie poprawiło wyniku. Podobną reakcję ziemniaka na nawożenie potasem wykazała Rogozińska [54]. W przypadku tego makroelementu ważna jest również forma, w jakiej jest on podawany w nawozie. Danilcenko i wsp. [10], którzy nawozili uprawę ziemniaka siarczanem(VI) potasu, odnotowali zwiększenie zawartości skrobi wraz ze zwiększeniem dawki nawozu. W pracy tej optymalną dawką okazało się 90 kg/ha, dalszy jej wzrost do 150 kg/ha powodował niewielkie zmniejszenie zawartości skrobi. Ciećko i wsp. [9] wykazali, że większe dawki potasu powodują istotne zmniejszenie zawartości skrobi w bulwach. Ujemny wpływ tego nawożenia odnotowano zarówno w przypadku małych, średnich, jak i dużych dawek NPK. Podobne wnioski sformułował też Jabłoński [20]. Stwierdził, że duże dawki potasu, zwłaszcza w formie chlorkowej, mogą być przyczyną zmniejszenia zawartości skrobi w bulwach.

Zmiany zawartości skrobi w bulwach ziemniaka uzależnione są również od nawożenia fosforem. Wpływ ten nie jest jednak tak duży jak w przypadku nawożenia azotem i potasem. Dodatkowo, negatywny wpływ dużych dawek azotu może być skompensowany działaniem fosforu, pod warunkiem zachowania odpowiedniej proporcji między pierwiastkami ($N : P - 1 : 1$).

Według Haasego i Plate [17] zwiększenie poziomu aplikacji nawozów fosforowych z 48 do 96 kg P_2O_5/ha spowodowało zmniejszenie zawartości skrobi w bulwach o 0,6 %. Odmienne obserwacje przedstawili Sharma i wsp. [55]. W swoim eksperymencie autorzy nawozili ziemniaka wzrastającą dawką fosforu w zakresie od 0 do

250 kg P_2O_5 /ha (co 50 kg P_2O_5 /ha) i odnotowali zwiększenie zawartości skrobi na poziomie 3 %. Podobne wyniki uzyskali Fotyma i Grześkiewicz [13] oraz Kamal i wsp. [29]. Zwiększenie zawartości węglowodanów w bulwach przypisać można metabolicznemu działaniu fosforu, polegającemu na przemieszczaniu się cukrów do bulw [55].

Obornik to jeden z podstawowych nawozów organicznych stosowanych w rolnictwie. Stanowi on cenne źródło łatwo dostępnych składników odżywczych, a dodatkowo poprzez wzbogacanie gleby w materię organiczną poprawia jej właściwości fizyczne, takie jak stosunki wodno-powietrzne czy sorpcyjne. Obornik hamuje tempo zakwaszenia gleby, przez co może w pewnym zakresie zmniejszać niekorzystny wpływ nawożenia mineralnego. Zaletą obornika jest niewątpliwie długi czas uwalniania składników odżywczych, co może trwać kilka lat od momentu jego zastosowania.

W literaturze publikowane są sprzeczne wyniki, co do wpływu nawożenia ziemniaka obornikiem na zawartość skrobi w bulwach. Stwierdzono, że składniki odżywcze obecne w nawozach mineralnych są skuteczniejsze niż równoważna ich ilość obecna w oborniku. Z tego powodu wpływ nawozów mineralnych na plon ziemniaka jest wyższy niż w przypadku nawozów organicznych [1]. Baniuniene i Zekaite [1] w 12-letnich badaniach wykazali, że ziemniaki nawożone tylko nawozami mineralnymi miały o $4,5 \div 11,9$ g/kg większą zawartość skrobi niż te, przy których uprawie zastosowano kombinacje nawożenia obornikiem (40 t/ha) i nawozami mineralnymi. Większą zawartość skrobi zgromadzonej w bulwach roślin nawożonych mineralnie, a nie organicznie, wykazali również Srikumar i Ockerman [58]. Jednak Lazauskas i Ražukas [37] dowiedli, że większa zawartość biopolimeru gromadzi się w bulwach, gdy rośliny są nawożone tylko obornikiem lub obornikiem z małymi dawkami nawożenia mineralnego. Z kolei Sharma i Arora [55] stwierdzili znaczące zwiększenie zawartości skrobi aż do zastosowania 200 kg N/ha bez nawożenia obornikiem oraz 250 kg N/ha i przy udziale obornika., co obrazuje dodatni wpływ obornika na ten parametr. W tych samych badaniach odnotowano znaczące zwiększenie ilości omawianego polimeru w bulwach aż do zastosowania 60 kg P_2O_5 /ha w kombinacji bez nawożenia obornikiem oraz w dawce 30 kg P_2O_5 /ha w połączeniu z obornikiem. W przypadku stosowania potasu stwierdzono zwiększenie udziału skrobi w bulwach do 150 kg K_2O /ha bez nawożenia obornikiem i 100 kg K_2O w połączeniu z tym nawozem naturalnym. Wynika z tego, że reakcja ziemniaków na fosfor i potas, przejawiająca się zawartością skrobi w bulwach, zmniejsza się w obecności nawożenia obornikiem.

W niektórych fazach rozwojowych ziemniaka zapotrzebowanie na składniki pokarmowe jest tak duże, że klasyczne, doglebowe nawożenie nie wystarcza. Wówczas dobrą praktyką jest dolistne stosowanie nawozów. Główną zaletą dokarmiania przez liście jest szybkość działania składników i większy stopień ich wykorzystania. Tą dro-

gą można dostarczyć tylko część makroelementów (azot, magnez, siarkę), podczas gdy zapotrzebowanie na mikroelementy może być pokryte w 100 %.

Stosowanie dolistnych nawozów makro- czy mikroelementowych nie modyfikuje znacząco zawartości skrobi i suchej masy w bulwach [35, 49]. Wadas i wsp. [65], którzy badali nawożenie nawozami mikroelementowymi zawierającymi m.in. mangan i bor, nie wykazali istotnego wpływu tych składników na skrobię. Potwierdzone to zostało także w badaniach innych autorów [18, 26, 28]. Trawczyński i Kopenec [63] przeanalizowali dolistne nawozy stosowane do niwelowania niedoboru boru w roślinach, ale nie odnotowali żadnego efektu zastosowanego nawożenia na akumulację skrobi w bulwach ziemniaka wczesno-wczesnego. Brak wyraźnego wpływu nawożenia dolistnego preparatami Basfoliar 12-4-6 (o zawartości [% m/m]: N – 12,0, P₂O₅ – 4,0, K₂O – 6,0, MgO – 0,2, Mn – 0,01, Cu – 0,01, Fe – 0,01, B – 0,02, Zn – 0,005, Mo – 0,005) i/lub Solubor DF (B – 17,5 % m/m) i/lub ADOB Mn (o zawartości [% m/m]: Mn – 10,0, N – 6,5, Mg – 2,0) na zawartość skrobi w bulwach odnotowali również Winnicki i Bogucka [67]. Zastosowanie do nawożenia dolistnego preparatów zawierających substancje pozyskane z alg morskich z aktywnym kompleksem biostymulującym również nie przyniosło rezultatów objawiających się zwiększeniem zawartości polimeru w bulwach [64].

W literaturze przedmiotu publikowane są jednak doniesienia dotyczące korzystnego wpływu dolistnego dokarmiania roślin na akumulację skrobi w bulwach ziemniaka [6, 16, 22, 23, 24]. Preparaty opisane we wszystkich wcześniej wymienionych publikacjach to nawozy wieloskładnikowe, zawierające makro- i mikroelementy, często w formie chelatów, np. Basfoliar 36 E, Sonata Z, Ekosol K, Agrosol K. Autorzy tych prac stwierdzili, że zawartość skrobi w bulwach ziemniaka zwiększyła się (od 0,7 do 2,5 %) w porównaniu z próbą kontrolną w wyniku zastosowania różnych nawozów dolistnych. Również Świerczewska i Sztuder [59] wykazały istotne, w stosunku do próby kontrolnej, 2-procentowe zwiększenie zawartości skrobi w bulwach po zastosowaniu dolistnej aplikacji nawozu Insol 7. Z kolei Jabłoński [26] stwierdził zmniejszenie zawartości skrobi o 0,6 % przy doglebowym zastosowaniu nawozu na poziomie 385 kg NPK/ha (w tym 150 kg N/ha), z jednoczesną dolistną aplikacją nawozu Sonata Z, zawierającego dwa mikroelementy – bor i magnez. W doświadczeniach przeprowadzonych przez Jabłońskiego i wsp. [20, 25, 27] nawożenie dolistne także przyczyniło się do znacznego zmniejszenia zawartości skrobi w ziemniakach.

Wpływ nawożenia na zawartość amylozy i fosforu

Zawartość amylozy (AM) w skrobi jest głównym czynnikiem wpływającym na jej właściwości, takie jak kleikowanie czy wrażliwość na działanie enzymów. W przypadku skrobi ziemniaczanej również fosfor jest ważnym składnikiem. Występuje on głównie w postaci monoestru ortofosforanu(V) kowalencyjnie związanego z węglem

C-6 frakcji amylopektynowej granulki skrobiowej. Dzięki naturze jonowej ułatwia wprowadzenie cząsteczek wody do ziaren skrobi, zmieniając w ten sposób jej właściwości funkcjonalne (np. siłę pęcznienia).

Wszelaczyńska i wsp. [68] badali wpływ różnych kombinacji nawadniania i nawożenia upraw ziemniaka nawozami mineralnymi w ilościach: N – 20 kgN/ha, P – 110 kg P_2O_5 /ha, K – 120 kg K_2O /ha i płynnym preparatem UGmax, zawierającym w składzie odpowiednio dobrane mikroorganizmy oraz makro i mikroelementy [mg/dm³]: K – 3500, N – 1200, S – 100, P – 500, Na – 200, Mg – 100, Zn – 20, Mn – 0,3). Preparatu UGmax użyto trzy razy podczas uprawy ziemniaka: jesienią – 0,6 dm³/ha oraz wiosną w dwóch okresach wzrostu rośliny – za każdym razem w dawce 0,3 dm³/ha. Zastosowane kombinacje obejmowały nawożenie glebowe, fertygację, fertygację z nawadnianiem oraz samo nawadnianie. Na podstawie przeprowadzonych badań autorzy stwierdzili, że największą zawartość amylozy i fosforu w skrobi otrzymano z uprawy bulw, w której zastosowano nawodnienie z fertygacją i nawożeniem doglebowym. Szczególnie pozytywny wpływ na zwiększenie zawartości fosforu odnotowano w przypadku nawożenia glebowego.

Według Ebúrneo i wsp. [11] nawożenie glebowe azotem w dawkach 80 i 120 kg N/ha (w stosunku do próby kontrolnej, tj. 0 kg N/ha) nie wpływa wyraźnie na zawartość amylozy w skrobi ziemniaczanej. Jednocześnie autorzy pracy donoszą o ujemnej liniowej zależności między zwiększeniem nawożenia N i zawartością fosforu w skrobi. W przypadku nawożenia potasem zawartość amylozy i P w skrobi wykazuje zmienność. Zhang i wsp. [69] odnotowali zmniejszenie zawartości zarówno amylozy ($6,4 \div 8,6$ % w zależności od odmiany ziemniaka), jak i fosforu ($12 \div 14,7$ %) wraz ze wzrostem zastosowanego nawożenia potasowego ($123 \div 405$ kg/ha). Autorzy tłumaczą to zmniejszeniem aktywności syntazy skrobi (SSS) i enzymów rozgałęziających skrobię (SBE). Aktywność rozpuszczalnej SSS i SBE zaangażowanych w biosyntezę rozgałęzionych składników w granulach skrobiowych może wpływać na zawartość amylozy w skrobi [29]. Kandi i wsp. [30] oraz Kaur i wsp. [31] twierdzą, że potas zwiększa aktywność SSS oraz SBE, a to jest uważane za przyczynę zmniejszenia zawartości amylozy i fosforu w skrobi ziemniaczanej [32]. Zhang i wsp. [69] wykazali, że wraz ze zwiększaniem dawki K w nawożeniu ziemniaka aktywność enzymów SSS i SBE obniża się i powoduje zmniejszenie zawartości amylozy i fosforu w skrobi ziemniaczanej. Z kolei Leonel i wsp. [38] dowiedli, że uprawa roślin ziemniaka na glebach z większą zawartością fosforu była przyczyną zwiększenia zawartości tego pierwiastka w skrobi wyizolowanej z bulw roślin. Z innych eksperymentów polowych [12, 52, 53] wynikają jednak stosunkowo ograniczone skutki zwiększenia podaży P w nawożeniu na poziom fosforanu w skrobi.

Wpływ nawożenia na morfologię ziaren skrobi

Wielkość ziaren skrobi to główna determinanta jej właściwości. Skrobia ziemniaczana występuje w postaci granulek o średnicy $5 \div 110 \mu\text{m}$, a masowo najwięcej jest ziaren o średnicy $20 \div 60 \mu\text{m}$ [40]. Wielkość ziarenek i rozkład ich wielkości można modyfikować za pomocą metod agrotechnicznych, w tym nawożenia. Zastosowanie dogłębowego nawożenia (NPK oraz Mg, S, Na, Zn, Mn) odzwierciedla się znacznie większym udziałem ziaren frakcji skrobi $20 \div 40 \mu\text{m}$ [68]. Haase i Plate [17] sugerują, że nawożenie fosforem i potasem sprzyja tworzeniu dużych ziaren, a nawożenie azotem i nawozami organicznymi wywołuje efekt odwrotny. Ebúrneo i wsp. [11] wskazują, że przy zastosowaniu różnych dawek nawozu azotowego, w każdej próbie badawczej dominowały średnie ziarna skrobi. Zwiększenie ilości nawozów azotowych stosowanych podczas uprawy ziemniaka objawiało się jednak większymi rozmiarami granulek skrobiowych i zmniejszoną proporcją małych ziaren. Według Haasego i Plate [17] zwiększenie dawki nawozów fosforowych z 48 do 96 kg $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$ doprowadziło do 1,7-procentowego większego udziału dużych granulek skrobi ziemniaczanej o średnicy $> 40 \mu\text{m}$. Z kolei Zhang i wsp. [69] badali wpływ nawożenia ziemniaka nawozem potasowym i stwierdzili, że zwiększenie dawki nawozu odpowiedzialne jest za zmniejszenie średniej średnicy ziaren skrobi o ok. 5,7 %. W tych samych badaniach, wraz ze zwiększeniem dawki K zaobserwowano zwiększenie liczby granulek o małej średnicy przy jednoczesnym zmniejszeniu się ziaren o średnicy dużej. Bogucka [4] odnotowała wpływ zwiększenia dawki NPK z 280 do 420 kg/ha na rozkład wielkości granulek skrobi tylko w przypadku jednej z badanych odmian ziemniaka, średnio później (cv. Pasja Pomorska). Większy poziom nawożenia glebowego odzwierciedlił się zwiększeniem odsetka frakcji ziarna o średnicy $< 20 \mu\text{m}$. W badaniach tych nie wykazano wpływu dolistnego stosowania nawozów NPK na rozkład wielkości ziaren skrobi [4].

Badania rentgenowskie skrobi nie potwierdzają istotnego wpływu nawożenia ziemniaka na strukturę krystalograficzną polimeru. Stosowanie w uprawie ziemniaka nawozów potasowych [69], ale również i azotowych [11], nie zmienia typu krystaliczności skrobi (typ B). Jednak względna krystaliczność wzrasta wraz ze wzrostem dawki K [11, 66]. Z kolei zwiększenie dawki nawozu azotowego stosowanego podczas uprawy ziemniaka ma związek z niższą względną krystalicznością skrobi [11].

Wpływ nawożenia na właściwości termiczne i kleikowanie skrobi

Zdolność skrobi do kleikowania to jedna z najważniejszych cech fizykochemicznych tego polimeru. Proces ten związany jest z pęcznieniem ziarenek polimeru z jednoczesnym zerwaniem wiązań wodorowych składników skrobi. Wymyta z ziarna skrobiowego amyloza tworzy z wodą koloid. Podczas kleikowania krystaliczna struktura skrobi zostaje zakłócona i tworzą się obszary amorficzne. W dalszym etapie do-

chodzi do uporządkowania cząsteczek amylozy, a wytworzone agregaty wydzielają się z roztworów kleików w formie dendrytów. Jest to tzw. retrogradacja skrobi.

Różnicowa kalorymetria skaningowa (DSC) identyfikuje temperatury topnienia, krystalizacji i zeszklenia skrobi. Dane DSC umożliwiają wykazanie różnic między skrobią wyizolowaną z bulw ziemniaka, które uzyskano z upraw o różnym nawożeniu. W badaniach Ebúrneo i wsp. [11] dawka azotu podawanego roślinom w postaci nawożenia dogłębowego nie wpłynęła na końcową temperaturę kleikowania (T_C) ani na entalpię procesu (ΔH). Temperatura początku (T_O) i temperatura maksimum kleikowania (T_P) była wyższa przy mniejszych dawkach nawożenia azotowego. O efektach nawożenia azotem na właściwości termiczne skrobi informowali również Zhu i wsp. [70], którzy odnotowali wyższą wartość entalpii (ΔH) i niższą temperaturę kleikowania (T_P) przy większych poziomach azotu. Wiadomo jest, że T_P zależy od stabilności amorficznych i krystalicznych obszarów skrobi. Różna temperatura kleikowania przy różnych dawkach N wskazują, że ilość azotu wpływa na tworzenie się tych obszarów. Wyższa temperatura kleikowania może powodować bardziej stabilne bezpostaciowe regiony i bardziej uporządkowane struktury krystaliczne w skrobi. Nawożenie wpływa również na wielkość granulek skrobiowych i w konsekwencji na temperaturę kleikowania [11].

Wraz ze zwiększaniem ilości dostarczanego potasu zdolność pęcznienia ziarenek skrobi wzrasta w granicach $14 \div 18$ % w zależności od odmiany. Dane DSC tych samych skrobi wskazują na obniżenie temperatur T_O , T_P oraz T_C oraz zwiększenie entalpii (ΔH) procesu na poziomie 1 J/g przy wzroście nawożenia potasem od 135 do 405 kg/ha. Różne temperatury kleikowania na różnych poziomach nawożenia K mogą wynikać z różnicy wielkości granulek skrobi i zawartości amylozy [39]. Obecność amylozy może ograniczać hydratację regionów amorficznych i wpływać na zwiększenie temperatury kleikowania [40]. Ponadto uważa się, że niższa siła pęcznienia prowadzi do wyższej temperatury kleikowania [41]. Za zmianę ΔH odpowiedzialna może być zmniejszająca się zawartość amylozy i wzrastająca względna krystaliczność skrobi przy coraz większych dawkach K [38].

Również poziom dostępności fosforu w glebie dla roślin ziemniaka ma wpływ na właściwości termiczne skrobi ziemniaczanej. Leonel i wsp. [38] w przypadku większości badanych odmian ziemniaka odnotowali niewielki, ale znaczący wzrost temperatury kleikowania wraz ze zwiększeniem dostępności tego makroskładnika. Jednak w przypadku niektórych odmian autorzy określili odwrotną zależność, która może wynikać z obecności monoestrowych grup fosforanowych połączonych z amylopektyną. Wzrost dostępności fosforu modyfikuje w małym zakresie wartości ΔH .

Zmiany zachodzące w granulach skrobi podczas kleikowania i retrogradacji są określane przede wszystkim na podstawie zmian lepkości w trakcie ogrzewania i chłodzenia dyspersji skrobi. Lepkość maksymalna (PV) odzwierciedla możliwość uporząd-

kowanej skrobi do hydratacji i pęcznienia. Zmniejszenie lepkości (BD), będące różnicą między lepkością maksymalną (PV) a lepkością w temp. 95 °C (HPV), to miara stabilności polimeru w wysokich temperaturach przy mechanicznym mieszaniu. Marques i wsp. [11] wykazali wpływ nawożenia azotem na lepkość maksymalną, zmniejszenie lepkości (BD) oraz lepkość końcową (FV) kleiku skrobiowego. Nie stwierdzili, aby nawożenie azotem wpływało na zwiększenie lepkości dyspersji skrobi podczas jej chłodzenia (SB). Wraz ze zwiększaniem dawki N skrobie ziemniaczane wykazują mniejsze wartości PV, BD oraz większe FV.

Właściwości kleikujące skrobi są również zmienne przy różnych dawkach zastosowanego nawozu potasowego. Wraz z ich zwiększaniem lepkość maksymalna (PV) kleiku skrobiowego maleje, co związane jest z rozmiarem ziarna, zawartością amylozy i jonizacją grup fosforanowych. Kaur i wsp. [31] wykazali, że PV jest powiązana dodatnio z BD. Wartość parametru BD zmniejsza się wraz ze zwiększaniem stosowania nawozów K. Niższe wartości BD wskazują na większą odporność skrobi na ogrzewanie i naprężenia ścinające [33]. Wartość SB odzwierciedla retrogradację kleiku skrobiowego wytworzonego przez amylozę wypłukaną ze skrobi w procesie chłodzenia [56]. Zwiększone nawożenie K zmniejsza podatność skrobi na retrogradację, o czym świadczy obniżanie wartości SB podczas zwiększania nawożenia. Zmniejszenie SB należy wiązać z małą zawartością amylozy [8].

Parametry kleikowania polimeru zmieniają się również wraz ze zmianą dostępności fosforu w glebie. Leonel i wsp. [38] wskazują na dodatnią relację między poziomem dostępności P a lepkością maksymalną (PV) kleiku skrobiowego, co jest z kolei związane z zawartością amylozy i fosforu w ziarnie skrobiowym. Podczas kleikowania skrobi jej grupy fosforanowe ulegają jonizacji, a cząsteczka polimeru przyjmuje ładunek ujemny. Powstałe niewielkie odpychania kulombowskie znacznie „otwierają” rozgałęzione cząsteczki amylopektyny, dzięki czemu zwiększa się ich rozpuszczalność [44]. Wyjaśnia to wpływ ilości fosforu występującego w cząsteczce polimeru na maksymalną lepkość kleiku skrobiowego. Zwiększenie dostępności fosforu wpływa na zwiększenie wartości parametru BD, co skutkuje mniejszą odpornością skrobi na ogrzewanie. Zwiększone stężenie P w glebie intensyfikuje retrogradację skrobi, o czym świadczy wzrost wartości SB.

Podsumowanie

Do ważniejszych czynników agrotechnicznych w aspekcie plonowania ziemniaka, a w konsekwencji ilości i jakości zsyntetyzowanej skrobi, zalicza się nawożenie. Efektywność zastosowanego nawożenia zależy od rodzaju (organiczny czy mineralny) i dawki nawozu, ale także od drogi jego podania (dogłębowo czy dolistnie). Uwzględnić należy również to, że przy zastosowaniu tego samego nawożenia ilość skrobi oraz jej właściwości fizykochemiczne różnią się w zależności od odmiany. Niemniej jednak

można określić ogólny kierunek wpływu poszczególnych nawozów (szczególnie mineralnych) na ilość, strukturę i skład, a w konsekwencji właściwości fizykochemiczne skrobi. I tak np. zawartość skrobi w bulwach maleje przy niedostatecznej podaży potasu oraz przy zbyt wysokich dawkach azotu. Mniejszy wpływ na ten parametr ma nawożenie fosforem. Zastosowanie dogłębowo nawozów fosforowych i potasowych promuje formowanie się dużych ziaren skrobi, podczas gdy nawożenie azotowe powoduje odwrotne skutki. Określenie wpływu nawożenia roślin na właściwości skrobi dostarcza przydatnych i ważnych informacji zarówno dla producentów ziemniaków, badaczy, jak i sektora przemysłowego, ponieważ umożliwia kontrolę warunków uprawy ziemniaka mających wpływ na uzyskanie skrobi natywnej o określonych właściwościach.

Publikacja została sfinansowana z pieniędzy przyznanych na działalność statutową Uniwersytetu Rolniczego.

Literatura

- [1] Baniuniene A., Zekaite V.: The effect of mineral and organic fertilizers on potato tuber yield and quality. *Latv. J. Agron.*, 2008, 11, 202-206.
- [2] Barczak B., Nowak K.: Effect of sulphur fertilisation on the content of macroelements and their ionic ratios in potato tubers. *J. Elem.*, 2014, 20 (1), 37-47.
- [3] Bernat E.: Optymalne nawożenie azotem nowych odmian skrobiowych ziemniaka na glebach średnio zwięzłych. *Ziemniak Polski*, 2002, 3, 9-13.
- [4] Bogucka B.: Effect of different mineral fertilization technologies on the size of starch granules in potato. *Starch-Stärke*, 2014, 66 (7-8), 685-690.
- [5] Bogucka B., Cwalina-Ambroziak B., Zięba T.: The effects of varied soil and foliar mineral fertilization levels in the production of high-starch potatoes. *Pol. J. Nat. Sci.*, 2010, 25 (3), 215-228.
- [6] Boligłowa E.: Wpływ dolistnego dokarmiania ziemniaka na plon, jego strukturę, zdrowotność i trwałość przechowalniczą bulw. *Acta Agrophysica*, 2003, 85, 99-106.
- [7] Bombik A., Rymuza K., Markowska M., Stankiewicz C.: Variability analysis of selected quantitative characteristics in edible potato varieties. *Acta Sci. Pol. Agric. Pol.*, 2007, 6 (3), 5-15.
- [8] Chen J., Liang Y., Li X., Chen L., Xie, F.: Supramolecular structure of jackfruit seed starch and its relationship with digestibility and physicochemical properties. *Carbohydr. Polym.*, 2016, 150, 269-277.
- [9] Ciećko Z., Żołnowski A., Wyszowski M.: The effect of NPK fertilization on tuber yield and starch content in potato tubers. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska Sect. E Agric. Pol.*, 2004, 59 (1), 399-406.
- [10] Danilichenko H., Venskutnoniene E., Bartaseviciene B., Pranaitiene R.: Effect of potassium fertilisation on quality of potato tubers from organic plantations. Part 1. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.*, 2006, 511, 210-215.
- [11] Ebúrneo J.M., Garcia E.L., dos Santos T.P.R., de Souza E. de F.C., Soratto R.P., Fernandes A. M.: Influence of nitrogen fertilization on the characteristics of potato starch. *Aust. J. Crop. Sci.*, 2018, 12 (3), 365-373.

- [12] Edelbauer A.: The effect of increased P and K dressings on yield and quality of starch potatoes grown on a fixing soil. Proc. 13th IPI Congr., Reims, France, 1986, pp. 119-125.
- [13] Fotyma M., Grześkiewicz M.: The effect of nitrogen and phosphorus fertilization on tuber yield and starch content in potato Cv. Nysa. Ziemiak, 1979, 22, 157-182.
- [14] Gopal J., Khurana S.M.: Handbook of Potato Production, Improvement, and Postharvest Management. CRC Press, New York City 2006.
- [15] Gruczek T., Lutomirska B., Szutkowska M.: Różnice w technologii uprawy ziemniaków dla przetwórstwa, jadalnych, na wczesny zbiór, skrobiowych i sadzeniaków. W: Podręcznik producenta ziemniaków. IHAR, Jadwisin 2002, ss. 25-42.
- [16] Grześkiewicz H., Trawczyński C.: Dolistne stosowanie nawozów wieloskładnikowych w uprawie ziemniaka. Folia Univ. Agric. Stetin. Agric., 1998, 190 (72) 75-80.
- [17] Haase N.U., Plate J.: Properties of potato starch in relation to varieties and environmental factors. Starch – Stärke, 1996, 48 (5), 167-171.
- [18] Haberland R.: Do potatoes need trace element fertilizer? Kartoffelbau, 2000, 51 (6), 260-264.
- [19] Hawker J.S., Marschner H., Krauss A.: Starch synthesis in developing potato tubers. Physiol. Plant. 1979, 46 (1), 25-30.
- [20] Jabłoński K.: Wpływ dolistnego nawożenia ziemniaków nawozami mikroelementowymi na kształtowanie się plonów i efekty ekonomiczne. Biul. IHAR, 1999, 212, 165-177.
- [21] Jabłoński K.: Wpływ nawożenia azotowego na plon i jakość bulw nowych odmian ziemniaka skrobiowego. Biul. IHAR, 2005, 237/238, 143-149.
- [22] Jabłoński K.: Wpływ nawożenia wieloskładnikowymi nawozami nowej generacji na plon i jakość ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2006, 511 (1), 309-315.
- [23] Jabłoński K.: Efekty nawożenia ziemniaków nawozami nowej generacji. Ziemiak Polski, 2006, 1, 15-18.
- [24] Jabłoński K.: Florovitem można dolistnie nawozić ziemniaki. Ziemiak Polski, 2008, 2, 14-18.
- [25] Jabłoński K.: Produkcyjne i jakościowe efekty dolistnego nawożenia ziemniaków Sonatą Z i Alkali-nem PK 10:20. Ann. UMCS, Ser E, 2009, 64 (1), 59-67.
- [26] Jabłoński K., Bernat E.: Wpływ dolistnego nawożenia Mikrosolem Zm na kształtowanie się plonu ziemniaka i jego jakość oraz możliwości ograniczenia stosowania fungicydów do zwalczania zarazy ziemniaka. Prog. Plant Prot., 2001, 41 (1), 299-305.
- [27] Jabłoński K., Dryjańska M.: Wpływ dolistnego dokarmiania ziemniaków preparatami typu Wuxal na plon i jego strukturę oraz skład chemiczny bulw. Folia Univ. Agric. Steinensis. Agric., 1998, 72, 115-121.
- [28] Jacobsen H.B., Madsen M.H., Christiansen J., Nielsen T.H.: The degree of starch phosphorylation as influenced by phosphate deprivation of potato (*Solanum tuberosum* L.) plants. Potato Res., 1998, 41 (2), 109-116.
- [29] Kamal M.A., Khalid G.M., Eskavas M.A.: Effect of different fertilizers on the transformation of carbohydrates in potato plant. Agric. Res. Rev., 1974, 52, 101-109.
- [30] Kandi M.A. S., Tobe, A., Gholipoor A., Jahanbakhsh S., Hassanpanah D., Sofalian O.: Effects of different N fertilizer rate on starch percentage, soluble sugar, dry matter, yield and yield components of potato cultivars. Aust. J. Basic Appl. Sci., 2011, 5 (9), 1846-1851.
- [31] Kaur A., Singh N., Ezekiel R., Guraya H.S.: Physicochemical, thermal and pasting properties of starches separated from different potato cultivars grown at different locations. Food Chem., 2007, 101 (2), 643-651.
- [32] Kaur L., Singh N., Sodhi N.S.: Some properties of potatoes and their starches II. Morphological, thermal and rheological properties of starches. Food Chem., 2002, 79 (2), 183-192.

- [33] Kong X., Zhu P., Sui Z., Bao J.: Physicochemical properties of starches from diverse rice cultivars varying in apparent amylose content and gelatinisation temperature combinations. *Food Chem.*, 2015, 172, 433-440.
- [34] Kosecka Z., Gronowicz Z., Zielińska A.: Wpływ terminu sadzenia oraz nawożenia azotem na plonowanie sześciu odmian ziemniaka w Olsztyńskim. *Acta Acad. Agric. Tech. Olszt. Agric.*, 1989, 49, 109-118.
- [35] Kozera W., Cwojdzinski W.: Impact of fertilization with zinc and manganese on chemical content of potato tubers. *Chem. Inż. Ekol.*, 2002, 11 (9), 1397-1402.
- [36] Krzymuski J., Laudański Z.: Zmiany w uprawie i w produkcji ziemniaka. Cz. II. *Agrotechnika. Biul. IHAR*, 1996, 197, 283-290.
- [37] Lazauskas J., Ražukas A.: *Bulvininkyste Lietuvoje 1900 - 2000 m.* Akademija, Kiejdany 2001, s. 156.
- [38] Leonel M., Carmo E.L., Fernandes A.M., Franco C.M., Soratto R.P.: Physico-chemical properties of starches isolated from potato cultivars grown in soils with different phosphorus availability. *J. Sci. Food Agric.*, 2016, 96 (6), 1900-1905.
- [39] Leszczyński W.: Wpływ czynników działających w okresie wegetacji ziemniaka na jego jakość. *Postępy Nauk Rol.*, 1994, 41 (6), 55-68.
- [40] Leszczyński W.: Zróżnicowanie właściwości skrobi. *Przem. Spoż.*, 2001, 55 (3), 38-39.
- [41] Leszczyński W.: Zależność jakości ziemniaka od stosowania w uprawie nawozów i pestycydów. *Zesz. Probl. Postępów Nauk Rol.*, 2002, 489, 47-63.
- [42] Li S., Duan Y., Guo T., Zhang P., He P., Johnston A., Shcherbakov A.: Potassium management in potato production in Northwest region of China. *Field Crops Res.*, 2015, 174, 48-54.
- [43] Liszka-Skoczylas M., Skoczylas L., Berski W., Smoleń S., Kowalska I., Słupski J.: The influence of potato plant fertilization with iodine and selenium on physicochemical properties of isolated starch. In: *Proc. 14th Int. Conf. Polysacch.-Glycosci.* Eds. R. Rapkova, A. Hinkova, J. Copikova, E. Sarka. Czech Chemical Society, Prague 2018, pp. 343-347.
- [44] Lu Z.-H., Yada R.Y., Liu Q., Bizimungu B., Murphy A., de Koeyer D., Li X., Pinhero R.G.: Correlation of physicochemical and nutritional properties of dry matter and starch in potatoes grown in different locations. *Food Chem.*, 2011, 126 (3), 1246-1253.
- [45] Machnacki M., Kołpak R.: Wpływ nawożenia azotem i terminu zbioru na wysokość i wartość konsumpcyjną plonu ziemniaków wczesnych. Cz. I. Plon ogólny i zawartość azotanów i witaminy C w bulwach. *Rocz. Nauk. Rol. Ser. A*, 1998, 113 (1), 133-140.
- [46] Mokrani K., Hamdi K., Tarchoun N.: Potato (*Solanum tuberosum* L.) response to nitrogen, phosphorus and potassium fertilization rates. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 2018, 49 (11), 1314-1330.
- [47] Mozolewski W.: Jakość chipsów otrzymanych z ziemniaków krajowych odmian nawożonych rzędowo i całopowierzchniowo. *Folia Univ. Agric. Stetin Agric.*, 1998, 72, 217-222.
- [48] Nowacki W.: Charakterystyka krajowego rejestru odmian ziemniaka.[online]. IHAR. Dostęp w Internecie [07.01.2020]: http://pw.ihar.edu.pl/wp-content/uploads/2018/12/9af9625eb5_Charakterystyka-2018.pdf
- [49] Nowak K., Majcherczak E.: Wpływ nawożenia mikroelementami na plon bulw ziemniaka. *Zesz. Probl. Postępów Nauk Rol.*, 2004, 502 (1), 247-251.
- [50] Osowski J., Erlichowski T., Urbanowicz J.: Wpływ nawożenia potasem, magnezem i siarką na plonowanie, ciemnienie bulw surowych oraz występowanie alternariozy i ospowatości bulw ziemniaka. *Fragm. Agron.*, 2017, 34 (1), 49-59.
- [51] Pobereżny J., Wszelaczynska E.: Effect of bioelements (N, K, Mg) and long-term storage of potato tubers on quantitative and qualitative losses. Part II. Content of dry matter and starch. *J. Elem.*, 2011, 16 (2), 237-246.

- [52] Putz B.: Untersuchungen über den Einfluß der organischen und mineralischen Düngung auf die Viskositätseigenschaften der Kartoffelstärke. *Starch – Stärke*, 1982, 34, 54-59.
- [53] Putz B., Tegge G.: Einfluß von Sorte, Knollengröße, spezifischem Gewicht und Düngung auf die Viskositätseigenschaften von Kartoffelstärke. *Starch – Stärke*, 1976, 28, 387-391.
- [54] Rogozińska I.: The role of potassium for obtaining high quality of potatoes in Poland. Wyd. ATR, Bydgoszcz 2000.
- [55] Sharma U.C., Arora B.R.: Effect of applied nutrients on the starch, proteins and sugars in potatoes. *Food Chem.*, 1988, 30 (4), 313-317.
- [56] Simi C.K., Abraham T.E.: Physicochemical rheological and thermal properties of Njavara rice (*Oryza sativa*) starch. *J. Agric. Food Chem.*, 2008, 56 (24), 12105-12113.
- [57] Šimková D., Lachman J., Hamouz K., Vokál B.: Effect of cultivar, location and year on total starch, amylose, phosphorus content and starch grain size of high starch potato cultivars for food and industrial processing. *Food Chem.*, 2013, 141 (4), 3872-3880.
- [58] Srikumar T.S., Ockerman P.A.: The effects of fertilization and manuring on the content of some nutrients in potato (var. Provita). *Food Chem.*, 1990, 37 (1), 47-60.
- [59] Świerczewska M., Sztuder H.: Dolistne stosowanie preparatów mikroelementowych zawierających tytan. *Zesz. Probl. Postępów Nauk Rol.*, 2004, 502 (1), 371-376.
- [60] Szewczuk C.: Wpływ dokarmiania dolistnego na plon bulw ziemniaka. *Ann. UMCS Agric.*, 2009, 64 (1), 7-12.
- [61] Talley E.A.: Protein nutritive value of potatoes during growth and long term storage. *Am. Pot. J.*, 1983, 60, 35-40.
- [62] Thitisaksakul M., Jiménez R.C., Arias M.C., Beckles D.M.: Effects of environmental factors on cereal starch biosynthesis and composition. *J. Cereal Sci.*, 2012, 56 (1), 67-80.
- [63] Trawczyński C., Kopenc J.: Kompleksowy system nawożenia dolistnego ziemniaków nawozami płynnymi typu Campofort. *Ziemniak Polski*, 2002, 2 (1), 22-26.
- [64] Trawczyński C., Prokop W.: Plon i jakość bulw ziemniaka w zależności od zastosowanego nawożenia z wykorzystaniem doglebowych i dolistnych wieloskładnikowych preparatów nawozowych. *Pol. J. Agron.*, 2016, 24 (1), 23-29.
- [65] Wadas W., Łęczycka T.: Efektywność stosowania wieloskładnikowych nawozów kompleksowych w uprawie bardzo wczesnych odmian ziemniaka. *Biul. IHAR.*, 2010, 257/258, 167-175.
- [66] Wang C., Tang C.-H., Fu X., Huang Q., Zhang B.: Granular size of potato starch affects structural properties, octenylsuccinic anhydride modification and flowability. *Food Chem.*, 2016, 212, 453-459.
- [67] Winnicki T., Bogucka B.: Evaluation of different potato fertilization regimes on starch yield – production and economic aspects. *Pol. J. Nat. Sci.*, 2017, 32 (4), 637-648.
- [68] Wszelaczyńska E., Pobereźny J., Dudek S., Kuśmierk-Tomaszewska R., Żarski J., Pawelzik E.: The effects of fertilizers, irrigation and storage on the properties of potato tubers and their constituent starches. *Starch-Stärke*, 2015, 67 (5-6), 478-492.
- [69] Zhang W., Liu X., Wang Q., Zhang H., Li M., Song B., Zhao Z.: Effects of potassium fertilization on potato starch physicochemical properties. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2018, 117, 467-472.
- [70] Zhu D., Zhang H., Guo B., Xu K., Dai Q., Wei C., Zhou G., Huo Z.: Effects of nitrogen level on structure and physicochemical properties of rice starch. *Food Hydrocoll.*, 2017, 63, 525-532.

EFFECT OF POTATO PLANTS (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) FERTILIZATION ON CONTENT AND QUALITY OF STARCH IN TUBERS

S u m m a r y

Starch is the main component of potato and it accounts for about $17 \div 21$ % of the weight of fresh tubers. In addition to quantity, the structure and composition and consequently the physical-chemical properties of that biopolymer are important factors to determine the direction of its use in food and industrial applications. In turn, those indicators are impacted, in addition to the genotype, by environmental conditions and agricultural practices used during plant cultivation. For the proper progress of physical and biochemical processes in a plant, it is fundamental to comprehensively provide it with easily available nutrients. A comprehensive feeding of the potato plants translates directly into the quantity and quality of starch contained in tubers. The application of appropriate fertilization (type and amount of the fertilizer applied including methods of dosing mineral components and organic matter) affects among others the granulation of polymer grains, the content of amylose and phosphorus, thermal properties and starch gelatinization process; for example the content of starch in tubers decreases with an insufficient potassium supply and with too high doses of nitrogen. The phosphorus fertilization has a smaller effect on that parameter. When applied to soil, phosphorus and potassium fertilizers promote the formation of large starch grains, while the nitrogen fertilization has an adverse effect. The fertilizing of potato plants does not affect the crystallographic structure of starch, however its relative crystallinity increases with the increasing dose of K and it decreases with the increasing supply of nitrogen fertilizer. By determining the impact of plant fertilization on starch properties, there are provided useful and important information for the potato producers, the researchers and the industrial sector, because in this way it is possible to control the conditions for growing potatoes, which have an effect on producing a native starch with specific physical-chemical properties.

Key words: potato, starch, fertilization, nitrogen, phosphorus, potassium ☒

SYLWIA PTAK, ARKADIUSZ ŻARSKI, JANUSZ KAPUŚNIAK

ASPEKTY TECHNOLOGICZNE, EKONOMICZNE I ZDROWOTNE ZASTOSOWANIA PROMIENIOWANIA MIKROFALOWEGO W OBRÓBCE ŻYWNOSCI

Streszczenie

Właściwe odżywianie jest jednym z głównych czynników, które determinują zdrowie społeczeństwa. Wzrastająca świadomość konsumentów na temat prawidłowych nawyków żywieniowych, a jednocześnie coraz większe tempo życia wymuszają poszukiwanie nowych rozwiązań w zakresie technologii żywności i technologii gastronomicznej. Obróbka żywności za pomocą promieniowania mikrofalowego jest techniką, która umożliwia znaczne skrócenie czasu procesu technologicznego. Energię tego promieniowania wykorzystuje się m.in. do suszenia, ogrzewania oraz sterylizacji produktów spożywczych. Produkt końcowy może charakteryzować się zmienionymi właściwościami, np. obniżonym poziomem istotnych dla zdrowia substancji bioaktywnych zawartych w żywności nieprzetworzonej lub przeciwnie – zachowaniem cech prozdrowotnych żywności w porównaniu z konwencjonalnymi metodami przetwarzania.

Celem pracy była analiza zagrożeń i korzyści zdrowotnych wynikających ze stosowania promieniowania mikrofalowego w gospodarstwach domowych i w przemyśle spożywczym. Dokonano przeglądu literatury dotyczącej wiedzy społeczeństwa na temat bezpieczeństwa korzystania z kuchenek mikrofalowych oraz wpływu obróbki mikrofalowej produktów spożywczych na ich właściwości prozdrowotne. Po przeprowadzeniu analizy problemu można stwierdzić, że wiele badań potwierdziło wyższość obróbki mikrofalowej nad metodami konwencjonalnymi pod względem zdrowotnym (zachowanie substancji bioaktywnych w żywności), wygody stosowania, jak i ekonomicznym (krótszy czas trwania procesu, co obniża koszty obróbki cieplnej produktów).

Słowa kluczowe: promieniowanie mikrofalowe, zdrowie publiczne, utrwalanie żywności, suszenie, ogrzewanie, sterylizacja

Wprowadzenie

Szacuje się, że co roku na całym świecie dochodzi do ok. 600 milionów zachorowań po spożyciu zanieczyszczonej żywności, co powoduje 420 tysięcy zgonów i łącz-

*Mgr S. Ptak, mgr A. Żarski, dr hab. J. Kapuśniak, prof. UJD, Katedra Dietetyki i Badań Żywności, Wydz. Nauk Ścisłych, Przyrodniczych i Technicznych, Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy im. Jana Długosza w Częstochowie, al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa.
Kontakt: j.kapusniak@ujd.edu.pl*

na utratę 33 milionów lat życia w zdrowiu (DALY – ang. *disability adjusted life-years*) [55]. Szkodliwe bakterie, wirusy, pasożyty czy substancje chemiczne zawarte w żywności mogą być przyczyną niedożywienia ludności oraz ponad 200 różnych chorób, które dotyczą w szczególności niemowlęta, dzieci, osoby starsze i chore. Jednym z warunków koniecznych do życia w zdrowiu jest dostęp do bezpiecznej żywności. Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) wspiera wykrywanie, zapobieganie i reagowanie na zagrożenia zdrowia publicznego związane z żywnością.

Coraz większe zapotrzebowanie konsumentów na nieprzetworzoną, pozbawioną dodatków chemicznych i mikrobiologicznie bezpieczną żywność wymusza opracowywanie nowych technologii i innowacyjnych rozwiązań w przemyśle spożywczym. Dążenie do maksymalnego skrócenia czasu przygotowywania posiłków wywołane pospiesznym stylem życia przyczynia się do zwiększenia częstotliwości ogrzewania objętościowego. Technika wykorzystywaną do tego celu zarówno w gospodarstwach domowych, jak i w przemyśle spożywczym jest promieniowanie mikrofalowe [4].

Mikrofale to rodzaj promieniowania elektromagnetycznego o długości fali w zakresie $1 \div 1000$ mm (częstotliwość $0,3 \div 300$ GHz) [35]. Fale radiowe, promieniowanie mikrofalowe i światło widzialne są rodzajami promieniowania niejonizującego, czyli takiego, które nie ma wystarczającej energii, aby doprowadzić do emisji elektronu z atomu lub cząsteczki. Promieniowaniem jonizującym jest natomiast promieniowanie rentgenowskie, które może być przyczyną uszkodzeń komórek materii organicznej [50]. Zgodnie z postanowieniem Komisji w Genewie w przemyśle spożywczym wykorzystuje się fale o częstotliwościach 2450 MHz (w domowych kuchenkach mikrofalowych) oraz 915 MHz i 896 MHz (w urządzeniach przemysłowych) [35].

Wpływ mikrofal na zdrowie człowieka można rozpatrywać jako wpływ bezpośredni – poprzez oddziaływanie promieniowania wytwarzanego przez urządzenie na organizm człowieka oraz wpływ pośredni – poprzez zmiany zachodzące w żywności podczas jej przygotowywania do spożycia.

Celem pracy była analiza zagrożeń i korzyści zdrowotnych wynikających ze stosowania promieniowania mikrofalowego w gospodarstwach domowych i w przemyśle spożywczym.

Kuchenki mikrofalowe w gospodarstwach domowych – wykorzystanie, świadomość konsumenta

Ze względu na wygodę w przygotowywaniu i podgrzewaniu posiłków kuchenki mikrofalowe stały się w gospodarstwach domowych powszechnie stosowanym urządzeniem. Czarniecka-Skubina i wsp. [11] przeprowadziły analizę częstości stosowania kuchenek mikrofalowych w polskich domach w latach 2015 - 2016 oraz wiedzy na temat bezpieczeństwa korzystania z nich. Spośród 250 respondentów ok. 80 % posiadało kuchenki mikrofalowe, z czego ok. 45 % korzystało z nich codziennie albo kilka

razy w tygodniu. Używano ich głównie do podgrzewania żywności, zaś w mniejszym stopniu do rozmrażania czy gotowania. Grupą, która najchętniej korzystała z kuchenek mikrofalowych były osoby w wieku 26 - 40 lat. Zdecydowana większość osób spośród wszystkich badanych (ponad 70 %) twierdziła, że stosowanie kuchenek jest bezpieczne dla zdrowia i podobna liczba uważała jakość posiłków za dobrą. W większości były to osoby o wyższym statusie ekonomicznym. Zdecydowany wzrost liczby kuchenek mikrofalowych w polskich domach na przestrzeni lat 1994 (3,4 %) - 2015 (58,9 %) był związany m.in. z ponad dwukrotnym obniżeniem ich cen (1999 r. ~650 zł, 2013 r. ~300 zł) [11, 26, 39]. Korzeniowska-Ginter i Tkacz [22] przebadaly 206 respondentów (spośród których 50 % posiadało kuchenki mikrofalowe) i wykazały, że zdecydowana większość osób (ponad 80 %) posiadających własne urządzenie korzystała z niego przynajmniej 2 razy w tygodniu. W badaniu ankietowym sprawdzono również wiedzę na temat bezpieczeństwa stosowania ogrzewania mikrofalowego oraz jego wpływu na żywność i zdrowie człowieka. Większość respondentów wykazała się brakiem takiej wiedzy. Analogiczne wyniki otrzymali New i wsp. [32] z Malezji, którzy przeprowadzili ankiety wśród 329 respondentów. Wykonali oni badania dotyczące świadomości konsumentów na temat bezpieczeństwa żywności ogrzewanej w kuchenkach mikrofalowych. Malezyjczycy wykazali się niewielką wiedzą o samych urządzeniach, jak i o bezpiecznej praktyce korzystania z nich.

Wpływ promieniowania mikrofalowego na zdrowie człowieka

Promieniowanie mikrofalowe może ogrzewać tkanki organizmu człowieka [50]. Szczególnie narażone są dwa organy – jądra i oczy. Ekspozycja na wysoki poziom promieniowania mikrofalowego może powodować oparzenia lub zaćmę. Przeprowadzono wiele badań, w których myszy lub szczury poddano działaniu pola elektromagnetycznego o częstotliwości 2450 MHz, czyli takiej, jaka jest wykorzystywana w kuchenkach mikrofalowych. Trudno jest jednak sformułować jednoznaczne wnioski, ponieważ analizy wykonywane były w różnych warunkach (modulacji, gęstości mocy oraz czasu) i nie są porównywalne [62].

Kumar i wsp. [23] przeprowadzili miesięczne badania na myszach. Stwierdzili, że codzienna 2-godzinna ekspozycja na niemodulowane promieniowanie mikrofalowe (gęstość mocy – 0,033 mW/cm²; współczynnik absorpcji swoistej – 0,023 W/kg) może przyczynić się do zmian biochemicznych (wyższy poziom wewnątrzkomórkowego wapnia i tlenu azotu) i behawioralnych (wzmoczony niepokój, depresja) w mózgu. Dla porównania, modulowane promieniowanie mikrofalowe (gęstość mocy – 0,029 mW/cm²; współczynnik absorpcji swoistej – 0,019 W/kg; modulacja sinusoidalna – 400 Hz) nie powodowało takich zmian. Cosquer i wsp. [10] dowiedli, że ekspozycja na pulsacyjne promieniowanie mikrofalowe o częstotliwości 2450 MHz i uśrednionej wartości współczynnika absorpcji swoistej dla całego ciała równej 0,6 W/kg nie

powodowała zmian lękowych u szczurów. Podobne badania przeprowadzono na myszach, które poddano działaniu promieniowania o intensywności mocy 100 mW przez 7, 30, 60, 90 oraz 120 dni (60 min dziennie). Wykazano, że pulsacyjne promieniowanie mikrofalowe o częstotliwości 2450 MHz nie przyczyniło się do zmian obsesyjno-kompulsyjnych, depresji czy niepokoju [41]. Z kolei Zhao i wsp. [61] zaobserwowali zwyrodnienie neuronów i powiększenie przestrzeni okołonaczyniowych w hipokampie u grup szczurów, które poddano działaniu mikrofal o gęstości mocy 2,5, 5 i 10 mW/cm² przez 7, 14 i 30 dni (6 min dziennie). We wszystkich narażonych na promieniowanie mikrofalowe grupach nastąpiło zmniejszenie zdolności zapamiętywania i uczenia się.

W innym eksperymencie badano wpływ krótkoterminowego (15 dni) i długoterminowego (30 i 60 dni) narażenia myszy na promieniowanie mikrofalowe o częstotliwości 2450 MHz (fala ciągła, gęstość mocy – 0,0248 mW/cm², współczynnik absorpcji swoistej – 0,0146 W/kg) przez 2 h dziennie na wystąpienie zaburzeń neurobehawioralnych. Stres oksydacyjny i nitrozacyjny, który potencjalnie prowadził do utraty pamięci przestrzennej i zdolności uczenia się, wystąpił we wszystkich badanych grupach niezależnie od czasu narażenia [44]. Uszkodzenie DNA oraz stres oksydacyjny wystąpiły również przy dwumiesięcznym (2 h dziennie przez 5 dni w tygodniu) narażeniu szczurów na promieniowanie o częstotliwości 2450 MHz i współczynniku absorpcji swoistej – 0,66 mW/kg [29].

Wyniki badań wskazują, że nie ma jednoznacznej odpowiedzi na pytanie, czy promieniowanie mikrofalowe o analizowanej częstotliwości (2450 MHz), stosowanej w kuchenkach mikrofalowych, ma szkodliwy wpływ na zdrowie i są one zależne od warunków, w jakich przeprowadzono ekspozycję.

Standardy bezpieczeństwa dotyczące promieniowania mikrofalowego wyznacza oraz egzekwuje Amerykańska Agencja Żywności i Leków (FDA – *Food and Drug Administration*), która od roku 1971 nadzoruje produkcję kuchenek mikrofalowych i zobowiązuje producentów do ich certyfikacji. Celem działania FDA jest ochrona zdrowia publicznego na terenie Stanów Zjednoczonych. Uwzględniając aktualną wiedzę na temat promieniowania mikrofalowego, FDA uważa, że korzystanie z kuchenek mikrofalowych spełniających wyznaczone standardy, zgodnie z instrukcją obsługi, jest bezpieczne dla zdrowia [50].

Zgodnie ze standardem Kodeksu Przepisów Federalnych (21 CFR 1030.10) maksymalna ilość mikrofal, która może wydostawać się z urządzenia, to 50 W/m² w odległości ok. 5 cm od jego powierzchni. Wartość ta nie przekracza ilości bezpiecznej dla zdrowia człowieka. Ponadto w odległości ok. 50 cm wartość energii promieniowania spada stukrotnie. Najwięcej zagrożeń i wypadków związanych z korzystaniem z kuchenek mikrofalowych wynika z niestosowania się do zaleceń producenta i są to głównie poparzenia spowodowane gorącymi naczyniami, posiłkami czy eksplodującymi

płynami. Obrażenia, których przyczyną może być promieniowanie mikrofalowe, są spowodowane nieprawidłowo działającym sprzętem, np. uszkodzoną uszczelką czy zawiasem drzwi kuchenki [50].

Istnieje niewiele informacji na temat negatywnego wpływu konsumpcji żywności poddanej obróbce mikrofalowej. El Ghazaly i wsp. [18] przeprowadzili badania, których celem była ocena skutków spożywania posiłków ogrzewanych w kuchence mikrofalowej. Dokonano oceny wpływu żywności podgrzanej za pomocą mikrofal na krew i narządy miesięcznych (wiek przedporodowy) i trzymiesięcznych (wiek poporodowy) szwajcarskich myszy albinosów. Wykazano obniżenie poziomu peroksydazy glutationowej i dysmutazy ponadtlenkowej, a także wzrost stężenia dialdehydu malonowego, co jest związane ze stresem oksydacyjnym, który prowadzi do zaburzeń fizjologicznych. Wyniki opisanego badania wskazują, że spożywanie żywności poddanej działaniu promieniowania mikrofalowego ma niekorzystny wpływ na funkcje wątroby i prowadzi do jej histologicznych i fizjologicznych zmian. Podobne badania, mające na celu sprawdzenie, czy ciągłe spożywanie żywności narażonej na działanie mikrofal ma wpływ na peroksydację lipidów, enzymy antyoksydacyjne, fragmentację DNA i profil lipidowy w wątrobie szczurów albinosów, wykonali Hassani i wsp. [20]. Szczury karmiono stałą ilością pokarmu poddanego działaniu promieniowania mikrofalowego przez 10 min w 320 MHz. Próbkę krwi i tkanek pobierano po 3, 6, 9, 12 i 15 tygodniach. Stwierdzono znaczne obniżenie poziomu glutationu w całym okresie eksperymentalnym i zwiększoną peroksydację lipidów po 6, 12 i 15 tygodniach, co świadczy o pojawieniu się stresu oksydacyjnego. Po 9 tygodniach nastąpił znaczny wzrost fragmentacji DNA. Ponadto zaobserwowano istotny wzrost poziomu cholesterolu całkowitego i lipoprotein LDL (niskiej gęstości) oraz obniżenie poziomu HDL (lipoproteiny wysokiej gęstości). Karmienie szczurów pokarmem po obróbce w kuchence mikrofalowej powodowało zatem hepatotoksyczność poprzez wzrost peroksydacji lipidów oraz zmiany w metabolizmie lipidów i lipoprotein. Mathur i wsp. [28] przez 2, 3 i 4 tygodnie badali samce myszy albinosów, które karmiono pożywieniem wyłącznie ogrzewanym w kuchence mikrofalowej, a przez kolejne 4 tygodnie podawano pokarm niepoddany obróbce mikrofalowej. Grupa eksperymentalna wykazywała oznaki stresu oksydacyjnego, które po 4 tygodniach „zdrowego” odżywiania cofały się. Wyniki badań wskazują zatem, że po odpowiednio długim czasie spożywania pokarmu niepoddanego obróbce mikrofalowej można niemal całkowicie wrócić do zdrowia i cofnąć zmiany spowodowane przyjmowaniem posiłków ogrzewanych w kuchence mikrofalowej.

Zastosowanie promieniowania mikrofalowego w technologii żywności

Suszenie

Suszenie jest jedną z metod utrwalania żywności mającą na celu zmniejszenie aktywności wody w materiale. W wyniku dostarczonego ciepła wewnątrz produktu następuje przemiana fazowa, a powstająca para jest transportowana na zewnątrz surowca. Usunięcie wody z materiału w wyniku suszenia może prowadzić do zniszczenia jego struktury wewnętrznej. Szczególnie niekorzystnie wpływa na produkt wysoka temperatura oraz wydłużony czas procesu [33]. Jedną z technologii suszenia jest suszenie mikrofalowe. Metoda ta w porównaniu z suszeniem konwekcyjnym charakteryzuje się wieloma zaletami. Mikrofałe umożliwiają równomierne ogrzewanie produktu w całej objętości, co znacznie skraca czas całego procesu i pozwala obniżyć temperaturę [19]. W procesie odwadniania istotną rolę odgrywa efektywny współczynnik dyfuzji wody. W badaniach plasterków jabłek, cebuli oraz sardynek wykazano wzrost tego współczynnika wprost proporcjonalnie do zwiększania mocy wyjściowej mikrofal [12, 15, 59]. Suszenie mikrofalowe może być wspomagane innymi metodami obróbki, do których zalicza się suszenie mikrofalowo-próżniowe, suszenie mikrofalowe w dalekiej podczerwieni, suszenie mikrofalowo-konwekcyjne i suszenie mikrofalowo-liofilizowane [19]. Zastosowanie mikrofal w procesie suszenia żywności wpływa pozytywnie na właściwości mechaniczne, porowatość, zachowanie barwy, aromatu oraz składników aktywnych [33].

Metoda suszenia materiałów ma znaczący wpływ na zmianę kształtu oraz sposób kurczenia się produktu spożywczego. Rząca [40] wykazał, że suszenie konwekcyjne powoduje 76-procentowy skurcz jabłek, a suszenie mikrofalowo-konwekcyjne na poziomie 63 - 72 %. Suszenie mikrofalowe wpływa pozytywnie na porowatość, zmniejszenie gęstości, jednolitość struktury oraz barwę suszonego preparatu. Suszenie mikrofalowo-próżniowe liści mięty pozwala na skrócenie czasu procesu nawet do 90 % w porównaniu z suszeniem konwekcyjnym, zmniejsza się także zakres zmian kształtu materiału [48]. Usunięcie wody wpływa na elastyczność materiału, ponieważ woda jest plastifikatorem, od którego zależy kruchość produktu końcowego. Materiały suszone mikrofalowo wykazują większą wytrzymałość niż te suszone konwekcyjnie i sublimacyjnie [33]. Zielińska i wsp. [63] dowiedli, że jagody (*Vaccinium corymbosum* L.) poddane suszeniu charakteryzują się większą twardością i gumowatością po suszeniu konwekcyjnym niż po suszeniu mikrofalowym. Podczas cięcia suszy jabłkowych materiałów suszonych mikrofalowo charakteryzował się jednolitą strukturą, zaś cięcie suszy konwekcyjnych prowadziło do skokowych pęknięć w produkcie, związanych z występowaniem lokalnych utwardzonych struktur [40].

Istotnym aspektem suszenia jest higroskopijność powstającego suszu. Stopień rehydratacji związany jest z poziomem zniszczeń strukturalnych materiału, wynikają-

cych z procesu suszenia. Wysoka higroskopijność suchej masy produktów spożywczych w warunkach przechowywania jest zjawiskiem niepożądanym, zaś dla konsumentów odtwarzalność struktury w wodzie jest pozytywną cechą produktu [33]. Wang i wsp. [53] przeprowadzili analizę higroskopijności plasterów karpia suszonych różnymi metodami i stwierdzili, że susze otrzymywane metodą mikrofalowo-próżniową wykazują większą zdolność pochłaniania wody niż produkty suszenia konwekcyjnego, co wiąże się z mniejszym skurczem suszu w przypadku pierwszej metody. Moc mikrofal zastosowanych podczas suszenia również odgrywa istotną rolę w stopniu higroskopijności materiałów suszonych. Sarimeseli i wsp. [43] wykazali, że zwiększenie mocy mikrofal obniża pochłanianie wody przez suchą masę liści kolendry. Wyniki tych badań zostały potwierdzone również podczas suszenia owoców granatu [21].

Metoda suszenia wpływa również na barwę produktu. Podczas suszenia mikrofalowego uzyskuje się produkt o barwie zbliżonej w większym stopniu do naturalnej produktu niesuszonego niż w przypadku suszenia konwekcyjnego. Zastosowanie mikrofal sprawia, że uzyskany susz jest jaśniejszy [40]. Suszenie mikrofalowe wpływa pozytywnie na aromat i smak suszy. Związki aromatyczne są wrażliwe na działanie wysokiej temperatury, dlatego zastosowanie mikrofal pozwala zachować więcej substancji aromatycznych niż długotrwałe suszenie konwekcyjne w podwyższonej temperaturze [33].

Istotnym aspektem suszenia są zmiany zawartości substancji odżywczych. Wysoka temperatura oraz długi czas suszenia wpływają niekorzystnie na zawartość witamin i przeciwutleniaczy w suszach. Szczególnie narażone na degradację są witaminy rozpuszczalne w wodzie. Mikrofałe ograniczają straty biochemiczne w materiale ze względu na skrócenie czasu i obniżenie temperatury procesu [47]. Suszenie powoduje obniżenie aktywności przeciwutleniającej produktów. Nowacka i wsp. [33] wykazali, że suszenie jabłek metodą konwekcyjną spowodowało obniżenie zdolności wygaszania wolnych rodników do 42 %, zaś suszenie mikrofalowo-konwekcyjne – do 67 % w stosunku do produktu niesuszonego.

Nawirska-Olszańska i wsp. [31] udowodnili, że zwiększenie mocy promieniowania przy suszeniu mikrofalowym (w zakresie $100 \div 250$ W) przyczyniło się do zmniejszenia całkowitej zawartości polifenoli, związków bioaktywnych (chlorofilu a i b, karotenoidów) oraz właściwości przeciwutleniających suszonych plasterów dyni. Odwrotne wyniki badań uzyskali Al Juhaimi i wsp. [3], którzy stwierdzili, że całkowita zawartość fenoli oraz właściwości przeciwutleniające plasterów jabłka były wyższe w przypadku produktów suszonych w warunkach wyższej mocy promieniowania (w zakresie $180 \div 540$ W). Wiśnie suszone mikrofalowo-próżniowo charakteryzowały się większą zawartością związków fenolowych oraz aktywnością przeciwutleniającą w porównaniu z suszonymi konwekcyjnie. Jednocześnie wykazano, że najbardziej korzystne warunki suszenia wiśni występowały przy najwyższej spośród zastosowa-

nych mocy promieniowania mikrofalowego (240, 360 i 480 W) [54]. Podobne wyniki otrzymali Aghilinategh i wsp. [1], którzy potwierdzili, że najwyższa zastosowana moc promieniowania mikrofalowego (200 ÷ 600 W) w najmniejszym stopniu przyczyniała się do obniżenia całkowitej zawartości związków fenolowych.

Ogrzewanie

Metody obróbki cieplnej żywności mogą mieć wpływ na ilość składników odżywczych i związków fitochemicznych w produktach spożywczych. Jedną z takich metod jest ogrzewanie mikrofalowe [14].

Wpływ ogrzewania mikrofalowego na zawartość substancji bioaktywnych oraz aktywność przeciwutleniającą żywności był przedmiotem wielu badań. Akdas i wsp. [2] stwierdzili, że najlepszą techniką ogrzewania świeżego jarmużu, która praktycznie nie ma wpływu na zawartość związków fitochemicznych o charakterze prozdrowotnym oraz jego właściwości przeciwutleniające, jest gotowanie na parze. Ogrzewanie w kuchence mikrofalowej również nie powodowało dużych zmian pod tym względem, a średnia całkowita zawartość karotenoidów oraz kwasu askorbinowego wynosiła odpowiednio: 99,8 i 89,4 % w stosunku do ilości zawartych w świeżym jarmużu.

Tian i wsp. [49] uważają, że spośród domowych metod ogrzewania posiłków (takich jak: ogrzewanie mikrofalowe, gotowanie, pieczenie, gotowanie na parze, smażenie) obróbka w kuchence mikrofalowej ma, obok gotowania na parze, najmniejszy wpływ na zmniejszenie zawartości związków fitochemicznych oraz obniżenie aktywności przeciwutleniającej ziemniaków truflowych. Autorzy wykazali, że zawartość witaminy C w ziemniakach ugotowanych w kuchence mikrofalowej (ok. 101 mg/100 g s.m.) jest większa niż w ugotowanych na parze (ok. 83 mg/100 g s.m.) i nieznacznie mniejsza niż w ziemniakach surowych (ok. 109 mg/100 g s.m.). Ponadto ilość włókna surowego (część błonnika pokarmowego) w ziemniakach przygotowanych za pomocą promieniowania mikrofalowego jest nieznacznie większa niż w ziemniakach surowych czy w ziemniakach gotowanych na parze. Z uwagi na to, że włókno surowe wpływa na perystaltykę jelit, ogrzewanie mikrofalowe jest najlepszą metodą przygotowywania ziemniaków truflowych, co jest cenne ze względu na właściwości prozdrowotne. Yang i wsp. [57] porównali wpływ różnych metod ogrzewania (gotowanie, pieczenie i ogrzewanie mikrofalowe) bulw ziemniaków na ich właściwości fizyczne i odżywcze. Ogrzewanie mikrofalowe sprzyjało szybkiemu żelowaniu skrobi i charakteryzowało się zwiększoną retencją skrobi odpornej w stosunku do gotowania. Retencję substancji bioaktywnych zaobserwowano przy stosowaniu niższej mocy promieniowania i dłuższego czasu ogrzewania.

Sun i wsp. [46] badali wpływ klasycznego gotowania oraz ogrzewania w kuchence mikrofalowej na zawartość składników odżywczych i przeciwutleniaczy w świeżych i mrożonych pieczarkach brazylijskich (*Agaricus blazei* Murril). Wykazali, że

ogrzewanie mikrofalowe wpłynęło na zmniejszenie zawartości glukozy, galaktozy i mannozy w większym stopniu niż gotowanie. Obie metody ogrzewania miały natomiast porównywalny wpływ na zmniejszenie całkowitej zawartości białek rozpuszczalnych, popiołu, witaminy C oraz całkowitej zawartości fenoli [46]. Perla i wsp. [36] wykazali, że całkowita zawartość fenoli, flawonoidów, flawonoli, luteiny w bulwach ziemniaków maleje podczas obróbki mikrofalowej, ale nie bardziej niż podczas pieczenia. Korzystniejszą metodą ogrzewania ziemniaków pod względem minimalizacji strat tych składników jest jednak gotowanie.

Wyniki badań przeprowadzonych przez Xu i wsp. [56] wskazują, że ogrzewanie mikrofalowe powoduje nieznaczne zmniejszenie całkowitej zawartości fenoli oraz witaminy C, podczas gdy smażenie i gotowanie przyczynia się do znacznego zmniejszenia zawartości tych substancji w czerwonej kapuście. Ogrzewanie mikrofalowe ma niewielki wpływ na zawartość substancji bioaktywnych w warzywach. Znacznie bardziej niekorzystne wyniki otrzymali Dolinsky i wsp. [16], którzy ogrzewali wybrane warzywa (jarmuż, pomidory, fasolkę szparagową) w kuchence mikrofalowej w naczyniu z wodą. Tak przeprowadzony proces wpływał na zmniejszenie zawartości polifenoli o ponad 20 %. Podobne wyniki otrzymano w przypadku manioku ogrzewanego w naczyniu z wodą w kuchence mikrofalowej. W próbkach zaobserwowano znaczne zmniejszenie zawartości polifenoli oraz aktywności przeciwutleniającej w porównaniu do gotowania na parze [14].

Sharma i Gujral [45] badali aktywność przeciwutleniającą ziarna jęczmienia poddanego działaniu promieniowania mikrofalowego. Stwierdzili obniżenie tej aktywności oraz zmniejszenie zawartości fenoli i flawonoidów w porównaniu z ziarnem jęczmienia prażonego w piasku.

Chang i wsp. [7] określili wpływ temperatury na zmiany struktur omięsnej wewnętrznej i śródmięsnej oraz na denaturację i kurczenie się kolagenu, a także udowodnili, że wysoka temperatura i długi czas ogrzewania mięśnia półścięgnistego (*m. semitendinosus*) tylnej ćwierćtuszy wołowej przyczynia się do zwiększenia zawartości nierozpuszczalnego kolagenu. Uznali oni, że użycie łaźni wodnej jest bardziej korzystne niż ogrzewanie w kuchence mikrofalowej ze względu na wyższą jakość mięsa i równomierne ogrzewanie. Musto i wsp. [30] badali oddziaływanie ogrzewania mikrofalowego na wołowy mięsień nadgrzebieniowy (łopatkę). Wykazali zmiany właściwości fizykochemicznych analizowanego mięśnia (m.in. ubytek masy spowodowany utratą wody) oraz znaczny wpływ tego ogrzewania na integralność izolowanego DNA [30]. Podobnie podczas gotowania mięśnia najdłuższego grzbietu wielbłąda stwierdzono większy ubytek masy przy zastosowaniu ogrzewania mikrofalowego (ok. 43 %) niż pieczenia (ok. 34 %) czy duszenia (ok. 30 %). Wynika to z utraty wody i tłuszczu na skutek denaturacji białka i zmian w budowie mięśnia po podgrzaniu za pomocą mikrofal [58]. Zwiększony ubytek masy podczas ogrzewania mikrofalowego (32,5 %)

w stosunku do trzech innych metod obróbki koniny: pieczenia (26,7 %), smażenia (23,8 %) i grillowania (22,5 %) wykazali również Dominguez i wsp. [17]. Utleniony tłuszcz wpływa na smak koniny poddanej obróbce termicznej. Jednocześnie wraz ze wzrostem stopnia utlenienia lipidów wzrasta ilość produkowanych lotnych związków: heksanal i aldehydów. Ogrzewanie w kuchence mikrofalowej powodowało zwiększone utlenianie tłuszczu w porównaniu z grillowaniem i smażeniem.

Ogrzewanie za pomocą promieniowania mikrofalowego może prowadzić nie tylko do zmian wartości odżywczej, ale również do zmian cech sensorycznych, takich jak tekstura czy barwa [24].

Yarmand i wsp. [58] odnotowali, że siła niezbędna do ściśnięcia próbki mięśnia najdłuższego grzbietu wielbłąda ogrzanej mikrofalowo jest ponad dwukrotnie wyższa w porównaniu z mięśniem surowym poddanym takiemu samemu testowi. Półtorak i wsp. [38] wykazali, że siła ścinająca oraz wskaźnik skurczu wołowego mięśnia pośladkowego średniego były znacznie wyższe w przypadku próbek pieczonych w piecu mikrofalowo-konwekcyjnym niż w piecu konwekcyjnym. Choi i wsp. [9] stwierdzili, że twardość steków z mięsa kurcząt przygotowanych w kuchence mikrofalowej była mniejsza niż gotowanych czy grillowanych. Ponadto obróbka mikrofalowa została zaproponowana jako metoda ogrzewania pozwalająca na zachowanie naturalnej barwy produktów spożywczych. Wykazali to w swoich badaniach Pellegrini i wsp. [34] oraz Akdas i wsp. [2], którzy porównywali gotowanie w kuchence mikrofalowej z gotowaniem w wodzie oraz na parze świeżych i mrożonych warzyw kapustnych (jak brokuł, brukselka, kalafior) [34] oraz jarmużu [2].

Sterylizacja

Promieniowanie mikrofalowe znajduje również zastosowanie w zapobieganiu rozwojowi mikroorganizmów w żywności poprzez sterylizację. Zwiększenie mocy promieniowania oraz temperatury albo wydłużenie czasu sterylizacji może zwiększyć skuteczność procesu i ułatwić ograniczenie liczby kolonii drobnoustrojów w żywności [52]. Przeprowadzono wiele badań, w których testowano skuteczność tego procesu na różnych drobnoustrojach i różnych produktach żywnościowych, takich jak: omlety ziemniaczane (*Salmonella enteritidis*) [52], papryka jalapeno i liście kolendry (*Salmonella typhimurium*) [13], pomidory winogronowe (*Salmonella enterica*) [25], przecier z kiwi (*Listeria monocytogenes*) [6], łosoś i dorsz (*Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis* i *Enterococcus* spp., endospory *Clostridium sporogenes*) [5] czy mięso drobiowe (*Listeria monocytogenes*) [60].

Sterylizacja mikrofalowa może mieć wpływ na jakość żywności i zmieniać jej cechy, takie jak: zawartość substancji bioaktywnych, aktywność przeciwutleniająca, aktywność enzymatyczna, tekstura czy barwa [19]. Lu i wsp. [25] przeprowadzili analizę wpływu pasteryzacji mikrofalowej na zawartość kwasu askorbinowego oraz likopenu

w pomidorach winogronowych. Wyniki przed i po przeprowadzeniu procesu nie różniły się znacząco, co świadczy o tym, że promieniowanie mikrofalowe jest dobrą techniką usuwania drobnoustrojów z warzyw. Piasek i wsp. [37] porównali wpływ dwóch metod sterylizacji – termicznej oraz mikrofalowej (za pomocą pasteryzatora przepływowego EnbioJet, wykorzystującego zjawisko ogrzewania cieczy w zakresie mikrofalowym promieniowania elektromagnetycznego) na ilość związków fitochemicznych w sokach z aronii i wiciokrzewu siniego – owoców, które są bogatym źródłem antocyjanów. W sokach poddanych sterylizacji mikrofalowej wykazano mniejszy spadek zawartości antocyjanów i innych polifenoli oraz całkowitej aktywności przeciwutleniającej. Podobne wyniki otrzymali Marszałek i wsp. [27] w badaniach przecieru truskawkowego. Pasteryzacja mikrofalowa okazała się skuteczniejszą metodą od konwencjonalnej obróbki termicznej zarówno pod względem zachowania jakości przecieru (naturalna barwa i najmniejsza strata substancji bioaktywnych), jak i skuteczności w obniżaniu liczby drobnoustrojów. Niewielki wpływ na zmiany jakości żywności był spowodowany znacznie krótszym czasem ekspozycji na promieniowanie mikrofalowe (liczone w sekundach) niż na konwencjonalne ogrzewanie (liczone w minutach) [27, 37].

Pasteryzacja mikrofalowa przyczyniała się także do inaktywacji oksydoreduktaz (peroksydazy i oksydazy polifenolowej), co również skutkuje zachowaniem dobrej jakości żywności [27]. Umudee i wsp. [51] stwierdzili, że sterylizacja mikrofalowa jest skuteczną metodą zatrzymania enzymatycznej reakcji lipolizy w owocach palmy olejowej. Wzrastająca liczba wolnych kwasów tłuszczowych podczas przechowywania tych owoców jest istotnym problemem przemysłu olejarskiego.

Skuteczność sterylizacji mikrofalowej w ochronie oleju palmowego przed aktywnością lipaz potwierdzili również Sarah i wsp. [42], którzy dodatkowo wykazali, że proces ten, o ile nie wpływa na zawartość witaminy E, obniża jednak zawartość karotenoidów w oleju.

W przeprowadzonych badaniach porównawczych między ogrzewaniem konwencjonalnym a sterylizacją mikrofalową na stopień zahamowania aktywności lipazy z kielków pszenicy wykazano, że współczynnik inaktywacji enzymu po użyciu promieniowania mikrofalowego był o ok. 10 % większy niż w przypadku wykorzystania konwencjonalnej metody z efektem termicznym [8].

Podsumowanie

Ze względu na oszczędność czasu oraz wygodę w przygotowywaniu posiłków wykorzystywanie kuchenek mikrofalowych w gospodarstwach domowych jest coraz powszechniejsze. Również w przemyśle promieniowanie mikrofalowe znajduje wiele zastosowań do obróbki żywności. Jest ono wykorzystywane m.in. do suszenia, ogrzewania czy sterylizacji produktów spożywczych. Przeprowadzono wiele analiz, które

potwierdziły wyższość obróbki mikrofalowej nad konwencjonalnymi metodami zarówno pod względem zdrowotnym (zachowanie substancji bioaktywnych w żywności), jak i ekonomicznym (krótszy czas trwania procesu).

Praca została sfinansowana ze środków Subwencji B+R Katedry Dietetyki i Badań Żywności Uniwersytetu Humanistyczno-Przyrodniczego im. Jana Długosza w Częstochowie (SBR/WNSPT/KDBŻ/17/2019).

Literatura

- [1] Aghilinategh N., Rafiee S., Hosseinpour S., Omid M., Mohtasebi S.S.: Optimization of intermittent microwave-convective drying using response surface methodology. *Food Sci. Nutr.*, 2015, 3 (4), 331-341.
- [2] Akdas Z.Z., Bakkalbas E.: Influence of different cooking methods on colour, bioactive compounds, and antioxidant activity of kale. *Int. J. Food Prop.*, 2016, 20 (4), 1-11.
- [3] Al Juhaimi F., Uslu N., Bozkurt D., Ghafoor K., Babiker E.E., Ozcan M.M.: Effects of oven and microwave drying on phenolic contents and antioxidant activities in four apple cultivars. *Qual. Assur. Saf. Crops Foods*, 2016, 8 (1), 51-55.
- [4] Atuonwu J.C., Tassou S.A.: Quality assurance in microwave food processing and the enabling potentials of solid-state power generators: A review. *J. Food Eng.*, 2018, 234, 1-15.
- [5] Bauza-Kaszewska J., Skowron K., Paluszak Z., Dobrzański Z., Śrutek M.: Effect of microwave radiation on microorganisms in fish meals. *Ann. Anim. Sci.*, 2014, 14 (3), 623-636.
- [6] Benlloch-Tinoco M., Pina-Perez M.C., Martínez-Navarrete N., Rodrigo D.: *Listeria monocytogenes* inactivation kinetics under microwave and conventional thermal processing in a kiwifruit puree. *Innov. Food Sci. Emerg.*, 2014, 22, 131-136.
- [7] Chang H.J., Xu X.L., Li C.B., Huang M., Liu D.Y., Zhou G.H.: A comparison of heat-induced changes of intramuscular connective tissue and collagen of beef semitendinosus muscle during water bath and microwave heating. *J. Food Process Eng.*, 2011, 34 (6), 2233-2250.
- [8] Chen Z., Li Y., Wang L., Liu S., Wang K., Sun J., Xu B.: Evaluation of the possible non-thermal effect of microwave radiation on the inactivation of wheat germ lipase. *J. Food Process Eng.*, 40 (4), 2016, 1-11.
- [9] Choi Y.S., Hwang K.E., Jeong T.J., Kim Y.B., Jeon K.H., Kim E.M., Sung J.M., Kim H.W., Kim Ch.J.: Comparative study on the effects of boiling, steaming, grilling, microwaving and superheated steaming on quality characteristics of marinated chicken steak. *Korean J. Food Sci. Ann.*, 2016, 36 (1), 1-7.
- [10] Cosquer B., Galani R., Kuster N., Cassel J.C.: Whole-body exposure to 2.45 GHz electromagnetic fields does not alter anxiety responses in rats: A plus-maze study including test validation. *Behav. Brain. Res.*, 2005, 156, 65-74.
- [11] Czarniecka-Skubina E., Trafiałek J., Kocon D., Pielak M.: Wykorzystanie kuchenek mikrofalowych do przygotowania potraw w polskich gospodarstwach domowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2016, 6 (109), 140-151.
- [12] Darvishi H., Azadbakht M., Rezaeiasl A., Farhang A.: Drying characteristics of sardine fish dried with microwave heating. *J. Saudi Soc. Agric. Sci.*, 2013, 12 (2), 121-127.

- [13] De la Vega-Miranda B., Santiesteban-López N.A., López-Malo A., Sosa-Morales M.E.: Inactivation of *Salmonella* Typhimurium in fresh vegetables using water-assisted microwave heating. *Food Control*, 2012, 26 (1), 19-22.
- [14] De Lima A.C.S., da Rocha Viana J.D., de Sousa Sabino L.B., da Silva L.M.R., da Silva N.K.V., de Sousa P.H.M.: Processing of three different cooking methods of cassava: Effects on *in vitro* bioaccessibility of phenolic compounds and antioxidant activity. *LWT - Food Sci. Technol.*, 2017, 76, 253-258.
- [15] Demiray E., Seker A., Tulek Y.: Drying kinetics of onion (*Allium cepa* L.) slices with convective and microwave drying. *Heat Mass Transfer*, 2016, 1-11.
- [16] Dolinsky M., Agostinho C., Ribeiro D., Rocha G.D.S., Barroso S.G., Ferreira D., Polinati R., Ciarelli G., Fialho E.: Effect of different cooking methods on the polyphenol concentration and antioxidant capacity of selected vegetables. *J. Culin. Sci. Technol.*, 2015, 14 (1), 1-12.
- [17] Domínguez R., Gomez M., Fonseca S., Lorenzo J.M.: Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat. *Meat Sci.*, 2014, 97 (2), 223-230.
- [18] El Ghazaly N.A., Radwan E.H., El Gawad H.S.A., Kamel K., Barakat A.: Impact of microwave heated food on health. *J. Adv. Biol.*, 2014, 5 (3), 703-720.
- [19] Guo Q., Sun D.W., Cheng J.H., Han Z.: Microwave processing techniques and their recent applications in the food industry. *Trends Food Sci. Technol.*, 2017, 67, 236-247.
- [20] Hassani M., Galal M.K., El-Hindi H.M.A., Abdel-Aziz S.A.: Oxidative stress and lipid profile alterations in albino rat liver fed on microwave exposed food. *AJBAS*, 2014, 8 (9), 412-417.
- [21] Horuz E., Maskan M.: Hot air and microwave drying of pomegranate (*Punica granatum* L.) arils. *J. Food Sci. Technol.*, 2015, 52 (1), 285-293.
- [22] Korzeniowska-Ginter R., Tkacz K.: Wykorzystanie kuchni mikrofalowych w gospodarstwach domowych. *Inż. Ap. Chem.*, 2015, 54 (5), 257-258.
- [23] Kumar M., Singh S.P., Chaturvedi Ch.M.: Chronic nonmodulated microwave radiations in mice produce anxiety-like and depressionlike behaviours and calcium- and NO-related biochemical changes in the brain. *Exp. Neurobiol.*, 2016, 25 (6), 318-327.
- [24] Ling B., Tang J., Kong F., Mitcham E.J., Wang S.: Kinetics of food quality changes during thermal processing: A review. *Food Bioprocess. Technol.*, 2014, 8 (2), 343-358.
- [25] Lu Y., Turley A., Dong X., Wu C.: Reduction of *Salmonella enterica* on grape tomatoes using microwave heating. *Int. J. Food Microbiol.*, 2011, 145 (1), 349-352.
- [26] Mały Rocznik Statystyczny Polski. GUS, Warszawa 2016.
- [27] Marszałek K., Mitek M., Skapska S.: Effect of continuous flow microwave and conventional heating on the bioactive compounds, colour, enzymes activity, microbial and sensory quality of strawberry purée. *Food Bioprocess. Technol.*, 2015, 8 (9), 1864-1876.
- [28] Mathur P., Verma B., Bhatnagar P.: Changes in the levels of LPO and GSH in Swiss albino mice liver after continuous intake of food exposed to microwave radiations. *RJPBCS*, 2013, 4 (1), 273-278.
- [29] Megha K., Deshmukh P.S., Banerjee B.D., Tripathi A.K., Ahmed R., Abegaonkar M.P.: Low intensity microwave radiation induced oxidative stress, inflammatory response and DNA damage in rat brain. *Neurotoxicology*, 2015, 51, 158-165.
- [30] Musto M., Faraone D., Cellini F., Musto E.: Changes of DNA quality and meat physicochemical properties in bovine supraspinatus muscle during microwave heating. *J. Sci. Food Agric.*, 2014, 94 (24), 785-791.
- [31] Nawirska-Olszańska A., Stępień B., Biesiada A.: Effectiveness of the fountain-microwave drying method in some selected pumpkin cultivars. *LWT - Food Sci. Technol.*, 2017, 77, 276-281.
- [32] New C.Y., Thung T.Y., Premaratne J.M.K.J.K., Russly A.R., Abdulkarim S.M., Son R.: Microwave oven safety: A food safety consumer survey in Malaysia. *Food Control*, 2017, 80, 420-427.

- [33] Nowacka M., Śledź M., Wiktor A., Witrowa-Rajchert D.: Fizyczne i chemiczne właściwości produktów spożywczych suszonych z wykorzystaniem mikrofal. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, 6 (85), 5-20.
- [34] Pellegrini N., Chiavaro E., Gardana C., Mazzeo T., Contino D., Gallo M., Riso P., Fogliano V., Porrini M.: Effect of different cooking methods on color, phytochemical concentration, and antioxidant capacity of raw and frozen brassica vegetables. *J. Agr. Food Chem*, 2010, 58(7), 4310-4321.
- [35] Perek A., Dolata W.: Zastosowanie mikrofal do obróbki cieplnej żywności. *Post. Techn. Przetw. Spoż.*, 2009, 2, 103-108.
- [36] Perla V., Holm D.G., Jayanty S.S.: Effects of cooking methods on polyphenols, pigments and antioxidant activity in potato tubers. *LWT - Food Sci. Technol.*, 2012, 45 (2), 161-171.
- [37] Piasek A., Kusznierewicz B., Grzybowska I., Malinowska-Panczyk E., Piekarska A., Azqueta A., Collins A.R., Namieśnik J., Bartoszek A.: The influence of sterilization with EnbioJet® Microwave Flow Pasteurizer on composition and bioactivity of aronia and blueberry honeysuckle juices. *J. Food Compos. Anal.*, 2011, 24 (6), 880-888.
- [38] Półtorak A., Wyrwisz J., Moczowska M., Marcinkowska-Lesiak M., Stelmasiak A., Rafalska U., Wierzbicka A., Da-Wen Sun: Microwave vs. convection heating of bovine gluteus medius muscle: Impact on selected physical properties of final product and cooking yield. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2015, 50 (4), 958-965.
- [39] Roczniki Statystyczne RP 1994 - 2015. GUS, Warszawa 1995 - 2015.
- [40] Rząca M.: Studia nad wykorzystaniem promieniowania podczerwonego i mikrofalowego do suszenia jabłek. Praca doktorska, SGGW, Warszawa 2009.
- [41] Salunke B.P., Umathe S.N., Chavan J.G.: Behavioral ineffectiveness of high frequency electromagnetic field in mice. *Physiol. Behav.*, 2015, 140, 32-37.
- [42] Sarah M., Rozainee Taib M.: Microwave sterilization of oil palm fruits: Effect of power, temperature and *D*-value on oil quality. *JOMB*, 2013, 2 (3), 153-156.
- [43] Sarimeseli A.: Microwave drying characteristics of coriander (*Coriandrum sativum* L.) leaves. *Energ. Convers. Manag.*, 2011, 52, 1449-1453.
- [44] Shahin S., Banerjee S., Singh S.P., Chaturvedi C.M.: 2.45 GHz microwave radiation impairs learning and spatial memory via oxidative/nitrosative stress induced p53-dependent/independent hippocampal apoptosis: Molecular basis and underlying mechanism. *Toxicol. Sci.*, 2015, 148, 1-50.
- [45] Sharma P., Gujral H.S.: Effect of sand roasting and microwave cooking on antioxidant activity of barley. *Food Res. Int.*, 2011, 44, 235-240.
- [46] Sun L.P., Zhuang Y.L., Bai X.: Effects of boiling and microwaving treatments on nutritional characteristics and antioxidant activities of *Agaricus blazei* Murril. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2011, 46, 1209-1215.
- [47] Szarycz M., Kamiński E., Jałoszyński K., Szponarska A.: Analiza mikrofalowego suszenia pietruszki w warunkach obniżonego ciśnienia. Część I. Kinetyka suszenia pietruszki nieblanszowanej i blanszowanej. *Acta Sci. Pol. Technica Agraria*, 2003, 2 (2), 17-27.
- [48] Therdthai N., Zhou W.: Characterization of microwave vacuum drying and hot air drying of mint leaves (*Mentha cordifolia* Opiz ex Fresen). *J. Food Eng.*, 2009, 91, 482-489.
- [49] Tian J., Chen J., Lv F., Chen S., Chen J., Liu D., Ye X.: Domestic cooking methods affect the phytochemical composition and antioxidant activity of purple-fleshed potatoes. *Food Chem.*, 2016, 197, 1264-1270.
- [50] U.S. Food and Drug Administration: Microwave Oven Radiation. [on line]. FDA. Dostęp w Internecie [23.02.2020]: <https://www.fda.gov/radiation-emitting-products/resources-you-radiation-emitting-products/microwave-oven-radiation>
- [51] Umudee I., Chongcheawchamnan M., Kiatweerasakul M., Tongurai C.: Sterilization of oil palm fresh fruit using microwave technique. *Int. J. Chem. Eng. Appl.*, 2013, 4 (3), 111-113.

- [52] Valero A., Cejudo M., García-Gimeno R.M.: Inactivation kinetics for *Salmonella* Enteritidis in potato omelet using microwave heating treatments. *Food Control*, 2014, 43, 175-182.
- [53] Wang Y., Zhang M., Mujumdar, A.S., Mothibe K.J.: Quality changes of dehydrated restructured fish product from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) as affected by drying methods. *Food Bioprocess. Technol.*, 2013, 6 (7), 1664-1680.
- [54] Wojdyło A., Figiel A., Lech K., Nowicka P., Oszmiański J.: Effect of convective and vacuum-microwave drying on the bioactive compounds, color, and antioxidant capacity of sour cherries. *Food Bioprocess. Technol.*, 2013, 7 (3), 829-841.
- [55] World Health Organization: Food Safety. [on line]. WHO. Dostęp w Internecie [06.01.2020]: <https://www.who.int/health-topics/food-safety/>
- [56] Xu F., Zheng Y., Yang Z., Cao S., Shao X., Wang H.: Domestic cooking methods affect the nutritional quality of red cabbage. *Food Chem*, 2014, 161, 162-167.
- [57] Yang Y., Achaerandio I., Pujolà M.: Effect of the intensity of cooking methods on the nutritional and physical properties of potato tubers. *Food Chem.*, 2016, 197, 1301-1310.
- [58] Yarmand M.S., Nikmaram P., Emam Djomeh Z., Homayouni A.: Microstructural and mechanical properties of camel *longissimus dorsi* muscle during roasting, braising and microwave heating. *Meat Sci.*, 2013, 95 (2), 419-424.
- [59] Zarein M., Samadi S.H., Ghobadian B.: Investigation of microwave dryer effect on energy efficiency during drying of apple slices. *J. Saudi Soc. Agric. Sci.*, 2015, 14 (1), 41-47.
- [60] Zeinali T., Jamshidi A., Khanzadi S., Azizzadeh M.: The effect of short-time microwave exposures on *Listeria monocytogenes* inoculated onto chicken meat portions. *Veter. Res. Forum*, 2015, 6 (2), 173-176.
- [61] Zhang L., Peng R.Y., Wang S.M., Wang L.F., Gao Y.B., Dong J., Li X., Su Z.T.: Relationship between cognition function and hippocampus structure after long-term microwave exposure. *Biomed. Environ. Sci.*, 2012, 25, 182-188.
- [62] Zhi W.J., Wang L.F., Hu X.J.: Recent advances in the effects of microwave radiation on brains. *Mil. Med. Res.*, 2017, 4 (29), 1-14.
- [63] Zielinska M., Sadowski P., Błaszczak W.: Freezing/thawing and microwave-assisted drying of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *LWT - Food Sci. Technol.*, 2015, 62 (1), 555-563.

TECHNOLOGICAL, ECONOMIC AND HEALTH ASPECTS OF APPLICATION OF MICROWAVE RADIATION IN FOOD PROCESSING

S u m m a r y

Proper nutrition is one of the main factors to determine population health. The raising consumer awareness of proper eating habits and the increasingly faster pace of life necessitate seeking new solutions for food and gastronomic technology. Food processing with the use of microwave radiation is a technique to enable a significant reduction in the time duration of technological process. The microwave radiation energy has already been used, among other things, in drying, heating and sterilization of food products. The final product can be characterised by some altered properties, e.g. a decreased level of essential for human health bioactive substances present in unprocessed foods or on the contrary – by preserving the health-promoting properties of food compared to conventional processing methods.

The objective of the research study was to analyse the health risks and health benefits resulting from the application of microwave radiation in households and the food industry. The study reviewed the reference literature on the public awareness of the safe use of microwave ovens and the effect of microwave processing on health-promoting features of food products. Based on the analysis of this issue, it can be

concluded that many research studies have confirmed the advantage of the microwave treatment over the conventional methods in terms of health (preservation of bioactive substances in foods), comfort of use and economic aspect (a shorter time of process duration, which means lower costs of food product heat treatment).

Key words: microwave radiation, public health, food preservation, drying, heating, sterilization 

IZABELLA KWAŚNIEWSKA-KAROLAK, RADOSŁAW MOSTOWSKI

WPLYW PREPARATÓW ENZYMATYCZNYCH NA TRWAŁOŚĆ PIECZYWA MIESZANEGO WYTWORZONEGO NA ZAKWASIE I PRZECHOWYWANEGO W WARUNKACH ZAMRAŻALNICZYCH

S t r e s z c z e n i e

Celem pracy było określenie wpływu dodatku preparatów enzymatycznych oraz czasu i warunków przechowywania na fizykochemiczne właściwości pieczywa mieszanego wytworzonego na zakwasie. Badaniom poddano chleb pszenno-żytni bez udziału preparatów (kontrolny) oraz chleb z dodatkiem preparatów Finizyme i G-Zyme w ilościach 10 i 30 mg/900 g (bochenek). Chleby sporządzono zgodnie z recepturą na zakwasie, wypieczono w piecu przeznaczonym do wypieku chleba i przechowywano w warunkach zamrażalniczych przez 14 dni.

W chlebach świeżych po siedmiu i czternastu dniach przechowywania wykonano analizy zawartości wody, objętości (chleb świeży), kwasowości, zawartości skrobi opornej i twardości miększu chleba. Wykonano także ocenę sensoryczną pieczywa. W czasie zamrażalniczego przechowywania zaobserwowano zmniejszenie zawartości wody ($0.1 \div 12\%$) i wzrost kwasowości, który w przypadku pieczywa z dodatkiem preparatów enzymatycznych przyczynił się do większego przyrostu ilości skrobi opornej (RS) w porównaniu z chlebem kontrolnym. Dodatek enzymów wpłynął znacząco na objętość chleba i na poprawę jego wyglądu zewnętrznego, co spowodowało, że został wyżej oceniony pod względem cech sensorycznych. Twardość chleba uległa zwiększeniu w trakcie dwóch tygodni jego przechowywania w stanie głębokiego zamrożenia. Większe zmiany wartości tego parametru stwierdzono w chlebie kontrolnym, natomiast dodatek preparatów enzymatycznych ograniczył w pewnym stopniu szybkość twardnienia miększu. Wprowadzenie do receptury chleba na zakwasie preparatów enzymatycznych należy więc uznać za korzystne z uwagi na wzrost objętości bochenków, ograniczenie ich twardnienia podczas zamrażalniczego przechowywania oraz zwiększenie zawartości skrobi RS – czynnika o charakterze prozdrowotnym.

Słowa kluczowe: chleb na zakwasie, preparaty enzymatyczne, skrobia oporna (RS), zamrażalnicze przechowywanie

Wprowadzenie

Chleb znany jest ludzkości co najmniej od 12 tysięcy lat. Już wtedy stanowił jeden z najważniejszych składników diety człowieka. W wielu kulturach zboża i produkty zbożowe stanowiły podstawę wyżywienia ludności.

Produkty zbożowe charakteryzują się dużą wartością odżywczą, gdyż zawierają znaczne ilości białka, dostarczają makro- i mikroelementów takich, jak fosfor, cynk, fluor oraz witamin z grupy B. Dzięki obecności błonnika produkty otrzymywane z całego ziarna zbóż przyczyniają się do oczyszczania organizmu ze zbędnych produktów przemiany materii. Niestety zauważalne jest zmniejszenie spożycia pieczywa i produktów zbożowych [23].

Bardzo ważnym aspektem dotyczącym akceptowalności pieczywa jest jego świeżość. Niekorzystne zmiany fizykochemiczne i związane z tym obniżenie jakości pieczywa pojawia się już bezpośrednio po wypieku. W wielu badaniach wskazuje się na to, że czerstwienie chleba powodowane jest przemianami skrobi, interakcjami skrobi i glutenu oraz redystrybucją wilgoci [10, 11, 19]. Zmiany te powodują obniżenie jakości sensorycznej oraz struktury przestrzennej miękiszu.

Trwałość pieczywa w czasie przechowywania jest ograniczona, co wynika ze zmian związanych z migracją wilgoci, utratą charakterystycznego zapachu, rozwojem drobnoustrojów, a także przyrostem ilości skrobi odpornej na trawienie przez enzymy. Utrata świeżości związana jest z wysychaniem i utlenianiem się związków aromatycznych. Woda zawarta w miększu przemieszcza się do skórki i odparowuje. Struktura miększu staje się twarda i zaczyna się kruszyć, natomiast skórka mięknie. Zanika charakterystyczny aromat i smak świeżego pieczywa. Dobór odpowiednich warunków procesu fermentacji, sposobu formowania ciasta, jego rozrost oraz wypiek mogą przyczynić się do wydłużenia świeżości pieczywa [2, 3].

Pieczywo uważa się za świeże przez ok. jeden lub dwa dni. Szybkość procesu czerstwienia można spowolnić między innymi przez dodatek preparatów enzymatycznych do ciasta [6, 16]. Enzymy są stosowane w przemyśle spożywczym od wielu lat. Ułatwiają otrzymanie pożądanых cech surowca, a w efekcie poprawę jakości gotowego produktu. Enzymy lipolityczne, szczególnie lipazy, fosfolipazy oraz glikolipazy powodują rozkład lub przetworzenie substancji tłuszczowych, dzięki czemu powstają cząsteczki spolaryzowane, które poprawiają przebieg wypieku. Do wyrobu pieczywa dodawane są w małych ilościach, stają się aktywne w momencie wyrabiania ciasta, czyli podczas dodania wody. Dodatek preparatów enzymatycznych o właściwościach lipolitycznych powoduje wzrost objętości pieczywa, korzystnie wpływa także na porowatość miększu. Utworzone przez lipazy mono- i diglicerydy zwiększają stabilność ciasta. Jedną z zalet ich stosowania jest spowolnienie procesu starzenia się chleba, a także przedłużenie trwałości pieczywa w trakcie przechowywania [15].

Rozwiązaniem, które umożliwia zaopatrzenie rynku w świeże pieczywo jest zastosowanie niskich temperatur. Skuteczną metodą przedłużania trwałości jest szybkie zamrażanie pieczywa i przetrzymywanie go w temp. -18°C . W takich warunkach zostaje zahamowana migracja wody z miąższu do skórki, tempo przemian chemicznych skrobi spowalnia się, a proces czerstwienia zostaje częściowo ograniczony. Pieczywo mrożone zachowuje dobrą jakość nawet przez kilka tygodni. Zamrażalnicze przechowywanie nie powstrzymuje jednak całkowicie zachodzących w nim zmian fizykochemicznych i sensorycznych [7].

Celem pracy było określenie wpływu dodatku preparatów enzymatycznych oraz czasu i warunków przechowywania na fizykochemiczne właściwości pieczywa mieszanego wytworzonego na zakwasie.

Material i metody badań

Materiałem do badań były chleby pszenno-żytnie świeże i przechowywane zamrażalniczo w temp. $-21 \pm 2^{\circ}\text{C}$ przez 14 dni. Wypieczono chleby kontrolne oraz z dodatkiem preparatów enzymatycznych Finizyme i G-Zyme w dwóch dawkach – 10 i 30 mg/900 g (bochenek). Charakterystykę preparatów enzymatycznych przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1. Charakterystyka preparatów enzymatycznych użytych podczas badań

Table 1. Characteristics of enzyme preparations used during analyses

Rodzaj enzymu Type of enzyme	Nazwa systematyczna Systematic name	Nazwa preparatu Name of preparation	Pochodzenie Origin		Aktywność Activity
			Firma Company	Kraj Country	
Lizofosfolipaza Lysophospholipase – <i>Aspergillus niger</i>	EC 3.1.1.5 acylohydrolaza 2-lizofosfatydylocholine acylhydrolase 2-lysophosphatidylcholine	G-Zyme G 999	Enzyme Bio-Systems Ltd.	USA	1000 U/g
		Finizyme W	Novozymes	USA	200 FGU

Do wypieku trzech bochenków chleba użyto 1,6 kg mąki żytniej typu 720 (Polskie Młyny, Teresin, Polska), 0,33 kg mąki pszennej typu 550 (Polskie Młyny, Teresin, Polska), 0,08 l zakwasu, 16 g drożdży (Delecta, Polska) rozrobionych w letniej wodzie, 10 g soli (IKS, Solino, Polska). Zakwas przygotowywano z mąki żytniej. W tym celu do 100 g mąki dodawano 100 g wody, mieszano i pozostawiano w ciepłym miejscu w szklanym naczyniu przykrytym gazą. Po 24 h dodawano kolejne 100 g mąki oraz 100 g wody i pozostawiano na kolejną dobę. Czynność dodawania wody i mąki powtarzano 5-krotnie. Przy sporządzaniu ciasta najpierw przygotowywano rozczyn. W tym

celu do miski wsypywano mąkę żytnią (600 g), przez sito wlewano zawiesinę drożdży w wodzie i dodawano zakwas. Dolewano wody o temp. 22 °C do uzyskania gęstej jednolitej masy. Całość mieszano drewnianą łyżką i odstawiano na 6 h. Następnie do rozczynu wsypywano sól, mąkę pszenną i żytnią w takiej ilości, aby ciasto dobrze się wyrabiało (1 kg). Uzyskane ciasto dzielono na 3 kęsy i wypiekano. W ten sposób uzyskano 3 kontrolne bochenki chleba. W celu uzyskania chlebów z dodatkiem enzymów do ciast w trakcie wyrabiania dodawano preparaty enzymatyczne w takiej ilości, aby bochenki zawierały 10 lub 30 mg preparatu, co stanowiło 0,0015 i 0,004 % w stosunku do masy użytej mąki. Ciasto mieszano ręcznie przez ok. 30 min. Po wyrobieniu odstawiano je na 60 min w miejsce o temp. 25 - 30 °C do wyrośnięcia. Wypiek prowadzono w piecu technologicznym Wachtel Picollo (Winkler Wachtel Sp. z o.o. Polska) przez 1,5 h. Po upieczeniu każdy z bochenków smarowano zimną wodą w celu uzyskania błyszczącej skórki. Badania chlebów wykonywano po ich wystudzeniu.

Badano zmiany jakości chleba kontrolnego i z dodatkiem preparatów enzymatycznych podczas zamrażalniczego przechowywania. Chleb kontrolny od momentu wystudzenia do rozpoczęcia analiz przechowywano w torebce papierowej (w temp. 22 °C i wilgotności względnej 65 %). Chleb przeznaczony do zamrażalniczego przechowywania pakowano w woreczki polietylenowe i zamrażano do temp. -21 °C w zamrażarce (Samsung, Korea Południowa). Partie pieczywa zamrożonego rozmrażano w temperaturze pokojowej bez wymuszonego ruchu powietrza. Czas rozmrażania chleba i uzyskania w środku termicznym 0 °C wynosił ok. 100 min. Pieczywo podczas rozmrażania pozostawało w opakowaniu.

W celu oznaczenia objętości pieczywa zastosowano metodę nasypową z użyciem ryżu. Pobraną próbkę pieczywa ważono i umieszczano w naczyniu o znanej objętości, a następnie zasypywano ją odmierzoną ilością ryżu. Pozostała część ryżu, która nie zmieściła się w naczyniu, była równa objętości mierzonej próbki pieczywa. Analizę wykonano w 2 powtórzeniach dla każdego rodzaju świeżego pieczywa [24].

W produkcie świeżym (po 24 h od wypieku) i przechowywanym zamrażalniczo przez 7 i 14 dni oznaczano kwasowość [24], zawartość wody – metodą grawimetryczną [24], zawartość skrobi odpornej (RS) – metodą enzymatyczną [20], twardość miększu – testem TPA (Shimadzu EZ Test EZ-LX, Japonia) [8].

W ocenie sensorycznej wzięło udział dziesięciu wyszkolonych oceniających, o odpowiedniej wrażliwości sensorycznej. Każdą cechę miększu (smak, zapach i elastyczność) oraz skórki (smak, zapach i kruchość) oceniano za pomocą skali 5-punktowej, a ogólna ocena jakości sensorycznej stanowiła sumę wszystkich ocen [9].

Statystyczne opracowanie wyników wykonano w programie StatSoft – Statistica v 10. W celu sprawdzenia wpływu czasu przechowywania na badane parametry przeprowadzono analizę wariancji (ANOVA). Istotność różnic między wartościami średnimi weryfikowano testem Duncana ($p \leq 0,05$).

Wyniki i dyskusja

Jednym z parametrów mających wpływ na jakość pieczywa podczas przechowywania jest zawartość wody w miękiszu. Zmiany wartości tego parametru podczas przechowywania są związane m.in. z procesem czerstwienia. W efekcie obserwowane jest obniżenie walorów sensorycznych chleba. Pieczywo pszenne powinno charakteryzować się zawartością wody w zakresie $40 \div 52$ %, natomiast pieczywo żytnie – $48 \div 52$ % [10]. Spośród badanych chlebów świeżych największą zawartością wody, na poziomie 48,86 %, charakteryzował się chleb z dodatkiem 30 mg preparatu Finizyme, natomiast najmniejszą – chleb kontrolny (tab. 2). W chlebie kontrolnym i z dodatkiem G-Zyme (10 mg) istotne zmniejszenie zawartości wody wystąpiło dopiero po 14 dniach, w chlebie z dodatkiem 30 mg preparatu G-Zyme w ogóle nie stwierdzono zmian tej cechy, natomiast w chlebach z dodatkiem Finizyme (w przypadku obu dodatków preparatu) zawartość wody zmniejszała się istotnie po każdym okresie przechowywania.

Zmniejszenie zawartości wody wiąże się z ubytkiem masy pieczywa podczas jego przechowywania. Ilość utraconej wody zależy zarówno od temperatury, czasu przechowywania, jak i zastosowanego opakowania. Szajewska i Ceglińska [25] stwierdziły ubytek masy pieczywa żytniego przechowywanego przez 5 dni w opakowaniu papierowym na poziomie 25 % w porównaniu z masą początkową. Tak znaczne ubytki masy chleba przechowywanego w opakowaniu papierowym były spowodowane brakiem bariery dla parującej wody, co powodowało szybkie wysychanie pieczywa [25]. Pająk i wsp. [22] w badaniach pieczywa bezglutenowego stwierdzili, że rodzaj opakowania ma istotny wpływ na wilgotność przechowywanego pieczywa. W badaniach własnych ubytki wody były istotne, ale ze względów technologicznych i sensorycznych mało znaczące.

Kwasowość pieczywa jest zależna przede wszystkim od ilości użytego do jego produkcji zakwasu, w mniejszym zaś stopniu od rodzaju mąki [26]. Kwasowość analizowanych chlebów była niższa niż podawana przez Świdierskiego [26]. Podczas zamrażalniczego przechowywania obserwowano statystycznie istotne wahania wartości tego parametru (tab. 2). W chlebach: kontrolnym, G10 i G30 istotny wzrost kwasowości wykazano po 7 dniach przechowywania, a w chlebach z dodatkiem enzymu Finizyme kwasowość wzrosła po 14 dniach. Zmiany te nie miały jednak istotnego wpływu na smak pieczywa pod koniec okresu badań.

Tekstura jest jednym z najważniejszych wyróżników charakteryzujących jakość pieczywa. Ma także istotny wpływ na akceptację wyrobów przez konsumenta. Ważną cechą tekstury chleba jest twardość jako atrybut najczęściej oceniany i rozpoznawany przez konsumenta. Tekstura może być oceniana sensorycznie, instrumentalnie a także obiema metodami równocześnie [4, 13]. Wzrost twardości pieczywa podczas przechowywania jest związany z postępującym procesem czerstwienia, w tym retrogradacją

Tabela 2. Cechy fizykochemiczne, ogólna jakość sensoryczna oraz zawartość skrobi opornej w chlebach kontrolnych i z dodatkiem preparatów enzymatycznych, w zależności od czasu zamrażalniczego przechowywania

Table 2. Physical-chemical parameters, overall sensory quality and content of resistant starch in control bread and in bread with enzyme preparations added depending on freezing storage time

Rodzaj pieczywa / Czas przechowywania [dni] Type of bread / Storage time [days]	Parametr / Parameter				
	Zawartość wody Water content [%]	Kwasowość Acidity [°]	Twardość Hardness [N]	Ocena ogólna jakości sensorycznej Overall quality in sensory evaluation	Zawartość RS [mg/100 g s.m.] RS content [mg/100 g d.m.]
K / 0	46,09 ^a ± 0,90	2,6 ^a ± 0,1	30,4 ^a ± 2,8	29 ^a ± 1	-
K / 7	45,30 ^a ± 0,49	3,4 ^b ± 0,1	39,9 ^b ± 0,6	25 ^b ± 2	4,68 ^a ± 0,21
K / 14	41,49 ^b ± 0,21	3,2 ^b ± 0,2	40,9 ^b ± 3,0	24 ^b ± 3	7,68 ^b ± 0,80
F 10 / 0	48,54 ^a ± 0,20	2,7 ^a ± 0,1	28,6 ^a ± 0,7	31 ^a ± 1	-
F 10 / 7	46,91 ^b ± 0,11	2,6 ^a ± 0,1	34,2 ^b ± 1,2	28 ^a ± 2	7,06 ^a ± 1,02
F 10 / 14	43,61 ^c ± 0,08	2,9 ^b ± 0,1	36,7 ^c ± 1,1	24 ^a ± 2	9,01 ^b ± 0,86
F 30 / 0	48,86 ^a ± 0,14	2,5 ^a ± 0,1	29,5 ^a ± 0,7	31 ^a ± 1	-
F 30 / 7	46,47 ^b ± 0,12	2,4 ^a ± 0,1	31,1 ^b ± 2,2	28 ^b ± 1	6,83 ^a ± 1,01
F 30 / 14	43,35 ^c ± 0,35	2,7 ^b ± 0,1	35,6 ^c ± 2,0	25 ^b ± 2	6,96 ^a ± 0,78
G 10 / 0	46,32 ^a ± 0,16	1,5 ^a ± 0,1	20,7 ^a ± 0,7	32 ^a ± 1	-
G 10 / 7	46,79 ^a ± 0,10	1,8 ^b ± 0,1	22,3 ^a ± 2,3	28 ^b ± 1	10,11 ^a ± 1,03
G 10 / 14	45,90 ^b ± 0,20	1,7 ^b ± 0,1	23,9 ^a ± 0,5	23 ^c ± 2	11,41 ^a ± 1,00
G 30 / 0	45,47 ^a ± 0,11	1,5 ^a ± 0,1	28,5 ^a ± 2,0	32 ^a ± 1	-
G 30 / 7	43,41 ^a ± 0,11	2,1 ^b ± 0,1	35,8 ^b ± 0,8	26 ^b ± 2	8,72 ^a ± 0,56
G 30 / 14	42,79 ^a ± 0,30	2,1 ^b ± 0,1	35,6 ^b ± 1,4	25 ^b ± 2	9,30 ^a ± 0,61

Objaśnienia / Explanatory notes:

K – chleb kontrolny / control bread; F – chleb z dodatkiem preparatu enzymatycznego Finizyme w ilości 10 mg (F 10) i 30 mg (F 30) / bread with Finizyme enzyme preparation added in the amount of 10 mg (F 10) and 30 mg (F 30); G – chleb z dodatkiem preparatu enzymatycznego G-Zyme w ilości 10 mg (G 10) i 30 mg (G 30) / bread with G-Zyme enzyme preparation added in the amount of 10 mg (G 10) and 30 mg (G 30). W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; n = 3; a, b, c – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values in columns denoted by different letters differ statistically significantly at $p \leq 0,05$.

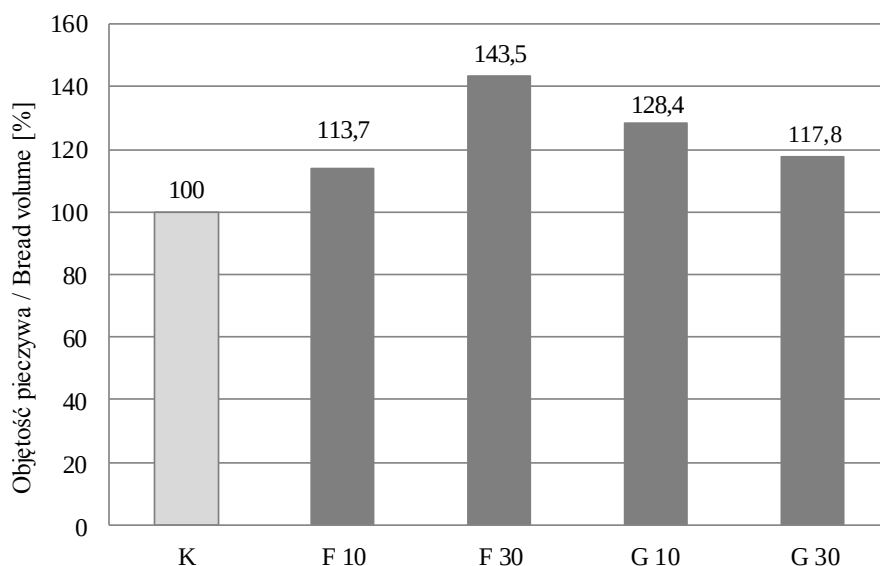
skrobi [12, 21]. Najtwardszy był chleb kontrolny i w jego przypadku podczas zamrażalniczego przechowywania odnotowano wzrost twardości o 35 %, przy czym największe zmiany stwierdzono po 7 dniach zamrażalniczego przechowywania. Chleby z dodatkiem enzymów charakteryzowały się mniejszą twardością początkową niż chleb kontrolny, przy czym najmniej twardy był chleb z dodatkiem 10 mg preparatu G-Zyme. Wzrost twardości pod koniec trwania eksperymentu w przypadku tych chle-

bów kształtował się na poziomie od 14 % (G 10) do 28,5 % (F 10). Otrzymane wyniki jednoznacznie wskazują na pozytywny wpływ dodatku preparatów enzymatycznych na zmiany twardości pieczywa podczas zamrażalniczego przechowywania.

Tekstura wyrobów piekarskich zależy od składu chemicznego (lub/i recepturowego) charakteryzującego dany produkt. Rolę teksturotwórczą odgrywają białka, tłuszcze, węglowodany, woda oraz substancje dodatkowe. W wyrobach piekarskich tekstura jest wynikiem typu użytej mąki oraz procesów zachodzących podczas przetwarzania, jak również zastosowania substancji teksturotwórczych. Proces zamrażania wpływa negatywnie na strukturę przestrzenną miękiszu, która zostaje naruszona. Wynika to głównie z przemiany fazowej wody w lód oraz stopniowego uwalniania wody przez retrogradującą skrobię [14]. Zastosowane w prowadzonych badaniach preparaty enzymatyczne pozwoliły na uzyskanie pożądanych cech tekstury pieczywa i wpłynęły na ograniczenie twardnienia miękiszu w czasie trwania doświadczenia. Podobne do enzymów działanie mają stosowane w praktyce przemysłowej stabilizatory tekstury, w których skład wchodzi związki białkowe pochodzenia roślinnego, zwierzęcego, wyciągi z alg morskich, skrobie natywne i modyfikowane oraz błonnik roślinny [4, 5].

Świeże chleby oceniono sensorycznie (tab. 2). Charakteryzowały się one intensywnym zapachem. Chleb bez dodatku preparatów enzymatycznych odznaczał się równomierną porowatością miękiszu oraz zarumienioną i chrupiącą skórą. Miękiśz podczas krojenia nie kruszył się. Sensoryczną jakość ogólną pieczywa z dodatkiem preparatów oceniono wysoko od 29 do 32 pkt (tab. 2). Jakość pieczywa przechowywanego zamrażalniczo po 7 dniach oceniono na poziomie $25 \div 28$ pkt, przy czym najniższe oceny przyporządkowano pieczywu kontrolnemu (tab. 2). Zarówno w chlebie kontrolnym, jak i z dodatkiem enzymów, aromat był zdecydowanie mniej wyczuwalny w porównaniu z chlebami świeżymi, skórka nie była chrupiąca, a miękiszu delikatnie się kruszył. W drugim tygodniu zamrażalniczego przechowywania jakość pieczywa uległa istotnemu obniżeniu. Podczas krojenia miękiszu oddzielał się od skórki, która po rozmrożeniu była miękka. Zmiany jakości pieczywa dotyczyły głównie zmniejszenia elastyczności i pogorszenia struktury miękiszu. Produkty zachowały jednak akceptowaną jakość, przy czym najniżej oceniono pieczywo zwykłe, a najwyżej – chleby z dodatkiem preparatów enzymatycznych w ilości 30 mg (tab. 2). Utrata pożądanego aromatu i smaku pieczywa podczas przechowywania wpływa negatywnie na jego cechy sensoryczne. Tuż po wypieku substancje smakowo-zapachowe są nierównomiernie rozmieszczone w objętości pieczywa. W skórce pochodzą one głównie z reakcji kompleksowych między cukrami i związkami azotowymi. W miękiszu kształtują się podczas fermentacji ciasta. Gdy pieczywo gorące poddawane jest schładzaniu, lotne składniki ulegają kondensacji i są absorbowane przez skrobię, jak również przez substancje białkowe. Część zostaje utracona przez skórę w wyniku parowania. W efekcie podczas składowania następuje utrata zapachu i smaku pieczywa [10].

Analizując grupy jednorodne, można stwierdzić, że jakość chlebów kontrolnego, F30 i G10 ulegała obniżeniu już po 7 dniach. Jakość chleba F10 nie zmieniała się istotnie przez cały okres przechowywania, a chleb G30 po 7 i 14 dniach był wyżej oceniany niż 24 h po wypieku.



Objaśnienia symboli jak pod tab. 2. / Meanings of symbols as in Tab. 2.

Rys. 1. Objętość pieczywa świeżego w zależności od zastosowanych preparatów enzymatycznych w porównaniu z objętością chleba kontrolnego (100 %)

Fig. 1. Volume of fresh bread depending on enzyme preparations applied compared to volume of control bread (100 %)

Dodatek obydwu preparatów enzymatycznych spowodował, że pieczywo charakteryzowało się większą objętością w porównaniu z chlebem kontrolnym, którego objętość przyjęto jako 100 % (rys. 1). O zróżnicowaniu wielkości przyrostu objętości decydowała nie tylko ilość, ale także rodzaj dodanego preparatu. Największe przyrosty objętości obserwowano w chlebie z dodatkiem 30 mg preparatu Finizyme (o 43,5 %) i 10 mg G-Zyme (o 28,4 %). W przypadku stosowania 30 mg preparatu Finizyme odnotowano większą objętość pieczywa, a gdy do ciasta dodawano G-Zyme w takiej ilości, objętość bochenków była mniejsza w porównaniu z chlebami zawierającymi 10 mg preparatu.

Czerstwienie pieczywa jest zwykle definiowane jako ogół kompleksowych zmian (bez udziału mikroorganizmów), które pojawiają się po wypieku i w miarę przechowywania prowadzą do utraty świeżości i obniżenia jakości wypieczonego produktu [10]. W wyniku tego procesu następuje szereg niekorzystnych zmian miększu, takich

jak: wzrost jego twardości, suchości i kruchości oraz utrata elastyczności, zmniejszenie chrupkości skórki, a także zanik aromatu i charakterystycznych cech świeżości produktów piekarskich [2, 3, 10]. Podstawową przyczyną czerstwienia pieczywa jest zmiana formy skrobi z amorficznej na pseudokrystaliczną (tzw. retrogradacja skrobi), która wiąże mniejsze ilości wody [10].

W pieczywie świeżym zawartość skrobi odpornej (typ RS 3) jest niewielka lub nie ma jej wcale. Przemiany skrobi zachodzące podczas przechowywania pieczywa są jednym z elementów procesu czerstwienia. Część skrobi ulega wówczas przekształceniu w skrobię oporną na działanie enzymów trawiennych, która nie jest wchłaniana w jelicie cienkim człowieka, tylko częściowo w jelicie grubym lub całkowicie fermentowana. Skrobia oporna wykazuje działanie prozdrowotne, w związku z tym może być traktowana jako jeden z niezbędnych składników diety [18]. W badaniach własnych nie wykazano zawartości skrobi odpornej w świeżym pieczywie żytnio-pszenным (tab. 2). Jej obecność stwierdzono po 7 dniach przechowywania chleba, niezależnie od wariantu doświadczalnego. W ciągu drugiego tygodnia przechowywania zawartość RS zwiększyła się istotnie tylko w chlebie kontrolnym i F10. W pozostałych chlebach zmiany ilości tego składnika po 14 dniach przechowywania (w stosunku do 7 dni składowania) były statystycznie nieistotne. Najwięcej skrobi odpornej, zarówno po 7, jak i po 14 dniach, zawierał jednak chleb z dodatkiem 10 mg preparatu G-Zyme – 11,41 mg/100 g s.m. po 14 dniach przechowywania.

Na podstawie uzyskanych wyników zawartości RS (tab. 2) stwierdzono istotny wpływ dodatku preparatów enzymatycznych na zawartość skrobi odpornej w trakcie przechowywania. Jej zawartość w pieczywie z dodatkiem enzymów była większa pod koniec okresu przechowywania w porównaniu z chlebem kontrolnym. Wyjątek stanowił chleb z dodatkiem 10 mg Finizyme, który zawierał mniej tego składnika niż chleb kontrolny. Zawartość RS w chlebach z dodatkiem 10 mg preparatu Finizyme była większa o 17 % w porównaniu z jej ilością w pieczywie kontrolnym, a w przypadku chleba z dodatkiem preparatu G-Zyme w ilości 10 i 30 mg odpowiednio: o 48 i 21 %. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że dodatek enzymów może zwiększyć wartość prozdrowotną pieczywa. Pieczywo takie nabiera cech zbliżonych do pieczywa wytworzonego z mąki razowej, polecanego przez dietetyków [18]. Zawartość skrobi odpornej w pieczywie zależy od technologii wypieku oraz receptury. Dodatek do pieczywa zakwasu, jak w niniejszych badaniach, szczególnie obecność kwasów organicznych (kwasu mlekowego) i wilgotność w granicach 35 ÷ 50 % sprzyja zwiększaniu ilości skrobi odpornej [1].

Wnioski

1. Dodatek preparatów enzymatycznych do ciasta wpłynął na wzrost objętości świeżych chlebów żytnio-pszennych na zakwasie.

2. Zamrażalnicze przechowywanie chleba w temperaturze $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$ spowodowało zmniejszenie wilgotności od 1 % w chlebie z dodatkiem 10 mg preparatu G-zyrne do 12 % – w przypadku chlebów z dodatkiem preparatu Finizyme.
3. Największe zmiany kwasowości podczas całego okresu przechowywania zaobserwowano w chlebach z dodatkiem 30 mg preparatu G-Zyme. Nie miało to jednak wpływu na ich smak i zapach.
4. Preparat G-Zyme przyczynił się do większego przyrostu ilości skrobi odpornej aniżeli preparat Finizyme w czasie zamrażalniczego przechowywania pieczywa w porównaniu z chlebem kontrolnym.
5. Dodatek preparatów enzymatycznych ograniczał twardnienie pieczywa podczas zamrażalniczego przechowywania.
6. Pod względem jakości sensorycznej chleb z dodatkiem G-zyrne był najbardziej akceptowany.

Literatura

- [1] Borczak B., Sikora M., Sikora E., Kapusta-Duch J.: Występowanie skrobi odpornej w pieczywie pszennym. *Piekarstwo*, 2012, 1, 54-55.
- [2] Borowy T., Kubiak M.S.: Czerstwienie pieczywa. Część I. *Przegl. Zboż.-Młyn.*, 2013, 4, 15-16.
- [3] Borowy T., Kubiak M.S.: Czerstwienie pieczywa. Część II. *Przegl. Zboż.-Młyn.*, 2013, 5, 11-13.
- [4] Borowy T., Kubiak M.S.: Tekstura pieczywa. Część I. *Piekarstwo*, 2012, 1, 52-55.
- [5] Borowy T., Kubiak M.S.: Tekstura pieczywa. Część II. *Piekarstwo*, 2012, 2, 32-34.
- [6] Czerwińska D.: Charakterystyka dodatków technologicznych spowalniających tempo czerstwienia pieczywa. *Przegl. Zboż.-Młyn.*, 2013, 1, 9-10.
- [7] Czerwińska D.: Sposoby zapobiegania czerstwienia pieczywa. *Piekarstwo*, 2012, 1, 48-49.
- [8] Fik M., Surówka K., Maciejaszek I., Macura M., Michalczyk M.: Quality and shelf life of calcium-enriched wholemeal bread stored in a modified atmosphere. *J. Cereal Sci.*, 2012, 56, 418-424.
- [9] Fik M., Michalczyk M., Surówka K., Maciejaszek I.: Characterization of the staling process of wholemeal bread. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2000, 9 (50), 23-28.
- [10] Fik M.: Czerstwienie pieczywa i sposoby przedłużania jego świeżości. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, 2 (39), 5-22.
- [11] Gambuś H.: Funkcja skrobi w produktach piekarskich. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2000, 3 (24), 20-32.
- [12] Ghiasi K., Hosney R.C., Zeleznak K., Rogers D.E.: Effect of waxy barley starch and reheating on firmness of bread crumb. *Cereal Chem.*, 1984, 61 (4), 281-285.
- [13] Gray J.A., Bemiller J.N.: Bread staling: Molecular basis and control. *Compreh. Rev. Food Sci. Food Safety*, 2003, 2 (1), 1-21.
- [14] Hilhors R., Dunnewind B., Orsel R., Stegeman P., van Vliet T., Gruppen H., Schols H.A.: Baking performance, rheology, and chemical composition of wheat dough and gluten affected by xylanase and oxidative enzymes. *J. Food Sci.*, 1999, 5, 808-813.
- [15] Jurga R.: Prawie wszystko o enzymatycznym poprawieniu jakości mąki pszennej. *Przegl. Zboż.-Młyn.*, 2015, 7, 10-14.
- [16] Kot M.: Zmiany jakości pieczywa w trakcie jego przechowywania – sposoby przedłużenia trwałości. *Piekarstwo*, 2014, 1, 68-70.

- [17] Leszczyński W.: Resistant starch – classification, structure, production. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2004, 54 (1), 37-50.
- [18] Litwinek D., Gambuś H., Buksa K., Makarewicz M., Zięć G., Gambuś F., Kowalczyk M., Boreczek J.: Jakość i proces starzenia się chlebów z razowych mąk pszennych: z pszenicy zwyczajnej i orkisz oraz z żyta. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2018, 25, 1 (114), 50-72.
- [19] Marzec A., Mieszkowska A., Stańczyk U.: Wpływ czasu przechowywania w warunkach zamrażalniczych na teksturę chleba słonecznikowego z odroczonego wypieku. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2016, 1 (104), 117-127.
- [20] Megazyme. Resistant starch. Assay Procedure. AOAC Method 2002.02. AACC Method 32-40.
- [21] Moore M., Schobert T., Dockery P., Arendt K.: Textural comparisons of gluten-free and wheat-based doughs, batters, and breads. *Cereal Chem.*, 2004, 81(5), 567-575.
- [22] Pająk P., Kuczera D., Fortuna T.: Wpływ opakowania na jakość przechowywanego pieczywa bezglutenowego. *Acta Agroph.*, 2013, 20 (4), 633-649.
- [23] Piekut M.: Spożycie produktów zbożowych w Polsce – poziom, struktura, determinanty. *Przegl. Zboż.-Młyn.*, 2015, 9, 7-9.
- [24] PN-A-74108:1996. Pieczywo. Metody badań.
- [25] Szajewska A., Ceglińska A.: Czerstwienie pieczywa. *Przegl. Piek. i Cuk.*, 2004, 3, 2-3.
- [26] Świderski F.: Towaroznawstwo żywności przetworzonej z elementami technologii. Wyd. SGGW, Warszawa 2010, ss. 46-50.

EFFECT OF ENZYME PREPARATIONS ON DURABILITY OF MIXED BREAD MADE WITH SOURDOUGH AND STORED UNDER FREEZING CONDITIONS

S u m m a r y

The objective of the research study was to determine the effect of enzyme preparations added and storage time and conditions on the physical-chemical parameters of mixed bread made with sourdough. There were analysed the wheat and rye bread without additives (control) and the bread with Finizyme and G-Zyme preparations added in the amount of 10 and 30 mg/900 g (one loaf). The loaves of bread were made according to a traditional recipe with sourdough and baked in an oven designed for baking bread; next the loaves were stored under the freezing conditions for 14 days.

There were performed analyses of the fresh bread after 7 and 14 days of storage and the following was determined: water content, volume (fresh bread), acidity, content of resistant starch and crumb hardness. Also a sensory evaluation of bread was carried out. During the freezing storage a decrease in water content (1 ÷ 12 %) was reported as was the increase in the acidity; as regards the bread with enzyme preparations added, the latter contributed to a higher increase in the content of resistant starch (RS) compared to the control bread. The enzyme preparations added caused the bread volume to significantly increase and its external appearance to improve. Therefore its sensory characteristics were higher evaluated. The texture of bread increased significantly during two weeks of the deep freezing storage. Higher changes in this parameter were found in the control bread, however the enzyme preparations added limited, to some extent, the rate of crumb hardening. Therefore the conclusion is that it is beneficial to add enzyme preparations to the recipe of bread made from sourdough because its volume is increased, its hardening is limited during the freezing storage and the content of RS starch, the factor of a pro-health character, is increased.

Key words: bread made with sourdough, enzyme preparations, resistant starch (RS), freezing storage ☒

ALEKSANDRA SADOWSKA, ANNA DIOWKSZ

WPLYW TRANSGLUTAMINAZY NA OBJĘTOŚĆ WŁAŚCIWĄ I POROWATOŚĆ MIĘKISZU BEZGLUTENOWEGO CHLEBA GRYCZANEGO

Streszczenie

Pieczywo to podstawowy składnik codziennej diety. Dla chorych na celiakię tym podstawowym produktem jest chleb bezglutenowy, który w stosunku do pieczywa tradycyjnego charakteryzuje się mniejszą wartością odżywczą. Poszukuje się więc sposobów, aby tę wartość zwiększyć, a jednym z kierunków badań jest poprawa parametrów jakościowych pieczywa bezglutenowego dzięki wykorzystaniu preparatów enzymatycznych.

Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu dodatku transglutaminazy (TG) o aktywności 5, 10, 15 U/100 g mieszanki, zawierającej w równych ilościach mąkę gryczaną i bezglutenową skrobię pszenną, na parametry jakościowe chleba bezglutenowego, w tym objętość właściwą pieczywa i porowatość miękiszu. Włączenie preparatu enzymatycznego do receptury ciasta wpłynęło na zmianę podstawowych parametrów wypiekowych pieczywa gryczanego – zwiększyła się wilgotność miękiszu chleba, a zmniejszyła się strata piecowa. Dodatek TG wywarł także korzystny wpływ na objętość właściwą pieczywa. Zaobserwowano istotne różnice już przy dawce 5 U TG/100 g mieszanki. Poprawiła się struktura porowata miękiszu – znacznie zwiększyła się liczba porów przypadająca na 10 cm² powierzchni kromki, stały się one cienkościenne i równomiernie rozmieszczone. Jednocześnie stwierdzono, że zwiększenie dawki enzymu do 15 U/100 g mieszanki nie było korzystne. W ocenie sensorycznej wskazano na dobrą akceptację pieczywa gryczanego. Również pod tym względem szczególnie wysoko oceniono próbę zawierającą 5 U TG/100 g mieszanki. Paneliści docenili wygląd przypominający konwencjonalne pieczywo oraz charakterystyczny dla ziarniaków gryki smak i zapach, co wyróżnia pieczywo gryczane wśród innych produktów bezglutenowych.

Słowa kluczowe: bezglutenowe pieczywo gryczane, transglutaminaza, objętość właściwa, porowatość miękiszu

Wprowadzenie

Celiakia jest chorobą wynikającą z nietolerancji glutenu. Należy do chorób genetycznych najczęściej występujących na świecie i może dotyczyć ok. 1 % populacji.

Mgr inż. A. Sadowska, dr hab. inż. A. Diowksza, prof. PL, Instytut Technologii Fermentacji i Mikrobiologii, Wydz. Biotechnologii i Nauk o Żywności, Politechnika Łódzka, ul. Wólczańska 171/173, 90-924 Łódź. Kontakt: aleksandra.sadowska@dokt.p.lodz.pl

Nietolerancja glutenu powoduje zaburzenia trawienia i wchłaniania pokarmu w jelicie cienkim. Celiakia jest aktywowana spożyciem białka glutenowego występującego naturalnie w produktach pochodzenia zbożowego, względnie celowo dodawanego w procesie produkcji lub dostającego się przypadkowo do produktów niezbożowych, np. w zakładzie przetwarzającym surowce zawierające białka glutenowe. Gluten zawiera toksyczne dla osób nadwrażliwych sekwencje aminokwasów, co wywołuje stany zapalne śluzówki jelit. Powodowany chorobą zanik kosmków jelitowych ogranicza wchłanianie substancji odżywczych i skutkuje niedoborami pokarmowymi. Obecnie jedyną skuteczną metodą leczenia tej choroby jest dożywotnia eliminacja z diety pokarmów zawierających gluten [3, 4, 7, 10].

Gluten odgrywa znaczącą rolę w tworzeniu struktury ciasta i kształtowaniu wyglądu pieczywa pszennego spożywanego w wielu rejonach świata [2, 9, 19, 21].

Bezglutenowe chleby są alternatywą dla pieczywa z surowców zbożowych zawierających białka glutenowe i stanowią niemałe wyzwanie dla piekarstwa. Dostępne na rynku chleby bezglutenowe często charakteryzują się suchym, kruszącym się miększem, umiarkowaną smakowitością i słabym aromatem oraz szybciej się starzeją [5, 9, 11, 21]. Tego typu pieczywo najczęściej wytwarzane jest ze skrobi bądź mieszanek mąk zawierającej w głównej mierze skrobie. W recepturze stosowane są hydrokoloidy i gumy zwiększające wiązanie wody, co pozwala na utworzenie piankowej struktury, która częściowo zastępuje rolę glutenu w bezglutenowych wyrobach piekarskich. Wciąż poszukuje się nowych rozwiązań technologicznych, które przy wykorzystaniu mąk bezglutenowych o dużej wartości odżywczej, pozwolą na uzyskanie wysokiej jakości pieczywa [6, 8].

Wykorzystanie preparatów enzymatycznych, takich jak transglutaminaza (TG), może poprawić strukturę, jak i ogólną jakość pieczywa bezglutenowego, dzięki modyfikacji białek poprzez sieciowanie. Kinetyka sieciowania białek przez enzym zależy od ich struktury i dostępności reszt lizyny i glutaminy, zatem dla dobrego efektu niezbędne jest dostarczenie odpowiedniego substratu w postaci surowca bogatego w te aminokwasy [10, 15, 17, 18].

W Europie gryka zyskuje na popularności, m.in. ze względu na status bezglutenowy. W porównaniu ze zbożami chlebowymi charakteryzuje się ponadto znacznie większą zawartością niezbędnych składników odżywczych. Mąka gryczana jest atrakcyjniejsza od mąki pszennej z uwagi na biodostępność i skład aminokwasowy białek. Białko ziarniaków gryki jest bogatym źródłem aminokwasów egzogennych, w tym lizyny, która dodatkowo stanowi substrat dla TG [12, 14, 16]. Ziarniaki cechuje ponadto duża zawartość błonnika pokarmowego, substancji bioaktywnych, jak również związków mineralnych.

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu dodatku transglutaminazy (TG) na jakość bezglutenowego pieczywa gryczanego, ze szczególnym uwzględnieniem parametrów takich, jak objętość właściwa chleba i porowatość miękiszu.

Material i metody badań

Wypiek pieczywa

Badaniom poddano bezglutenowy chleb gryczany przygotowany w warunkach laboratoryjnych z mąki gryczanej (Janex, Polska), skrobi pszennej bezglutenowej (Brenntag, Polska), drożdży prasowanych (Lallemand Sp z o.o., Polska), soli i cukru (pochodzących z lokalnego sklepu) oraz środka strukturotwórczego gumy guar 5000 cps (Brenntag, Polska). Ciasto przygotowywano zgodnie z recepturą przedstawioną w tab. 1. Transglutaminazę (Polselvia PMT Sp. z o.o., Polska) o aktywności preparatu 100 U/g dodawano w ilości [g/100 g mieszanki]: 0,05 (5 U TG), 0,10 (10 U TG) i 0,15 (15 U TG).

Tabela 1. Receptura bezglutenowego chleba gryczanego

Table 1. Gluten-free buckwheat bread recipe

Składnik Ingredient	Ilość zgodna z recepturą [g/100 g mieszanki] Quantity acc. to recipe [g/100 g of blend]	Ilość użyta do wypieku Quantity used in a batch [g]
Mąka gryczana / Buckwheat flour	50	400
Skrobia pszenna bezglutenowa Gluten-free wheat starch	50	400
Drożdże / Yeast	5	40
Sól / Salt	2	16
Cukier / Sugar	2	16
Woda / Water	75	600
Guma guar / Guar gum	3	24
Transglutaminaza / Transglutaminase*	0 (K) / 0,05 / 0,10 / 0,15	0 / 0,4 / 0,8 / 1,2

Objaśnienie / Explanatory note:

* 0,01 g = 1 U TG

Wszystkie składniki na ciasto mieszano mikserem Bosch, typ CNUM5ST (Bosch, Niemcy) przez 20 min przy szybkości 2 w skali 4-stopniowej, a następnie prowadzono rozrost w masie przez 40 min w temp. 28 °C. Kęsy ciasta o masie 300 g umieszczano w foremkach i prowadzono rozrost w 28 °C przez 40 min. Wypiek prowadzono w piecu (Polin, Verona, Włochy) w temp. 220 °C przez 40 min, z początkowym (10 s) zaparowaniem komory wypiekowej. Temperaturę komory wypiekowej obniżano do 180 °C,

gdy następowało lekkie koloryzowanie skórki. Gorący chleb ważono i pozostawiano do wystudzenia w temperaturze pokojowej przez 2 h. Następnie oceniano jakość chleba, w tym cechy sensoryczne [13].

Ocena jakości chleba

Uzyskane w wypieku laboratoryjnym chleby poddawano ocenie, na którą składały się: określenie całkowitej straty piecowej, objętości właściwej, wilgotności miękiszu, analiza tekstury oraz ocena punktowa.

Całkowitą stratę piecową, jak również wilgotność miękiszu chleba oznaczano zgodnie z PN-A-74108:1996 [13]. Objętość wystudzonych bochenków chleba określano za pomocą laserowego analizatora objętości Volscan Profiler 300 (Volscan, Wielka Brytania), stosując bezkontaktową metodę trójwymiarowej digitalizacji.

Porowatość miękiszu chleba oceniano przy użyciu programu komputerowego (IA) [20] umożliwiającego cyfrową analizę zdjęcia powierzchni kromki chleba. Chleby krojono krajalnicą na kromki o grubości 1 cm, a do analizy przeznaczano kromki ze środka bochenków.

Ocenę punktową chleba, zgodnie z PN-A-74108:1996 [13], przeprowadził 5-osobowy przeszkolony zespół o sprawdzonej wrażliwości sensorycznej.

Dane analizowano metodą jednoczynnikowej analizy wariancji (one-way ANOVA) przy użyciu pakietu oprogramowania do analizy statystycznej (Statistica 10, Statsoft). Wyniki przedstawiono jako wartości średnie z sześciu powtórzeń wraz z odchyleniem standardowym. Istotność różnic między wartościami średnimi weryfikowano testem Tukeya ($p = 0,05$).

Wyniki i dyskusja

Wytworzenie struktury porowatej jest konieczne dla uzyskania akceptowanej przez konsumentów jakości pieczywa bezglutenowego. Reakcje transglutaminazy (TG) z różnymi białkami mogą wpłynąć na poprawę tekstury i cech sensorycznych pieczywa bezglutenowego [9, 19].

Dodatek TG w stosowanych dawkach wpłynął na zmniejszenie całkowitej straty wypiekowej bezglutenowego chleba gryczanego w porównaniu z próbą kontrolną (tab. 2). Należy to wiązać z zaobserwowanym wpływem enzymu na wzrost wilgotności miękiszu, co świadczy o lepszym związaniu wody przez składniki ciasta.

Mohammadi i wsp. [9] uzyskali wzrost wilgotności miękiszu pieczywa bezglutenowego przy dawce 10 U TG/g białka. Była to jednak dawka ok. 10-krotnie większa niż stosowana w niniejszej pracy, gdyż największa z dawek (15 U TG/100 g mieszanki) odpowiada 1,1 U TG/g białka. W przytoczonych badaniach odmienny był także skład surowcowy mieszanki mącznej, składającej się z mąki kukurydzianej, ryżowej bądź ziemniaczanej.

Podobnie, ze względu na odmienny skład surowcowy pieczywa bezglutenowego, które uzyskali Moore i wsp. [10], nie można bezpośrednio porównać wykazanego przez nich wpływu TG na całkowitą stratę piecową, jak i wilgotność miękiszu. Pomięto to w badaniach własnych stwierdzono analogiczne tendencje przy zastosowaniu dawek transglutaminazy zbliżonych do receptury wymienionych autorów (ok. 1 U/g białka). Wilgotność miękiszu chleba z TG była większa i jednocześnie zmniejszyła się strata piecowa. Według Moore i wsp. [10] duża zawartość lizyny w surowcu może sprzyjać tworzeniu aglomeratów białkowych pod wpływem działania TG, co może prowadzić do lepszego wiązania wody i indukować zwiększoną zdolność jej zatrzymywania.

Wykazano zwiększenie wilgotności miękiszu wraz ze wzrostem dawki enzymu (tab. 2). Jednak, jak wykazali Moore i wsp. [10], przy zbyt dużych dawkach TG brak jest takiego efektu.

Tabela 2. Parametry wypiekowe bezglutenowego chleba gryczanego z TG

Table 2. Baking characteristics of gluten-free bread with TG

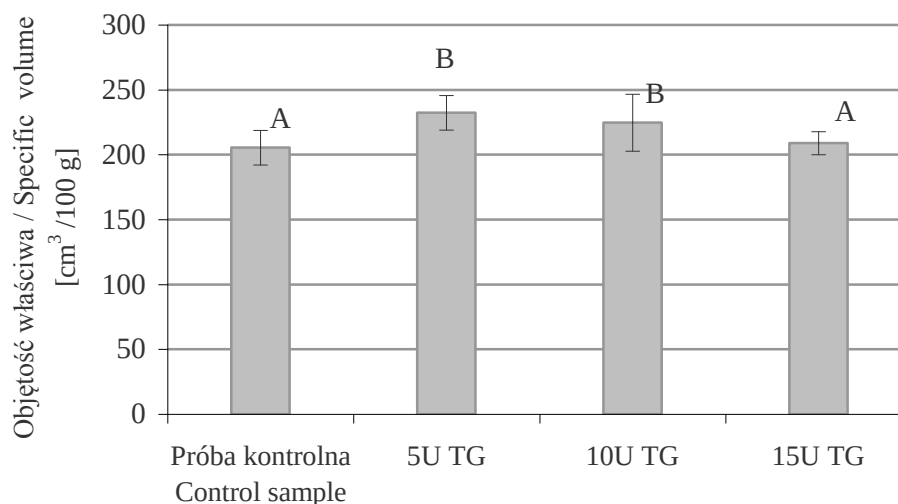
Próba Sample	Całkowita strata piecowa Total baking loss [%]	Wilgotność Moisture [%]
K	15,7 ^c ± 0,4	48,34 ^a ± 0,19
5 U TG	15,0 ^b ± 0,4	48,75 ^{ab} ± 0,36
10 U TG	14,5 ^a ± 0,4	48,75 ^{ab} ± 0,46
15 U TG	14,9 ^b ± 0,2	49,67 ^b ± 1,77

Objaśnienia / Explanatory notes:

K – próba kontrolna (bez dodatku TG) / control sample (with no TG added); 5 U TG, 10 U TG, 15 U TG – próby z dodatkiem TG, odpowiednio: 0,05, 0,10 i 0,15 g/100 g mieszanki / samples with added TG quantities: 0.05, 0.10 and 0.15 g/100 g of blend, respectively. W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; n = 6; a, b, c – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p < 0,05$ / mean values in columns denoted by different letters differ statistically significantly at $p < 0.05$.

Dodatek TG do ciasta gryczanego wpłynął na: zwiększenie jego lepkości, zatrzymywanie CO₂ i poprawę rozrostu, co potwierdza wyniki badań Renzetti i wsp. [15]. Wprowadzenie enzymu w dawce 5 i 10 U/100 g mieszanki istotnie zwiększyło objętość właściwą w porównaniu z próbą kontrolną (rys. 1). Jednak w próbach zawierających więcej enzymu niż 10 U/100 g mieszanki obserwowano zmniejszenie objętości właściwej względem innych badanych prób z TG. Prawdopodobnie bogaty skład surowca mógł przyczynić się do intensywniejszej reakcji sieciowania, nastąpiło nadmierne wzmocnienie struktury ciasta, przez co objętość była mniejsza, porównywalna z objętością chlebów kontrolnych. Na podstawie wyników badań innych autorów [14,

15, 18] można powiedzieć, że mąka gryczana zapewnia bardzo dobre środowisko dla aktywności transglutaminazy.



Objaśnienia / Explanatory notes:

Objaśnienia symboli jak pod tab. 2. / Meanings of symbols as in Tab. 2. Na rysunku przedstawiono wartości średnie (w postaci słupków) i odchylenia standardowe (w postaci odcinków) / Figure shows mean values (bars) and standard deviations (line segments); n = 6; A, B – wartości średnie oznaczone różnymi literami różną się statystycznie istotnie ($p < 0,05$) / mean values denoted by different letters differ statistically significantly ($p < 0.05$).

Rys. 1. Objętość właściwa bezglutenowego chleba gryczanego ze zróżnicowaną dawką enzymu TG
Fig. 1. Specific volume of gluten-free buckwheat bread with diverse quantities of TG enzyme TG

Renzetti i wsp. [15] wykazali znaczne zmniejszenie objętości chleba przy dodatku większym niż 10 U TG/g białka. Smerdel i wsp. [19] zaobserwowali wzrost objętości właściwej pieczywa po dodaniu do mieszanki mącznej (mąki: kukurydziana – 30 %, ziemniaczana – 30 %, ryżowa – 15 % i gryczana – 15 %) transglutaminazy w dawce 10 U/g białka. Wykazali, że już 15-procentowy dodatek mąki gryczanej zwiększał efektywność TG ze względu na dużą zawartość lizyny w surowcu.

W badaniach własnych w recepturze chleba stosowano 50 % mąki gryczanej i stanowiła ona główne źródło białka. Przy niewielkiej dawce enzymu (0,10 g TG/100 g mieszanki), co odpowiadało zaledwie 0,75 U TG/g białka, uzyskano podobne efekty jak w pracy Smerdela i wsp. [19].

Dłużewska i wsp. [3] włączyli TG do receptury chleba bezglutenowego w dawkach 1 i 10 U/g białka, dzięki czemu uzyskali zwiększenie objętości pieczywa. W ich doświadczeniu źródłem białka była mąka ryżowa i izolat białek sojowych. Podobny

efekt uzyskano w niniejszej pracy przy wykorzystaniu mąki gryczanej i dodatku TG w ilości: 5 i 10 U/100 g mieszanki, co stanowiło ok. 0,4 i 0,75 U/g białka.

Objętość właściwa pieczywa jest skorelowana z porowatością jego miękiszu. Modyfikacja ciasta przez enzymy przyczynia się do zmiany struktury białkowej i tworzy sieć, która wpływa na strukturę miękiszu pieczywa oraz jego objętość [18, 19].

Na podstawie wyników analizy zdigitalizowanych obrazów kromek chleba wykazano istotne różnice wielkości porów w zależności od zastosowanej dawki TG (tab. 3). Dodatek 5 U TG/100 g mieszanki pozwolił uzyskać stosunkowo małe, równomierne pory i jednocześnie największą objętość bochenka w porównaniu z próbą kontrolną. Przy takim dodatku została zarejestrowana również największa liczba porów na 10 cm² z małą średnią ich wielkością, co wskazuje na widoczną poprawę struktury miękiszu bezglutenowego chleba gryczanego.

Tabela 3. Porowatość miękiszu bezglutenowego chleba gryczanego

Table 3. Porosity of gluten-free buckwheat bread crumb

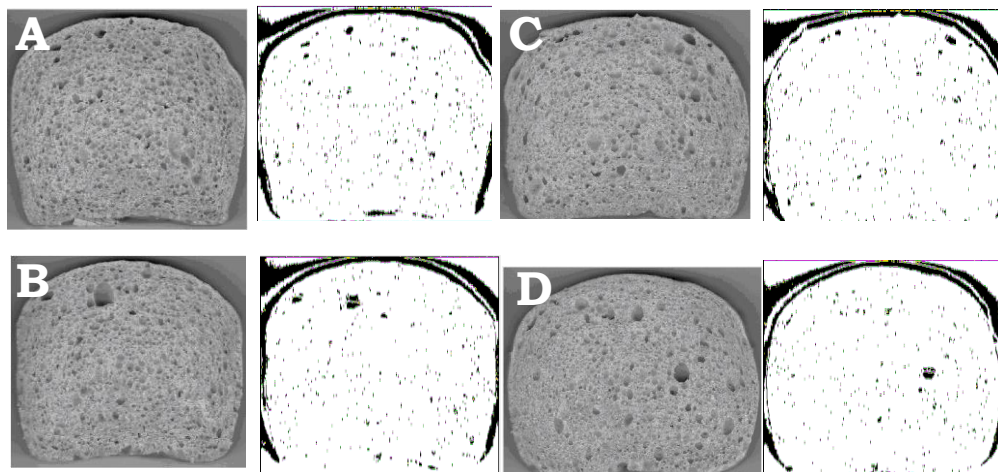
Próba Sample	Całkowita liczba porów [szt./10 cm ²] Total number of pores [pc./10 cm ²]	Średnia wielkość porów Average size of pores [cm ²]	Stosunek całkowitej powierzchni porów do powierzchni kromki Total area of pores to slice surface ratio [%]
K	205,9 ± 6,3	0,005	17,2
5 U TG	253,4 ± 17,4	0,005	17,1
10 U TG	208,9 ± 6,4	0,005	17,2
15 U TG	197,7 ± 12,4	0,018	19,2

Objaśnienia / Explanatory notes:

Wartość średnia ± odchylenie standardowe trzech powtórzeń dla porowatości miękiszu.

Mean value ± standard deviation of three replicates for crumb porosity.

Pozytywny wpływ dodatku TG zaobserwowali również Gallagher i wsp. [4] oraz Dłużewska i wsp. [3]. Struktura miękiszu stanowi ważną cechę przy definiowaniu jakości chleba. Uzyskane wyniki struktury miękiszu (fot. 1) są zbieżne z wynikami Alvarez-Jubete i wsp. [1]. Zbliżony skład mieszanki mącznej (mąki: ryżowa – 50 %, gryczana – 50 %), jak w badaniach własnych, umożliwiło porównanie wyników. Po przebadaniu chleba o 50-procentowej zawartości mąki gryczanej w recepturze wymienieni autorzy wykazali pozytywny wpływ dodatku TG na strukturę miękiszu.



Objaśnienia / Explanatory notes:

A – próba kontrolna / control sample; B – 5 U TG; C – 10 U TG; D – 15 U TG.

Fot. 1. Zdigitalizowane obrazy kromek bezglutenowego chleba gryczanego

Photo 1. Digitalised images of gluten-free buckwheat bread slices

Tabela 4. Ocena punktowa bezglutenowego chleba gryczanego

Table 4. Score-based assessment of gluten-free buckwheat bread

Parametry jakościowe Quality parameters		Wynik / Score			
		K	5 U TG	10 U TG	15 U TG
Wygląd zewnętrzny External appearance		3,2	4,7	4,5	4,1
Skórka Crust	Barwa / Colour	2,4	3	3	2,8
	Grubość / Thickness	3	4	4	3,6
	Pozostałe cechy Other features	2,2	4	4	3
Miękkisz Crumb	Elastyczność / Resilience	3,2	3,6	3,4	4
	Porowatość / Porosity	2,4	2,6	2,4	2,4
	Pozostałe cechy Other features	2	2,8	2,5	2,8
Smak i zapach / Flavour		4	5,6	5	4,4
Parametry fizykochemiczne Physico-chemical parameters	Objętość Volume	1	1	1	1
	Wilgotność Moisture	2	2	2	2
	Kwasowość Acidity	3	3	3	3
Suma punktów / Total score ($\bar{X} \pm SD$)		28,4 $\pm$ 0,8	36,3 $\pm$ 1,1	34,8 $\pm$ 1,1	33,1 $\pm$ 0,9
Poziom jakości / Quality level		III	I	II	II

Objaśnienia / Explanatory notes:

$\bar{X} \pm SD$ – wartość średnia $\pm$ odchylenie standardowe / mean value $\pm$ standard deviation.

Chleby uzyskane w badaniach własnych zostały wysoko ocenione pod względem cech sensorycznych (tab. 4). Ogólny wygląd i większość cech bezglutenowego chleba gryczanego (grubość i barwa skórki, porowatość i elastyczność miękiszu) były akceptowane i wysoko punktowane przez oceniających, co wskazuje, że chleb może zyskać uznanie wśród konsumentów. Chleb z dodatkiem 5 U TG uzyskał największą liczbę punktów za wygląd zewnętrzny. Szczególnie wysoko oceniono także smak i zapach pieczywa. Udział mąki gryczanej w ilości 50 % nadał charakterystyczny i intensywny aromat tego surowca, dzięki czemu chleb wyróżniał się spośród innych produktów bezglutenowych. Dodatek transglutaminazy wpłynął korzystnie na jakość również pozostałych ocenianych parametrów. Na tej podstawie bezglutenowy chleb gryczany z 5 U TG/100 g mieszanki został zaklasyfikowany do I poziomu jakości w IV-stopniowej skali.

Wnioski

1. Dodatek transglutaminazy do bezglutenowej mieszanki zawierającej 50 % mąki gryczanej wpłynął na wzrost wilgotności miękiszu chleba i zmniejszenie całkowitej straty piecowej.
2. Dodatek transglutaminazy do mieszanki bezglutenowej w dawkach 5 i 10 U/100 g powodował wzrost objętości chleba względem próby kontrolnej. Jednocześnie dawka 5 U enzymu wpłynęła na poprawę porowatości miękiszu poprzez zwiększenie liczby małych, cienkościennych i równomiernie rozmieszczonych porów.
3. Akceptacja bezglutenowego chleba gryczanego była duża, co wykazano w przeprowadzonej analizie sensorycznej. Wysoko oceniono wygląd bochenków przypominający pieczywo pszenne, a także smak i zapach. Najwyżej oceniono bezglutenowy chleb gryczany z 5 U TG/100 g mieszanki.

Literatura

- [1] Alvarez-Jubete L., Auty M., Arendt E.K., Gallagher E.: Baking properties and microstructure of pseudocereal flours in gluten-free bread formulations. *Eur. Food Res. Technol.*, 2010, 230, 437-445.
- [2] Dłużewska E., Marciniak-Lukasiak K., Kurek N.: Effect of transglutaminase additive on the quality of gluten-free bread. *Cyta-J. Food*, 2015, 13 (1), 80-86.
- [3] Dłużewska E., Marciniak-Lukasiak K.: Właściwości teksturalne pieczywa bezglutenowego. *Acta Agrophys.*, 2014, 21 (4), 433-443.
- [4] Gallagher E., Gormley T.R., Arendt E.K.: Crust and crumb characteristics of gluten free breads. *J. Food Eng.*, 2003, 56, 153-161.
- [5] Gambuś H., Sikora M., Ziobro R.: The effect of composition of hydrocolloids on properties of gluten-free bread. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 2007, 6 (3), 61-74.
- [6] Houben A., Hechstetter A., Becker T.: Possibilities to increase the quality in gluten-free bread production: An overview. *Eur. Food Res. Technol.*, 2012, 235, 195-208.

- [7] Marston K., Khouryieh H., Aramouni F.: Evaluation of sorghum flour functionality and quality characteristics of gluten-free bread and cake as influenced by ozone treatment. *Food Sci. Technol. Int.*, 2015, 21 (8), 631-640.
- [8] Masure H.G., Fierens E., Delcour J.A.: Current and forward looking experimental approaches in gluten-free bread making research. *J. Cereal Sci.*, 2016, 67, 92-111.
- [9] Mohammadi M., Azizi M.H., Neyestani T.R., Hosseini H., Mortazavian A.M.: Development of gluten-free bread using guar gum and transglutaminase. *J. Ind. Eng. Chem.*, 2015, 21, 1398-1402.
- [10] Moore M.M., Heinbockel M., Dockery P., Ulmer H.M., Arendt K.: Network formation in gluten-free bread with application of transglutaminase. *Cereal. Chem.*, 2006, 83, 28-36.
- [11] Onyango C., Mutungi Ch., Unbehend G., Lindhautuer M.G.: Rheological and baking characteristics of batter and bread prepared from pregelatinised cassava starch and sorghum and modified using microbial transglutaminase. *J. Food Eng.*, 2010, 97, 465-470.
- [12] Piecyk M., Worobiej E., Turos J., Ostrowska-Ligęza E.: Właściwości i strawność *in vitro* skrobi gryczanej w porównaniu ze skrobią pszenną. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2017, 1 (110), 89-100.
- [13] PN-A-74108:1996. Pieczywo. Metody badań.
- [14] Renzetti S., Berh J., Vogel R.F., Arendt E.K.: Transglutaminase polymerisation of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) proteins. *J. Cereal Sci.*, 2008, 48, 747-754.
- [15] Renzetti S., Dal Bello F., Arendt E.K.: Microstructure, fundamental rheology and baking characteristics of batters and breads from different gluten-free flours treated with a microbial transglutaminase. *J. Cereal Sci.*, 2008, 43, 33-45.
- [16] Sadowska A., Diowisz A.: Gryka – alternatywny surowiec w piekarstwie. *Przeg. Zboż. Młyn.*, 2018, 5, 10-14.
- [17] Sadowska A., Diowisz A.: Właściwości transglutaminazy i jej rola w piekarstwie. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2016, 5 (108), 9-17.
- [18] Shin M., Gang D., Song J.: Effects of protein and transglutaminase on the preparation of gluten-free rice bread. *Food Sci. Biotechnol.*, 2010, 19 (4), 951-956.
- [19] Smerdel B., Pollak L., Novotni D., Čukelj N., Benković M., Lušić D., Čurić D.: Improvement of gluten-free bread quality using transglutaminase, various extruded flours and protein isolates. *J. Food Nutr.*, 2012, 51 (4), 242-253.
- [20] Stejkowski P.: Zastosowanie technik informatycznych w kontroli jakości środków spożywczych. Praca inżynierska. Politechnika Łódzka, Łódź 1999.
- [21] Torbica A., Hadnadev M., Dapcevic T.: Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour. *Food Hyd.*, 2010, 24, 626-632.

EFFECT OF TRANSGLUTAMINASE ON SPECIFIC VOLUME AND CRUMB POROSITY OF GLUTEN-FREE BUCKWHEAT BREAD

S u m m a r y

Bread is a basic ingredient of daily diet. For patients with celiac disease this basic product is gluten-free bread, however compared to the traditional bread, the gluten-free bread is characterised by a lower nutritional value. Thus new methods are sought to increase this value and one of the research lines is to improve the quality parameters of gluten-free bread by using enzyme preparations.

The objective of the research study was to assess the effect of adding transglutaminase (TG), its activity being 5, 10 and 15 U/100 g of blend, to a flour blend containing equal quantities of buckwheat flour and

gluten-free wheat starch, on the quality parameters of gluten-free bread including specific volume of bread and crumb porosity. When incorporated into the dough recipe, this enzyme preparation affected the basic baking parameters of buckwheat bread; namely it caused the bread crumb moisture to increase and the bake loss to decrease. The TG additive had also a beneficial effect on the specific volume of the bread. Significant differences were reported already at a dose of 5 U TG/100 g of blend. The porous structure of crumb was improved; the number of pores per 10 cm² of slice surface increased; those pores became thin-walled and equally distributed. At the same time it was found that that increasing the added quantity of TG to 15 U/100 g of blend was not useful. The sensory analysis showed that the buckwheat bread was well accepted. Also a sample with 5 U TG/100 g of blend was rated particularly high in terms of its acceptance. The panellists appreciated the appearance of the baked buckwheat bread resembling the conventional bread; they also appreciated the characteristic for buckwheat taste and aroma differentiating buckwheat bread from other gluten-free products.

Key words: gluten-free buckwheat bread, transglutaminase, bread specific volume, crumb porosity 

ELŻBIETA ROSIAK, BEATA MADRAS-MAJEWSKA, MATEUSZ GEMBA

SELECTED METHODS OF MICROBIOLOGICAL QUALITY ASSESSMENT OF LIME AND ACACIA HONEYS AVAILABLE ON POLISH MARKET

S u m m a r y

In mature honeys small quantities of microorganisms are detected, thus the objective of this research study was to identify the most effective method to microbiologically assess this product. The analyses were carried out using three methods: classical surface, pour plate and spiral culture. Two varietal honey samples were used in the analyses: acacia honey and lime honey. The scope of the research study included the microbiological analyses targeted at the determination of total number of mesophilic aerobic microorganisms, yeast and mould, and mesophilic spore-forming bacteria *Bacillus* spp. Moreover, the following was determined: pH value, water content and water activity. As for the lime honey, the results of the analyses performed using the three above named methods did not differ statistically significantly as regards the total number of mesophilic aerobic microorganisms and spore-forming bacteria *Bacillus* spp. However as for the acacia honey, the total number of mesophilic aerobic microorganisms was statistically significantly higher when obtained using the spiral culturing method of analysis and the count of spore-forming bacteria *Bacillus* spp. – when obtained using the pour plate method. In all the tested samples of acacia honey and the two samples of lime honey (S7 and S5), the count of spore-forming bacteria *Bacillus* spp. exceeded the limit of 5×10^2 cfu/g. In the case of yeast and mould analyses, the results of the analysis obtained by the pour plate method were statistically significantly higher than those obtained using other two methods. In none of the analysed samples of acacia and lime honey, the limit of 5×10^2 cfu/g of the product was exceeded. Based on the analyses performed, it can be concluded that TCAM can be performed using any method, but the pour plate method is recommended for use to analyse yeast and mould and spore-forming bacteria *Bacillus* spp.

Key words: varietal nectar honey, microbiological quality, methods of analysis, microbiological limit

Dr inż. E. Rosiak, mgr inż. M. Gemba, Katedra Technologii Gastronomicznej i Higieny Żywności, Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa, prof. dr hab. B. Madras-Majewska, Samodzielna Pracownia Pszczelnictwa, Instytut Nauk o Zwierzętach, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa. Kontakt: elzbieta_rosiak@sggw.edu.pl

Introduction

Nectar honeys are obtained from the nectar collected by bees from plant flowers. In the central European countries, broad- and small-leaf lime trees are in bloom at the end of June and in early July. Honey with lime pollen predominating is sweet and has a yellow to light amber colour and a faint aroma of lime blossom, whereas acacia honey obtained from the nectar of the acacia robinia tree is either colourless or light yellow, it has a slight scent of acacia robinia flower and a sweet taste [15]. In their consumer research, Madras-Majewska et al. [11] showed that of the nectar varietal honeys, the most popular is lime honey (31 % of respondents). Multi-flower honey (25 % of respondents) is second and the third is acacia honey (13 % of respondents).

The microbiological contamination of honey is divided into the primary contamination coming from pollen and the digestive tract of bees, dust and soil, and the secondary contamination coming from honey processing, of which people and packaging equipment may be the source [25].

However, owing to the chemical composition of honey, there is a limited amount of microflora. It consists of low water content (17.2 % on average) [25], a high sugar content $76.0 \div 80.5$ % (average concentration 78.9 %) [23] and a low protein content of $500 \div 10,000$ mg/kg (average concentration 2,000 mg/kg) [24].

Additional factors to limit the development of microflora are a low pH in the range $3.4 \div 4.1$ (mean value 3.9), water activity in liquid honey not exceeding $0.61 \div 0.62$ [9, 26, 28] and the presence of substances with antimicrobial activity (glucose oxidase, lysozyme, flavonoids) [25, 27].

Glucose oxidase oxidizes glucose to gluconic acid with the release of hydrogen peroxide, which contributes to the inactivation of microorganisms [1, 9]. Therefore in mature honey there are mainly osmophilic yeast and fungi, and spores of aerobic and anaerobic bacteria, mainly *Bacillus* spp. and *Clostridium* spp. [3, 4, 5, 16, 22, 26].

Among the yeasts, the most prevalent species are *Hansenula*, *Nematospora*, *Pichia*, *Rhodotorula*, *Saccharomyces*, *Schizosaccharomyces*, *Schwanniomyces*, *Torula* and *Torulopsis*. The presence of yeast at an elevated water content, favourable temperature and factors such as the presence of nitrogen and ash lead to the fermentation with the formation of alcohol and carbon dioxide. Alcohol in the presence of oxygen is converted into acetic acid. The chemical compounds produced as a result of the fermentation change the taste and aroma of honey and this impacts its consumer acceptability. The number of yeasts in the mature honey is highly different and it depends mainly on water activity. It can range from several to several dozen million. Yeasts are determined together with mould because they also show resistance to a high osmotic pressure caused by low water activity in honey. However, there are suggested mechanisms other than the resistance to high osmotic pressure to determine the growth of mould in honey. The following types of fungi can occur: *Atchia*, *Aspergillus*, *Coniothecium*, *Cepha-*

losporium, *Chaetomium*, *Hormiscium*, *Pencillium*, *Triposporium*. Their number is marked on the level from 0 to several thousand in 1g of the product [25].

In most of the research publications, physicochemical properties of honey are considered in the light of Directive 2014/63/EU of the European Parliament and of the Council [2]. The honey microflora research is mainly focused on the analysis of the occurrence of toxynogenic *Clostridium botulinum* bacteria [4, 10, 12, 13]. A small number of current scientific publications are available on the microbiological and hygienic quality of honeys. Moreover, there is a lack of EU and national legislation in this field [2, 5, 20]. Under the present research study, an analysis was done of mature honey, the largest amounts of which are available on the Polish market and which is willingly chosen by consumers. By reason of a small number of microorganisms determined in honeys, microbiological analyses were carried out using three methods (classical surface, pour plate and spiral culture) in order to demonstrate the most effective method of analysis. As the evaluation criteria, the following was selected: number of yeasts and mould fungi, spores of bacteria *Bacillus* spp., index of the total number of mesophilic aerobic bacteria and the physicochemical parameters affecting the microbiological quality of honey (pH, water activity and water content).

Material and methods

The research material consisted of 15 nectar honeys originating from the Polish apiaries available via one of the retail networks on the Warsaw market. Eight samples of lime honey (samples marked as S1 to S8) and seven samples of acacia honey were selected for analysis (samples marked as S9 to S15). The honey samples were stored in sealed packages at a temperature 20 ± 2 °C in the dark.

The honey samples were analysed to determine the following: total number of aerobic mesophilic microorganisms and mesophilic spores of the bacteria *Bacillus* spp., genus of yeast and mould. A quantity of 10 g of each sample was homogenized with 90 ml of buffered peptone water (0.1 %) using a Somacher 400 (IUL Instruments, Spain). The buffered peptone water (0.1 %) was utilized to make decimal dilutions. The three successive dilutions of the product were analysed in duplicate. The number of microorganisms was expressed as colony forming units per 1 g of honey (cfu/g). All the honey samples were analysed with the use of microbiological tests and the analyses were done in triplicate. In addition, the following physicochemical analyses were performed to determine: pH value, water activity and percentage of water content.

For the microbiological quality assessment, there were selected a reference plate method (surface and pour plate) and an alternative spiral culture method using a Bentley Instruments WASP device (Bentley Polska, Poland) [7].

WASP is a modern device for automatic plate culturing using the spiral method. Its advantage is that it is not necessary to perform repetitions and dilutions. A spiral

culture consists in spreading the test sample with a micropipette on the surface of the plate with a solidified medium creating an Archimedean spiral running from the centre of the plate to its edges. The counting of the colonies grown was performed using aCOLyte 3 – a completely automatic device for counting bacterial colonies from Petri dishes (Bentley Polska, Poland).

The following microbiological media were used to perform analyses with the use of the reference and alternative methods: nutrient agar (Biokar Diagnostics, France) – analysis of the total count of mesophilic aerobic microorganisms (TCMA) [8, 29], Difco DRBC Agar with chloramphenicol and bengal pink (Becton Dickinson Co., USA) – analysis of the yeast and mould fungi (25 °C/5 days) [6], agar with bromocresol purple, also known as BCP (Biokar Diagnostics, France) – analysis of the mesophilic spores of bacteria *Bacillus* spp. (37 °C/5 days).

The pH value was measured by a Lab 860 Schott Instruments pH meter (SI Analytics GmbH, Schott Instruments, Germany). Prior to the measurement, the sample was weighed (10 g) and mixed with distilled water at a ratio of 1:7.5 [18]. The water activity was measured at 25 ± 0.2 °C by an AquaLab series 4TE' instrument (Decagon Devices, Pullman, Washington, USA) with an electronic dew point measurement. The instrument was in a temperature-stable sampling environment; it was calibrated with saturated salt solutions ranging $0.40 \div 0.70$. The AquaLab device continued to measure water activity until the difference from three consecutive measurements was less than $0.0005 a_w$. The water content was measured in undiluted samples by a PAL-22S refractometer (Conbest, Poland) with a temperature compensation function where the sample temperature was different than 20 °C. Three or four measurements were taken, the water content was read directly from the refractometer, the average value was given and the arithmetic mean was calculated [18].

The results obtained were statistically analysed using MS Excel (mean and standard deviation). To assess the significance of the differences among the samples, a one-way analysis of variance ($p < 0.05$) and a RIR Tukey's post-hoc test were performed using a Statistica PL ver. 13.1 software package.

Results and discussion

As for the acacia honeys analysed by the spiral method, there were obtained the highest values of the total count of aerobic mesophilic microorganisms in the log range of $2.11 \div 2.24$ cfu/g of product. The results of the total number of microorganisms obtained by the reference method were statistically significantly lower and in the case of the surface and pour plate method used they were, respectively, $\log 0.12 \div 1.11$ cfu/g and $\log 0.67 \div 1.7$ cfu/g.

The microbiological contamination of lime honey by aerobic mesophilic microorganisms was at a similar level, as determined by various microbiological culture meth-

ods, and their total number was as follows: acc. to the spiral method – $\log 1.14 \div 2.34$ cfu/g; acc. to the classical surface method – $\log 0.48 \div 2.24$ cfu/g and acc. to the classical pour plate method – $0.74 \div 2.07$ cfu/g. There were no statistically significant differences in the number of microorganisms determined by those three methods.

In none of the honey samples analysed did the value of the total number of mesophilic aerobic microorganisms in bee products exceed the level of 5×10^4 cfu/g as specified in Regulation of the Minister of Health on maximum levels of chemical and biological pollution that may be found in food, food ingredients, approved additives, processing aids or on the surface of food [21]. The obtained results of the total number of mesophilic aerobic microorganisms allow to classify the micro-biological quality of honey as satisfactory.

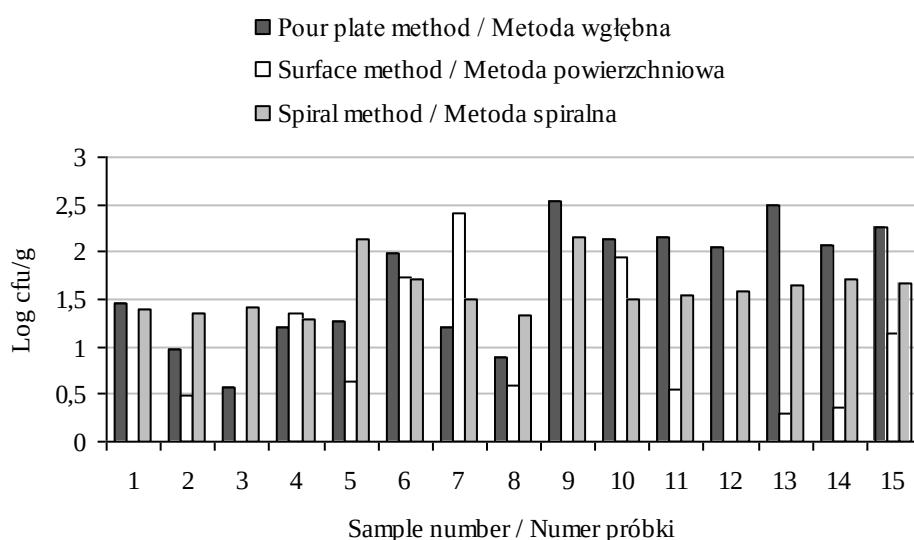


Fig. 1. Microbiological analysis of linden honey (S1 - S8) and acacia honey samples (S9 - S15) to determine mesophilic spore-forming *Bacillus* spp.

Rys. 1. Analiza mikrobiologiczna miodów lipowych (S1 - S8) i akacjowych (S9 - S15) w kierunku bakterii przetrwalnikujących *Bacillus* spp.

There were no statistically significant differences between the results obtained by the three methods in the case of mesophilic spore-forming bacteria of the *Bacillus* spp. genus found in linden honey (Fig. 1). In contrast, in the case of acacia honey, the results obtained in the pour plate method ($\log 2.0 \div 4.53$ cfu/g) were statistically significantly different compared to the two other methods ($\log 0.3 \div 1.95$ cfu/g by the surface method and $\log 1.71 \div 2.5$ cfu/g by the spiral method).

Iurlina et al. [9] found *Bacillus* spp. in 38.5 % of the honey samples analysed, *B. cereus* in 15 samples analysed and *B. pumilus* in 3 samples tested. *Bacillus* spp. detect-

ed under this study showed that the bacterial contamination was at a similar level (log 2.25 cfu/g of *Bacillus* spp.) as that found by the aforementioned authors. The results under this research study are also congruent with those as described by Snadown and Cliver [25].

In the case of lime honey, the microbial contamination by mesophilic spore-forming *Bacillus* spp. was lower than that of acacia honey and their counts determined by the pour plate method ranged between $0.56 \div 1.45$ log cfu/g, by the surface method – $0.48 \div 2.42$ log cfu/g and by the spiral method – $1.29 \div 2.14$ log cfu/g (Fig. 1). The physical-chemical parameters of lime honey did not impact the microbiological quality of honey. The acacia honey pH value was lower ($3.14 \div 3.35$) than the pH value of lime honey ($3.37 \div 4.09$), however the water activity was slightly higher in acacia honey ($0.56 \div 0.61$) compared to that in lime honey ($0.53 \div 0.57$). The content of water was below the acceptable limit of 20 % for all the acacia and lime honey samples (Tab. 1).

Table 1. Selected physical-chemical properties of lime and acacia honey

Tabela 1. Wybrane wyróżniki fizykochemiczne miodów lipowych i akacjowych

Honey Miód	Sample number Numer próbki	pH	Water activity Aktywność wody	Water content Zawartość wody [%]
Lime Lipowy	S1	$4,09 \pm 0,02$	$0,57 \pm 0,01$	$18,30 \pm 0,03$
	S2	$3,37 \pm 0,01$	$0,57 \pm 0,01$	$18,83 \pm 0,06$
	S3	$3,78 \pm 0,02$	$0,55 \pm 0,01$	$17,10 \pm 0,11$
	S4	$3,44 \pm 0,00$	$0,55 \pm 0,00$	$18,30 \pm 0,06$
	S5	$3,78 \pm 0,01$	$0,53 \pm 0,01$	$14,90 \pm 0,09$
	S6	$3,77 \pm 0,01$	$0,55 \pm 0,00$	$19,07 \pm 0,38$
	S7	$3,44 \pm 0,03$	$0,55 \pm 0,00$	$16,77 \pm 0,06$
	S8	$3,73 \pm 0,00$	$0,55 \pm 0,01$	$18,10 \pm 0,01$
Acacia Akacjowy	S9	$3,14 \pm 0,02$	$0,56 \pm 0,02$	$18,03 \pm 0,32$
	S10	$3,35 \pm 0,04$	$0,57 \pm 0,00$	$17,00 \pm 0,06$
	S11	$3,20 \pm 0,04$	$0,59 \pm 0,02$	$19,83 \pm 0,15$
	S12	$3,17 \pm 0,08$	$0,61 \pm 0,01$	$19,27 \pm 0,06$
	S13	$3,26 \pm 0,06$	$0,56 \pm 0,01$	$16,10 \pm 0,04$
	S14	$3,14 \pm 0,10$	$0,58 \pm 0,00$	$18,03 \pm 0,15$
	S15	$3,23 \pm 0,09$	$0,61 \pm 0,02$	$18,57 \pm 0,08$

Accepting the criterion of the permissible count of oxygen *Bacillus cereus* bacilli in 1 g of the product at a level of 100 cells [21], it can be concluded that all the acacia honey samples tested and the two lime honey samples tested (S7 and S5) exceeded the above-mentioned limit. However it should be noted that the limit of permissible count determines the number of potentially pathogenic species of *Bacillus cereus*, while the

limit of the presence of total number of bacteria from the *Bacillus* genus including other bacteria from that genus commonly found in food, e.g. *B. subtilis*, *B. licheniformis*, could be accepted at a higher level. The majority of bacteria of this type have the GRAS (Generally Recognized As Safe) status awarded by FDA [14].

Only some species like *B. pumilus*, *B. megaterium* can cause opportunistic infections. Currently there are no applicable regulations in this area [5], because the quoted Regulation of the Minister of Health was repealed on May 28, 2004 [21]. Therefore the microbiological safety of honey is difficult to assess. The microbiological quality of honey can be a potential health risk, because there is neither any obligation to check it nor any assessment criteria.

On the other hand, the range of available products is very wide, often the products from around the world are connected with each other at various stages of the food chain and sold under a different trade name. According to Regulation (EC) 178/2002 of the European Parliament and of the Council [17], the European law requires system information about the origin of a product or a dangerous component contained therein, but this may not be effective.

The analysis that caused the most difficulties in obtaining a repeatable result was the one performed to detect yeast and mould fungi. Especially in the case of acacia honey it was difficult to obtain a result for all the samples analysed (sample 11 was negative).

In the case of lime honey, one can conclude that the pour plate method proved to be most useful because the highest results were obtained as regards the count of yeast and mould fungi. In mature honey it is the dominant microflora that can be expected to be in the highest concentration. In the case of six samples of acacia honey, the results were obtained by the classical surface method and were within the range of $\log 0.6 \div 1.3$ cfu/g. Using the classical pour plate method, the yeast and mould fungi were found in sample S9 and with the spiral method – in samples S10 and S13 - S15 (Fig. 2). Those two methods used to determine the number of yeast and mould fungi can provide false negative results, therefore the classical surface method should be recommended as a useful one.

The results of the analysis obtained by the pour plate method were in the range of $1.49 \div 2.21$ cfu/g and were statistically significantly higher than the results obtained by the two other methods. The surface and spiral method gave $\log 0.22 \div 1.53$ cfu/g and $\log 0.12 \div 0.78$ cfu/g, respectively (Fig. 2). In none of the analyzed samples of acacia and lime honey was the limit of 500 cfu/g of product exceeded [21].

According to various authors, the pH value of nectar honey is in the range of $3.1 \div 4.9$ [5]. Analyzing the pH values of the honeys examined, it was found that the pH value of acacia honey was lower than that of the lime honey and it was in the range as described in the reference literature (Tab. 1).

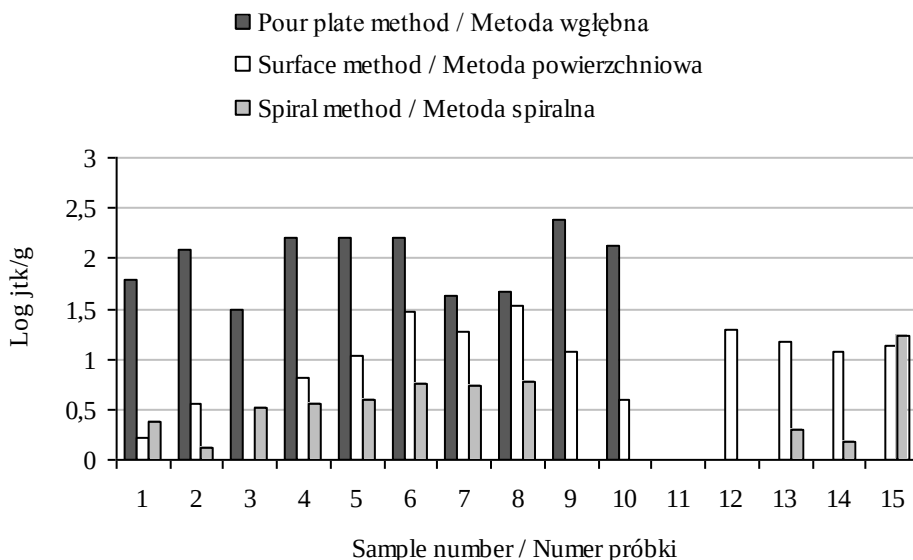


Fig. 2. Microbiological analysis of lime honey samples (S1 - S8) and acacia honey samples (S9 - S15) to determine yeast and mold fungi

Rys. 2. Analiza próbek miodów lipowych (S1 - S8) i akacjowych (S9 - S15) w kierunku drożdży i grzybów pleśniowych

In the case of acacia honey, the water activity was within the limits of $0.56 \div 0.61$, whereas in the case of lime honey, lower values were found – $0.53 \div 0.57$ (Tab. 1). None of the analyzed honeys exceeded the permitted percentage of water content as set in Regulations of the Minister of Agriculture and Rural Development and in Directive 2014/63/EU of the European Parliament and of the Council of 15 May 2014 amending Council Directive 2001/110/EC relating to honey [2, 15, 19].

Conclusions

1. The conducted microbiological analyses showed statistically significantly higher contamination by mesophilic aerobic microorganisms only in the case of acacia honey. This was determined by the spiral method. A similar relationship was found when determining the count of spore-forming *Bacillus* spp. bacteria.
2. As regards lime honey, there were no statistically significant differences between the results obtained by the three methods, whereas in the case of acacia honeys analysed by the pour plate method, there were obtained statistically higher results than those obtained by the surface method.
3. The results obtained make it possible to state that in the case of TAMC analysis, all the tested methods can be suitable for use, while in the case of spore-forming bac-

teria *Bacillus* spp., yeasts and mould, the classical pour plate method turns out to be better.

4. The lack of legal regulations regarding the microbiological contamination limit of honey may pose a potential hazard to the health of consumers, especially from spore forming bacteria *Bacillus* spp.

References

- [1] Bucekova M., Juricova V., Monton E., Martinotti S., Ranzato E., Majtan J.: Microwave processing of honey negatively affects honey antibacterial activity by inactivation of bee-derived glucose oxidase and defensin-1. *Food Chem.*, 2018, 240, 1131-1136.
- [2] Directive 2014/63/EU of the European Parliament and of the Council of 15 May 2014 amending Council Directive 2001/110/EC relating to honey. *O. J. L* 164, pp. 1-5, of 03.06.2014.
- [3] Fernández L.A., Ghilardi C., Hoffmann B., Busso C., Gallez L.M.: Microbiological quality of honey from the Pamps Region (Argentina) throughout the extraction process. *Rev. Argent. Microbiol.*, 2017, 49 (1), 55-61.
- [4] Finola M.S., Lasagno M.C., Marioli J.M.: Microbiological and chemical characterization of honeys from central Argentina. *Food Chem.*, 2007, 100 (4), 1649-1653.
- [5] Gomes S., Dias L.G., Moreira L.L., Rodrigues P., Estevinho L.: Physicochemical, microbiological and antimicrobial properties of commercial honeys from Portugal. *Food Chem. Toxicol.*, 2010, 48, 544-548.
- [6] ISO 21527-2:2008 Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds. Part 2: Colony count technique in products with water activity less than or equal to 0,95.
- [7] ISO 7218:2007/Amd 1:2013. Microbiology of food and animal feeding stuffs. General requirements and guidance for microbiological examinations. Amendment 1.
- [8] ISO 4833-1:2013. Microbiology of the food chain. Horizontal method for the enumeration of microorganisms. Part 1. Colony count at 30 degrees C by the pour plate technique.
- [9] Iurlina M.O., Saiz A.I., Fuselli S.R., Fritz R.: Prevalence of *Bacillus* spp. in different food products collected in Argentina. *LWT – Food Sci. Technol.*, 2006, 39, 105-110.
- [10] Küplülü Ö., Göncüoğlu M., Özdemir H., Koluman A.: Incidence of *Clostridium botulinum* spores in honey in Turkey. *Food Control*, 2006, 17, 222-224.
- [11] Madras-Majewska B., Rosiak E., Jaworska D., Kulesza K., Wasiak-Zys G., Teper D.: Comparison of selected quality characteristics of domestic and Thailand multifloral honey. *Veterinary Medicine: Science & Practise*, 2016, 72 (10), 620-626.
- [12] Nevas M., Hielm S., Lindstrom M., Horn H., Koivulehto K., Korkeala H.: High prevalence of *Clostridium botulinum* types A and B in honey samples detected by polymerase chain reaction. *Int. J. Food Microbiol.*, 2002, 72, 45-52.
- [13] Nevas M., Lindstrom M., Hautamaki K., Puoskari S., Korkeala H.: Prevalence and diversity of *Clostridium botulinum* types A, B, E and F in honey produced in the Nordic countries. *Int. J. Food Microbiol.*, 2005, 105, 145-151.
- [14] Pietraszek P., Walczak P.: Charakterystyka i możliwości zastosowania bakterii z rodzaju *Bacillus* wyizolowanych z gleby. *Polish J. Agronomy*, 2014, 16, 37-44.
- [15] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 3 października 2003 r. w sprawie szczegółowych wymagań w zakresie jakości handlowej miodu. *Dz. U.* 2003 r. Nr 181, poz. 1773 z póź. zm.

- [16] Roig-Sagués A.X., Gervilla R., Terán- Peñafiel T., Hernández- Herrero M.M.: Bactericidal effect of ultraviolet-C treatments applied to honey. *LWT – Food Sci. Technol.*, 2018, 89, 566-571.
- [17] Regulation (EC) No 178/2002 of the European Parliament and of the Council of 28 January 2002 laying down the general principles and requirements of food law, establishing the European Food Safety Authority and laying down procedures in matters of food safety. *O. J. L* 31, pp. 1-24, of 01.02.2002.
- [18] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 14 stycznia 2009 r. w sprawie metod analiz związanych z dokonywaniem oceny miodu. *Dz. U.* 2009 r. nr 17, poz. 94.
- [19] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 lutego 2004 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych wymagań w zakresie jakości handlowej miodu. *Dz. U.* 2004 r. nr 40, poz. 370.
- [20] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 29 maja 2015 zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych wymagań w zakresie jakości handlowej miodu. *Dz. U.* 2015 r., poz. 850.
- [21] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003 r. w sprawie maksymalnych poziomów zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych, które mogą znajdować się w żywności, składnikach żywności, dozwolonych substancjach dodatkowych, substancjach pomagających w przetwarzaniu albo na powierzchni żywności. *Dz. U.* 2003 r. nr 37, poz. 326.
- [22] Rudnicka K., Kwiatkowska P., Gajewski A., Chmiela M.: Mikroflora miodu jako źródło spor *C. botulinum* i przyczyna rozwoju botulizmu niemowląt – rozważania na temat zasadności oczyszczania miodu w kontekście obowiązującego prawa. *Post. Mikrobiol.*, 2015, 54 (2), 184-194.
- [23] Rybak-Chmielewska H., Szczęsna T.: Determination of saccharides in multifloral honey by means of HPLC. *J. Apic. Sci.*, 2003, 47 (2), 93-101.
- [24] Rybak-Chmielewska H., Szczęsna T.: Skład chemiczny miodu pszczelego. W: Podstawowe zagadnienia jakości miodu. Wydawnictwo Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarnictwa. Oddział Pszczelnictwa, Puławy 1996, ss. 10-15.
- [25] Snowden J.A., Cliver D.O.: Microorganisms in honey. *Int. J. Food Microbiol.*, 1996, 31, 1-26.
- [26] Vázquez-Quñones C.R., Moreno-Terrazas R., Natividad-Bonifacio I., Quiñones-Ramírez E.I., Vázquez-Salinas C.: Microbiological assessment of honey in México. *Rev. Argent. Microbiol.*, 2018, 50 (1), 75-80.
- [27] Wilczyńska A.: Jakość miodów w aspekcie czynników wpływających na ich właściwości przeciwtleniające. Rozprawa habilitacyjna. Akademia Morska w Gdyni, Gdynia 2012.
- [28] Zamora M.C., Chirife J., Roldan D.: On the nature of the relationship between water activity and % moisture in honey. *Food Control.*, 2005, 17, 642-647.
- [29] ISO 4833-2:2013. Microbiology of the food chain. Horizontal method for the enumeration of microorganisms. Part 2. Colony count at 30 degrees C by the surface plating technique.

WYBRANE METODY OCENY JAKOŚCI MIKROBIOLOGICZNEJ MIODÓW LIPOWYCH I AKACJOWYCH DOSTĘPNYCH NA POLSKIM RYNKU

S t r e s z c z e n i e

W dojrzałym miodzie wykrywa się niewielką liczbę mikroorganizmów, stąd celem pracy było określenie najskuteczniejszej metody oceny mikrobiologicznej tego produktu. Analizy przeprowadzono trzema metodami: klasyczną powierzchniową i klasyczną wgłębną oraz metodą posiewu spiralnego. Do badań użyto dwóch odmian miodu: akacjowego i lipowego. Zakres prac obejmował wykonanie analiz mikrobiologicznych w kierunku ogólnej liczby mezofilnych drobnoustrojów tlenowych, drożdży i pleśni oraz mezofilnych przetrwalników bakterii *Bacillus* spp. Ponadto oznaczono wartość pH, zawartość wody

i aktywność wody. W przypadku miodu lipowego wyniki uzyskane trzema metodami nie różniły się statystycznie istotnie pod względem ogólnej liczby mezofilnych drobnoustrojów tlenowych i bakterii przetrwalnikujących *Bacillus* spp. Natomiast w przypadku miodu akacjowego uzyskano statystycznie istotnie wyższe wyniki ogólnej liczby mezofilnych drobnoustrojów tlenowych metodą posiewu spiralnego, a bakterii przetrwalnikujących *Bacillus* spp. – metodą posiewu wgłębnego. Wszystkie badane próbki miodu akacjowego i dwie próbki miodu lipowego (S7 i S5) przekroczyły limit 5×10^2 jtk/g w przypadku bakterii przetrwalnikujących *Bacillus* spp. Wyniki uzyskane metodą wgłębną były statystycznie istotnie wyższe niż wyniki uzyskane metodami posiewu powierzchniowego w przypadku analizy drożdży i pleśni. W żadnej z analizowanych próbek miodu akacjowego i lipowego nie został przekroczony limit 5×10^2 jtk/g produktu. Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że ocenę jakości mikrobiologicznej miodów w kierunku ogólnej liczby drobnoustrojów mezofilnych tlenowych można przeprowadzać dowolną metodą, natomiast do analizy drożdży i pleśni oraz bakterii *Bacillus* spp. zaleca się stosowanie metody posiewu wgłębnego.

Słowa kluczowe: miód nektarowy odmianowy, jakość mikrobiologiczna, metody analizy, limit mikrobiologiczny 

LIDIA PIEKARSKA-RADZIK, ELŻBIETA KLEWICKA

**WPLYW PREPARATU Z JAGÓD ACAI (*EUTERPE OLERACEA*) NA
WŁAŚCIWOŚCI POWIERZCHNIOWE, AUTOAGREGACJĘ I TWORZENIE
BIOFILMU PRZEZ BAKTERIE Z RODZAJU *LACTOBACILLUS***

Streszczenie

W ostatnich latach wzrosło zainteresowanie preparatami zawierającymi brazylijskie jagody acai (*Euterpe oleracea*). Ekstrakty z jagód acai charakteryzują się dużą zawartością związków organicznych, takich jak białka i lipidy. Uwagę zwraca się na prozdrowotne, a szczególnie przeciwutleniające właściwości tych owoców. Wysoki potencjał przeciwutleniający ekstraktów z jagód acai warunkowany jest dużą zawartością związków polifenolowych, jakie można izolować z ich miąższu. Związki polifenolowe obecne w ekstraktach roślinnych, spożywane przez ludzi i zwierzęta, w znacznym stopniu wpływają na modulację mikroflory jelitowej. W zależności od pochodzenia oraz zastosowanej dawki, mogą stawać się aktywatorami bądź inhibitorami wzrostu bakterii komensalnych. W niniejszej pracy poddano analizie wpływ preparatu z jagód acai na bakterie o potencjale probiotycznym z rodzaju *Lactobacillus*. Przeprowadzono analizę mającą na celu wyznaczenie współczynnika tworzenia biofilmu przez bakterie w zależności od obecności preparatu w podłożu hodowlanym. Sprawdzone, jak preparat z owoców acai wpływa na zdolność do autoagregacji i powinowactwo do rozpuszczalników organicznych. Przeprowadzone badania wykazały wpływ preparatu z jagód acai na zdolności autoagregacyjne bakterii *Lactobacillus* spp. (zmniejszenie autoagregacji szczepów *Lactobacillus brevis* i zwiększenie autoagregacji bakterii *Lactobacillus casei*). Wśród wszystkich badanych szczepów *Lactobacillus* spp. zauważono zmniejszenie zdolności tworzenia biofilmu w środowiskach z dodatkiem preparatu z jagód acai. Ponadto preparat z jagód acai wpłynął na właściwości typu donor/akceptor ścian komórkowych bakterii *Lactobacillus* spp.

Słowa kluczowe: *Lactobacillus*, jagody acai, autoagregacja, biofilm

Wprowadzenie

Drzewo palmowe – *Euterpe oleracea* jest jednym z 28 gatunków z rodzaju *Euterpe* występujących w dorzeczu Amazonki [3, 29]. W przemyśle spożywczym i farmaceutycznym zastosowanie znalazły jagody drzewa *Euterpe oleracea* zwane jagodami

Mgr inż. L. Piekarska-Radzik, prof. dr hab. inż. E. Klewicka, Instytut Technologii Fermentacji i Mikrobiologii, Wydz. Biotechnologii i Nauk o Żywności, Politechnika Łódzka, ul. Wólczańska 171/173, 90-924 Łódź. Kontakt: lidia.piekarska-radzik@dokt.p.lodz.pl

acai. Centralną część każdego owocu stanowi duża (do 80 % objętości) pestka. Zbiory jagód acai przypadają na cały rok kalendarzowy, jednak owoce zbierane między styczniem a lipcem cechują się mniejszą wartością odżywczą i niższą jakością sensoryczną. Mięsz jagód acai charakteryzuje się dużą zawartością związków fenolowych (w 100 g produktu znajduje się aż 328 mg różnych związków bioaktywnych). W ekstrakcie z jagód acai całkowita zawartość związków o potencjale przeciwutleniającym jest 33-krotnie większa niż w ekstrakcie pochodzącym z winogron [2, 3]. Polifenole jako przedstawiciele fitozwiązków (wtórnych metabolitów roślin), stanowią jedną z największych grup związków chemicznych o właściwościach przeciwutleniających [16, 18]. Liofilizat owocowy z jagód acai charakteryzuje się bardzo wysokim potencjałem przeciwutleniającym (1026 jednostek ORAC – ang. *Oxygen Radical Absorbent Capacity*) [3]. Jedną z dominujących grup związków polifenolowych izolowanych z owoców jagód acai stanowią antocyjany. Wśród wszystkich antocyjanów zawartych w pulpie z jagód acai, w największych ilościach występuje cyjanidyna i jej pochodne [10].

Duża zawartość tłuszczu sprawia, że jagody acai są niezwykle kaloryczne. Wartość energetyczna pulpy jagodowej wynosi blisko 534 kcal na 100 g suchej masy. Większość lipidów zawartych w jagodach acai to kwasy jednonienasycone (60 %), następnie kwasy nasycone (29 %) i lipidy wielonienasycone (11 %) [2]. Ponadto pulpa jagodowa *Euterpe oleracea* zawiera ponad 8 g białek i 44 g błonnika pokarmowego w 100 g suchej masy. Pod względem odżywczym białka występujące w mięszu owocowym należą do pełnowartościowych, a w ich budowie można wyodrębnić kompletne, zalecane porcje aminokwasów egzogennych. Jagody acai są również źródłem witaminy C, żelaza i wapnia [3].

W projektowaniu nowych produktów żywnościowych, atrakcyjnych dla konsumenta, stosuje się połączenie związków bioaktywnych i bakterii fermentacji mlekowej zaliczanych do składników żywności funkcjonalnej. Bakterie te stosowane są powszechnie w przetworach mlecznych, kiszonkach warzywnych i warzywno-owocowych, wędlinach fermentowanych czy kiszzonej żywności orientalnej. W technologii żywności najchętniej wykorzystywane są bakterie z rodzaju *Lactobacillus* (LAB – ang. *lactic acid bacteria*) [13, 27]. Bakterie te mają status GRAS (ang. *Generally Recognized as Safe*), czyli są powszechnie uznawane za bezpieczne dla zdrowia człowieka. Na wzrost i rozwój bakterii *Lactobacillus* spp. ma wpływ wiele czynników, takich jak pH środowiska, temperatura otoczenia czy obecność związków bioaktywnych [27].

Związki pochodzenia roślinnego obecne w środowisku wzrostowym bakterii *Lactobacillus* spp. mogą ulegać przemianom metabolicznym, takim jak odszczepienie cząsteczki glukozy lub innego sacharydu, indukując tworzenie aglikonów [27]. Inną płaszczyzną oddziaływań polifenoli z mikroorganizmami są oddziaływania z ze-

wnętrznymi strukturami bakterii, szczególnie białkami warstwy S. Białka powierzchniowe występujące w ścianach komórkowych bakterii mogą mieć różne struktury (α -helisy i β -harmonijki). Ich obecność w zależności od struktury jest aktywatorem bądź inhibitorem procesu autoagregacji i adhezji komórkowej (pierwszego etapu powstawania biofilmu) [6, 16, 19]. Oddziaływania polifenoli i białek warstwy S bakterii mogą być odpowiedzialne za zmiany właściwości powierzchni bakterii, takich jak: hydrofobowość, zdolność do akceptowania i oddawania elektronu czy autoagregacja [22].

Biofilm to rozbudowana struktura, która może zostać utworzona przez organizmy należące do tego samego lub różnych gatunków, stąd zdolność tworzenia biofilmów to nie tylko cecha bakterii, ale również pierwotniaków, grzybów oraz glonów [4, 5]. Wielokomórkowe, przeważnie złożone struktury, zbudowane z dużej liczby mikroorganizmów otoczone są dodatkową warstwą śluzu [20]. Zewnątrzkomórkowe substancje polimerowe (EPS ang. – *extracellular polymeric substance*) stanowiące nawet do 50 ÷ 90 % ogółu zawartości węgla w biofilmie, odpowiedzialne są za neutralizację lub przyłączanie innych substancji chemicznych. Jedną z podstawowych właściwości bakterii, która sprzyja tworzeniu struktur biofilmu jest ich zdolność do autoagregacji [4, 8].

Celem pracy było określenie wpływu preparatu z jagód acai na właściwości powierzchniowe, zdolność do autoagregacji i tworzenia biofilmu do powierzchni abiotycznych przez bakterie z rodzaju *Lactobacillus*.

Materiał i metody badań

Materiał biologiczny stanowiły 4 szczepy bakterii z rodzaju *Lactobacillus*: *Lactobacillus brevis* 0944, *Lactobacillus brevis* 0945, *Lactobacillus brevis* 0980 i *Lactobacillus casei* 0979 (przed reklasyfikacją opisywany jako *Lactobacillus pentosus* 0979). Wszystkie szczepy zostały zdeponowane w Kolekcji Czystych Kultur Przemysłowych ŁOCK 105 w Instytucie Technologii Fermentacji i Mikrobiologii Politechniki Łódzkiej.

W badaniach używano preparatu handlowego z jagód acai (A-Z Medica Sp. z o.o., Polska). Skład deklarowany przez producenta to standaryzowany sproszkowany ekstrakt z owoców acai (*Euterpe oleracea*) zamknięty w kapsułce (żelatyna, woda, barwniki: E171 – tlenek tytanu(IV), E172 – tlenki i wodorotlenki żelaza, substancja wypełniająca – maltodekstryna oraz substancja przeciwzbrylająca – stearynian magnezu). Jedna kapsułka zawierała 350 mg masy nasypowej, w której udział polifenoli według deklaracji producenta (A-Z Medica Sp. z o.o., Polska) umieszczonej na opakowaniu produktu wynosił 10 % (m/m). Autorzy dokonali analizy całkowitej zawartości związków polifenolowych w badanym ekstrakcie za pomocą metody Folina-Ciocalteu [11]. W badanym ekstrakcie oznaczono całkowitą sumę związków polifenolowych wynoszącą średnio 7,73 % (m/m). Preparat A-Z Acai zbadano również pod względem

zanieczyszczeń mikrobiologicznych zgodnie z Rozporządzeniem Komisji (WE) nr 2073/2005 z dnia 15 listopada 2005 roku w sprawie kryteriów mikrobiologicznych dotyczących środków spożywczych [30]. W badanym ekstrakcie oznaczono ogólną liczbę bakterii na poziomie 10 jtk/g produktu, co nie dyskwalifikuje preparatu jako zdatnego do spożycia. Uzyskany w ten sposób wynik nie wpływa również znacząco na dalszą analizę preparatu. W preparacie nie stwierdzono obecności bakterii z rodzaju *Lactobacillus*.

Powinowactwo do rozpuszczalników organicznych

Test bakteryjnej adhezji do rozpuszczalników organicznych wykonywano metodą, którą opisali Ren i wsp. [25]. Hodowlę bakterii (24 h) odwirowywano (5 ml), a biomasę zawieszano w 5 ml jałowego roztworu soli fizjologicznej. Zawiesinę komórek rozcieńczano dziesięciokrotnie. Następnie 3 ml uzyskanej zawiesiny dodawano do 1 ml rozpuszczalnika organicznego (w zależności od eksperymentu: ksylen – rozpuszczalnik niepolarny, charakteryzuje hydrofobowość ściany komórkowej bakterii; chloroform – rozpuszczalnik polarny, zmiana właściwości akceptorowych ściany komórkowej bakterii; octan etylu – rozpuszczalnik polarny, zmiana właściwości donorowych ściany komórkowej bakterii). Roztwór mieszało przez 1 min, a następnie pozostawiano do rozdzielu faz. W celu zmierzenia powinowactwa do rozpuszczalników pobierano 0,1 ml frakcji wodnej i dodawano do 3,9 ml fizjologicznego roztworu soli o pH 7, następnie mieszało i mierzono absorbancję przy $\lambda = 600$ nm (Beckman DU-640, spektrofotometr UV-VIS, USA). Doświadczenie wykonywano analogicznie dla każdego szczepu hodowanego zarówno z dodatkiem preparatu z jagód acai, jak i bez niego. Jako próbę kontrolną przyjmowano absorbancję zawiesiny wyjściowej bez dodatku rozpuszczalnika. Wyniki pomiarów przedstawiano w postaci współczynnika powinowactwa do rozpuszczalnika (BATS – ang. *bacterial adhesion to solvent*), obliczonego z równania:

$$\text{BATS [\%]} = (1 - A_5/A_0) \times 100 \quad (1)$$

gdzie: BATS – współczynnik powinowactwa do rozpuszczalnika, A_0 – absorbancja zawiesiny wyjściowej, A_5 – absorbancja fazy wodnej po 5 min.

Zdolność autoagregacji

Test autoagregacji bakterii z rodzaju *Lactobacillus* prowadzono metodą, którą opisali Ren i wsp. [25], po własnej modyfikacji. Zawiesinę bakterii przygotowywano analogicznie jak w przypadku eksperymentu powinowactwa do rozpuszczalników organicznych. Następnie 4 ml zawiesiny przenoszono do nowej probówki i pozostawiano na 4 h. W czasie $t = 0$ h pobierano 0,1 ml górnej fazy zawiesiny i dodawano do 3,9 ml fizjologicznego roztworu soli o pH 7. Zawartość probówki mieszało i mierzono absor-

bancję przy $\lambda = 600 \text{ nm}$ (Beckman DU-640, spektrofotometr UV-VIS, USA). Doświadczenie wykonywano analogicznie dla każdego szczepu hodowanego zarówno z dodatkiem preparatu z jagód acai, jak i bez niego, przy $t = 0 \text{ h}$ oraz $t_n = 4 \text{ h}$. Wyniki pomiarów przedstawiano w postaci współczynnika zdolności do autoagregacji (W_a) obliczonego według równania:

$$W_a [\%] = (1 - A_n/A_0) \times 100 \quad (2)$$

gdzie: W_a – współczynnik zdolności do autoagregacji, A_0 – absorbancja próby w czasie $t = 0 \text{ h}$, A_n – absorbancja próby w czasie t_n .

Zdolność tworzenia biofilmu

Zdolność do tworzenia biofilmu bakterii *Lactobacillus* spp. do powierzchni abiotycznych badano w polistyrenowych płytkach 6-dołkowych (Falcon), modyfikując metodę opisaną przez Stepanovica i wsp. [28]. Próbki bez dodatku preparatu z jagód acai stanowiły próbę kontrolną. W tym celu do każdej studzienki (komory) 6-dołkowej płytki wprowadzano podłoże MRS Broth (Merck, Polska) o objętości 3 ml oraz 3 ml podłoża z dodatkiem preparatu z jagód acai (mieszanina wyjściowa: 25 ml MRS Broth + zawartość jednej kapsułki preparatu A-Z Acai). Następnie podłoże zaszczipiano 24-godzinną hodowlą badanego szczepu bakterii o objętości 1 ml i poddawano 24-godzinnej inkubacji w temp. 30°C . Po inkubacji podłoże usuwano, a każdą z komór przemywano 3-krotnie fizjologicznym roztworem soli. Próbki suszono i dodawano do każdej ze studzienek 2 ml 0,05-procentowego roztworu fioletu krystalicznego. Płytki poddawano 45-minutowej inkubacji na wytrząsarce (90 rpm) w temp. $23 \pm 2^\circ\text{C}$, a następnie ponownie 3-krotnie przemywano komory fizjologicznym roztworem soli. Fiolet krystaliczny ekstrahowano 96-procentowym (m/m) etanolem i mierzono absorbancję przy długości fali $\lambda = 490 \text{ nm}$ (Beckman DU-640, spektrofotometr UV-VIS, USA). Wyniki przedstawiano w postaci współczynnika tworzenia biofilmu (W_{tb}), obliczonego z równania:

$$W_{tb} = A_{\text{badane}}/A_{\text{kontrolne}} \quad (3)$$

gdzie: W_{tb} – współczynnik tworzenia biofilmu, A_{badane} – absorbancja badanej próbki, $A_{\text{kontrolne}}$ – absorbancja samego podłoża.

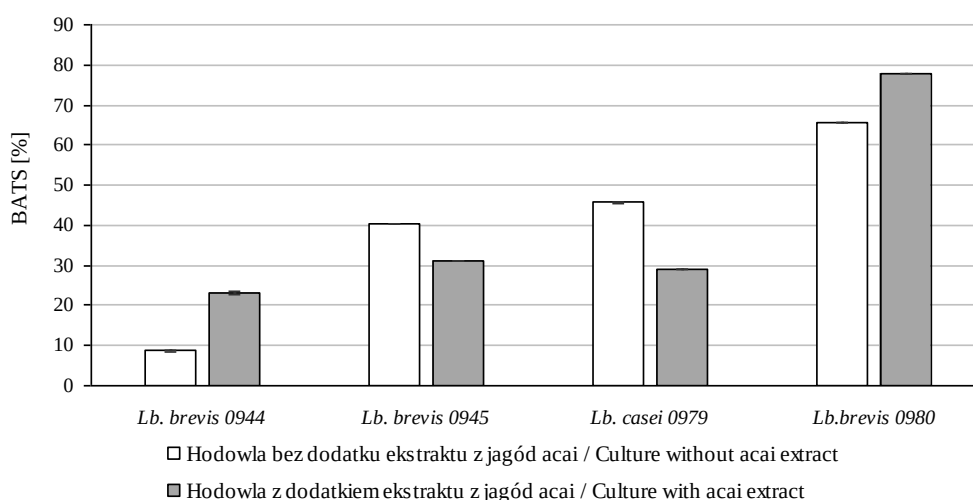
Analiza statystyczna wyników

Uzyskane wyniki badań przedstawiono w postaci wartości średnich z co najmniej trzech niezależnie uzyskanych wyników. Obliczono także odchylenia standardowe. Do analizy statystycznej zastosowano test ANOVA Kruskala-Wallisa oraz test wielokrotnych porównań średnich rang przy $p < 0,05$. Obliczenia wykonano przy użyciu programu Statistica 12 (StatSoft).

Wyniki i dyskusja

Powinowactwo do rozpuszczalników organicznych

Na podstawie wyników badań właściwości akceptorowych ściany komórkowej bakterii (rys. 1) można zauważyć, że szczepem, którego charakteryzowało największe powinowactwo do chloroformu był *Lactobacillus brevis* 0980 ($BATS_{Ch} = 65,52\%$), natomiast szczepem, który wyróżniał się najmniejszym powinowactwem do tego rozpuszczalnika, był *Lactobacillus brevis* 0944 ($BATS_{Ch} = 8,66\%$). Szczepy *Lactobacillus brevis* 0945 oraz *Lactobacillus casei* 0979 charakteryzowało podobne powinowactwo do chloroformu (w granicach $40 \div 45\%$). Dodatek preparatu z jagód acai wpłynął na obniżenie powinowactwa do chloroformu w przypadku szczepu *Lactobacillus brevis* 0945 (o prawie 10 % do wartości równej 31,06 %) oraz szczepu *Lactobacillus casei* 0979 (o ok. 15 % do wartości 28,76 %). W przypadku szczepów: *Lactobacillus brevis* 0944 i *Lactobacillus brevis* 0980 dodatek preparatu z jagód acai wpłynął na wzrost powinowactwa do rozpuszczalnika o ponad 10 %. Wśród szczepów hodowanych z dodatkiem preparatu z jagód acai największe powinowactwo do chloroformu wykazał szczep *Lactobacillus brevis* 0980 ($BATS_{Ch} = 77,74\%$), a najmniejsze – *Lactobacillus brevis* 0944 ($BATS_{Ch} = 22,96\%$).

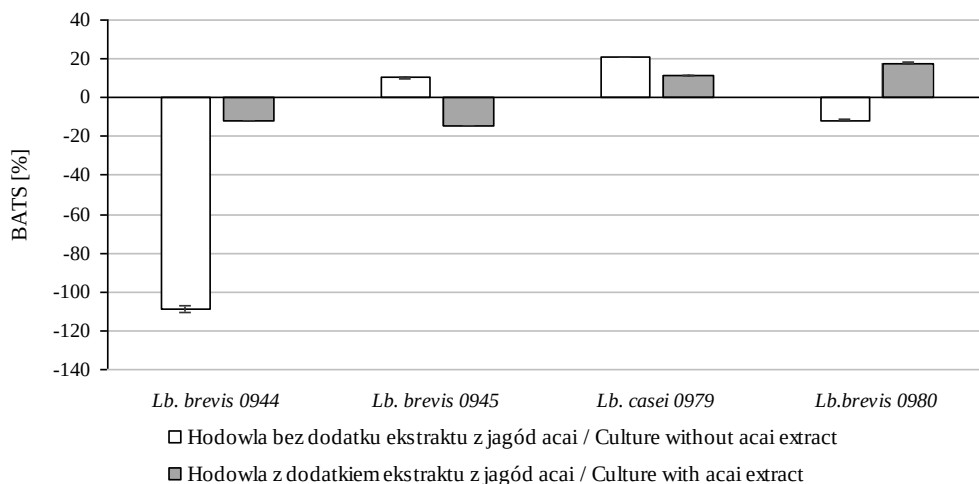


Objaśnienia / Explanatory notes:

Na rysunku przedstawiono wartości średnie (w postaci słupków) i odchylenia standardowe (w postaci odcinków) / Figure shows mean values (bars) and standard deviations (line segments)

Rys. 1. Zmienność wartości $BATS_{Ch}$ w zależności od dodatku ekstraktu z jagód acai w stosunku do chloroformu

Fig. 1. Variability of $BATS_{Ch}$ values depending on acai berry extract additive in relation to chloroform



Objaśnienia jak pod rys. 1. / Explanatory notes as in Fig. 1.

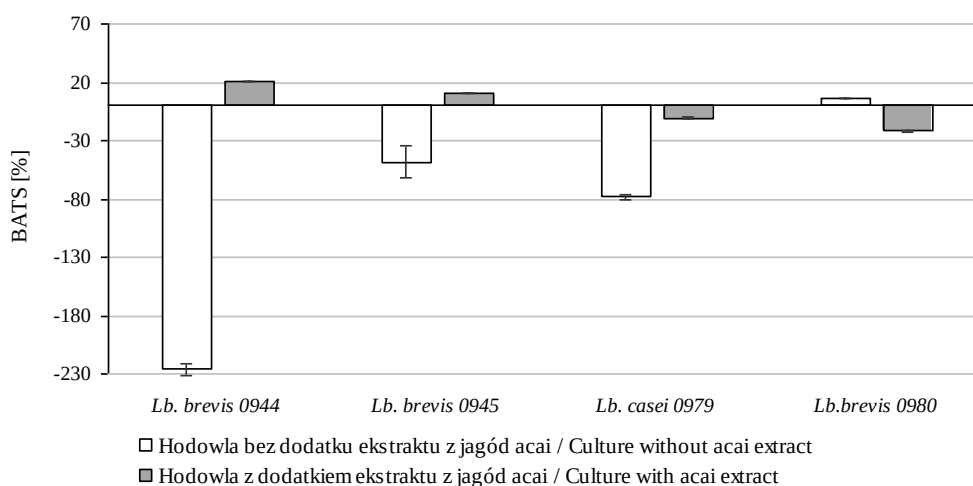
Rys. 2. Zmienność wartości $BATS_{OE}$ w zależności od dodatku ekstraktu z jagód acai w stosunku do octanu etylu

Fig. 2. Variability of $BATS_{OE}$ values depending on acai berry extract additive in relation to ethyl acetate

Na rys. 2. przedstawiono wyniki badań właściwości donorowych ścian komórkowych bakterii z rodzaju *Lactobacillus*. Szczepem, który charakteryzowało największe powinowactwo do octanu etylu był *Lactobacillus casei* 0979 ($BATS_{OE} = 20,93\%$), natomiast szczepem o najmniejszym powinowactwie do tego rozpuszczalnika był *Lactobacillus brevis* 0944 ($BATS_{OE} = -108,92\%$). Powinowactwo do octanu etylu szczepu *Lactobacillus brevis* 0945 oraz *Lactobacillus brevis* 0980 zawierało się w przedziale: $-12\% < BATS_{OE} < 11\%$. Dodatek preparatu z jagód acai powodował zmniejszenie powinowactwa do octanu etylu w przypadku szczepu *Lactobacillus brevis* 0945 (o prawie 25 % do wartości $-14,53\%$) oraz szczepu *Lactobacillus casei* 0979 (o prawie 10 % do wartości $11,52\%$). W przypadku szczepu *Lactobacillus brevis* 0944 stwierdzono znaczny wzrost powinowactwa do rozpuszczalnika (o ok. 90 %). Wzrost powinowactwa do octanu etylu zaobserwowano także w przypadku szczepu *Lactobacillus brevis* 0980 (o $29,25\%$). Wśród szczepów hodowanych z dodatkiem preparatu z jagód acai największe powinowactwo do octanu etylu wykazał szczep *Lactobacillus brevis* 0980 ($BATS_{OE} = 17,75\%$), a najmniejsze – *Lactobacillus brevis* 0945 ($BATS_{OE} = -14,53\%$).

Stwierdzono, że preparat z jagód acai ma właściwości osłabiające zdolność komórek bakterii *Lactobacillus brevis* 0945 oraz *Lactobacillus casei* 0979 do oddawania elektronów (bakterie stają się słabszymi donorami elektronów); podwyższa zaś tę zdolność w przypadku bakterii *Lactobacillus brevis* 0944 oraz *Lactobacillus brevis*

0980. Wyniki przeprowadzonej analizy pozwalają również zauważyć zmiany powinowactwa komórek bakteryjnych do chloroformu, który miał na celu określenie zmian w akceptowaniu elektronów. Szczepy *Lactobacillus brevis* 0944 i *Lactobacillus brevis* 0980 stawały się silniejszymi akceptorami po dodaniu preparatu z jagód acai. W przypadku szczepu *Lactobacillus brevis* 0945 i *Lactobacillus casei* 0979 preparat z jagód acai wpływał na zmniejszenie właściwości akceptorowych ścian komórkowych tych bakterii.



Objaśnienia jak pod rys. 1. / Explanatory notes as in Fig. 1.

Rys. 3. Zmienność wartości $BATS_K$ w zależności od dodatku ekstraktu z jagód acai w stosunku do ksylenu

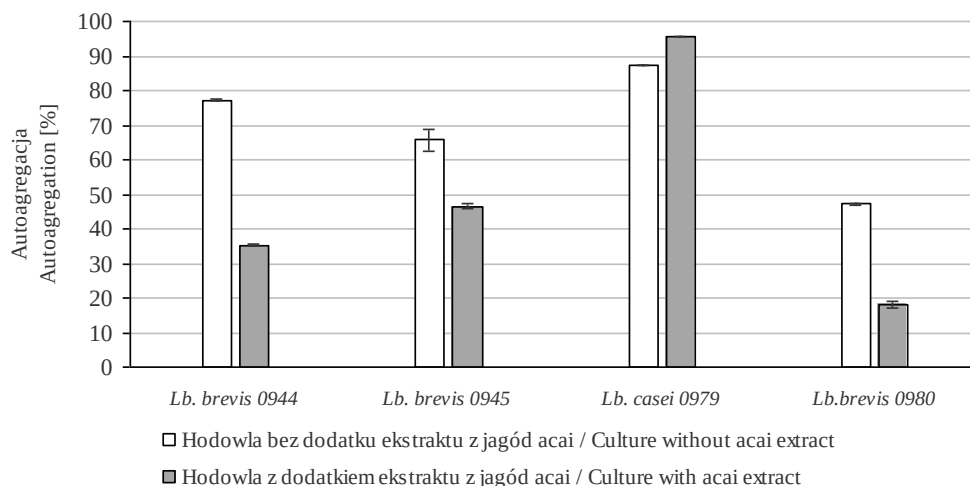
Fig. 3. Variability of $BATS_K$ values depending on acai berry extract additive in relation to xylene

Dowodzono, że preparat z jagód acai umożliwił zmianę charakteru powierzchni ściany komórkowej bakterii, tj. zmianę typu donor/akceptor. W doświadczeniu potwierdzono opisaną wyżej zależność w przypadku trzech na cztery badane szczepy. Odmienne zachowywały się bakterie szczepu *Lactobacillus brevis* 0944. Na podstawie wyników badania hydrofobowości ścian komórkowych bakterii (rys. 3) stwierdzono, że szczepem, który wykazywał największe powinowactwo do ksylenu był *Lactobacillus brevis* 0980 ($BATS_K = 5,99\%$), natomiast szczepem, który charakteryzowało najmniejsze powinowactwo do tego rozpuszczalnika był *Lactobacillus brevis* 0944 ($BATS_K = -226,29\%$). Dodatek preparatu z jagód acai wpływał na zmniejszenie powinowactwa do ksylenu w przypadku szczepu *Lactobacillus brevis* 0980 (o prawie 28 %), natomiast w przypadku szczepu *Lactobacillus brevis* 0944 stwierdzono znaczny wzrost powinowactwa do rozpuszczalnika (blisko o 247 %). Wzrost powinowactwa do ksylenu zaobserwowano również w przypadku szczepu *Lactobacillus brevis* 0945

i *Lactobacillus casei* 0979 (o $60 \div 70$ %). Wśród szczepów hodowanych z dodatkiem preparatu z jagód acai największe powinowactwo do ksylenu wykazał szczep *Lactobacillus brevis* 0944 ($BATS_K = 20,50$ %), a najmniejsze – *Lactobacillus brevis* 0980 ($BATS_K = -21,95$ %).

Zdolność autoagregacji

Zmiany autoagregacji komórek bakterii z rodzaju *Lactobacillus* (po 4 h prowadzenia doświadczenia) w zależności od dodatku preparatu z jagód acai do podłoża hodowlanego przedstawiono na rys. 4. Szczep *Lactobacillus brevis* 0944 hodowany w podłożu bez dodatku preparatu z jagód acai charakteryzował się większą zdolnością do autoagregacji ($W_a = 77,21$ %) niż w przypadku hodowli z dodatkiem preparatu z jagód acai ($W_a = 35,23$ %). Szczep *Lactobacillus brevis* 0945 hodowany w podłożu niezawierającym dodatku preparatu z jagód acai cechował się również większą zdolnością do autoagregacji ($W_a = 65,62$ %) niż hodowla z dodatkiem preparatu z jagód acai ($W_a = 46,55$ %). Szczep *Lactobacillus brevis* 0980 hodowany w podłożu bez preparatu z jagód acai charakteryzował się zdolnością do autoagregacji na poziomie 47,22 %, natomiast w przypadku hodowli z dodatkiem preparatu z jagód acai jego zdolność do autoagregacji zmniejszyła się do 18,11 %. Stwierdzono, że dodatek preparatu z jagód acai wpłynął na zmniejszenie zdolności autoagregacji szczepu *Lactobacillus brevis* 0944 o 49,98 %, *Lactobacillus brevis* 0945 – o 19,07 %, a *Lactobacillus brevis* 0980 –



Objaśnienia jak pod rys. 1. / Explanatory notes as in Fig. 1.

Rys. 4. Zmiana zdolności autoagregacyjnych bakterii z rodzaju *Lactobacillus* w zależności od dodatku ekstraktu z jagód acai

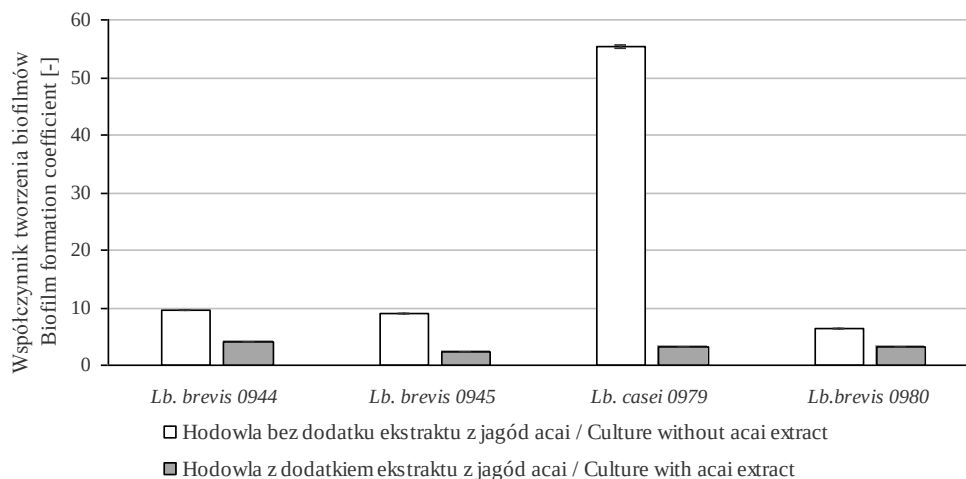
Fig. 4. Change in autoaggregation abilities of *Lactobacillus* bacteria depending on acai extract additive

o 29,11 %. Szczep *Lactobacillus casei* 0979 hodowany w podłożu zawierającym dodatek preparatu z jagód acai charakteryzował się większą zdolnością do autoagregacji ($W_a = 95,55\%$) niż w przypadku hodowli bez dodatku preparatu z jagód acai ($W_a = 87,35\%$). Szczepem wykazującym największe zdolności autoagregacji wśród badanego materiału biologicznego był *Lactobacillus casei* 0979, zarówno w hodowli bez dodatku preparatu z jagód acai, jak również z jego udziałem.

Zdolność do autoagregacji i kolonizacji powierzchni biotycznych (takich jak błony śluzowe gospodarza) to jedna z najbardziej pożądanых cech probiotycznych szczepów bakterii z rodzaju *Lactobacillus*. Bakterie z rodzaju *Lactobacillus* wykazują również zdolność przylegania do powierzchni abiotycznych (np. szkła bądź polistyrenu). Ponadto pozakomórkowe substancje polimerowe wytwarzane w procesie przyrastania biofilmu przez wiele bakterii z rodzaju *Lactobacillus* sprawiają, że wielokomórkowa struktura często wykazuje właściwości antagonistyczne w stosunku do mikroflory patogennej [14]. Złożony proces adhezji komórkowej dotyczy kontaktu błony komórkowej i powierzchni. Badania hydrofobowości ścian komórkowych i ruchliwości elektrycznej stanowią podstawę oceny uzdolnień adhezyjnych bakterii. Są one bowiem związane ze składem chemicznym ścian komórkowych. Tym samym adhezja zależy nie tylko od oddziaływań van der Waalsa, ale również od sił elektrostatycznych, stąd szczepy dobrze przylegające do węglowodorów uważa się za hydrofobowe, natomiast szczepy pozbawione tej zdolności – za hydrofilowe [9].

Zdolność tworzenia biofilmu

Zmiany współczynnika tworzenia biofilmu (W_{tb}) 24-godzinnych hodowli badanych szczepów bakterii w zależności od obecności preparatu z jagód acai przedstawiono na rys. 5. Stwierdzono, że dodatek preparatu z jagód acai wpłynął na zmniejszenie zdolności tworzenia biofilmu w przypadku wszystkich badanych szczepów bakterii z rodzaju *Lactobacillus*. Wśród badanych bakterii największą zdolność tworzenia biofilmu stwierdzono w przypadku szczepu *Lactobacillus casei* 0979, którego współczynnik tworzenia biofilmu wynosił $W_{tb} = 55,45$. Najmniejszą zdolnością tworzenia biofilmu charakteryzował się szczep *Lactobacillus brevis* 0980, którego zdolność tworzenia biofilmu wynosiła $W_{tb} = 6,26$. Szczepy *Lactobacillus brevis* 0944 i *Lactobacillus brevis* 0945 miały podobną zdolność tworzenia biofilmu wyrażoną współczynnikiem tworzenia biofilmu w zakresie: $9 < W_{tb} < 10$. Największą zdolność do tworzenia biofilmu w obecności preparatu z jagód acai wykazywał szczep *Lactobacillus brevis* 0944 ($W_{tb} = 4,05$). Szczepy *Lactobacillus brevis* 0980 i *Lactobacillus casei* 0979 miały podobną zdolność tworzenia biofilmu na podłożu z dodatkiem preparatu z jagód acai, charakteryzowaną współczynnikiem tworzenia biofilmu w zakresie: $3 < W_{tb} < 3,5$.



Objaśnienia jak pod rys. 1. / Explanatory notes as in Fig. 1.

Rys. 5. Zdolność do tworzenia biofilmu w zależności od dodatku ekstraktu z jagód acai

Fig. 5. Biofilm formation ability depending on acai extract additive

Zdolność tworzenia biofilmu przez bakterie fermentacji mlekowej związana jest przede wszystkim z ich właściwościami adhezyjnymi. Adhezja jako pierwszy etap powstawania biofilmu stanowi bowiem jeden z najważniejszych etapów przy formacji wielowarstwowej struktury. Według teorii DLVO oddziaływania między ścianą komórkową bakterii a powierzchnią, do której mają one przylegać, związane są z sumą oddziaływań siły van der Waalsa (działania przyciągające) i oddziaływaniami elektrostatycznymi (działania odpychające). Przed utworzeniem struktury biofilmu (kiedy komórki bakterii są oddalone od siebie) czynnikiem decydującym o inicjacji tworzenia wielokomórkowej struktury jest zazwyczaj siła oddziaływania grawitacji oraz stopień hydrofobowości ścian komórkowych [7, 12]. Przyleganie bakterii do powierzchni biotycznych i abiotycznych związane jest ze zdolnością do tworzenia specyficznych i niespecyficznych wiązań. Charakterystyczną cechą wiązań niespecyficznych jest ich odwracalność. Są one związane z tworzeniem oddziaływań przestrzennych na drodze oddziaływań elektrostatycznych i hydrofobowych. Tym samym hydrofobowość powierzchni bakterii odgrywa kluczową rolę w kontakcie między bakterią a powierzchnią np. nabłonka [24].

Łatwiejsza i podwyższona adhezja komórek bakterii, dzięki której rodzaj *Lactobacillus* zdolny jest do kolonizacji organizmu gospodarza może wynikać z wysokiej hydrofobowości ścian komórkowych. Polak-Berecka i wsp. [24] nie zgadzają się z powyższą tezą. Ze środowiska izolowane są szczepy bakterii z rodzaju *Lactobacillus*, które mimo wysokiej hydrofobowości nie wykazują zdolności do adhezji. Jak podają

Munoz-Provencio i wsp. [21], izoluje się również gatunki bakterii, które silnie adherują do komórek nabłonka nawet w sytuacji, kiedy cechuje je niska hydrofobowość. Zjawisko takie autorzy zaobserwowali w przypadku szczepów *Lactobacillus brevis* 0944, *Lactobacillus brevis* 0945 i *Lactobacillus casei* 0979. Adhezja komórek bakteryjnych wiąże się z dwoma zasadniczymi mechanizmami: wiązaniem specyficznym i niespecyficznym. Oddziaływania elektrostatyczne oraz hydrofobowe charakteryzuje niższe powinowactwo niż przy wiązaniach specyficznych [9]. Piette i Idziak [23] podają, że ładunek powierzchniowy ściany komórkowej w korelacji z hydrofobowością może znacznie wpływać na siłę adhezji. Z kolei Lim i Ahn [17] uważają, że silna hydrofobowość bakterii fermentacji mlekowej (zarówno w heksadekanie jak i w toluenie) może świadczyć o ewentualnym potencjale probiotycznym badanych szczepów. Ich zdaniem adhezja komórek bakterii probiotycznych może jednak zależeć również od czynników środowiskowych, wśród których wyróżnić należy skład medium, pH i temperaturę oraz obecność jonów Ca^{2+} . Wpływ ekstraktu z jagód acai na mikroorganizmy (w tym bakterie z rodzaju *Lactobacillus*) nie jest dokładnie zbadany. Najlepiej poznany aspektem ekstraktów z tych owoców jest bez wątpienia ich skład chemiczny. Związki bioaktywne zawarte w owocach acai mogą również wpływać na metabolizm oraz budowę komórki. Tym samym przeprowadzone badania potwierdzają specyfikę i zindywidualizowanie charakteru właściwości powierzchniowych ścian komórkowych bakterii z rodzaju *Lactobacillus*. Różnice te mają odzwierciedlenie w zjawiskach autoagregacji i formowaniu biofilmu w środowisku zawierającym ekstrakty roślinne. Niestety, mimo wysokiej hydrofobowości ścian komórkowych bakterie: *Lactobacillus brevis* 0944 oraz *Lactobacillus brevis* 0945 cechowały się mniejszą zdolnością do autoagregacji w środowisku z dodatkiem ekstraktu z jagód acai.

Warto podkreślić, że różnice w adhezji i agregacji komórek bakterii fermentacji mlekowej mogą wynikać z różnic w budowie chemicznej ścian komórkowych. Wzrost hydrofobowości ścian komórkowych często związany jest z obecnością białek występujących na ich powierzchni. Z kolei obecność polisacharydów w strukturach powłok komórkowych sprawia, że powierzchnia komórek bakteryjnych wykazuje właściwości hydrofilowe [1]. Ponadto poprzez tworzenie kompleksów z makro- i mikroelementami polifenole wpływają na ilość magazynowanych jonów we wnętrzu komórek lub zmieniają przyswajalność substancji odżywczych obecnych w podłożu hodowlanym [25]. W procesie agregacji komórek LAB biorą udział nie tylko białka i lipoproteiny umiejscowione w błonach komórkowych. Znaczącą rolę odgrywają także białka, które wydzielane są do środowiska zewnętrznego [26]. Oprócz metabolitów komórek bakterii, w środowisku istnieją również mediatory biorące udział w procesie agregacji. Kos i wsp. [15] dowiedli, że komórki szczepu *Lactobacillus acidophilus* M92 po procesie trawienia proteolitycznego wykazywały niższą hydrofobowość, a tym samym zmniejszyły się ich zdolności agregacyjne. W badaniach własnych zaobserwowano również,

że ekstrakt z jagód acai wpływał na właściwości typu donor/akceptor oraz hydrofobowość.

W przeprowadzonych badaniach wykazano, że obecność w środowisku ekstraktów roślinnych, w tym przypadku ekstraktu z jagód acai, może zmieniać właściwości powierzchniowe komórek bakterii z rodzaju *Lactobacillus* oraz związane z tymi właściwościami zjawiska autoagregacji i zdolności do tworzenia biofilmów. W przypadku bakterii *Lactobacillus* spp., które są bioaktywnym składnikiem żywności fermentowanej i funkcjonalnej, obniżenie ich potencjału do autoagregacji i tworzenia biofilmu w niszy ekologicznej, jaką jest przewód pokarmowy człowieka, będzie efektem niekorzystnym. Podczas projektowania żywności fermentowanej na bazie surowca roślinnego oraz z dodatkiem ekstraktów roślinnych należy zatem określić ewentualne pozytywne i negatywne oddziaływania pomiędzy składnikami bioaktywnymi surowca i bakteriami *Lactobacillus* spp.

Wnioski

1. Ekstrakt z jagód acai obniża zdolność do autoagregacji bakterii z gatunku *Lactobacillus brevis*.
2. Jagody acai powodują zmniejszenie zdolności tworzenia biofilmu przez badane bakterie o potencjale probiotycznym z rodzaju *Lactobacillus* oraz zmieniają właściwości typu donor/akceptor ścian komórkowych badanego materiału biologicznego.
3. W celu sformułowania ostatecznych wniosków badania należy przeprowadzić dla zdecydowanie większej liczby szczepów bakterii.

Literatura

- [1] Buda B., Dylus E., Górską-Frączek S., Brzozowska E., Gamian A.: Właściwości biologiczne białek powierzchniowych bakterii z rodzaju *Lactobacillus*. Post. Hig. Med. Dosw, 2013, 67, 229-237.
- [2] Cieślik E., Gębusia A.: Charakterystyka właściwości prozdrowotnych owoców roślin egzotycznych. Postępy Fitoterapii, 2012, 13, 93-100.
- [3] Cieślik E., Topolska K.: Skład chemiczny i właściwości funkcjonalne jagody acai (*Euterpe oleracea* Mart.). Postępy Fitoterapii, 2012, 13, 188-191.
- [4] Cłapa T., Selwet M., Narożna D.: Życie w społeczności – warunki powstawania biofilmu. Kosmos, 2016, 65, 463-468.
- [5] Currie C.R.: A community of ants, fungi, and bacteria: A multilateral approach to studying symbiosis. Ann. Rev. Microbiol., 2001, 55, 357-380.
- [6] Czaczyk K.: Czynniki warunkujące adhezję drobnoustrojów do powierzchni abiotycznych. Postępy Mikrobiologii, 2004, 43, 267-283.
- [7] Czaczyk K., Olejnik A., Mięzał P., Grajek W.: Poszukiwanie prostych modeli do badania adhezji bakterii probiotycznych. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2005, 1 (42), 84-96.
- [8] Donlan R.M.: Biofilms: Microbial life on surfaces. Emerg. Infect. Dis., 2002, 8, 881-890.

- [9] Duary R.K., Rajput Y.S., Batish V.K., Grover S.: Assessing the adhesion of putative indigenous probiotic lactobacilli to human colonic epithelial cells. *Indian J. Med. Res.*, 2011, 134 (5), 664-671.
- [10] Figueiredo A. de M., Biernat I. de C.: Assessment of the scientific evidence of the potential use of açai (*Euterpe oleracea*, Mart.) in clinical outcomes: Analysis with focus on antioxidant and anti-inflammatory action. *Int. J. Nutrology*, 2014, 7 (02), 26-32.
- [11] Folin O., Ciocalteu V.: On tyrosine and thryptophane determinations in proteins. *J. Biol. Chem.*, 1927, 73, 627-650.
- [12] Hori K., Matsumoto S.: Bacterial adhesion: From mechanism to control. *Biochem. Eng. J.*, 2010, 48 (3), 424-434.
- [13] Jurkowski M., Błaszczyk M.: Charakterystyka fizjologiczno-biochemiczna bakterii fermentacji mlekowej. *Kosmos*, 2012, 61, 493-504.
- [14] Kim J.S., Lee J.H., Surh J., Kang S.A., Jang K.H.: Aglycone isoflavones and exopolysaccharides produced by *Lactobacillus acidophilus* in fermented soybean paste. *Prev. Nutr. Food Sci.*, 2016, 21, 117-123.
- [15] Kos B., Suskovic J., Vukovic S., Simpraga M., Frece J., Matosic S.: Adhesion and aggregation ability of probiotic strain *Lactobacillus acidophilus* M92. *J. Appl. Microbiol.*, 2003, 94 (6), 981-987.
- [16] Koszowska A., Dittfeld A., Puzoń-Brończyk A., Nowak J.: Polifenole w profilaktyce chorób cywilizacyjnych. *Postępy Fitoterapii*, 2013, 14, 263-266.
- [17] Lim S.M., Ahn D.H.: Factors affecting adhesion of lactic acid bacteria to Caco-2 cells and inhibitory effect on infection of *Salmonella typhimurium*. *J. Microbiol. Biotechnol.*, 2012, 22 (12), 1731-1739.
- [18] Lima G., Vianello F., Correa C., da Silva Campos R., Galhardo Borguini M.: Polyphenols in fruits and vegetables and its effect on human health. *Food Nutr. Sci.*, 2014, 5, 1065-1082.
- [19] Mobili P., Londero A., Maria T.M.R., Eusebio M.E.S., de Antoni G.L., Fausto R., Gomez-Zavaglia A.: Characterization of S-layer proteins of *Lactobacillus* by FTIR spectroscopy and differential scanning calorimetry. *Vib. Spectrosc.*, 2009, 50, 68-77.
- [20] Monds R.D., O'Toole G.A.: The developmental model of microbial biofilms: Ten years of a paradigm up for review. *Trends Microbiol.*, 2009, 17, 73-87.
- [21] Munoz-Provencio D., Llopis M., Antolin M., de Torres I., Guarner F., Perez-Martinez G., Monedero V.: Adhesion properties of *Lactobacillus casei* strains to resected intestinal fragments and components of the extracellular matrix. *Arch. Microbiol.*, 2009, 191 (2), 153-61.
- [22] Papuc C., Goran Gheorghe V., Predescu Corina N., Nicorescu V., Stefan G.: Plant polyphenols as antioxidant and antibacterial agents for shelf-life extension of meat and meat products: Classification, structures, sources, and action mechanisms. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 2017, 16, 1243-1268.
- [23] Piette J.P., Idziak E.S.: A model study of factors involved in adhesion of *Pseudomonas fluorescens* to meat. *Appl. Environ. Microbiol.*, 1992, 58 (9), 2783-2791.
- [24] Polak-Berecka M., Wasko A., Paduch R., Skrzypek T., Sroka-Bartnicka A.: The effect of cell surface components on adhesion ability of *Lactobacillus rhamnosus*. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 2014, 106 (4), 751-762.
- [25] Ren D., Li C., Qin Y., Yin R., Li X., Tian M., Du S., Guo H., Liu C., Zhu N., Sun D., Li Y., Jin N.: Inhibition of *Staphylococcus aureus* adherence to Caco-2 cells by lactobacilli and cell surface properties that influence attachment. *Anaerobe*, 2012, 18, 508-515.
- [26] Schachtsiek M., Hammes W.P., Hertel C.: Characterization of *Lactobacillus coryniformis* DSM 20001T surface protein Cpf mediating coaggregation with and aggregation among pathogens. *Appl. Environ. Microbiol.*, 2004, 70 (12), 7078-7085.
- [27] Schillinger U.: Isolation and identification of lactobacilli from novel-type probiotic and mild yoghurts and their stability during refrigerated storage. *Int. J. Microbiol.*, 1999, 47, 79-87.

- [28] Stepanovic S., Circovic I.C., Ranin L., Svabic-Vlahovic M.: Biofilm formation by *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes* on plastic surface. Lett. Appl. Microbiol., 2003, 38, 428-432.
- [29] Yamaguchi K.K.d.L., Pereira L.F.R., Lmarão C.V., Lima E.S., da Veiga-Junior V.F.: Amazon acai: Chemistry and biological activities: A review. Food Chem., 2015, 179, 137-151.
- [30] Rozporządzenie Komisji (WE) nr 2073/2005 z dnia 15 listopada 2005 r. w sprawie kryteriów mikrobiologicznych dotyczących środków spożywczych. Dz. U. L 338, ss. 1-26, z 22.12.2005.

**EFFECT OF AÇAÍ BERRY (*EUTERPE OLERACEA*) EXTRACT ON SURFACE PROPERTIES,
AUTOAGGREGATION, AND BIOFILM FORMATION
BY BACTERIA OF *LACTOBACILLUS* GENUS**

S u m m a r y

In recent years, interest has increased in preparations containing Brazilian açai berries (*Euterpe oleracea*). The açai berry extracts are characterized by a high content of organic compounds, such as proteins or lipids. Attention is drawn to the pro-health and, in particular, antioxidant properties of that fruit. A high antioxidant potential of açai berry extracts is determined by a high content of polyphenolic compounds that can be isolated from their flesh. When consumed by humans and animals, the polyphenolic compounds present in plant extracts have a considerable impact on the modulation of intestinal microflora. Depending on the origin and the dose of extract used, they can become activators or inhibitors of the growth of commensal bacteria. In the research study, there was analysed the effect of the açai berry preparation on bacteria with probiotic potential from the *Lactobacillus* genus. An analysis was carried out to determine the rate of biofilm formation by bacteria depending of the presence of açai berry preparation in the culture medium. It was tested how the açai fruit preparation affected the ability of bacteria to autoaggregate and their affinity to organic solvents. The studies performed showed the effect of açai berry preparation on the autoaggregating capacity of *Lactobacillus* spp. (a reduction in the autoaggregation of *Lactobacillus brevis* strains and an increase in the autoaggregation of *Lactobacillus casei* bacteria). Among all the tested strains of *Lactobacillus* spp., a reduction was reported in the biofilm formation capacity in the environments with the açai berry preparation added. In addition, the açai berry preparation affected the donor-acceptor type of properties of *Lactobacillus* spp cell walls.

Key words: *Lactobacillus*, acai berry, autoaggregation, biofilm 

ROBERT GAJDA, DANUTA KOŁOŻYN-KRAJEWSKA

**EKONOMICZNY ASPEKT BEZPIECZEŃSTWA ŻYWNOSCIOWEGO
W GOSPODARSTWACH DOMOWYCH OSÓB STARSZYCH
Z UWZGLĘDNIENIEM WYBRANYCH CECH
SOCJODEMOGRAFICZNYCH**

Streszczenie

Podstawowe przyczyny braku bezpieczeństwa żywnościowego w gospodarstwach domowych osób starszych związane są z ubóstwem, polityką społeczną i dochodami. Celem pracy była ocena w aspekcie ekonomicznym bezpieczeństwa żywnościowego w gospodarstwach domowych osób starszych z uwzględnieniem wybranych cech socjodemograficznych. W badaniach zastosowano autorski kwestionariusz ankiety. Ponad 25 % badanych wyraziło opinię, że w ich gospodarstwach domowych brakowało żywności lub występowały obawy związane z jej brakiem z powodu ograniczonych środków finansowych. Płeć i wiek nie były czynnikami statystycznie istotnie różnicującymi taką opinię (zgodnie z testem χ^2), ale w ramach analizy MCA (*Multiple Correspondence Analysis*) wykazano związek między tą opinią a wiekiem badanych (75 lat i więcej). Z kolei miejsce zamieszkania, wykształcenie i skład osobowy gospodarstwa domowego respondentów to cechy socjodemograficzne, które statystycznie istotnie różnicowały powyższą opinię badanych (test χ^2). Ponadto na podstawie analizy MCA wykazano związek między: zamieszkaniem na wsi, wykształceniem podstawowym oraz zamieszkaniem bez partnera, ale z rodziną a opinią o braku bezpieczeństwa żywnościowego. Zapewnienie bezpieczeństwa żywnościowego w gospodarstwach domowych osób starszych wymaga opracowania strategii pomocy państwowej i społecznej.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo żywnościowe, osoby starsze, badania ankietowe, cechy socjodemograficzne

Wprowadzenie

Jednym z praw przysługujących konsumentowi jest prawo do zaspokojenia podstawowych potrzeb, do których zalicza się potrzeby żywieniowe. Zagwarantowanie prawa do tego rodzaju potrzeb wymaga bezpieczeństwa żywnościowego [2]. Obecnie

Dr inż. R. Gajda, Katedra Żywienia Człowieka, Wydz. Biotechnologii i Nauk o Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Norwida 25, 50-375 Wrocław, prof. dr hab. D. Kołożyn-Krajewska, Katedra Dietetyki i Badań Żywności, Wydz. Nauk Ścisłych, Przyrodniczych i Technicznych, Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy im. J. Długosza w Częstochowie, ul. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa. Kontakt: robert.gajda@upwr.edu.pl

w literaturze funkcjonuje wiele definicji bezpieczeństwa żywnościowego [15, 22], jednak najczęściej cytowana jest definicja FAO [15], według której „bezpieczeństwo żywnościowe zachodzi wówczas, gdy wszyscy ludzie, w dowolnym czasie mają fizyczny i ekonomiczny dostęp do żywności, która jest bezpieczna pod względem zdrowotnym i zawiera optymalną ilość składników odżywczych, ponadto zaspokaja potrzeby pokarmowe i preferencje pozwalające na aktywny i zdrowy styl życia”. Zgodnie z tą definicją bezpieczeństwo żywnościowe jest zapewnione wówczas, gdy są spełnione co najmniej trzy warunki jednocześnie [17]:

- jakość produktu żywnościowego, tj. dostęp do bezpiecznej żywności oraz zawierającej niezbędny poziom energii i właściwe proporcje składników odżywczych;
- fizyczna dostępność żywności, czyli zagwarantowanie minimalnego zapotrzebowania fizjologicznego na żywność przez gospodarkę krajową;
- ekonomiczna dostępność dla gospodarstw domowych – ten rodzaj bezpieczeństwa żywnościowego jest zapewniony wówczas, gdy konsument dysponuje siłą nabywczą, która pozwala mu na zakup niezbędnych towarów i usług żywieniowych lub będzie miał dostęp do niezbędnej żywności dzięki różnym formom pomocy żywnościowej.

Uwzględniając różne definicje i koncepcje, bezpieczeństwo żywnościowe można ująć co najmniej w trzech płaszczyznach, tj. globalnej, narodowej i gospodarstwa domowego (a w nim każdego członka tego gospodarstwa) i jest determinowane przez różne warunki (wymiary) tego bezpieczeństwa, tj. dostępność fizyczną żywności, dostępność ekonomiczną żywności, społeczny dostęp do żywności czy bezpieczeństwo żywności [9, 15, 18].

Jedną z podstaw prawidłowego funkcjonowania społeczeństwa jest zapewnienie mu bezpieczeństwa żywnościowego we wszystkich jego wymiarach, w tym zwłaszcza w wymiarze ekonomicznym [15]. Niezbędnym kryterium ekonomicznej dostępności żywności jest siła nabywcza konsumentów. Tę siłę nabywczą konsumenta na rynku żywności wyznaczają: jego dochód, ceny żywności oraz ceny pozostałych dóbr i usług [17]. Biorąc pod uwagę ekonomiczną dostępność, należy odnieść się do jednego z najbardziej adekwatnych mierników spożycia żywności – udziału wydatków na żywność w wydatkach ogółem, który przesądza również o możliwościach realizacji innych potrzeb [2]. Z raportu GUS z 2017 roku [13] wynika, że w gospodarstwach domowych emerytów i rencistów udział wydatków na żywność i napoje w ogólnych wydatkach był wyższy niż w gospodarstwach domowych w Polsce w 2016 roku i wynosił odpowiednio: 26,7 i 24,2 %. Na podstawie wielu badań dowiedziono, że w gospodarstwach domowych osób starszych, z różnych przyczyn i w różnym stopniu, występuje zagrożenie brakiem bezpieczeństwa żywnościowego [10, 12, 16, 23, 24, 27]. Podstawowe powody braku bezpieczeństwa żywnościowego w gospodarstwach domowych osób starszych związane są z ubóstwem, polityką społeczną i dochodami. Wykazano, że

publiczne i prywatne emerytury ograniczają bezpieczeństwo żywnościowe w wieku starszym [16].

Celem pracy była ocena w aspekcie ekonomicznym bezpieczeństwa żywnościowego w gospodarstwach domowych osób starszych z uwzględnieniem wybranych cech socjodemograficznych.

Material i metody badań

Badania zostały zrealizowane w okresie od października 2018 r. do marca 2019 r. wśród osób starszych w wieku 65 lat i więcej. Grupę populacyjną stanowiło 762 seniorów, w tym 445 z województwa świętokrzyskiego i 317 z województwa śląskiego. Szczegółową charakterystykę badanej grupy pod względem socjodemograficznym przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1. Charakterystyka socjodemograficzna badanej grupy populacyjnej osób starszych [%]

Table 1. Socio-demographic profile of the surveyed population group of the elderly people [%]

Cechy populacji Population features	Ogółem Total	Województwo zamieszkania Province of residence	
		świętokrzyskie Holy Cross	śląskie Silesian
N	762	445	317
Płeć / Gender			
Kobieta / Woman	69,3	70,3	67,8
Mężczyzna / Man	30,7	29,7	32,2
Wiek / Age			
65 - 74 lata / years old	69,8	69,0	71,0
75 lat i więcej / years and older	30,2	31,0	29,0
Miejsce zamieszkania / Place of residence			
Wieś / Village	32,1	41,3	19,2
Miasto / City ≤ 100 000 mieszkańców / inhabitants	16,1	20,0	9,5
Miasto / City > 100 000 mieszkańców / inhabitants	51,8	37,7*	71,3
Wykształcenie / Education			
Podstawowe / Primary	15,2	19,1	9,8
Zasadnicze zawodowe / Vocational	25,8	26,0	25,5
Średnie / Secondary	34,4	29,7*	41,0
Wyższe / Higher	24,6	25,2*	23,7
Skład osobowy gospodarstwa domowego Structure of people living in household			
Mieszkam sam / I live alone	31,1	27,6	36,0
Mieszkam z partnerem / I live with a partner	39,4	37,8	41,6
Mieszkam z partnerem i z rodziną I live with my partner and my family	17,8	20,4*	14,2
Mieszkam z rodziną bez partnera I live with my family, without a partner	11,7	14,2*	8,2

Objaśnienia / Explanatory notes:

(*) – różnice statystycznie istotne między kategoriami cech populacji a województwem zamieszkania (test χ^2 , $p \leq 0,005$) / Statistically significant differences between categories of population features and voivodship of residence (test χ^2 , $p \leq 0.005$).

Badania przeprowadzono z użyciem autorskiego kwestionariusza ankiety. Dobór badanej próby został dokonany metodą kuli śnieżnej. Jest to metoda nielosowego doboru próby polegająca na rekrutowaniu respondentów przez innych ankietowanych. Rozdano 1150 kwestionariuszy ankiety wśród wszystkich osób, które wyraziły zgodę na badanie w dziewięciu Klubach Seniora w Kielcach, w dwóch klubach seniora w Częstochowie, w Stowarzyszeniu Emerytów i Rencistów w Częstochowie, w jednym Klubie Seniora w Sandomierzu oraz w czterech Kołach Gospodyń Wiejskich, w tym w trzech w powiecie kieleckim i w jednym – w powiecie częstochowskim. Jednocześnie poproszono wszystkich ankietowanych o przeprowadzenie badania (rozdanie i zebranie ankiet) wśród wszystkich chętnych z ich rodzin i środowiska zamieszkania, którzy spełniali kryterium wiekowe. W efekcie przeprowadzonych badań zebrano 798 ankiet. Po weryfikacji poprawności wypełnionych kwestionariuszy do badań zakwalifikowano 762 ankiety. Kryterium włączenia do badań był wiek respondentów – 65 lat i więcej oraz reprezentowanie przez każdego uczestnika jednego gospodarstwa domowego, czyli 762 gospodarstwa domowe osób starszych zakwalifikowano do badań.

Ankieta zawierała pytania dotyczące możliwości realizacji potrzeb żywieniowych w czasie miesiąca poprzedzającego badania w aspekcie finansowym (ekonomicznym). Odpowiedzi do pytań przedstawiono na skalach nominalnych (dychotomicznych) – „tak/nie”. W celu określenia uwarunkowań realizacji potrzeb żywieniowych zapytano o wybrane cechy socjodemograficzne badanych, tj. o płeć, wiek, miejsce zamieszkania, wykształcenie oraz skład osobowy gospodarstwa domowego.

Do opisu struktury populacji w ramach analizy statystycznej posłużono się liczebnościami i odsetkami osób charakteryzujących się daną cechą. Do porównania jakościowych kategorii zmiennych na skalach nominalnych oraz wyznaczenia różnic statystycznie istotnych między tymi kategoriami zastosowano test χ^2 .

Do identyfikacji struktury powiązań między zmiennymi jakościowymi zastosowano wielowymiarową analizę korespondencji – MCA (*Multiple Correspondence Analysis*). W celu jednoczesnej analizy wielu zmiennych nominalnych, tj. opisujących możliwość realizacji potrzeb żywieniowych oraz zmiennych – wybranych cech socjodemograficznych badanej grupy populacyjnej, zastosowano macierz Burta [26]. Za kryterium wyboru liczby wymiarów przestrzeni rzutowania kategorii zmiennych przyjęto skumulowany procent bezwładności oraz kryterium osypiska [26]. Do przedstawienia graficznej kategorii zmiennych zastosowano rzut dwuwymiarowy. W celu interpretacji otrzymanych wyników dokonano oceny położenia punktów obrazujących zmienne – cechy socjodemograficzne względem wartości, tj. zmiennych opisujących możliwość realizacji potrzeb żywieniowych.

Wyniki i dyskusja

Większość badań na temat wpływu różnych czynników na bezpieczeństwo żywnościowe w gospodarstwach domowych lub w obrębie jednostki przeprowadzono w Stanach Zjednoczonych i w Kanadzie, a w mniejszym stopniu we Francji i w Australii [3]. Niektóre z tych badań dotyczyły populacji charakteryzujących się niskimi dochodami [3]. Wpływ takich czynników ekonomicznych, jak dochód lub zasoby środków finansowych na poziom bezpieczeństwa żywnościowego w gospodarstwach domowych wykazano w wielu badaniach [10, 12, 16, 20, 27]. Tarasuk i wsp. [27] wykazali, że niepewny lub nieodpowiedni dostęp do żywności w gospodarstwach domowych ze względu na ograniczone środki finansowe w różnych krajach rozwiniętych jest coraz większy.

W badaniach własnych ponad 25 % respondentów zaznaczyło, że w ich gospodarstwach domowych w ciągu ostatniego miesiąca przed badaniami brakowało żywności lub występowały obawy związane z jej brakiem z powodu ograniczonych środków finansowych (tab. 2). Przy zastosowaniu różnych metod oceny braku bezpieczeństwa żywnościowego w gospodarstwach domowych, w tym w gospodarstwach domowych osób starszych, wykazano brak tego bezpieczeństwa w badaniach innych autorów [10, 12, 27]. Kanada jest dobrym przykładem państwa, w którym występuje stosunkowo niskie ryzyko braku bezpieczeństwa żywności w gospodarstwach domowych osób starszych. Jak podają McIntyre i wsp. [19], publiczne emerytury zostały zapewnione Kanadyjczykom w wieku 65 lat w taki sposób, aby chronić ich przed ryzykiem braku bezpieczeństwa żywnościowego. Leroux i wsp. [16] opublikowali w 2018 roku dane, według których tylko 2,4 % Kanadyjczyków w starszym wieku jest umiarkowanie lub poważnie zagrożonych brakiem bezpieczeństwa żywnościowego.

Darmon i Caillavet [3] oraz Leroux i wsp. [16] stwierdzili, że płeć i wiek to czynniki socjodemograficzne, które nie różnicują osób starszych pod względem bezpieczeństwa żywnościowego [3, 16]. W badaniach własnych również nie dowiedziono statystycznie istotnego zróżnicowania (test χ^2) opinii ze względu na płeć i wiek na temat braku żywności lub obaw związanych z jej brakiem z powodu ograniczonych środków finansowych w gospodarstwach domowych osób starszych (tab. 2). Na podstawie wielowymiarowej analizy korespondencji (MCA) wykazano jednak związek między taką opinią a wiekiem 75 lat i więcej oraz związek między brakiem takiej opinii a wiekiem 65 - 74 lata i płcią żeńską (rys. 1).

Czynniki socjodemograficzne mające wpływ na poziom bezpieczeństwa żywnościowego w gospodarstwach domowych, takie jak miejsce zamieszkania, wykształcenie czy struktura gospodarstwa domowego wykazali Gregório i wsp. [10], Haro-Mota i wsp. [12] oraz Tarasuk i wsp. [27]. Również w badaniach własnych wykazano

Tabela 2. Opinie na temat bezpieczeństwa żywnościowego w gospodarstwach domowych osób starszych z uwzględnieniem wybranych cech socjodemograficznych [% odpowiedzi]

Table 2. Opinion on food security in households of the elderly people including selected socio-demographic features [% of answers]

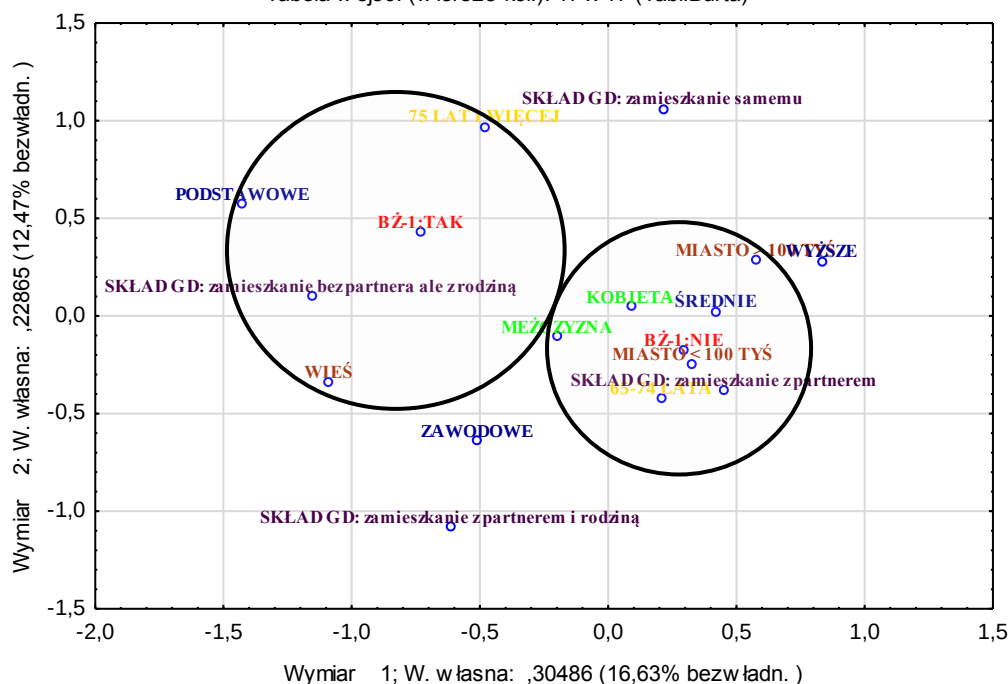
Cechy socjodemograficzne Population features	Ogółem Total	Ocena w skali dychotomicznej Dichotomous score	
		BŻ-1 tak / yes	BŻ-1 nie / no
N	762	219	543
Ogółem / Total	100	28,7	71,3
Płeć / Gender			
Kobieta / Woman	69,3	27,8	72,2
Mężczyzna / Man	30,7	30,8	69,2
Wiek / Age			
65 - 74 lata / years old	69,8	26,9	73,1
75 lat i więcej / years and older	30,2	33,0	67,0
Miejsce zamieszkania / Place of residence			
Wieś / Village	32,1	38,4 ^{IS}	61,6
Miasto / City ≤ 100 000 mieszkańców / inhabitants	16,1	26,8	73,2
Miasto / City > 100 000 mieszkańców / inhabitants	51,8	23,4*	76,6
Wykształcenie / Education			
Podstawowe / Primary	15,2	53,5 ^{IS}	46,5
Zasadnicze zawodowe / Vocational	25,8	33,0	67,0
Średnie / Secondary	34,4	26,7*	73,3
Wyższe / Higher	24,6	11,8*	88,2
Skład osobowy gospodarstwa domowego Structure of people living in household			
Mieszkam sam / I live alone	31,1	36,7 ^{IS}	63,3
Mieszkam z partnerem / I live with a partner	39,4	21,3	78,7
Mieszkam z partnerem i z rodziną I live with my partner and my family	17,8	25,7*	74,3
Mieszkam z rodziną bez partnera I live with my family, without a partner	11,7	37,1*	62,9

Objaśnienia / Explanatory notes:

BŻ-1 tak – brak żywności lub obawy związane z jej brakiem (w ciągu miesiąca poprzedzającego badania) z powodu ograniczonych środków finansowych / BŻ-1 yes – food shortage or concern about food shortage (during the month prior to survey) due to limited financial means; BŻ-1 nie – nie wskazano braku żywności lub obaw związanych z jej brakiem (w ciągu miesiąca poprzedzającego badania) z powodu ograniczonych środków finansowych / BŻ-1 no – neither food shortage nor concerns about food shortage were pointed out (during the month prior to survey); (*) – różnice statystycznie istotne między kategoriami cech socjodemograficznych badanych dla odpowiedzi „brak żywności lub obawy związane z jej brakiem (co najmniej raz w miesiącu) z powodu braku środków finansowych” (test χ^2 , $p \leq 0,005$) / statistically significant differences between the categories of socio-demographic features surveyed as regards the response „food shortage or concern about food (at least once a month) due to lack of financial means” (test χ^2 , $p \leq 0.005$).

Wykres 2W w spórzędnych kolumn; w ymiar 1 x 2

Tabela w ejśc. (w iersze*kol.): 17 x 17 (Tabl.Burta)



Objaśnienia czynników socjodemograficznych jak w tab. 1. / Explanations of socio-demographic features as in Tab. 1.

Rys. 1. Struktura związku między czynnikiem opisującym możliwość zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego w gospodarstwach domowych osób starszych (BŻ-1 tak; BŻ-1 nie) a ich wybranymi cechami socjodemograficznymi

Fig. 1. Structure of correlation between factor describing the possibility of ensuring food safety in households of the elderly people (BŻ-1 yes; BŻ-1 no) and their selected socio-demographic features

zarówno statystycznie istotne zróżnicowanie odsetka opinii (test χ^2) na temat braku bezpieczeństwa żywnościowego w gospodarstwach osób starszych z powodu ograniczonych środków finansowych, po uwzględnieniu miejsca zamieszkania, wykształcenia i składu osobowego gospodarstwa domowego tych osób (tab. 2). Wykazano także związek (MCA) między taką opinią a zamieszkaniami na wsi, wykształceniem podstawowym, zamieszkaniami bez partnera, ale z rodziną (rys. 1). Z analizy tych zależności (tab. 2) wynika, że statystycznie istotnie częściej brak żywności lub obawy związane z jej brakiem z powodów ograniczonych środków finansowych dotyczyły osób starszych na wsi niż w mieście, przy czym wielkość miasta wpływała na odsetek takich opinii, gdyż badani z miast powyżej 100 tysięcy mieszkańców rzadziej deklarowali

brak żywności lub obawy związane z jej brakiem niż mieszkańcy miast 100-tysięcznych lub mniejszych.

Z Raportu Światowej Organizacji ds. Rolnictwa i Wyżywienia (FAO) wynika, że życie na obszarach wiejskich jest czynnikiem ryzyka zagrażającym bezpieczeństwu żywnościowemu. Stwierdzono, że szczególnie populacje stref obszarów wiejskich krajów rozwijających się stanowią wysoki odsetek ludzi cierpiących głód [7]. W badaniach meksykańskich wykazano większe rozpowszechnienie braku bezpieczeństwa żywnościowego w regionach wiejskich niż miejskich [12, 21], a odsetek gospodarstw domowych na obszarach wiejskich z brakiem gwarancji bezpieczeństwa żywnościowego w latach 2012 - 2016 wynosił średnio aż 78 % [21].

Wykazano również, że wraz ze wzrostem wykształcenia odsetek badanych deklarujących brak żywności lub obawy związane z jej brakiem z powodu ograniczonych środków finansowych statystycznie istotnie zmniejszał się (tab. 2).

Ponadto na podstawie analizy MCA wykazano związek między wykształceniem średnim i wyższym a opinią, że w gospodarstwach domowych osób starszych z minimum średnim wykształceniem nie występuje brak żywności lub obawy związane z jej brakiem z powodu ograniczonych środków finansowych. Wzrost poziomu wykształcenia jest skorelowany w większym stopniu z dostępnością żywności, również pod względem ekonomicznym, na co wskazują wyniki badań amerykańskich [4, 11, 25], francuskich [1], portugalskich [5] oraz meksykańskich [12, 20].

Sytuacja braku bezpieczeństwa żywnościowego występuje przede wszystkim w gospodarstwach domowych z większą liczbą osób, w wieku powyżej 64 lat, na co wskazują Haro-Mota i wsp. [12]. W niniejszych badaniach wykazano, że statystycznie istotnie większy odsetek osób mieszkających samotnie lub mieszkających z rodziną deklarował brak żywności lub obawy związane z jej brakiem z powodu ograniczonych środków finansowych (tab. 2). Ponadto na podstawie analizy MCA wykazano związek między taką deklaracją a zamieszkaniem bez partnera i z rodziną. Porównywalne rezultaty opublikowali w 2018 roku Leroux i wsp. [16]. Wynika z nich, że brak bezpieczeństwa żywnościowego jest najbardziej rozpowszechniony wśród starszych mieszkających samotnie lub z osobami innymi niż ich partnerzy.

Wnioski

1. Ponad 25 % badanej populacji osób starszych deklarowało brak żywności lub obawy związane z jej brakiem z powodu ograniczonych środków finansowych w ich gospodarstwach domowych.
2. Cechy socjodemograficzne, takie jak miejsce zamieszkania, wykształcenie i struktura gospodarstwa domowego były czynnikami statystycznie istotnie różnicującymi opinię o braku bezpieczeństwa żywnościowego w gospodarstwach domowych

- badanej grupy osób starszych, natomiast płeć i wiek to cechy, które nie wpływały na zróżnicowanie opinii.
3. Na podstawie analizy MCA wykazano związek między brakiem bezpieczeństwa żywnościowego w gospodarstwach domowych osób starszych a takimi cechami socjodemograficznymi, jak: wiek 75 lat i więcej, zamieszkanie na wsi, wykształcenie podstawowe, a pod względem składu osobowego gospodarstwa domowego – zamieszkanie bez partnera, ale z rodziną.
 4. Stosunkowo wysokie ryzyko braku bezpieczeństwa żywnościowego w gospodarstwach domowych osób starszych w badanych regionach Polski z powodu ograniczonych środków finansowych wymaga strategii wsparcia społecznego i państwowego w celu jego redukcji.

Literatura

- [1] Bocquier A., Vieux F., Lioret S., Dubuisson C., Caillavet F., Darmon N.: Socio-economic characteristics, living conditions and diet quality are associated with food insecurity in France. *Public Health Nutrition*, 2015, 18, 2952-2961.
- [2] Dąbrowska A., Ozimek I.: Bezpieczeństwo żywnościowe konsumentów w Polsce – wybrane aspekty. *Handel Wewnętrzny*, 2014, 4 (351), 55-69.
- [3] Darmon N., Caillavet F.: Food Insecurity: Determinants and impacts. In: *Sustainable Nutrition in a Changing World*. Eds. H.K. Biesalski, A. Drewnowski, J.T. Dwyer, J.J. Strain, P. Weber, M. Eggersdorfer. Springer Int. Publ., Cham, Switzerland, 2017, pp. 125-141.
- [4] Dean W.R., Sharkey J.R., Johnson C.M.: Food insecurity is associated with social capital, perceived personal disparity, and partnership status among older and senior adults in a largely rural area of central Texas. *J. Nutr. Gerontol. Geriat.*, 2011, 30, 169-186.
- [5] Donini L.M., Scardella P., Piombo L., Neri B., Asprino R., Proietti A.R., Morrone A.: Malnutrition in elderly: Social and economic determinants. *J. Nutr., Health Aging*, 2013, 17 (1), 9-15.
- [6] Emery J.H., Fleisch V., McIntyre L.: How a guaranteed annual income could put food banks out of business. *The School of Public Policy*, 2013, 6 (37), 1-24.
- [7] Fonseca-Centeno Z.Y., Álvarez-Urbe M.C., Estrada-Restrepo A.: Caracterización de los hogares colombianos en inseguridad alimentaria según calidad de vida. *Rev. Salud Pública*, 2010, 12, 877-888.
- [8] Ganhão-Arranhado S., Paúl C., Ramalho R., Pereira P.: Food insecurity, weight and nutritional status among older adults attending senior centres in Lisbon. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 2018, 78, 81-88.
- [9] Gawęcki J.: Pojęcie bezpieczeństwa żywności i żywienia. W: *Bezpieczeństwo żywności i żywienia*. Red. J. Gawęcki, Z. Krejpcio. Wyd. UP w Poznaniu, Poznań 2014.
- [10] Gregório M.J., Rodrigues A.M., Graça P., de Sousa R.D., Dias S.S., Branco J.C., Ganhão H.: Food insecurity is associated with low adherence to the Mediterranean diet and adverse health conditions in Portuguese adults. *Frontiers in Public Health*, 2018, 6 (38), 1-9.
- [11] Guo B.: Household assets and food security: Evidence from the Survey of Program Dynamics. *J. Family Econ. Issues*, 2011, 32, 98-110.

- [12] Haro-Mota R., Marcelaño-Flores S., Bojórquez-Serrano J.I., Nájera-González O.: La inseguridad alimentaria en El estado de Nayarit, México, y su asociación con factores socioeconómicos. *Salud Publica Mex.*, 2016, 58, 421-427.
- [13] Informacja o sytuacji osób starszych w Polsce za rok 2017. [on line]. Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej. Dostęp w Internecie [29.07.2019]: <https://www.gov.pl/attachment/27f34fef-798d-47d5-8921-adb4a0b74595>.
- [14] Kamiński W.: *Polityka i organizacja żywienia ludności*. PWE, Warszawa 1980.
- [15] Kraciuk J.: Bezpieczeństwo żywnościowe krajów Unii Europejskiej. *Rocz. Nauk. Stow. Ekonom. Roln. Agrobiz.*, 2017, XIX (3), 150-155.
- [16] Leroux J., Morrison K., Rosenberg M.: Prevalence and predictors of food insecurity among older people in Canada. *Int. J. Envir. Res. Public Health*, 2018, 15, 2511-2518.
- [17] Małysz J.: *Bezpieczeństwo żywnościowe. Strategiczna potrzeba ludzkości*. PWN, Warszawa 1991.
- [18] Małysz J.: *Bezpieczeństwo żywnościowe strategiczną potrzebą ludzkości*. Almamater. Warszawa 2008.
- [19] McIntyre L., Dutton D., Kwok C., Emery J.: Reduction of food insecurity in low-income Canadian seniors as a likely impact of a guaranteed annual income. *Canadian Public Policy*, 2016, 42, 274-286.
- [20] Mundo-Rosas V., Méndez-Gómez Humarán I., Shamah-Lexy T.: Caracterización de los hogares mexicanos en inseguridad alimentaria. *Salud Publica Mex.*, 2014, 56 (supl. 1), 12-20.
- [21] Mundo-Rosas V., Vizuet-Vega N.I., Martínez-Domínguez J., Morales-Ruán C., Pérez-Escamilla R., Shamah-Lexy T.: Evolución de la inseguridad alimentaria en los hogares mexicanos: 2012-2016. *Salud Publica Mex.*, 2018, 60 (3), 309-318.
- [22] Michalczyk J.: Bezpieczeństwo żywnościowe z perspektywy państw Unii Europejskiej. *Ekonomia Międzynarodowa*, 2019, 25, 18-44.
- [23] Nord M., Coleman-Jensen A., Andrews M., Carleson S.: *Household Food Security in the United States*, 2009. US Department of Agriculture, Washington, DC, USA, 2010.
- [24] Russell J., Flood V., Yeatman H., Mitchell P.: Prevalence and risk factors of food insecurity among a cohort of older Australians. *J. Nutr. Health Aging*, 2014, 18, 3-8.
- [25] Sharkey J.R., Dean W.R., Nalty C.C.: Child hunger and the protective effects of Supplemental Nutrition Assistance Program (SNAP) and alternative food sources among Mexican-origin families in Texas border colonias. *BMC Pediatrics*, 2013, 13, 143.
- [26] Stanisław A.: *Przystępny kurs statystyki. Tom 3. Analizy wielowymiarowe*. Wyd. StatSoft, Kraków 2007.
- [27] Tarasuk V., Fafard St-Germain A.A., Mitchell A.: Geographic and socio-demographic predictors of household food insecurity in Canada, 2011-2012. *BMC Public Health*, 2019, 19, 12-24.

ECONOMIC ASPECT OF FOOD SECURITY IN HOUSEHOLDS OF THE ELDERLY PEOPLE INCLUDING SELECTED SOCIO-DEMOGRAPHIC FEATURES

S u m m a r y

The major reasons of food insecurity in households of the elderly people are linked with poverty, social policy and incomes. The objective of the research study was to assess the food security in the households of the elderly people in terms of the economic aspect including some selected socio-demographic features. The research study was based on the author's own survey questionnaire. More than 25 % of the surveyed expressed an opinion that the food shortage was present in their households or there were con-

cerns resulting from their limited financial means. Gender and age were not the factors to statistically significantly differentiate that opinion (in line with the χ^2 test), however the results of MCA (Multiple Correspondence Analysis) proved a correlation to exist between that opinion and the age of the respondents (75 and older). In turn, the place of residence, education and structure of people living together with the respondents in the same households were socio-demographic features that statistically significantly differentiated the above opinion of the respondents (χ^2). Moreover, based on the results of MCA, a correlation was proved to exist between the place of residence in a village, primary education, living without a partner, but with a family, and the opinion about the food insecurity. In order to ensure food security in the households of the elderly people, it is necessary to develop a state-provided and social assistance strategy.

Key words: food security, elderly people, survey research, socio-demographic features 

KATARZYNA NEFFE-SKOCIŃSKA, MARZENA TOMASZEWSKA,
BEATA BILSKA, DANUTA KOŁOŻYN-KRAJEWSKA

ZACHOWANIA STARSZYCH KONSUMENTÓW WOBEC ZJAWISKA MARNOTRAWSTWA ŻYWNOSCI

Streszczenie

Celem pracy była ocena zachowań starszych konsumentów wobec zjawiska marnotrawstwa żywności i ocena znajomości informacji umieszczanych na opakowaniach produktów spożywczych.

Badania ankietowe wykonano metodą CAPI (*Computer Assisted Personal Interview*). Wzięło w nich udział 1115 respondentów, z czego 51,1 % stanowiły kobiety, a 48,9 % – mężczyźni. Grupa osób w wieku powyżej 60 lat stanowiła 27,4 % badanych konsumentów ($n = 305$). W kwestionariuszu sformułowano pytania dotyczące sześciu aspektów tematycznych: 1) struktury marnowanej żywności w gospodarstwach domowych, 2) ogólnej znajomości zjawiska marnotrawstwa żywności i źródeł informacji o nim, 3) spożycia żywności po upływie daty minimalnej trwałości, 4) znaczenia zwrotu „najlepiej spożyć przed...”, 5) wskazania różnicy pomiędzy znaczeniem zwrotów „najlepiej spożyć przed...” i „należy spożyć do...”, 6) wskazania produktów oznaczonych zwrotem „najlepiej spożyć przed...”.

Na podstawie badań stwierdzono, że osoby powyżej 60. roku życia mają elementarną wiedzę z zakresu tematyki marnotrawstwa żywności, nieodbiegającą znacząco od pozostałej części społeczeństwa polskiego. Osoby starsze deklarują rzadsze wyrzucanie produktów żywnościowych w porównaniu z pozostałymi grupami wiekowymi. Wszyscy badani respondenci, w tym osoby starsze, wykazują dezorientację w rozumieniu zwrotów „należy spożyć do...” i „najlepiej spożyć przed...” oraz w rozróżnianiu produktów żywnościowych trwałych od łatwo psujących się. Uzyskane wyniki wskazują na słuszność podjętych badań i konieczność ich kontynuacji celem jak najlepszego poznania zachowania konsumentów, w tym także osób starszych, przyczyniających się do marnowania żywności. Istnieje uzasadnione wskazanie do prowadzenia aktywnej polityki publicznej i kampanii edukacyjnych na temat gospodarowania żywnością na poziomie końcowego konsumenta.

Słowa kluczowe: marnowanie żywności, osoby starsze, data minimalnej trwałości, badania ankietowe

Dr inż. K. Neffe-Skocińska, dr inż. M. Tomaszewska, dr inż. B. Bilka, Katedra Technologii Gastronomicznej i Higieny Żywności, Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa, prof. dr hab. D. Kołożyn-Krajewska, Katedra Dietetyki i Badań Żywności, Wydz. Nauk Ścisłych, Przyrodniczych i Technicznych, Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy im. Jana Długosza w Częstochowie, ul. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa. Kontakt: katarzyna_neffe_skocinska@sggw.pl

Wprowadzenie

Pod pojęciem straty i marnotrawstwa żywności rozumie się produkty, które pierwotnie były przeznaczone do spożycia przez ludzi, a zostały wyrzucone lub zniszczone na dowolnym etapie łańcucha żywności – od produkcji po konsumenta [12, 19]. Zespół ekspertów FAO w 2014 roku (*High Level Panel of Experts – HLPE*) rozróżnił dwa pojęcia. Zgodnie z definicją straty żywności odnoszą się do produkcji pierwotnej i przetwórstwa surowców żywnościowych oraz strat spowodowanych ich obrotem. Marnotrawstwo żywności ma natomiast miejsce w końcowych etapach łańcucha żywnościowego, czyli podczas dystrybucji i na poziomie konsumenta końcowego [10, 13]. Z danych przedstawianych w doniesieniach naukowych oraz w raportach wydawanych przez światowe organizacje wynika, że najwięcej żywności marnuje się w gospodarstwach domowych [2, 6, 10, 28]. Zjawisko to jest konsekwencją m.in. braku świadomości członków gospodarstw domowych, zwłaszcza w krajach rozwiniętych, na temat ilości żywności marnowanej każdego dnia, a także negatywnego wpływu tego zjawiska na środowisko, społeczeństwo oraz ekonomię. W krajach rozwiniętych podaż żywności przekracza popyt, a zachodzące zmiany stylu życia większości współczesnych konsumentów nakierowane są na konsumpcjonizm i gromadzenie nadmiaru dóbr materialnych [3].

Zjawisko marnowania żywności na poziomie gospodarstwa domowego może się różnić w zależności od osób go zamieszkujących, a w szczególności od ich wieku i przyzwyczajęń. Jak podają Aschmann i wsp. [2], prowadzenie kampanii edukacyjnych na temat gospodarowania żywnością na poziomie końcowego konsumenta może skutecznie przyczyniać się do zmniejszania marnowania żywności, jeśli są ukierunkowane na najistotniejsze segmenty konsumentów i poruszają zagadnienia związane z głównymi przyczynami wyrzucania żywności. Autorzy zaznaczają, że ważne jest nie tyle zidentyfikowanie nieprawidłowego postępowania danej grupy konsumentów w aspekcie gospodarowania żywnością, ale przede wszystkim wskazywanie właściwego zachowania będącego wzorem do naśladowania.

Ważnym segmentem konsumentów jest grupa osób starszych, których z roku na rok przybywa na świecie. Według prognozy WHO liczba ta od 2009 do 2050 roku wzrośnie odpowiednio z 739 milionów do 2 miliardów [29]. Główny Urząd Statystyczny w Polsce szacuje, że do roku 2050 wystąpi zmniejszenie liczby dzieci i osób w wieku 15 - 60 lat, natomiast wzrośnie liczba osób starszych w wieku emerytalnym (60+/65+). Zgodnie z tymi prognozami w 2030 roku co trzeci Polak będzie miał 60 lat i więcej, a w 2050 roku seniorzy będą stanowili 47 % całego społeczeństwa [11]. Taki trend demograficzny niesie ze sobą wiele zmian na poziomie życia społecznego, odnoszących się m.in. do systemu emerytalnego, opieki nad seniorami czy braku osób młodych do pracy [15].

Z drugiej strony całościowe scharakteryzowanie tej grupy konsumentów stanowi duży problem. Seniorów różni nie tylko wiek, ale również poziom aktywności zawodowej, sytuacja materialna, poziom samodzielności, kondycja psychofizyczna, czy zainteresowania i poglądy [15]. Kwestią dyskusyjną jest granica wieku, od której rozpoczyna się starość. Zgodnie z WHO jest to 60 lat i więcej. Antropolodzy angielscy sugerują wiek 50 lat, niemieccy – 60 lat, natomiast amerykańscy – 75 lat [4, 15]. Z drugiej strony za początek starości można uznać zakończenie kariery zawodowej i przejście na emeryturę, czyli granicę wieku ustalaną prawnie w danym kraju [15, 16]. Pod względem fizjologicznym starość jest natomiast rozumiana jako zjawisko biologiczne związane z obniżeniem wytrzymałości fizycznej, pogorszeniem pamięci, wzroku i innych zmysłów bądź menopauzą i andropauzą [25]. Osoby starsze często nie wiążą pogorszenia stanu zdrowia z niewłaściwymi nawykami żywieniowymi tylko z wiekiem [14].

Celem pracy była ocena zachowań starszych konsumentów wobec zjawiska marnotrawstwa żywności i ocena znajomości informacji umieszczanych na opakowaniach produktów spożywczych.

Materiał i metody badań

Badania realizowano wśród osób stanowiących reprezentatywną ogólnopolską populację, zdefiniowanych pod względem zmiennych demograficznych: płci, wieku i miejsca zamieszkania (wielkość miejscowości i województwo). Szczegółową charakterystykę respondentów przedstawiono w tab. 1. Warstwowanie uwzględniało miejsce zamieszkania i cechy demograficzne osób w podziale na 16 województw, 7 klas wielkości miejscowości, płeć i wiek. Grupa osób w wieku powyżej 60 lat ($n = 305$) stanowiła 27,4 % badanych konsumentów.

Badania ankietowe wykonano metodą CAPI (*Computer Assisted Personal Interview*) polegającą na przeprowadzeniu wywiadu z respondentem przy użyciu urządzenia mobilnego. W kwestionariuszu sformułowano pytania o charakterze jedno- lub wielokrotnego wyboru obejmujące sześć aspektów tematycznych:

- I. Struktura marnowanej żywności w gospodarstwach domowych;
- II. Ogólna znajomość zjawiska marnotrawstwa żywności i źródeł informacji o nim;
- III. Spożycie żywności po upływie daty minimalnej trwałości;
- IV. Znaczenie zwrotu „najlepiej spożyć przed...”;
- V. Wskazanie różnicy pomiędzy znaczeniem zwrotów „najlepiej spożyć przed...” i „należy spożyć do...”;
- VI. Wskazanie produktów oznaczonych zwrotem „najlepiej spożyć przed...”.

Tabela 1. Charakterystyka socjodemograficzna badanej populacji

Table 1. Sociodemographic profile of the population surveyed

Zmienne demograficzne Demographic variables	Udział Percent rate [%]
Płeć / Sex:	
kobieta / woman	51,1
mężczyzna / man	48,9
Wiek [lata] / Age [years]:	
18 - 24	8,3
25 - 34	19,0
35 - 44	18,0
45 - 59	27,4
60 i więcej / 60 and more	27,4
Miejsce zamieszkania / Place of residence:	
wieś / rural areas	38,2
miasto do 50 tys. mieszkańców / city with up to 50 thousand residents	24,8
miasto > 50 - 100 tys. mieszkańców / city with 50 - 100 thousand residents	7,4
miasto > 100 - 200 tys. mieszkańców / city with 100 - 200 thousand residents	9,1
miasto > 200 - 500 tys. mieszkańców / city with 200 - 500 thousand residents	9,0
miasto > 500 tys. mieszkańców / city with more than 500 thousand residents	11,6

Objaśnienia / Explanatory notes:

n = 1115; osoby > 60 lat / people > 60 years: n = 305.

Analizę statystyczną przeprowadzono w programie Statistica 13 (StatSoft). Analizę wpływu cech socjodemograficznych na strukturę marnowania żywności (aspekt I, skala ilościowa, odpowiedzi: od „często” do „nigdy”) przeprowadzono – ze względu na brak normalności rozkładu – testem Manna-Whitneya (płeć) oraz testem Kruskala-Wallisa (wiek i miejsce zamieszkania). W przypadku pozostałych aspektów (II - VI) – ze względu na jakościowy charakter odpowiedzi (pytania jedno- lub wielokrotnego wyboru) – zastosowano test niezależności χ^2 . Testowanie przeprowadzono przy $p \leq 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Pierwszy zakres tematyczny przeprowadzonych badań ankietowych dotyczył określenia struktury marnowanej żywności w polskich gospodarstwach domowych ze szczególnym zwróceniem uwagi na wiek respondentów. Aż 62,9 % respondentów deklaroowało, że z różną częstotliwością (często, czasami, rzadko), ale jednak wyrzuca pieczywo. Na kolejnych pozycjach znalazły się: świeże owoce (57,4 %), pozostałe warzywa, tzw. nietrwałe typu sałata, rzodkiewka, pomidory, ogórki (56,5 %), wędliny (51,6 %), ciasta (48,9 %) oraz produkty przetwórstwa mlecznego, w tym mleko (średnio 45 %). Stwierdzono, że wiek miał wpływ na częstotliwość wyrzucania 8 spośród

Tabela 2. Struktura i częstotliwość marnowanej żywności w gospodarstwach domowych z uwzględnieniem wieku respondentów [% odpowiedzi]

Table 2. Structure and frequency of food waste in households by age of respondents [% of answers]

Rodzaj produktu Kind of foodstuff	Częstotliwość / Frequency		Wpływ wieku Effect of age ($p \leq 0,05$)
	często/czasami/rzadko often/sometimes/rarely	nigdy never	
Pieczywo / Bread	62,9	37,1	0,000
Produkty zbożowe / Cereal products	44,1	55,9	0,000
Ciasta / Cakes	48,9	51,1	0,056
Cukier i zamienniki / Sugar and substitutes	26,2	73,8	0,302
Słodyczne, słone przekąski Sweets, salty snacks	27,7	72,3	0,278
Mleko / Milk	45,9	54,1	0,075
Napoje mleczne / Milk drinks	47,3	52,7	0,134
Śmietana / Dairy cream	46,4	53,6	0,025
Sery twarogowe / Cottage cheeses	44,3	55,7	0,000
Sery podpuszczkowe / Rennet cheeses	41,3	58,7	0,150
Jaja / Eggs	29,9	70,1	0,485
Świeże mięso drobiowe / Fresh poultry meat	30,1	69,9	0,127
Świeże mięso czerwone / Fresh red meat	29,5	70,5	0,145
Świeże ryby / Fresh fishes	30,6	69,4	0,330
Wędliny / Cold cuts	51,6	48,4	0,186
Ryby wędzone / Smoked fishes	32,5	67,5	0,119
Konserwy mięsne i rybne Canned meat and fish	28,9	71,1	0,447
Masło, margaryny itp. / Butter, margarine etc.	23,3	76,7	0,076
Inne tłuszcze / Other fats	22,2	77,8	0,412
Ziemniaki / Potatos	48,0	52,0	0,116
Warzywa korzeniowe / Root vegetables	51,4	48,6	0,018
Pozostałe warzywa / Other vegetables	56,5	43,5	0,120
Świeże owoce / Fresh fruits	57,4	42,6	0,001
Przetwory owocowe i warzywne Fruits and vegetable preserves	32,9	67,1	0,355
Napoje gazowane i niegazowane, soki Carbonated and non-carbonated drinks, juices	27,7	72,3	0,034
Kawa, herbata, kakao / Coffee, tea, cocoa	19,2	80,8	0,074
Koncentraty spożywcze typu instant Instant food concentrates	27,2	72,8	0,089
Ketchup, majonez, musztarda, inne sosy Ketchup, mayonnaise, mustard, other sauces	32,0	68,0	0,070
Nasiona roślin strączkowych / Legume seeds	26,8	73,2	0,042
Przetwory z nasion roślin strączkowych Legume seeds preserves	32,7	67,3	0,107
Dania gotowe schłodzone Chilled ready-to-serve meals	35,5	64,5	0,052
Mrożonki / Frozen foods	30,7	69,3	0,156

32 rodzajów produktów, tj. pieczywa, produktów zbożowych, śmietany, serów twarogowych, warzyw korzeniowych, świeżych owoców, nasion roślin strączkowych oraz napojów (tab. 2).

W przypadku seniorów wykazano, że najczęściej, spośród wszystkich grup wiekowych, zdecydowanie deklarowali niewyrzucanie (odpowiedź „nigdy”) pieczywa, produktów zbożowych, serów twarogowych, świeżych owoców (tab. 3).

Tabela 3. Częstotliwość wyrzucania wybranych rodzajów żywności z uwzględnieniem grupy wiekowej respondentów [% odpowiedzi]

Table 3. Frequency of discarding selected types of food considering age group of respondents [% of answers]

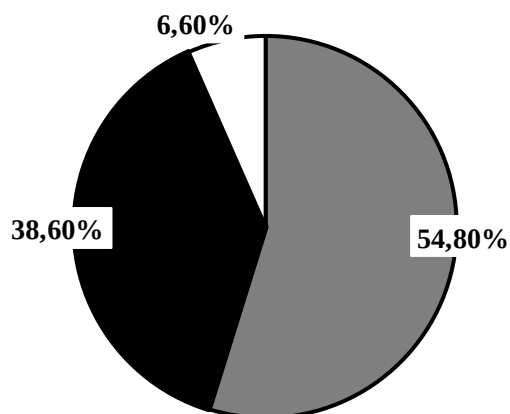
Rodzaj produktu Kind of foodstuff	Częstotliwość Frequency	Wiek [lata] / Age [years]				
		18 - 24	25 - 34	35 - 44	45 - 59	> 60
Pieczywo Bread	często/czasami/rzadko often/sometimes/rarely	72,9	73,9	66,2	63,5	47,1
	nigdy / never	27,1	26,1	33,8	36,5	52,9
Produkty zbożowe Cereal products	często/czasami/rzadko often/sometimes/rarely	38,6	47,2	53,3	44,9	35,4
	nigdy / never	61,4	52,8	46,7	55,1	64,6
Sery twarogowe Cottage cheeses	często/czasami/rzadko often/sometimes/rarely	44,0	47,8	53,1	45,7	33,7
	nigdy / never	56,0	52,2	46,9	54,3	66,3
Świeże owoce Fresh fruits	często/czasami/rzadko often/sometimes/rarely	60,0	57,2	60,0	62,5	49,7
	nigdy / never	40,0	42,8	40,0	37,5	50,3

Drugi aspekt tematyczny przeprowadzonych badań ankietowych dotyczył ogólnej znajomości zjawiska marnotrawstwa żywności i źródeł informacji o nim. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że co drugi respondent spotkał się z tematyką dotyczącą marnowania żywności. Po przeanalizowaniu wpływu cech demograficznych na udzielane odpowiedzi nie stwierdzono statystycznie istotnych zależności z uwagi na wiek badanych konsumentów. Wpływ na udzielane odpowiedzi w tym zakresie tematycznym miały jedynie takie cechy, jak płeć i miejsce zamieszkania (tab. 4). W grupie osób starszych znajomość pojęcia marnotrawstwa żywności wykazało 49,9 % respondentów (rys. 1).

W przypadku pytania dotyczącego źródła informacji respondenci wskazali przede wszystkim telewizję (83,2 %) i internet (34,8 %). Około 20 % odpowiedzi odnosiło się do radia, rodziny/znajomych i prasy. Odpowiedzi dotyczące wydarzeń plenerowych stanowiły tylko 4,6 %. Telewizję jako powszechne źródło informacji wskazało 89,4 % badanych seniorów. Kolejno zaznaczono radio, rodzinę/znajomych oraz prasę. Największy istotny wpływ na udzielone odpowiedzi, szczególnie w odniesieniu do źródeł

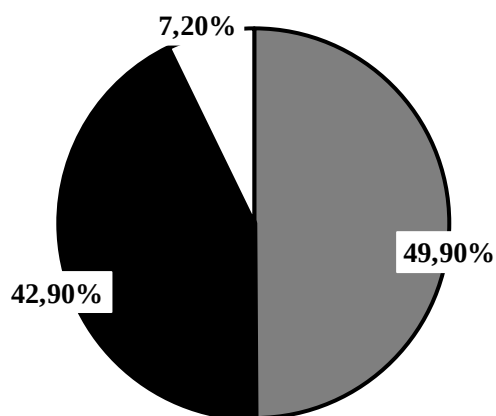
A) Ogół respondentów / All respondents

■ Tak / Yes ■ Nie / No □ Trudno powiedzieć / Hard to say



B) Osoby starsze / Elderly people

■ Tak / Yes ■ Nie / No □ Trudno powiedzieć / Hard to say



Objaśnienia / Explanatory notes:

A) ogół badanej populacji polskiej / surveyed Polish population in total; B) osoby starsze powyżej 60 roku życia / older people aged more than 60.

Rys. 1. Udział procentowy odpowiedzi na pytanie: „Czy spotkał(a) się Pan(i) z tematyką dotyczącą marnowania żywności?”

Fig. 1. Percent rate of answers to the question: “Have you come across a food waste issue?”

informacji, jakimi są: telewizja, internet, rodzina/znajomi oraz prasa stwierdzono w przypadku takich cech socjodemograficznych, jak wiek i miejsce zamieszkania. Płeć nie miała statystycznie istotnego wpływu, natomiast w przypadku wykształcenia zależność zauważono tylko w przypadku udzielonych odpowiedzi „prasa” (tab. 4).

Tabela 4. Wpływ cech socjodemograficznych respondentów na udzielone odpowiedzi
Table 4. Effect of sociodemographic characteristics of the respondents on responses given

Numer tematyki badawczej Number of research topic	Zadane pytanie Asked question	Cecha metryczkowa (wartość p) Metric feature (p value)		
		płeć / sex	wiek / age	miejsce zamieszkania place of residence
II	a) Czy spotkał(a) się Pan(i) z tematyką dotyczącą marnowania żywności? (tak/nie) a) Have you come across the issue of food waste? (yes/no)	0,019	0,329	0,012
	b) Z jakich źródeł czerpał(a) Pan(i) informacje na temat marnowania żywności? b) What are the sources you have got information on food waste?	1: 0,701 2: 0,189 3: 0,328 4: 0,604 5: 0,412 6: 0,110	1: 0,032 2: 0,012 3: 0,036 4: 0,409 5: 0,000 6: 0,392	1: 0,000 2: 0,016 3: 0,000 4: 0,110 5: 0,005 6: 0,239
III	Czy spożywa Pan(i) żywność po upływie daty ważności? Do you consume food after the expiration date?	0,000	0,086	0,000
IV	Co Pana(i) zdaniem oznacza „najlepiej spożyć przed...” What does the “best before...” phrase mean?	1: 0,663 2: 0,005 3: 0,475 4: 0,582	1: 0,633 2: 0,153 3: 0,622 4: 0,066	1: 0,242 2: 0,541 3: 0,362 4: 0,004
V	Czy Pana(i) zdaniem informacja na opakowaniu „należy spożyć do...” i „najlepiej spożyć przed...” oznaczają to samo? Do you think the information on the packaging “used by...” and “best before...” mean the same?	0,056	0,473	0,008
VI	Proszę wskazać produkty, na których umieszczony jest zwrot „najlepiej spożyć przed...” Please indicate the products with “best before...” phrase placed thereon	1: 0,007 2: 0,136 3: 0,252 4: 0,781 5: 0,020 6: 0,527	1: 0,188 2: 0,501 3: 0,992 4: 0,964 5: 0,953 6: 0,102	1: 0,009 2: 0,000 3: 0,000 4: 0,000 5: 0,002 6: 0,000

Objaśnienia / Explanatory notes:

Odpowiedzi do pytań / Answers to questions: IIa: tak/nie / yes/no; IIb: 1 – TV, 2 – internet, 3 – radio, 4 – rodzina/znajomi / family/friends, 5 – prasa / press, 6 – wydarzenia plenerowe / outdoor events; III: tak/nie / yes/no; IV: 1 – data, po upływie której produkt staje się niebezpieczny dla zdrowia konsumenta / a date after which the product becomes dangerous to the consumer's health; 2 – data, po upływie której produkt traci walory jakościowe / a date after which the product loses its quality parameters; 3 – data, po upływie której produkt nie może być sprzedawany / a date after which the product cannot be sold; 4 – data, po upływie której można spożywać produkt / a date after which the product can be consumed; 5 – nie wiem / I don't know; V: tak/nie / yes/no; VI: 1 – jogurty, maślanki itp. / yogurt, buttermilk, etc.; 2 – kasza / groats; 3 – mąka / flour; 4 – wędliny / cold cuts 5 – kukurydza w puszcze / canned corn; 6 – jaja / eggs; 7 – nie wiem / I don't know; ($p \leq 0,05$) / ($p \leq 0.05$).

Grupa osób starszych nie odbiegała znacząco od pozostałej badanej części populacji za wyjątkiem wskazania na internetowe źródła wiedzy (tylko 11,15 %). Tomczyk [27] oraz Zalega [30] uważają, że ludzie w wieku poprodukcyjnym cierpią z powodu zmniejszonej umiejętności adaptacji do egzystowania przy postępujących zmianach społecznych. Jedną z wielu zmian jest obecność nowych mediów, których znajomość w coraz większym stopniu determinuje funkcjonowanie w społeczeństwie. Technologie cyfrowe stały się elementem strategicznym w życiu współczesnych społeczeństw, gdyż pozwalają na zaspokojenie różnych potrzeb ludzkich. Brak podstawowych kompetencji z dziedziny obsługi nowych mediów spycha często osoby starsze na margines społeczny.

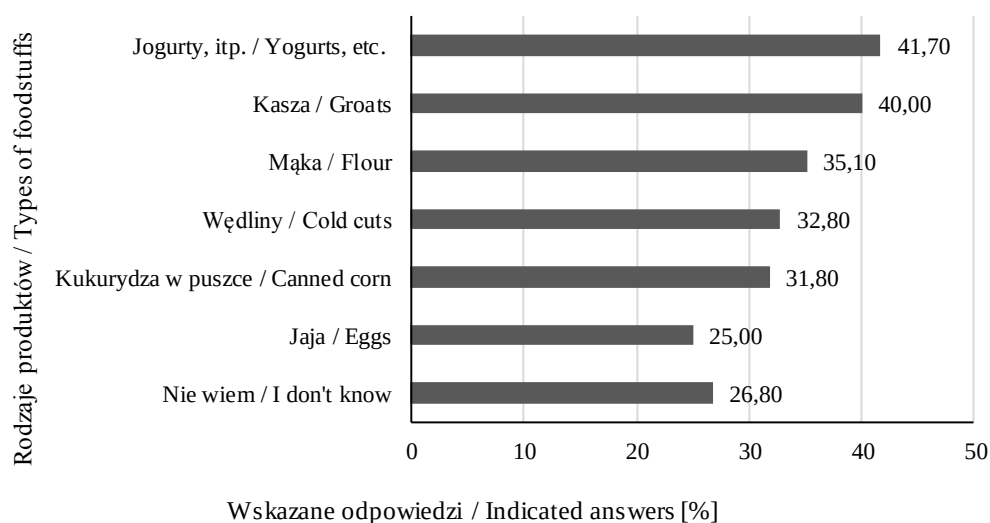
Kolejny aspekt tematyczny przeprowadzonych badań ankietowych koncentrował się na pojęciu „data przydatności do spożycia”. Ponad jedna trzecia badanych Polaków deklarowała, że spożywa żywność po jej upływie. Cechy socjodemograficzne respondentów, które istotnie wpływały na udzielone odpowiedzi, to przede wszystkim płeć, wykształcenie i miejsce zamieszkania (tab. 4). Nie zaobserwowano istotnych zależności w przypadku wieku badanych konsumentów. W grupie seniorów aż 46,1 % odpowiedziało, że nigdy nie spożywa takich produktów. Ponad jedna piąta (21 %) badanych wskazała, że spożywa tylko produkty trwałe, np. kasze i makarony. Tylko co dziesiąta (9,8 %) osoba starsza nie zwracała uwagi na datę przydatności oraz na rodzaj spożywanych produktów (żywność trwała, nietrwała).

W czwartej części ankiety sprawdzono rozumienie znaczenia zwrotu „najlepiej spożyć przed...”, czyli tzw. daty minimalnej trwałości wyznaczanej dla produktów trwałych. Poprawnie na stawiane pytanie odpowiedziało ogółem 39,8 % respondentów, wśród seniorów odsetek ten wynosił 37,6 %. Konsumenty sądzą, że produkt po upływie daty minimalnej trwałości może stanowić zagrożenie dla zdrowia, m.in. powoduje zatrucia pokarmowe. Średnio na poziomie 30 % udzielono odpowiedzi, że jest to czas, po którym produkt traci walory jakościowe lub nie może być sprzedany. Tylko 9,8 % badanych konsumentów oraz porównywalnie 10,5 % seniorów uznało, że po upływie daty minimalnej trwałości produkty można nadal spożywać. Stwierdzono również, że wiek nie był cechą statystycznie istotnie wpływającą na udzielane odpowiedzi (tab. 4).

Oznacza to jednak, że konsumenci traktują datę minimalnej trwałości jako nieprzekraczalną, co potwierdzają udzielone odpowiedzi na dalsze pytania. W opinii 42,8 % badanych Polaków stwierdzenia „najlepiej spożyć przed...” i „należy spożyć do...” oznaczają to samo, odmiennego zdania jest natomiast 36 % z nich. Ponad jedna piąta respondentów nie potrafiła ustosunkować się do tego zagadnienia. Przekonanie o tożsamości stwierdzeń było istotnie związane z miejscem zamieszkania i wykształceniem.

Płeć i wiek nie miały w tym przypadku istotnego wpływu na udzielone odpowiedzi. Podobne dane uzyskano w grupie seniorów, wśród których 40 % znalazło różnicę między podanymi informacjami, 34,7 % – nie, a 25,3 % nie miało zdania.

W przypadku wskazywania produktów oznaczonych informacją „najlepiej spożyć przed...” ponad 40 % ogółu respondentów wybrało i produkty nietrwałe (jogurty), i trwałe, takie jak kasze. Około 30 % badanych stwierdziło, że zwrot „najlepiej spożyć przed...” umieszcza się na mące, wędlinach i jajach. Prawie 27 % badanych nie wiedziało do jakich produktów go przypisać, co wskazuje, że nie rozróżnia produktów trwałych od łatwo psujących się (rys. 2).



Rys. 2. Udział odpowiedzi na pytanie: „Proszę wskazać produkty, na których umieszczony jest zwrot „najlepiej spożyć przed...”

Fig. 2. Percent rate of answers to the question: “Please indicate the products on which the phrase “best before...” is placed”

Wielu autorów podkreśla, że przyczynami wyrzucania żywności w gospodarstwach domowych są m.in. brak wiedzy na temat zakupu i przechowywania żywności, nieprzemyślany, impulsywny zakup produktu, zbyt duża objętość opakowań oraz małe doświadczenie w planowaniu posiłków. Jako jeden z głównych powodów wyróżnia się

jednak ogólny problem z rozróżnianiem zwrotów umieszczonych na opakowaniach produktów spożywczych dotyczących zwrotów „należy spożyć do...” i „najlepiej spożyć przed...” [9, 21, 23, 24]. Na podstawie doniesień literaturowych [1, 5, 8, 18] i badań własnych można stwierdzić, że polscy konsumenci nie odbiegają od konsumentów z całego świata pod względem orientacji i wiedzy co do znaczenia zwrotów umieszczanych na opakowaniach odnośnie dat przydatności. Szacuje się, że ok. 8,8 miliona ton żywności marnuje się rocznie w Unii Europejskiej ze względu na oznaczenie daty przydatności na opakowaniach [1]. Brak rozróżniania przez konsumentów znaczenia zwrotów „należy spożyć do...” i „najlepiej spożyć przed...”, umieszczanych na etykietach produktów spożywczych, powoduje marnowanie żywności w gospodarstwach domowych, a także wpływa na decyzje sprzedawców żywności, którzy zazwyczaj usuwają te wyroby z półek dwa do trzech dni przed końcem terminu w przekonaniu, że konsument nie sięgnie po produkt z tzw. bliską datą przydatności [8]. W rezultacie zamieszczanie na etykiecie daty prowadzi do marnowania żywności zarówno na poziomie konsumenta, jak i sprzedawcy. Dodatkowo w badaniach własnych wykazano, że konsumenci często mają problem z rozróżnieniem produktów trwałych (np. makaronu, kaszy), oznaczonych datą minimalnej trwałości, od produktów szybko psujących się, oznaczonych krótkim terminem, w czasie którego zaleca się spożycie produktu.

Innym kierunkiem zgłębiania tematu marnowania żywności są badania dotyczące postępowania poszczególnych segmentów konsumentów ze względu na wybrane cechy socjodemograficzne analizowanej populacji. Aschemann-Witzel i wsp. [2] przeprowadzili badania ankietowe z udziałem grupy 1039 urugwajskich respondentów. Autorzy stwierdzili, że ogólna odpowiedź „nie marnuję żywności” była dwukrotnie częściej wskazywana przez segment osób starszych, powyżej 60. roku życia w porównaniu z pozostałymi grupami wiekowymi. Autorzy tłumaczą to większym doświadczeniem w planowaniu, gotowaniu posiłków oraz silniejszymi i ustalonymi normami postępowania w tej grupie respondentów. Wykazano również, że starsi konsumenci rzadziej korzystają z dostawy gotowych posiłków do domu, żywności wygodnej czy usług gastronomicznych, w tym cateringu. Davenport i wsp. [9] również przeprowadzili badania ankietowe dotyczące zachowań amerykańskich konsumentów w stosunku do marnowania żywności w gospodarstwach domowych na podstawie analizy ich codziennego postępowania, rutyny i przechowywania żywności w chłodniarce. W badaniach zaobserwowano, że konsumenci powyżej 60. roku życia lepiej gospodarują zakupioną żywnością w porównaniu z konsumentami poniżej 35. roku życia. Dotyczy to zarówno planowania zakupów, gotowania, jak i – co szczególnie ważne – przestrzegania i rozróżniania dat przydatności do spożycia.

Thyberg i Tonjes [26] oraz Bravi i wsp. [7] również podkreślają, że wiek jest czynnikiem wpływającym na marnowanie żywności, przy czym młodzi ludzie marnują jej więcej niż osoby starsze. Przykładowo w Australii i w Wielkiej Brytanii osoby

w wieku powyżej 65 lat marnowały znacznie mniej żywności w porównaniu z resztą populacji. Twierdzenie, że wszyscy młodzi ludzie i młodzi dorośli marnują żywność, byłoby jednak błędne i błędem byłoby również założenie, że wszyscy seniorzy postępują z żywnością właściwie. Mondéjar-Jiménez i wsp. [17] ocenili zachowania związane z marnowaniem żywności wśród młodzieży włoskiej i hiszpańskiej. Wybór włoskiej i hiszpańskiej populacji był ściśle powiązany ze specyfiką diety śródziemnomorskiej, w której używa się dużo produktów łatwo psujących się. W związku z tym zakupy muszą być odpowiednio zaplanowane, a produkty przechowywane lub natychmiast konsumowane, aby uniknąć zepsucia i wyrzucania pozyskanej żywności. Bravi i wsp. [7] oraz Principato i wsp. [22] stwierdzili, że tylko 1,7 % włoskiej młodzieży i 2 % hiszpańskiej zmarnowało ponad 30 % żywności. Według innych danych literaturowych [7, 17, 22] osoby poniżej 60. roku życia, w tym młodzież, wykazują coraz większą świadomość optymalnego gospodarowania produktami spożywczymi i tym samym minimalizowania zjawiska marnowania żywności na poziomie gospodarstw domowych.

Założeniem badań własnych było również sprawdzenie, czy wiek konsumentów może w sposób istotny wpływać na ich zachowania związane z marnowaniem żywności oraz sprawdzenie znajomości podstawowych informacji umieszczanych na opakowaniach. Zakładano, że osoby dorosłe z różnych segmentów wiekowych, w tym seniorzy, mogą w odmienny sposób postępować w badanym zakresie tematycznym, m.in. źle planować, kupować żywność na zapas, spożywać ją po upływie daty przydatności, nie czytać etykiet na opakowaniach, czy nie rozróżniać produktów trwałych od łatwo psujących się.

Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że wiek polskich konsumentów nie był czynnikiem różnicującym postępowanie z zakresu wiedzy na temat marnowania żywności i z zakresu znajomości informacji, takich jak daty przydatności produktów spożywczych. Wpływ ten dużo mocniej można było zaobserwować przy takich cechach socjodemograficznych jak miejsce zamieszkania, wykształcenie, ale również płeć. Wiek różnicował konsumentów tylko w przypadku źródła pozyskiwania informacji na temat marnowania żywności. Nie wpływało to jednak na stan wiedzy w tym zakresie w danej grupie wiekowej. Stwierdzono także, że badana grupa osób starszych charakteryzowała się dobrą wiedzą z zakresu omawianej tematyki.

Wpływ na takie wnioski z badań mogły mieć także cechy przypisywane zachowaniom zakupowym polskich seniorów, na które wskazał Olejniczak [20]. Są to np. dokonywanie zakupów w większości w sposób planowany i zorganizowany – mały udział zakupów impulsowych, wysoka częstotliwość zakupów w sklepach zlokalizowanych w pobliżu miejsca zamieszkania (placówki małoformatowe oraz dyskontowe), kryteria zakupu żywności – świeżość, jakość, pochodzenie produktu, promocja, cena, wysoki stopień samozaspokojenia potrzeb (w porównaniu z innymi segmentami wie-

kowymi) – przygotowywanie produktów we własnym zakresie. Wskazuje się także na własną wiedzę i doświadczenie jako główne źródła kształtowania opinii o produktach, a także gazetkę handlową jako główne źródło informacji o ofercie. Niewielki jest natomiast udział zakupów internetowych. Zachowania te mogą w sposób istotny wpływać na mniejszą skłonność do marnowania żywności.

Wnioski

1. Osoby powyżej 60. roku życia mają elementarną wiedzę z zakresu tematyki marnotrawstwa żywności, nieodbiegającą znacząco od pozostałej części społeczeństwa polskiego.
2. Osoby starsze deklarują rzadsze wyrzucanie produktów żywnościowych w porównaniu z pozostałymi grupami wiekowymi.
3. Wszyscy badani respondenci, w tym osoby starsze, wykazują dezorientację w rozumieniu zwrotów „należy spożyć do...” i „najlepiej spożyć przed...” oraz w różnieniu produktów żywnościowych trwałych od łatwo psujących się.
4. Uzyskane wyniki wskazują na konieczność kontynuacji badań celem jak najlepszego poznania zachowania konsumentów, w tym także osób starszych, przyczyniających się do marnowania żywności. Istnieje uzasadnione wskazanie do prowadzenia aktywnej polityki publicznej i kampanii edukacyjnych na temat gospodarowania żywnością na poziomie końcowego konsumenta.

Badania wykonano w ramach umowy z Narodowym Centrum Badań i Rozwoju Nr Gospostrateg1/385753/1/NCBR/2018 na realizację i finansowanie projektu w ramach strategicznego programu badań i prac rozwojowych „Społeczny i gospodarczy rozwój Polski w warunkach globalizujących się rynków – GOSPOSTRATEG” zatytułowanego „Opracowanie systemu monitorowania marnowanej żywności i efektywnego programu racjonalizacji strat i marnotrawstwa żywności” (akronim PROM) oraz w ramach badań własnych zrealizowanych w Katedrze Dietetyki i Badań Żywności UJD w Częstochowie.

Literatura

- [1] Aschemann-Witzel J., De Hooge I., Amani P., Bech-Larsen T., Oostindjer M.: Consumer-related food waste: Causes and potential for action. *Sustainability*, 2015, 7 (6), 6457-6477.
- [2] Aschmann-Witzel J., Giménez A., Ares G.: Household food waste in an emerging country and the reasons why: Consumer's own accounts and how it differs for target groups. *Resources, Conservation and Recycling*, 2019, 145, 332-338.
- [3] Bilśka B., Grzesińska G., Tomaszewska M., Rudziński M.: Marnotrawstwo żywności jako przykład nieefektywnego zarządzania w gospodarstwach domowych. *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*, 2015, 17 (4), 39-43.

- [4] Bombol M., Słaby T.: Konsument 55+ wyzwaniem dla rynku. Oficyna Wyd. SGH w Warszawie, Warszawa 2011.
- [5] Boxstael S.V., Devlieghere F., Berkvens D., Vermeulen A., Uyttendaele M.: Understanding and attitude regarding the shelf life labels and dates on pre-packed food products by Belgian consumers. *Food Control*, 2014, 37, 85-92.
- [6] Bräutigam K.R., Jörisen J., Priefer C.: The extent of food waste generation across EU27: Different calculation methods and the reliability of their results. *Waste Manag. Res.*, 2014, 32 (8), 683-694.
- [7] Bravi L., Murmura F., Savelli E., Viganò E.: Motivations and actions to prevent food waste among young Italian consumers. *Sustainability*, 2019, 11 (4), #1110.
- [8] Collart A.J., Interis M.G.: Consumer imperfect information in the market for expired and nearly expired foods and implications for reducing food waste. *Sustainability*, 2018, 10 (11), #3835.
- [9] Davenport M., Qi D., Roe B.E.: Food-related routines, product characteristics, and household food waste in the United States: A refrigerator-based pilot study. *Resources, Conservation and Recycling*, 2019, 150, #104440. DOI: 10.1016/j.resconrec.2019.104440.
- [10] FAO: The State of Food and Agriculture. Moving Forward on Food Loss and Waste Reduction. FAO, Rome 2019.
- [11] GUS. Departament Badań Demograficznych i Rynku Pracy: Prognoza ludności na lata 2014-2050. Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa 2014.
- [12] Gustavsson J., Cederberg C., Sonesson U., van Otterdijk R., Meybeck A.: Global Food Losses and Food Waste – Extent, Causes and Prevention. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy, 2011.
- [13] High Level Panel of Experts: Food Losses and Waste in the Context of Sustainable Food Systems. [on line]. FAO, 2014. Dostęp w Internecie [22.02.2020]: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/hlpe/hlpe_documents/HLPE_S_and_R/HLPE_2014_Food_Losses_and_Waste_Summary_EN.pdf
- [14] Jeżewska-Zychowicz M.: Zachowania żywieniowe konsumentów a proces edukacji żywieniowej. Wyd. SGGW, Warszawa 1996.
- [15] Kaniewska-Sęba A.: Polscy seniorzy – wyzwanie dla marketingu XXI wieku. *Środkowoeuropejskie Studia Polityczne*, 2016, 4, 145-158.
- [16] Kołodziejska M.: Obiecujący rynek. *Marketing w Praktyce*, 2012, 8, 31-36.
- [17] Mondéjar-Jiménez J.A., Ferrari G., Secondi L., Principato L.: From the table to waste: An exploratory study on behaviour towards food waste of Spanish and Italian youths. *J. Clean. Prod.*, 2016, 138, 8-18.
- [18] Newsome R., Balestrini C.G., Baum M.D., Corby J., Fisher W., Goodburn K., Labuza T., Prince G., Thesmar H.S., Yiannas F.: Applications and perceptions of date labeling of food. *Compr. Rev. Food Sci. Food Safety*, 2014, 13, 745-769.
- [19] Okazaki W.K., Turn S.Q., Flachsbar P.G.: Characterization of foodwaste generators: A Hawaii case study. *Waste Management*, 2008, 28 (12), 2483-2494.
- [20] Olejniczak T.: Senior wobec innowacji produktowych – wybrane aspekty. *Handel Wewnętrzny*, 2018, 3 (374), 322-333.
- [21] Principato L.: Food Waste at Consumer Level: A Comprehensive Literature Review. Springer Int. Publ. AG, Cham 2018.
- [22] Principato L., Secondi L., Pratesi C.A.: Reducing food waste: An investigation on the behaviour of Italian youths. *Brit. Food J.*, 2015, 117, 731-748.
- [23] Qi D., Roe B.E.: Household food waste: Multivariate regression and principal components analyses of awareness and attitudes among U.S. Consumers. *PLoS One*, 2016, 11 (7), #0159250.
- [24] Stancu V., Haugaard P., Lähteenmäki L.: Determinants of consumer food waste behaviour: Two routes to food waste. *Appetite*, 2015, 96, 7-17.

- [25] Tańska M., Babicz-Zielińska E., Przysławski J.: Postawy osób starszych wobec zdrowia i żywności o działaniu prozdrowotnym. *Probl. Hig. Epidemiol.*, 2013, 94 (4), 915-918.
- [26] Thyberg K.L., Tonjes D.J.: Drivers of food waste and their implications for sustainable policy development. *Resour. Conserv. Recycl.*, 2016, 106, 110-123.
- [27] Tomczyk Ł.: Seniorzy w świecie nowych mediów. *E-mentor*, 2010, 4 (36), 52-61.
- [28] Waste and Resources Action Programme: Household Food and Drink Waste in the UK. WRAP, Banbury 2009.
- [29] Yannakoulia M., Mamalaki E., Anastasiou C.A., Mourtzi N., Lambrinoudaki I., Scarmeas N.: Eating habits and behaviors of older people: Where are we now and where should we go? *Maturitas*, 2018, 114, 14-21.
- [30] Zalega T.: Infrastruktura domowa i spożycie wybranych produktów żywnościowych wśród osób w wieku 65+ w świetle wyników badań własnych. *Studia i Materiały*, 2016, 2, 90-107.

OLDER CONSUMERS' BEHAVIOUR TOWARDS FOOD WASTE OCCURRENCE

S u m m a r y

The objective of the research study was to assess the behaviour of older consumers towards the occurrence of food waste and the awareness of information placed on food packaging.

The questionnaire surveys were carried out using a CAPI (*Computer Assisted Personal Interview*) technique. A total of 1115 respondents participated in the surveys, of which 51.1 % were women and 48.9 % were men. A group of people aged 60+ constituted 27.4 % of the consumers surveyed ($n = 305$). The questionnaire comprised questions on six thematic facets: 1) structure of food wasted in households, 2) general awareness of the occurrence of food waste and sources of information about it, 3) consumption of food after the date of minimum durability, 4) meaning of the "best before..." phrase, 5) indicating the difference between the meanings of the "best before..." and "used by..." phrases, 6) indicating products labelled as "best before..."

Based on the surveys it was found that the people aged 60+ had a basic knowledge in the field of food waste and their knowledge did not significantly differ from that of the rest of the Polish society. Elderly people state they discard food products less frequently compared to the other age groups. All the respondents surveyed, including the elderly, are confused when being asked about their understanding of the "best before..." and "use by..." terms and in the situation they have to distinguish between non-perishable and perishable food products. The results obtained indicate the reasonableness of the research undertaken and the need to continue it in order to fully understand the behaviour of consumers, including elderly people, who contribute to food waste. It is justified to recommend the pursuing of active public policy and educational campaigns on food management at the level of the final consumer.

Key words: food waste, elderly people, date of minimum durability, questionnaire surveys ☒

KATARZYNA ROLF, BARBARA PIETRUSZKA, IZABELA BARAN,
GRAŻYNA JAWORSKA

WYSTĘPOWANIE ZESPOŁU SŁABOŚCI ORAZ RYZYKA ŻYWIENIOWEGO WŚRÓD OSÓB STARSZYCH KORZYSTAJĄCYCH Z DZIENNYCH DOMÓW SENIORA

Streszczenie

Zespół słabości (ZS) związany z osłabieniem zdrowia fizycznego i/lub psychicznego osób starszych staje się problemem globalnym. Celem pracy była charakterystyka osób starszych korzystających z Dziennych Domów Seniora (DDS) pod względem: występowania zespołu słabości, zwyczajów żywieniowych i ryzyka żywieniowego. Badania przeprowadzono wśród 49 osób (21 mężczyzn i 28 kobiet) w wieku 61 - 97 lat (średnio $77,5 \pm 8,8$), z Warszawy (24 osoby) i z Rzeszowa (25 osób), mieszkających samodzielnie, ale regularnie korzystających z Dziennych Domów Seniora (DDS), w których mieli zapewnione częściowe wyżywienie. Do oceny ZS zastosowano Cardiovascular Health Study Scale (CHS), zaś ryzyko żywieniowe oszacowano na podstawie Dietary Screening Tool (DST). Zespół słabości stwierdzono u 39,3 % kobiet i 9,5 % mężczyzn (ogółem 26,5 % badanych), w stadium zwiastunowym było 46,4 % kobiet i 52,4 % mężczyzn (ogółem 49,0 %), zaś 14,3 % kobiet i 38,1 % mężczyzn (ogółem 24,5 %) nie wykazywało żadnych objawów ZS. Różnice między osobami obu płci były statystycznie istotne. Ryzyko żywieniowe zdiagnozowano u 63,3 % osób z badanej grupy, prawdopodobne ryzyko – u 34,7 %, a tylko 2 % badanych nie wykazywało takiego objawu. Nie stwierdzono zależności między występowaniem ZS a ryzykiem żywieniowym. Osoby z ZS rzadziej spożywały pieczywo pełnoziarniste, za to częściej – słodkie (tendencja $0,1 > p > 0,05$). Nieznacznie rzadziej w ich diecie były tłuste wędliny, warzywa, produkty mleczne, niesmażone ryby, natomiast częściej – chude wędliny i owoce oraz suplementy diety (brak statystycznej istotności). W celu lepszego poznania zależności przyczynowo-skutkowych między występowaniem ZS a niedożywieniem potrzebne są dalsze prospective badania kohortowe.

Słowa kluczowe: osoby starsze, zespół słabości, ryzyko żywieniowe, zwyczaje żywieniowe

Dr inż. K. Rolf, mgr inż. I. Baran, prof. dr hab. G. Jaworska, Zakład Ogólnej Technologii Żywności i Żywności Człowieka, Instytut Technologii Żywności i Żywności, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Zelwero-wicza 4, 35-601 Rzeszów, prof. dr hab. B. Pietruszka, Katedra Żywności Człowieka, Instytut Nauk o Żywności Człowieka, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa. Kontakt: k.rolf@ur.edu.pl

Wprowadzenie

Od kilku dekad obserwuje się wzrost oczekiwanej długości życia mieszkańców Unii Europejskiej. W 2016 r. osoby w wieku 65 lat mogły spodziewać się ok. 20 lat życia, jednak tylko połowa tego okresu to tzw. życie w zdrowiu [7]. Z wiekiem rozwija się wiele dysfunkcji związanych m.in. z układem pokarmowym, odpornościowym i kostnym oraz z chorobami przewlekłymi, np. chorobami układu krążenia lub cukrzycą [1, 2, 16]. Geriatrizy dodatkowo zwracają uwagę na tzw. zespół słabości (ZS), czyli zespół powiązanych ze sobą, lub nie, zmian fizjologicznych związanych ze zdrowiem fizycznym i/lub psychicznym. Konsekwencją ZS może być większe ryzyko niepożądanych skutków zdrowotnych, w tym upadków, hospitalizacji, a nawet zgonu [9, 10, 20], jak również zaburzenia funkcji poznawczych prowadzące do rozwoju choroby Alzheimera [4]. Etiologia występowania ZS nie jest do końca poznana. Kluczową rolę może odgrywać sarkopenia oraz związane z nią niedożywienie białkowo-energetyczne [9, 27]. Przyczyn niedożywienia może być wiele, m.in. anoreksja starcza, ubóstwo, samotność [12, 29]. Niezależnie od miejsca zamieszkania, czy jest to opieka instytucjonalna, czy nie, zagrożenie niedożywieniem dotyczy ponad 75 % osób z tej grupy populacyjnej [26]. Dieta osób starszych powinna uwzględniać ich mniejsze zapotrzebowanie energetyczne, natomiast większe zapotrzebowanie na białko oraz niektóre witaminy i składniki mineralne, w tym witaminy D i B₆ oraz wapń [13]. Niepełnianie tych zaleceń łączy się z ryzykiem żywieniowym, co może w konsekwencji doprowadzić do niedożywienia [18].

Zjawisko to wymaga dokładniejszego poznania wszystkich aspektów starzenia się, tym bardziej, że osoby starsze często wymagają opieki długoterminowej, co niesie za sobą dodatkowe koszty społeczne, w tym finansowe [6].

Celem pracy była charakterystyka osób starszych korzystających z Dziennych Domów Seniora (DDS) pod względem: występowania zespołu słabości, zwyczajów żywieniowych i ryzyka żywieniowego.

Materiał i metody badań

Badania miały charakter przekrojowy, wzięło w nich udział 49 osób (21 mężczyzn i 28 kobiet) w wieku 61 - 97 lat (średnio $77,5 \pm 8,8$), mieszkających samodzielnie, ale regularnie korzystających z Dziennych Domów Seniora (DDS) w Warszawie (24 osoby) i w Rzeszowie (25 osób), w których mieli zapewnione częściowe wyżywienie. Wszyscy uczestnicy wyrazili ustną zgodę na udział w badaniach oraz zostali poinformowani o pełnej ich anonimowości.

W celu scharakteryzowania zwyczajów żywieniowych zastosowano test przesiewowy Dietary Screening Tool (DST) [3] określający tzw. ryzyko żywieniowe, które może być skorelowane ze wzrostem ryzyka wystąpienia niedożywienia. Kwestiona-

riusz zawierał 25 pytań dotyczących częstotliwości spożycia różnych produktów, grup produktów oraz suplementów diety. Uzyskanie mniej niż 60 pkt oznaczało ryzyko żywieniowe, 60 ÷ 75 pkt – prawdopodobne ryzyko, zaś wynik > 75 pkt świadczył o braku ryzyka. Rozpoznanie zespołu słabości dokonywano za pomocą Cardiovascular Health Study Scale (CHS) – 5-punktowego testu według Fried i wsp. [9]. Osoby uzyskujące 3 punkty i więcej określano jako osłabione (z zespołem słabości), 1 - 2 punkty – jako słabnące (będące w stadium zwiastunowym), zaś osoby niepodlegające żadnemu kryterium jako sprawne (bez ZS). W celu wykonania analizy danych z kwestionariusza DST respondentów podzielono na 2 grupy – osoby mające zespół słabości (spełnione co najmniej 3 kryteria) oraz osoby bez ZS (spełnione 0 - 2 kryteria).

Analizę statystyczną wykonano w programie Statistica 13. W przypadku danych jakościowych zastosowano test χ^2 Pearsona, natomiast dane ilościowe poddano badaniu na normalność rozkładu testem W Shapiro-Wilka oraz wykonano analizę wariancji. Wyniki uznano za statystycznie istotne przy $p \leq 0,05$, natomiast dla przedziału $0,1 > p > 0,05$ wyniki uznano za tendencję [28].

Wyniki i dyskusja

Zespół słabości stwierdzono u 26,5 % osób z badanej grupy, zaś pierwsze jego symptomy zdiagnozowano u prawie połowy respondentów (tab. 1). Podobne wyniki uzyskali Santos-Eggimann i wsp. [21] w badaniach przeprowadzonych w 10 wybranych krajach europejskich, wśród osób ≥ 65 roku życia, mieszkających samodzielnie, ale uwzględniających także osoby korzystające z domów opieki. W przytoczonych badaniach ZS występował średnio u 17 % badanych, przy czym w krajach o cieplejszym klimacie odsetek ten był nawet większy i wynosił np. w Hiszpanii ok. 28 %. W stadium zwiastunowym było średnio 42,3 % badanej populacji. Soysal i wsp. [24] przeprowadzili badania w kraju o cieplejszym klimacie, czyli w Turcji. Wśród pacjentów ambulatoryjnych ośrodka geriatrycznego prawie 30 % seniorów wykazywało ZS. Jednocześnie z danych statystycznych [14] wynika, że osoby starsze coraz częściej korzystają z opieki instytucjonalnej. Matusik i wsp. [19], w wyniku badań pensjonariuszy domów opieki w województwie małopolskim, stwierdzili, że osób z ZS było zdecydowanie więcej, bo ponad 64 %. Dysproporcja między tym rezultatem a wynikiem badań własnych może wskazywać, że w całodobowych domach opieki znajdują się osoby, które nie są już w stanie samodzielnie funkcjonować. Należy jednak pamiętać, że opieka rodziny może stanowić dla seniora dodatkowy bodziec motywacyjny do dbania o zdrowie.

Tabela 1. Charakterystyka występowania zespołu słabości wśród osób starszych korzystających z Dziennych Domów Seniora

Table 1. Prevalence profile of frailty syndrome among elderly people attending Day Care Senior Centres

Wyszczególnienie Item	Osoby osłabione Frail persons [n] ([%]) 13 (26,5)	Osoby słabnące Pre-frail persons [n] ([%]) 24 (49)	Osoby sprawne Non-frail persons [n] ([%]) 12 (24,5)	*p
Wiek [lata] / Age [years] (SD) Zakres / Range	80,5 (9,2) 61 ÷ 96	76,8 (8,3) 63 ÷ 97	75,7 (9,4) 63 ÷ 91	**Ns
Kobiety / Women	11 (39,3)	13 (46,4)	4 (14,3)	0,032
Mężczyźni / Men	2 (9,5)	11 (52,4)	8 (38,1)	
Warszawa / Warsaw	5 (20,8)	16 (66,7)	3 (12,5)	0,042
Rzeszów	8 (32)	8 (32)	9 (36)	

Objaśnienia / Explanatory notes:

SD – odchylenie standardowe / standard deviation; (*) – test χ^2 Pearsona / Pearson's χ -square test; (**) – analiza wariancji / analysis of variance; Ns – brak statystycznej istotności / no statistical significance; $p > 0,05$ / $p > 0.05$.

W niniejszych badaniach średni wiek osób z ZS wyniósł 80,5 roku, natomiast osób spełniających 0 - 2 kryteria DST – ok. 76 lat. Różnica ta nie była jednak statystycznie istotna, prawdopodobnie z powodu wysokiego odchylenia standardowego (tab. 1). Santos-Eggimann i wsp. [21] wskazują, że wraz z wiekiem wzrasta odsetek osób z ZS. W badaniach własnych czynnikiem różnicującym była płeć seniorów. Największy odsetek respondentów to osoby słabnące (stadium zwiastunowe), odpowiednio: ok. 46 % badanych kobiet oraz ponad 52 % mężczyzn. Bez objawów zespołu słabości było znacząco więcej mężczyzn (ok. 38 %) niż kobiet (ok. 14 %), natomiast ze stwierdzonym ZS było istotnie więcej kobiet (ponad 39 %) aniżeli mężczyzn (niecałe 10 %). Takie tendencje potwierdzają wyniki badań innych autorów [9, 15, 19]. Stwierdzono także różnicę w występowaniu ZS między respondentami z Warszawy i Rzeszowa. W Warszawie przeważały osoby w stadium zwiastunowym, zaś w Rzeszowie było znamienne więcej osób zarówno osłabionych, jak i sprawnych. Szczególnie zastanawiający jest 3-krotnie wyższy odsetek osób sprawnych w Rzeszowie w porównaniu z Warszawą. Rzeszów jest miastem, które – szczególnie w ostatnich kilkunastu latach – odznacza się szybkim rozwojem, zarówno ekonomicznym, jak i terytorialnym, więc część badanych osób mogła większość życia spędzić na wsi, gdzie przejawiała m.in. większą aktywność fizyczną, która spowalnia rozwój ZS.

W badanej grupie osób średnia liczba punktów uzyskanych na podstawie kwestionariusza DST wyniosła 56,1, co oznacza występujące ryzyko żywieniowe (tab. 2). Wyższe wyniki świadczące o lepszym sposobie żywienia i wskazujące na prawdopodobne ryzyko żywieniowe uzyskali inni autorzy. W badaniach Forda i wsp. [8], prze-

przrowadzonych w USA wśród 4009 osób powyżej 74 lat, średni wynik wyniósł 60,4 pkt, natomiast w badaniach Cottella i wsp. [5] wśród 96 Brytyjczyków w wieku 55 ÷ 80 lat uzyskano średnio 66,7 pkt. Również wśród 12 osób, w wieku 60 ± 12 lat, z chorobą neurologiczną zdiagnozowaną w ostatnich 12 miesiącach przed badaniem, wynik wyniósł średnio 64,3 pkt. [18].

Tabela 2. Występowanie zespołu słabości a ryzyko żywieniowe mierzone testem DST wśród osób starszych korzystających z Dziennych Domów Seniora

Table 2. Prevalence of frailty syndrome and nutritional risk as measured by DST test among elderly people attending Day Care Senior Centres

Ryzyko żywieniowe Nutritional risk	Ogółem Total	Zespół słabości / Frailty syndrome		P
		tak / yes n = 13	nie / no n = 36	
Średnia liczba punktów (SD) Average number of points (SD) Zakres / Range	56,1 (9,1) 28 ÷ 76	54,8 (7,7) 42 ÷ 66	56,6 (9,6) 28 ÷ 76	* Ns
Ryzyko niedożywienia / Nutritional risk < 60 pkt / points [%]	63,3	69,2	61,1	** Ns
Prawdopodobne ryzyko niedożywienia Possible nutritional risk 60 ÷ 75 pkt / points [%]	34,7	30,8	36,1	
Brak ryzyka niedożywienia No nutritional risk > 75 pkt / points [%]	2,0	0,0	2,8	

Objaśnienia / Explanatory notes:

DST – test przesiewowy DST / Dietary Screening Tool test; SD – odchylenie standardowe / standard deviation; tak – spełnione co najmniej 3 kryteria / yes – at least 3 criteria are met; nie – spełnione 0 do 2 kryteriów / no – 0 to 2 criteria are met; (*) – analiza wariancji / analysis of variance, (**) – test χ^2 Pearsona / Pearson's χ^2 test; Ns – brak statystycznej istotności / no statistical significance; $p > 0,05$ / $p > 0.05$.

W badaniach własnych nie stwierdzono korelacji między występowaniem zespołu słabości a ryzykiem żywieniowym, zarówno w badanej grupie ogółem, jak i z podziałem na płeć oraz miejsce zamieszkania (miasto). Jednak u ponad 63 % respondentów zdiagnozowano ryzyko żywieniowe, u prawie 35 % było prawdopodobne ryzyko, a tylko 1 osoba charakteryzowała się prawidłowym sposobem odżywiania (tab. 2). Zdecydowanie odmienne wyniki uzyskali Greene i wsp. [11] oraz Cottell i wsp. [5], gdyż osób z ryzykiem żywieniowym było odpowiednio: 25 i 26 %, a bez ryzyka – 26 i 24 %. Również w badaniach Forda i wsp. [8] z 2014 roku osób z ryzykiem żywieniowym było mniej niż w badaniach własnych – 46 %, a bez tego ryzyka – 14 %. Należy jednak podkreślić, że wyniki prac innych autorów, dotyczące korelacji między ZS a sposobem żywienia i stanem odżywienia, nie są jednoznaczne. Dieta osób z ZS często charakteryzuje się przede wszystkim znacznie mniejszą wartością energetyczną

oraz mniejszą zawartością białka [15, 22] i innych składników odżywczych, np. folianów, witamin A i D [15] oraz błonnika [22]. Takiej tendencji nie stwierdzili jednak Smit i wsp. [23].

Tabela 3. Częstość spożycia produktów przez osoby starsze korzystające z Dziennych Domów Seniora, na podstawie testu DST, w zależności od występowania zespołu słabości

Table 3. Consumption frequency rate of food products consumed by elderly people attending Day Care Senior Centres, on the basis of DST test, and depending on frailty syndrome prevalence

Składowe testu DST DST components	Max. liczba punktów do zdobycia Maximum number of points to be scored	Ogółem Total	Średnia liczba punktów (SD) Average number of points (SD)		*p
			Zespół słabości – tak / Frailty syndrome – yes	Zespół słabości – nie / Frailty syndrome – no	
Owoce pomiędzy posiłkami Fruits as a snack	5	4,5 (1,2)	4,5 (0,9)	4,4 (1,3)	Ns
Pieczywo pełnoziarniste Whole-grain breads	5	2,9 (2,3)	1,6 (2,2)	3,3 (2,2)	0,067
Płatki śniadaniowe pełnoziarniste Whole-grain cereals	5	2,1 (2,1)	2,1 (2,1)	2,1 (2,1)	Ns
Cukierki, czekolada, czekoladki Candies, chocolate, truffles	4	1,8 (1,5)	1,9 (1,4)	1,8 (1,5)	0,078
Krakersy, chipsy, popcorn Cream crackers, chips, popcorn	4	3,5 (0,9)	3,3 (1,3)	3,6 (0,7)	Ns
Ciasta typu sernik, makowiec, keks, szarlotka / Cakes like cheese cakes, poppy seed cakes, fruit cake, apple pie	4	2,1 (1,4)	2,2 (1,4)	2,1 (1,5)	Ns
Herbatniki i inne drobne ciasteczka / Biscuits and other small cookies	4	2,8 (1,4)	2,6 (1,4)	2,9 (1,4)	Ns
Lody / Ice cream	4	3,5 (0,9)	3,5 (1,1)	3,6 (0,8)	Ns
Wędliny (szynka), parówki Cold cuts (ham), wiener sausages	5	0,9 (1,5)	1,1 (1,8)	0,8 (1,5)	Ns
Boczek, bekon, kielbasa Pork belly, bacon, sausage	5	4,1 (1,6)	3,9 (1,9)	4,1 (1,5)	Ns
Marchew, brokuły, szpinak Carrots, broccoli, spinach	8	5,5 (2,1)	5,4 (2,1)	5,6 (2,1)	Ns
Owoce świeże, puszkowane lub mrożone (bez wliczania soków) Fresh, canned or frozen fruits (except for juices)	5	3,9 (1,7)	4,2 (1,3)	3,8 (1,8)	Ns
Płatki śniadaniowe Breakfast cereals	5	0,9 (1,5)	1,1 (1,8)	0,9 (1,5)	Ns

Sok w czasie śniadania Juice for breakfast	5	0,5 (1,3)	0,9 (1,7)	0,4 (1,1)	Ns
Kurczę lub indyk Chicken or turkey	5	3,1 (1,3)	3,2 (1,3)	3 (1,3)	Ns
Szklanka mleka lub napojów mlecznych Glass of milk or milk drinks	5	2,3 (1,8)	2,1 (2,1)	2,4 (1,7)	Ns
Masło, margaryna do pieczywa Butter, margarine for bread	1	0,2 (0,4)	0,2 (0,4)	0,2 (0,4)	Ns
Tłuszcz do ziemniaków lub do warzyw / Fat for potatoes or vegetables	1	0,5 (0,5)	0,6 (0,5)	0,4 (0,5)	Ns
Sosy do potraw Sauces, dressings, gravy	1	0,6 (0,5)	0,8 (0,4)	0,5 (0,5)	Ns
Cukier, miód do herbaty, kawy Sugar, honey to tea, coffee	1	0,5 (0,5)	0,4 (0,5)	0,5 (0,5)	Ns
Wino, piwo lub inne napoje alkoholowe / Wine, beer or other alcoholic beverages	1	0,9 (0,3)	0,8 (0,4)	0,9 (0,3)	Ns
Niesmażone ryby, owoce morza Non-fried fish or seafood	5	2,1 (1,6)	1,7 (1,3)	2,3 (1,7)	Ns
Mleko, ser żółty, twaróg, jogurt Milk, hard cheese, curd cheese, yogurt	5	3,1 (1,9)	2,8 (2,1)	3,1 (1,8)	Ns
Warzywa do głównego posiłku Vegetable served with main meal	7	1,3 (1,1)	0,9 (0,3)	1,4 (1,3)	Ns
Suplementy diety Dietary supplements	5	2,6 (2,5)	3,1 (2,5)	2,4 (2,5)	Ns

Objaśnienia / Explanatory notes:

Pierwsza kolumna zawiera skrócone pytania testu DST / The first column contains abbreviated questions of DST test; (*) – test χ^2 Pearsona / Pearson's χ^2 test. Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 2. / Other explanatory notes as in Tab 2.

W niniejszych badaniach nie stwierdzono korelacji między większością odpowiedzi na pytania testu DST a występowaniem ZS (tab. 3). Jednakże osoby z zespołem słabości rzadziej spożywały pieczywo pełnoziarniste ($p = 0,067$ – tendencja), zaś częściej słodczyce ($p = 0,078$ – tendencja). Mniejsze spożycie produktów pełnoziarnistych przez osoby z ZS wykazali także Leon-Muñoz i wsp. [17] oraz Talegawkar i wsp. [25]. Trzeba jednak podkreślić, że produkty w badaniach wymienionych autorów były elementem tzw. diety śródziemnomorskiej, która dodatkowo zawiera więcej warzyw, owoców i orzechów, więc czynników żywieniowych potencjalnie związanych z występowaniem ZS mogło być więcej. Mimo braku różnic statystycznie istotnych można zauważyć, że wśród osób z ZS była także przewaga innych zachowań żywieniowych niekorzystnych nad korzystnymi dla zdrowia (tab. 3). Do pozytywnych można zaliczyć

nieznacznie rzadsze spożycie wędlin tłustych oraz częstsze spożycie wędlin chudych. Z kolei do zachowań mniej korzystnych należało rzadsze spożycie warzyw (marchew, brokuł, szpinak), produktów mlecznych oraz niesmażonych ryb. Wydaje się także, że częstsze spożycie owoców przez te osoby jest również mniej korzystne, gdyż zgodnie z zaleceniami w diecie powinny przeważać warzywa. Trudno jednoznacznie ocenić, czy częstsze spożywanie suplementów diety jest natomiast korzystne, gdyż osoby z ZS odznaczają się zazwyczaj gorszym stanem zdrowia i to może być przyczyną częstszej suplementacji. Mniejsze spożycie warzyw przez osoby z ZS oraz znacząco rzadsze spożycie suplementów diety odnotowali także Kobayashi i wsp. [15].

Wnioski

1. Zespół słabości dotyczył ponad 26 % badanej grupy osób starszych, z czego prawie 85 % stanowiły kobiety.
2. U ponad 63 % respondentów stwierdzono ryzyko żywieniowe, jednak nie było ono skorelowane z występowaniem zespołu słabości.
3. Zwyczaje żywieniowe osób starszych z zespołem słabości były mniej korzystne dla zdrowia.
4. W celu lepszego poznania zależności przyczynowo-skutkowych między ZS a sposobem żywienia i ryzykiem żywieniowym potrzebne są dalsze prospektywne badania kohortowe. Niemniej warto zwrócić szczególną uwagę na zwyczaje żywieniowe seniorów, zarówno w zakładach żywienia zbiorowego, jak i poza nimi, np. poprzez odpowiednią edukacją żywieniową osób starszych oraz osób odpowiedzialnych za przygotowywanie posiłków.

Praca powstała w ramach badań własnych (działalność statutowa Katedry Ogólnej Technologii Żywności i Żywienia Człowieka Uniwersytetu Rzeszowskiego oraz Katedry Żywienia Człowieka Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie).

Literatura

- [1] Arabi A., Baddoura R., El-Rassi R., El-Hajj Fuleihan G.: PTH level but not 25 (OH) vitamin D level predicts bone loss rates in the elderly. *Osteoporos Int.*, 2012, 23 (3), 971-980.
- [2] Babiarczyk B.: Monitorowanie stanu odżywienia osób starszych hospitalizowanych na oddziałach oraz w zakładach opieki krótko- i długoterminowej. *Gerontol. Pol.*, 2008, 16 (1), 18-24.
- [3] Bailey R.L., Miller P.E., Mitchell D.C., Hartman T.J., Lawrence F.R., Sempos C.T., Smiciklas-Wright H.: Dietary Screening Tool identifies nutritional risk in older adults. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2009, 90, 177-183.
- [4] Boyle P.A., Buchman A.S., Wilson R.S., Leurgans S.E., Bennett D.A.: Physical frailty is associated with incident Mild Cognitive Impairment in community-based older persons. *J. Am. Geriatr. Soc.*, 2010, 58 (2), 248-255.

- [5] Cottell K.E., Dorfman L.R., Straight C.R., Delmonico M.J., Lofgren I.E.: The effects of diet education plus light resistance training on coronary heart disease risk factors in community-dwelling older adults. *J. Nutr. Health Aging*, 2011, 15 (9), 762-767.
- [6] Eurostat: Aktywność osób starszych i solidarność międzypokoleniowa. Statystyczny portret Unii Europejskiej 2012. Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luksemburg 2011.
- [7] Eurostat: Sustainable development in the European Union. Monitoring report on progress towards the SDGs in an EU context – 2018 edition. Publications Office of the European Union, Luxembourg 2018.
- [8] Ford D.W., Hartman T.J., Still C., Wood C., Mitchell D., Hsiao P.Y., Bailey R., Smiciklas-Wright H., Coffman D.L., Jensen G.L.: Diet-related practices and BMI are associated with diet quality in older adults. *Public. Health Nutr.*, 2014, 17 (7), 1565-1569.
- [9] Fried L.P., Tangen C.M., Walston J., Newman A.B., Hirsch C., Gottdiener J., Seeman T., Tracy R., Kop W.J., Burke G., McBurnie M.A.: Frailty in older adults: Evidence for a phenotype. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.*, 2001, 56 (3), 146-156.
- [10] Gabrys T., Bajorek A., Malinowska-Lipień I.: Zespół słabości – zasadniczy problem zdrowotny osób starszych. Część I. *Gerontol. Pol.*, 2015, 1, 29-33.
- [11] Greene G.W., Lofgren I., Paulin C., Greaney M.L., Clark P.G.: Differences in psychosocial and behavioral variables by Dietary Screening Tool risk category in older adults. *J. Acad. Nutr. Diet.*, 2018, 118 (1), 110-117.
- [12] Jabłoński E., Kaźmierczak U.: Odżywianie się osób w podeszłym wieku. *Gerontol. Pol.*, 2005, 13 (1), 48-54.
- [13] Jarosz M.: Normy żywienia dla populacji Polski. Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa 2017.
- [14] Kawczyńska-Butrym Z., Czapka E.A.: Rodzinna czy instytucjonalna przestrzeń opieki nad populacją seniorów – kontekst procesów migracyjnych. *Ann. UMCS, sect I.*, 2015, 40 (2), 65-79.
- [15] Kobayashi S., Asakura K., Suga H., Sasaki S.: Inverse association between dietary habits with high total antioxidant capacity and prevalence of frailty among elderly Japanese women: A multicenter cross-sectional study. *J. Nutr. Health Aging*, 2014, 18 (9), 827-839.
- [16] Kozak-Szkopek E., Baraniak J., Mieczkowska J.: Rozpowszechnienie czynników ryzyka choroby niedokrwiennej serca w szóstej dekadzie życia. *Gerontol. Pol.*, 2006, 14 (1), 18-24.
- [17] Leon-Muñoz L.M., Garcia-Esquinas E., Lopez-Garcia E., Banegas J.R., Rodriguez-Artalejo F.: Major dietary patterns and risk of frailty in older adults: A prospective cohort study. *BMC Med.*, 2015, 13, #11. DOI: 10.1186/s12916-014-0255-6.
- [18] LoBuono D.L., Taetzsch A.G., Lofgren I.E., Xu F., Delmonico M.J., Mahler L.: Cognitive status and cardio-metabolic risk of patients with acquired brain injury and Parkinson's disease. *Disabil. Health J.*, 2016, 9, 134-139.
- [19] Matusik P., Tomaszewski K., Chmielowska K., Nowak J., Parnicka A., Dubiel M., Gąsowski J.: Częstość występowania zespołu osłabienia w domach opieki. Porównanie i ocena przydatności klinicznej skal stosowanych do rozpoznania zespołu. *Gerontol. Pol.*, 2009, 17 (3), 120-125.
- [20] Ravindrarajah R., Lee D.M., Pye S.R., Gielen E., Boonen S., Vanderschueren D., Pendleton N., Finn J.D., Tajar A., O'Connell M.D.L., Rockwood K., Bartfai G., Casanueva F.F., Forti G., Giwerzman A., Hanm T.S., Huhtaniemi I.T., Kula K., Lean M.E.J., Punab M., Wua F.C.W., O'Neill T.W.: The ability of three different models of frailty to predict all-cause mortality: Results from the European Male Aging Study (EMAS). *Arch. Gerontol. Geriatr.*, 2013, 57, 360-368.
- [21] Santos-Eggimann B., Cuenoud P., Spagnoli J., Junod J.: Prevalence of frailty in middle-aged and older community-dwelling Europeans living in 10 Countries. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.*, 2009, 64A (6), 675-681.

- [22] Shikany J.M., Barrett-Connor E., Ensrud K.E., Cawthon P.M., Lewis C.E., Dam T.-T.L., Shannon J., Redden D.T.: Macronutrients, diet quality, and frailty in older men. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.*, 2014, 69 (6), 695-701.
- [23] Smit E., Winters-Stone K.M., Loprinzi P.D., Tang A.M., Crespo C.J.: Lower nutritional status and higher food insufficiency in frail older US adults. *Brit. J. Nutr.*, 2013, 110 (1), 172-178.
- [24] Soysal P., Isik A.T., Arik F., Kalan U., Eyvaz A., Veronese N.: Validity of the Mini-Nutritional Assessment Scale for evaluating frailty status in older adults. *J. Am. Med. Dir. Assoc.*, 2019, 20 (2), 183-187.
- [25] Talegawkar S.A., Bandinelli S., Bandeen-Roche K., Chen P., Milanesechi Y., Tanaka T., Semba R.D., Guralnik J.M., Ferrucci L.: A higher adherence to a mediterranean-style diet is inversely associated with the development of frailty in community-dwelling elderly men and women. *J. Nutr.*, 2012, 142, 2161-2166.
- [26] Tsai A.C., Chang T.-L., Wang Y.-C., Liao C.-Y.: Population-specific short-form Mini Nutritional Assessment with body mass index or calf circumference can predict risk of malnutrition in community-living or institutionalized elderly people in Taiwan. *J. Am. Diet. Assoc.*, 2010, 110, 1328-1334.
- [27] Verlaan S., Aspray T.J., Bauer J.M., Cederholm T., Hemsworth J., Hill T.R., McPhee J.S., Piasecki M., Seal C., Sieber C.C., ter Borg S., Wijers S.L., Brandt K.: Nutritional status, body composition, and quality of life in community-dwelling sarcopenic and non-sarcopenic older adults: A case-control study. *Clin. Nutr.*, 2015, 36 (1), 267-274.
- [28] Wądołowska L.: Zasady obliczania i interpretacji wyników. W: Przewodnik metodyczny badań sposobu żywienia. Red. A. Gronowska-Senger. KNoŻC PAN, Warszawa 2013, ss. 38-67.
- [29] Wojszel B.: Niedożywienie i dylematy leczenia żywieniowego w geriatric. *Post. Nauk Med.*, 2011, 8, 649-657.

PREVALENCE OF FRAILTY SYNDROME AND NUTRITIONAL RISK AMONG ELDERLY PEOPLE ATTENDING DAY CARE SENIOR CENTRES

S u m m a r y

Frailty syndrome (FS) is associated with the weakness of the physical and/or mental health of elderly people and it is becoming a global problem. The objective of the research study was to characterise elderly people attending Day Care Senior Centres, in terms of the occurrence of frailty syndrome, dietary habits and nutritional risk. The survey was conducted among 49 individuals (21 men and 28 women) aged 61 - 97 (on average 77.5 ± 8.8) from Warsaw (24 people) and Rzeszów (25 people), who lived on their own, but attended Day Care Senior Centres on a regular basis, where they were provided half board. A Cardiovascular Health Study Scale (CHS) was applied to assess the frailty syndrome, while the nutritional risk was estimated on the basis of Dietary Screening Tool (DSC). The frailty syndrome was diagnosed in 39.3 % of women and 9.5 % of men (26.5 % of the surveyed in total), the pre-frailty syndrome in 46.4 % of women and 52.4 % of men (49 % of the surveyed in total); 14.3 % of women and 38.1 % of men (24.5 % of the surveyed in total) did not show any symptoms of FS. The differences between the men and women surveyed were significant. The nutritional risk was diagnosed in 63.3 % of the people in the group surveyed, the probable nutritional risk – in 34.7 % and only 2 % of the surveyed did not show this symptom. No correlation between the occurrence of FS and nutritional risk was found. Elderly people with FS less often consumed wholegrain bread and yet more often sweets (tendency $0.1 > p > 0.05$). Slightly less often their diet contained fatty cold cuts, vegetables, dairy products, non-fried fish and more often lean

cold cuts, fruits and dietary supplements (there was no statistical significance). Further prospective cohort studies are needed to better understand the cause-effect relationships between the occurrence of frailty syndrome and malnutrition.

Key words: elderly people, frailty syndrome, nutritional risk, dietary habits 

MAGDALENA PILSKA

WIEDZA I POSTRZEGANIE TŁUSZCZÓW A ZWYCZAJE ŻYWIENIOWE POLSKICH KONSUMENTÓW PRODUKTÓW DO SMAROWANIA PIECZYWA

Streszczenie

Wśród polskich konsumentów obserwuje się większe spożycie tłuszczów niż zalecane przez dietetyków. Duże spożycie tłuszczów, szczególnie o niekorzystnym profilu kwasów tłuszczowych, może przyczyniać się do występowania problemów zdrowotnych.

Celem pracy była charakterystyka zwyczajów i zachowań żywieniowych konsumentów produktów do smarowania pieczywa, a także postrzegania i używania przez nich tłuszczów. W badaniach przeprowadzonych na ogólnopolskiej reprezentatywnej próbie ($n = 891$) polskich konsumentów wykazano, że postrzeganie własnego stylu żywienia jako zdrowego nie zawsze w praktyce oznacza, że jest on rzeczywiście zdrowy. Stwierdzono dużą częstość spożycia słodczy i czerwonego mięsa, które jest źródłem nasyconych kwasów tłuszczowych i cholesterolu. Równocześnie znacząca większość respondentów deklarowała regularne spożywanie posiłków oraz spożywanie owoców i warzyw co najmniej raz w tygodniu. Zaobserwowano, że zwyczaje polskich konsumentów zmieniają się w kierunku częstszego spożywania produktów korzystnych dla zdrowia. Do smarowania pieczywa najczęściej używane było masło, do smażenia – olej rzepakowy, zaś do pieczenia – margaryna, co odzwierciedla specyfikę kuchni polskiej. Odnotowano szereg fałszywych przekonań na temat zawartości nasyconych i nienasyconych kwasów tłuszczowych w tłuszczach, a także ich wpływu na zdrowie. Wykazano także względną równowagę pomiędzy spożywaniem tłuszczów roślinnych i zwierzęcych. Z uwagi na to, że wiedza badanych konsumentów na temat tłuszczów nie jest kompleksowa i usystematyzowana, konieczna wydaje się edukacja w tym zakresie. Rozbieżności między przekonaniami i zwyczajami żywieniowymi oraz brak świadomości dotyczącej własnej niewiedzy mogą przyczyniać się do niekorzystnych zjawisk zdrowotnych, takich jak otyłość i choroby z nią współistniejące.

Słowa kluczowe: tłuszcze widoczne, wiedza o tłuszczach, postrzeganie tłuszczów, spożywanie tłuszczów, zwyczaje żywieniowe

Wprowadzenie

Nieodpowiedni sposób odżywiania wpływa na prawdopodobieństwo występowania chorób, a jego modyfikacja pozwala ograniczyć to ryzyko. Styl żywienia stanowi

Dr M. Pilska, Katedra Psychologii Biznesu i Innowacji Społecznych, Wydz. Psychologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Stawki 5/7, 00-183 Warszawa. Kontakt: magdalena.pilska@psych.uw.edu.pl

przedmiot edukacji zdrowotnej. Jego zmiana może być trudna, ponieważ pokarm służy nie tylko do zaspokojenia potrzeb fizjologicznych, ale także hedonistycznych i społecznych [4, 15]. Prawidłowo skomponowana racja pokarmowa powinna dostarczać wszystkich makroskładników, takich jak węglowodany, białka i tłuszcze. Zgodnie z zaleceniami IŻŻ [10] i WHO [19] tłuszcz powinien dostarczać minimalnie $15 \div 20\%$, maksymalnie $30 \div 35\%$ dziennej wartości energetycznej diety, aby zachować równowagę w odżywianiu. W zrównoważonej diecie o odpowiedniej wartości odżywczej i energetycznej powinny przeważać nienasycone kwasy tłuszczowe, zaś kwasy tłuszczowe nasycone winny być spożywane w możliwie małych ilościach.

Produkty tłuszczowe, jak masło, margaryna czy oleje roślinne noszą nazwę tłuszczów widocznych. Zależnie od pochodzenia tłuszcze te dzieli się na oleje roślinne, tłuszcze zwierzęce, margaryny stołowe oraz tłuszcze kuchenne [7]. Tłuszcze roślinne mają istotne znaczenie ze względów zdrowotnych, gdyż cechuje je duża zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych, jak również nieobecność cholesterolu. Tłuszcze zwierzęce, w przeciwieństwie do tłuszczów roślinnych, stanowią źródło cholesterolu oraz nasyconych kwasów tłuszczowych, które nie są korzystne dla zdrowia [12, 17].

Tłuszcze pełnią różne funkcje w organizmie i warunkują wiele procesów. Wraz ze spożywaniem produktów zawierających tłuszcz do organizmu dostarczane są ważne składniki, przede wszystkim witaminy A, D, E i K [21]. Nadmierne spożycie zwłaszcza tłuszczów utwardzonych może jednak wprowadzać zbyt dużo niekorzystnych związków w nich zawartych, przede wszystkim prowadzi do otyłości oraz miażdżycy i ich groźnych następstw [13].

Tłuszcze mają nie tylko najwyższą ze wszystkich makroskładników wartość energetyczną, ale są także nośnikiem smaku. Spożywanie potraw zawierających tłuszcz, zwłaszcza w połączeniu z cukrem lub solą, wyzwała większe odczucia hedonistyczne niż ta sama potrawa bez tłuszczu [13, 21]. Tłuszcze płynne i stałe nie są produktami, które spożywa się samodzielnie, a jedynie stanowią dodatek do posiłków i potraw. Stosuje się je w celu wzbogacenia smaku i konsystencji potraw.

Spożycie tłuszczów przez polskich konsumentów wzbudza wiele zastrzeżeń, gdyż są one zbyt często obecne w diecie, w szczególności spożywane jako dodatek do smarowania pieczywa [5, 6]. Posiłki, takie jak pierwsze i drugie śniadanie oraz kolacja składają się głównie z pieczywa posmarowanego masłem lub margaryną i różnych dodatków [18, 21]. Powszechne i często spożywane produkty do smarowania pieczywa w większości są pochodnymi tłuszczów roślinnych, wyjątek stanowią tłuszcze pochodzenia zwierzęcego, takie jak masło i smalec. W kontekście używania margaryny zwraca się dodatkowo uwagę na obecność w niej niekorzystnych dla organizmu izomerów trans kwasów tłuszczowych.

W latach 90. XX wieku w Polsce nastąpił gwałtowny rozwój gospodarki wolnorynkowej. Z tego powodu struktura spożycia tłuszczów w Polsce upodobniła się do tej

występującej w krajach zachodnich [8, 17] – spożycie tłuszczów ogółem systematycznie zmniejszało się. Zdecydowanie wzrosło spożycie tłuszczów roślinnych, a zmniejszyło się spożycie masła i tłuszczów zwierzęcych [9, 10], co jest zjawiskiem korzystnym. Mimo tej tendencji wśród polskich konsumentów utrzymuje się wyższy poziom spożycia tłuszczów niż zalecany przez dietetyków [13, 16]. Zmienia się żywność oferowana na rynku – duży udział uzyskały wyroby gotowe lub w dużym stopniu przygotowane do spożycia, a ponadto wytwarzanie żywności jest coraz bardziej przemysłowe, rośnie też liczba posiłków spożywanych poza domem.

Celem pracy była charakterystyka zwyczajów i zachowań żywieniowych konsumentów produktów do smarowania pieczywa, a także postrzegania i używania przez nich tłuszczów.

Materiał i metody badań

Badania sondażowe zostały przeprowadzone w marcu 2019 roku metodą CAWI (ang. *Computer Assisted Web Interview*) na ogólnopolskiej reprezentatywnej próbie Polaków ($n = 891$). Respondenci zostali dobrani z bazy Ogólnopolskiego Panelu Badawczego Ariadna tak, aby odpowiadali pod względem podstawowych cech demograficznych (płeć, wiek, poziom wykształcenia, wielkość miejsca zamieszkania, dochód) polskim konsumentom produktów do smarowania pieczywa. Osoby badane samodzielnie wypełniały kwestionariusz internetowy trwający ok. 30 min. Przedstawione w niniejszym artykule wyniki stanowią część szerszych badań projektu 19038, realizowanego w ramach EIT FOOD Horyzont 2020 na Wydziale Psychologii Uniwersytetu Warszawskiego.

Wykorzystane w badaniach zmienne dotyczyły dwóch obszarów: stylu żywienia osoby badanej oraz tłuszczów – wiedzy, postrzegania i spożywania.

W ramach charakterystyki stylu żywienia określano:

- satysfakcję z własnego stylu żywienia – mierzoną za pomocą skali 4-punktowej (od 1 – w ogóle nieusatysfakcjonowany do 4 – całkowicie usatysfakcjonowany);
- zdrowotność własnego stylu żywienia (deklaracja) – mierzoną w skali 5-punktowej: od 1 – jem zdecydowanie niezdrowo do 5 – jem zdecydowanie zdrowo oraz dodatkowej odpowiedzi poza skalą: nie dbam o to czy jem zdrowo czy niezdrowo;
- zdrowotność własnego stylu żywienia (zachowania) – częstość spożycia 12 różnych produktów i potraw korzystnych i niekorzystnych pod względem zdrowotnym (np. warzywa, owoce oraz słodkie, dania fast food) określana w skali 6-punktowej: od 1 – nie jem w ogóle do 6 – jem codziennie lub prawie codziennie;
- prawidłowe i nieprawidłowe zwyczaje żywieniowe – respondenci ustosunkowywali się do 10 twierdzeń związanych z różnymi aspektami spożywania posiłków (np. jadam posiłki regularnie, nie dbam o to, co jem w ciągu dnia). W tym pomiarze za-

stosowano skalę 5-punktową: od 1 – w ogóle do mnie nie pasuje do 5 – całkowicie do mnie pasuje.

Charakterystyka stosunku do tłuszczów obejmowała następujące informacje:

- znajomość wspomagania tłuszczów – respondentom przedstawiano listę 15 tłuszczów, aby wskazali, które z nich znają albo przynajmniej o nich słyszeli;
- częstotliwość spożywania tłuszczów – respondenci wskazywali częstotliwość spożywania znanych sobie tłuszczów w skali: od 1 – nigdy do 8 – częściej niż raz w tygodniu;
- sposób używania tłuszczów – respondenci wskazywali, jak używają konkretnego, znanego sobie tłuszczu, wybierając odpowiedź spośród 6 dostępnych opcji: do smarowania pieczywa, do pieczenia, do smażenia, do sałatek, do przygotowania majonezu, do zup i innych potraw;
- wiedza na temat tłuszczów – respondenci ustosunkowywali się do 10 twierdzeń na temat tłuszczów, z których 5 było prawdziwych (np. wielokrotne smażenie na tym samym tłuszczu jest szkodliwe dla zdrowia, tłuszcze roślinne są zdrowsze niż tłuszcze zwierzęce, tłuszcze roślinne nie zawierają kwasów tłuszczowych trans), zaś 5 – fałszywych (np. oleje i oliwa z oliwek zawierają dużo cholesterolu, tłuszcze zawierające nasycone kwasy tłuszczowe są zdrowe, kwasy tłuszczowe trans są zdrowsze niż nienasycone kwasy tłuszczowe). Zadaniem badanych było zaznaczenie odpowiedzi w skali od: 1 – zupełnie się nie zgadzam do 5 – całkowicie się zgadzam;
- zachowania zakupowe dotyczące tłuszczów – respondenci określali jak bardzo pasuje do nich 7 stwierdzeń dotyczących tłuszczów w skali od: 1 – zupełnie do mnie nie pasuje do 5 – całkowicie do mnie pasuje (np. kiedy robię zakupy mam świadomość, które produkty są wysoko przetworzone; wiem, które tłuszcze są zdrowe, a które niezdrowe; uważnie czytam etykiety na tłuszczach, które kupuję);
- postrzeganie tłuszczów – respondenci wskazywali, które z 5 rodzajów tłuszczów (olej rzepakowy, olej słonecznikowy, oliwa z oliwek, masło, margaryna) najbardziej pasują do 9 stwierdzeń (np. zalecany przez dietetyków, zdrowy, smaczny, w korzystnej cenie, uniwersalny).

Wyniki i dyskusja

W badanej próbie konsumentów produktów do smarowania pieczywa większość (62 %) stanowiły kobiety. Spośród pięciu badanych grup wiekowych żadna zdecydowanie nie dominowała – odsetek badanych konsumentów rozkładał się równomiernie (po ok. 20 %). Respondenci to osoby dobrze wykształcone – dominowały osoby z wyższym i średnim wykształceniem oraz pracujące w pełnym wymiarze godzin lub na pół etatu. Średni miesięczny dochód netto na gospodarstwo domowe wyniósł ok.

4 300 zł, przy czym, co piąty z badanych konsumentów odmówił podania informacji o wysokości miesięcznego dochodu.

Styl żywienia i zwyczaje żywieniowe badanych konsumentów

Określono subiektywną ocenę własnego stylu żywienia badanych konsumentów produktów do smarowania pieczywa. Jednym z analizowanych aspektów był pomiar poziomu satysfakcji z własnego stylu żywienia. Znaczna większość (75 %) respondentów była zdecydowanie lub raczej zadowolona ze swojego stylu żywienia. Pozostałe osoby były zdecydowanie i raczej niezadowolone ze swojego stylu żywienia.

Respondenci dokonali również subiektywnej oceny zdrowotności swojego stylu żywienia – 81 % uznało, że odżywia się zdrowo lub średnio zdrowo. Badani, którzy nie przywiązywali wagi do tego, czy odżywiają się zdrowo czy niezdrowo, stanowili absolutną mniejszość (4 %). Podobne wyniki uzyskano w badaniach CBOS [3] na temat zwyczajów żywieniowych Polaków. Ośmiu na dziesięciu konsumentów twierdziło, że odżywia się zdrowo, co szósty natomiast wyrażał przeciwną opinię.

Tabela 1. Poziom zadowolenia z własnego stylu żywienia a ocena poziomu zdrowotności odżywiania wśród konsumentów produktów do smarowania pieczywa [% odpowiedzi]

Table 1. Eating style satisfaction level vs. assessment of healthiness level of nutrition among bread-spreads consumers [% of responds]

Wyszczególnienie / Item		Subiektywna ocena stylu żywienia Subjective assessment of eating style		
		zdrowy healthy	średnio zdrowy moderately healthy	niezdrowy unhealthy
Satysfakcja ze stylu żywienia Eating style satisfaction	zadowolony satisfied	32	33	5
	niezadowolony dissatisfied	3	13	10

Objaśnienia / Explanatory notes:

n = 855; rozkład procentowy badanej próby z pominięciem osób, które nie zwracały uwagi na zdrowotność swojego żywienia (suma wartości wszystkich komórek wynosi 96 %) / percent distribution of sample surveyed excluding consumers who did not pay attention to healthiness of their nutrition (total value of all the items equals 96 %).

Po porównaniu poziomu zadowolenia ze stylu żywienia oraz oceny zdrowotności odżywiania wykazano, że w badanej próbie dominowali konsumenci zadowoleni z własnego stylu żywienia i którzy uznawali swoje odżywianie za zdrowe lub umiarkowanie zdrowe (tab. 1). Przeświadczenie konsumentów o tym, że odżywiają się zdrowo nie implikuje jednak korzystnych zwyczajów i nawyków żywieniowych.

W badaniach oceniono także różne aspekty zwyczajów żywieniowych konsumentów. Jednym z nich było określenie częstotliwości spożywania produktów korzystnych

i niekorzystnych pod względem zdrowotnym. Zdecydowana większość respondentów relatywnie często spożywała rekomendowane produkty, takie jak: warzywa, owoce, produkty mleczne oraz drób. Wśród produktów, które nie są zalecane przez dietetyków dominowało częste spożywanie słodczy, czerwonego mięsa oraz napojów gazowanych (tab. 2).

Tabela 2. Częstotliwość spożywania produktów zalecanych i niezalecanych wśród konsumentów produktów do smarowania pieczywa [% odpowiedzi]

Table 2. Frequency rate of consuming recommended and non-recommended food products among bread-spread consumers [% of responds]

Produkty zalecane Recommended food products	Częstotliwość spożywania co najmniej raz w tygodniu Consumption frequency rate: at least once a week	Produkty niezalecane Non-recommended food products	Częstotliwość spożywania co najmniej raz w tygodniu Consumption frequency rate: at least once a week
Warzywa Vegetables	91	Słodycze Sweets	68
Owoce Fruits	91	Czerwone mięso Red meat	50
Produkty mleczne Dairy products	86	Napoje gazowane Carbonated drinks	35
Drób Poultry	82	Dania gotowe Ready-to-eat meals	23
Ryby / Fish	60	Pizza	20
Świeżo wyciskany sok Freshly squeezed juice	50	Dania instant Instant dishes	19
Produkty ekologiczne Ecological food products	31	Fast food	18

Objaśnienie / Explanatory note:

n = 891.

Zbliżoną częstotliwość spożywania słodczy wśród polskich konsumentów zauważyli wcześniej Niedźwiedzka i wsp. [14] – według tych autorów 57 % osób badanych sięgało po słodycze co najmniej raz w tygodniu. Częste spożywanie słodczy typu batony, czekolady czy ciastka sprzyja zwiększeniu ilości kwasów tłuszczowych trans w diecie i jest niekorzystne dla zdrowia. W innych badaniach [3, 14] zaobserwowano mniejszą tendencję do częstego spożywania (co najmniej raz w tygodniu) produktów typu fast food oraz napojów gazowanych.

Należy zauważyć, że badani konsumenci wykazywali większą skłonność do spożywania produktów zalecanych przez dietetyków, co jest zjawiskiem pozytywnym. Dane dotyczące sposobów żywienia (a nie tylko spożywanych produktów) również wskazują na korzystne zachowania żywieniowe. Większość respondentów spożywała

posiłki regularnie, choć był to niższy odsetek niż uzyskany w badaniach dotyczących zwyczajów żywieniowych Polaków przeprowadzonych przez CBOS [3]. Około połowa badanych konsumentów wskazała, że modyfikuje przepisy tak, aby potrawy zachowały swój smak, ale były zdrowsze oraz że poszukuje informacji o zdrowym żywieniu (tab. 3).

Tabela 3. Korzystne i niekorzystne zachowania żywieniowe konsumentów produktów do smarowania pieczywa pod względem zdrowotnym [% odpowiedzi]

Table 3. Beneficial and adverse eating behaviours of bread-spread consumers in terms of health [% of responds]

Korzystne zachowania żywieniowe Beneficial eating behaviours	Takie zachowanie do mnie pasuje Such behaviour suits me	Niekorzystne zachowania żywieniowe Adverse eating behaviours	Takie zachowanie do mnie pasuje Such behaviour suits me
Jadam posiłki regularnie I eat my meals regularly	57	Przygotowuję posiłki sycące i kaloryczne / I prepare nutritious and calorific meals	45
Modyfikuję przepisy, aby potrawy były zdrowsze I modify recipes to make my meals healthier	47	Jem to, co mi smakuje, niezależnie od tego, czy jest zdrowe czy niezdrowe / I eat what is tasteful for me regardless of whether it is healthy or not	37
Poszukuję informacji o zdrowym żywieniu I am searching for healthy eating information	44	Jem „w biegu to, co mam pod ręką” I eat “on the run what I have around”	25
Kupuję produkty ekologiczne I buy ecological products	29	Nie dbam o to, co jem w ciągu dnia I do not care what I eat during the day	22
		Często jadam poza domem I often eat outdoors	19
		Nie lubię próbować nowych produktów i potraw / I do not like to try new food products and meals	18

Objaśnienia / Explanatory notes:

Określenie „Takie zachowanie do mnie pasuje” obejmuje zsumowany odsetek odpowiedzi: „takie zachowanie zdecydowanie do mnie pasuje” oraz „takie zachowanie raczej do mnie pasuje” / The term „Such behaviour suits me” comprises a cumulative percent of the responds „such behaviour absolutely suits me” and „such behaviour tends to suit me”; n = 891.

W badanej populacji zaobserwowano także szereg niekorzystnych zachowań żywieniowych. Prawie połowa respondentów, przygotowując posiłki, skupiała się głównie na zaspokajaniu głodu, co można zakwalifikować jako brak świadomości znaczenia właściwie skomponowanych i zbilansowanych posiłków, w których ważna jest nie

tylko wartość energetyczna decydująca o poczuciu sytości. Do niekorzystnych zachowań żywieniowych należała także skłonność do kierowania się bardziej smakiem spożywanych posiłków aniżeli ich korzystnym wpływem na zdrowie. Dostrzeżono także skłonność do spożywania żywności łatwo dostępnej. Prawie 25 % badanych nie przywiązywało wagi do spożywanej żywności, jak również często spożywało posiłki poza domem, co potwierdza wyniki badań przeprowadzonych przez CBOS [3], dotyczące zachowań żywieniowych Polaków. Wśród części badanych konsumentów zaobserwowano także niechęć do poznawania nowych smaków i próbowania potraw, co może sprzyjać niedostatecznemu urozmaiceniu diety.

Znajomość, częstotliwość i sposoby używania tłuszczów

Spośród 15 tłuszczów, których nazwy przedstawiono respondentom, w opisie wyników przedstawiono 5 tłuszczów. Konsumentów, którzy zadeklarowali znajomość danego rodzaju tłuszczu, pytano o częstotliwość jego spożycia (tab. 4) oraz sposób używania. Najbardziej znanymi tłuszczami (powyżej 80 % wskazań) były: masło, margaryna, olej rzepakowy, olej słonecznikowy i oliwa z oliwek. Oleje z surowców obcego pochodzenia, takie jak olej kokosowy, palmowy, arachidowy czy sezamowy były mniej znane konsumentom produktów do smarowania pieczywa.

Najczęściej spożywanym tłuszczem było masło, którego respondenci używali przede wszystkim do smarowania pieczywa, ale wykorzystywano je także do pieczenia, zaś do gotowania i smażenia masło było rzadziej używane przez respondentów. Wyniki te są zbieżne z rezultatami badań Flaczyk i Korczaka [5], Wiśniewskiego [20] oraz Żbikowskiej i wsp. [22], dotyczących zachowań konsumentów na rynku tłuszczów stołowych oraz preferencji tych konsumentów odnoszących się do tłuszczów do smarowania pieczywa, w których tłuszcz pochodzenia zwierzęcego był najczęściej spożywany przez badanych Polaków. Z kolei Niedźwiedzka i wsp. [14], w badaniach spożycia produktów tłuszczowych będących źródłem kwasów tłuszczowych trans, wykazali, że najczęściej wybieranym tłuszczem do smarowania pieczywa jest margaryna, w następnej zaś kolejności – masło.

W badaniach własnych tłuszczem sytuującym się na drugim miejscu w częstotliwości spożycia po maśle, choć wskazanym przez mniejszy odsetek respondentów, był olej rzepakowy używany głównie do smażenia. Między częstotliwością spożycia masła i oleju rzepakowego wytworzyła się względna równowaga dotycząca spożycia tłuszczów zwierzęcych i roślinnych.

Trzecim tłuszczem w kolejności spożywania była margaryna, której respondenci używali głównie do pieczenia, ale również do smarowania pieczywa. Ta tendencja wpisuje się w specyfikę kuchni polskiej, w której często spożywa się kanapki, potrawy smażone, a także domowe ciasta.

Tabela 4. Częstotliwość spożywania tłuszczów wśród konsumentów produktów do smarowania pieczywa deklarujących ich znajomość choćby ze słyszenia [% odpowiedzi]

Table 4. Frequency rate of consuming fats among bread-spreads consumers who state to have knowledge about those fats even if only from hearsay [% of responds]

Tłuszcz Fat	Częściej niż raz w tygodniu More than once a week	Raz w tygodniu Once a week	2 - 3 razy w miesiącu 2 - 3 times a month	Raz na miesiąc Once a month	Raz na 2 - 3 miesiące Once in 2 - 3 months	2 - 3 razy do roku 2 - 3 times a year	Rzadziej Less often	W ogóle Never
Masło / Butter n = 770	52	18	10	7	4	3	4	2
Olej rzepakowy Rapeseed oil n = 756	25	30	22	7	5	4	4	3
Olej słonecznikowy Sunflower oil n = 747	10	20	24	12	9	6	10	9
Oliwa z oliwek Olive oil n = 739	15	19	18	12	12	8	9	7
Margaryna Margarine n = 712	28	13	14	8	7	5	9	16

Rzadziej spożywane tłuszcze (raz w miesiącu lub rzadziej), takie jak oliwa z oliwek i olej słonecznikowy były przez respondentów używane głównie na zimno do sałatek, co również wskazuje na korzystne zachowania żywieniowe.

Wiedza na temat tłuszczów i decyzje zakupowe

Poziom wiedzy respondentów na temat tłuszczów nie był wysoki, o czym świadczy relatywnie duży odsetek odpowiedzi „ani tak, ani nie” na większość stwierdzeń dotyczących tłuszczów oraz zawartych w nich kwasów tłuszczowych nienasyconych, nasyconych i kwasów trans (tab. 5).

Spośród testowanych stwierdzeń największa świadomość dotyczyła tego, że wielokrotne smażenie na tym samym tłuszczu może być szkodliwe dla zdrowia (75 % wskazań), co jest ważną przesłanką dbania o zdrowie. Ponadto połowa konsumentów wiedziała, że tłuszcze roślinne są zdrowsze niż zwierzęce, a także, że tłuszcze nasycone są obecne w produktach wysoko przetworzonych. Poniżej połowy respondentów (44 %) zdawało sobie sprawę, że masło i wzbogacone margaryny są bogatym źródłem witamin A i D.

Tabela 5. Poziom wiedzy konsumentów produktów do smarowania pieczywa na temat tłuszczów oraz kwasów tłuszczowych (nienasyconych, nasyconych i trans) [% odpowiedzi]

Table 5. Level of bread-spread consumers' knowledge about fats and fatty acids (saturated, unsaturated, and trans) [% of responds]

Wyszczególnienie Item		Zdecydowanie się nie zgadzam I absolutely disagree	Raczej się nie zgadzam I rather disagree	Ani się zgadzam ani się nie zgadzam I neither agree nor disagree	Raczej się zgadzam I rather agree	Zdecydowanie się zgadzam I absolutely agree
Stwierdzenia prawdziwe* True statements*	Wielokrotne smażenie na tym samym tłuszczu jest szkodliwe dla zdrowia / Multiple frying using the same fat is unhealthy	2	2	21	27	48
	Tłuszcze roślinne są zdrowsze niż tłuszcze zwierzęce Plant fats are more healthy than animal fats	3	7	37	40	13
	Nasycone kwasy tłuszczowe trans są obecne w produktach wysoko przetworzonych Saturated fatty acids are present in high processed food products	2	4	45	31	18
	Masło i wzbogacone margaryny są źródłem witamin A i D Butter and fortified margarine are the sources of vitamin A and D	2	7	47	38	6
	Oleje roślinne nie zawierają kwasów tłuszczowych trans Plant oils do not contain trans fatty acids	3	9	61	23	4
Stwierdzenia fałszywe** False statements**	Nasycone kwasy tłuszczowe są dobre dla zdrowia / Saturated fatty acids are good for health	25	18	46	9	2
	Oleje i oliwa z oliwek zawierają dużo cholesterolu / Olive oil and other oils are cholesterol-rich	10	27	46	15	2
	Nasycone kwasy tłuszczowe są lepsze dla zdrowia niż nienasycone kwasy tłuszczowe Saturated fatty acids are better for health than unsaturated fatty acids	21	14	51	12	2

Każdy tłuszcz roślinny jest zdrowy Each plant fat is healthy	7	20	50	21	2
Tłuszcze zawierające nasycone kwasy tłuszczowe są zdrowe Fats containing saturated fatty acids are healthy	7	15	56	18	4

Objaśnienia / Explanatory notes:

n = 891; (*) – odpowiedzi prawidłowe to: „raczej się zgadzam” i „zdecydowanie się zgadzam” w przypadku stwierdzeń prawdziwych / correct responds are: „I rather agree” and „I absolutely agree” in the case of true statements; (**) – odpowiedzi prawidłowe to: „zdecydowanie się nie zgadzam” i „raczej się nie zgadzam” w przypadku stwierdzeń fałszywych / correct responds are: „I rather disagree” and „I absolutely disagree” in the case of false statements.

Niektóre obszary wiedzy żywieniowej nastręczały respondentom trudności. Najwięcej fałszywych przekonań dotyczyło tego, czy tłuszcze roślinne zawierają nasycone kwasy tłuszczowe trans, czy tłuszcze zawierające nasycone kwasy tłuszczowe są korzystne dla zdrowia, czy każdy tłuszcz roślinny jest zdrowy oraz czy kwasy tłuszczowe trans mają działanie prozdrowotne.

Wyniki badań własnych są zbliżone do rezultatów Boczara i Błażejczyk-Majki [2], którzy w badaniach charakteryzujących polskich konsumentów olejów roślinnych również wykazali dużą ich świadomość w zakresie takich zagadnień, jak większa wartość odżywcza tłuszczów roślinnych niż zwierzęcych czy brak cholesterolu w tłuszczach roślinnych. Z kolei respondenci wykazywali się ograniczoną wiedzą przy wybieraniu produktów podczas zakupów (tab. 6).

Respondenci w większości deklarowali, że podczas robienia zakupów wiedzą, które produkty są wysoko przetworzone oraz że rozróżniają tłuszcze zdrowe i niezdrowe. Równocześnie mieli niską świadomość na temat obecności kwasów tłuszczowych trans w różnych produktach i nie zwracali uwagi na zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych w produktach, które kupują. Jeszcze niższą świadomość konsumentów w kwestii zwracania uwagi na zawartość izomerów trans i nasyconych kwasów tłuszczowych w kupowanych i spożywanych produktach zaobserwowali Żbikowska i wsp. [22] w badaniach poświęconych preferencjom i wiedzy o tłuszczach do smarowania pieczywa. W badaniach własnych respondenci w niewielkim stopniu czytali etykiety tłuszczów, które kupowali, a także nie zwracali uwagi na to, jaki rodzaj kwasów tłuszczowych zawierają produkty. Jest to odmienny rezultat niż uzyskany w badaniach CBOS na temat zachowań żywieniowych Polaków [3], w których większość respondentów deklarowała dokładne zapoznawanie się z etykietami kupowanych produktów. Warto zauważyć, że dla dwóch trzecich respondentów nie było ważne, jakie kwasy tłuszczowe zawierały kupowane i spożywane przez nich produkty.

Tabela 6. Wiedza konsumentów o tłuszczach i kwasach tłuszczowych oceniana na podstawie zgodności zachowań konsumentów ze stwierdzeniami [% odpowiedzi]

Table 6. Consumer knowledge about fats and fatty acids assessed on the basis of compliance between consumer behaviours and consumer statements [% of responds]

Twierdzenia dotyczące wiedzy konsumentów na temat tłuszczów Statements relating to consumers' knowledge about fats	Zgodność zachowań konsumentów ze stwierdzeniami Consistency to consumers' behavior				
	Zdecydowanie nie Totally not	Raczej nie Rather not	Ani tak ani nie Neither nor	Raczej tak Rather yes	Zdecydowanie tak Totally yes
Kiedy robię zakupy, wiem, które produkty są wysoko przetworzone While shopping I know, which products are high processed	1	6	28	51	14
Wiem, które tłuszcze są zdrowe, a które niezdrowe I know, which products are healthy and which unhealthy	3	12	34	44	7
Rozumiem oznaczenia na etykietach produktów dotyczące tłuszczów I understand fat marking on labels placed on products	3	12	39	39	7
Czytam uważnie etykiety tłuszczów, które kupuję I carefully read labels with fat information when I buy fats	6	18	33	35	8
Zwracam uwagę na zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych w produktach I pay attention to content of saturated fats in products	5	20	42	28	5
Mam świadomość zawartości nasyconych kwasów tłuszczowych trans w produktach I am aware that some products contain trans fatty acids	6	17	44	29	4
Nie dbam o to, jakie kwasy tłuszczowe zawierają produkty, które kupuję I do not care, which fatty acids are contained in the products I buy	9	25	38	23	5

Objaśnienie / Explanatory note:

n = 891.

Postrzeganie tłuszczów

W badaniach ocenie podlegało 5 rodzajów tłuszczów: cztery tłuszcze dominujące w Polsce i pozyskiwane z surowców krajowych (masło, margaryna, olej rzepakowy, olej słonecznikowy) oraz oliwa z oliwek – tłuszcz pozyskiwany z surowców rosnących poza polską szerokością geograficzną. Tłuszcze te były oceniane pod względem 9 cech związanych z ich walorami użytkowymi i zdrowotnymi (tab. 7).

Tabela 7. Postrzeganie cech poszczególnych tłuszczów przez konsumentów produktów do smarowania pieczywa [% odpowiedzi]

Table 7. Perception of attributes of individual fats by bread-spread consumers [% of responds]

Cecha tłuszczu Attribute of fat	Masło Butter n = 770	Margaryna Margarine n = 712	Olej rzepakowy Rapeseed oil n = 756	Olej słonecznikowy Sunflower oil n = 747	Oliwa z oliwek Olive oil n = 739
Odpowiedni do smażenia Suitable for frying	21	11	65	39	21
Uniwersalny (do różnych potraw) Multipurpose (for various dishes)	29	13	54	41	38
Przystępna cena / Affordable price	19	37	53	36	12
Zdrowy / Healthy	36	11	34	30	64
Poprawia smak i konsystencję potraw / Improves taste and texture of the dishes	37	11	27	25	50
Zalecany przez dietetyków Recommended by dieticians	20	9	26	18	59
Smaczny / Tasty	58	16	25	29	47
Wpływa na poprawę zdrowia Improves health	10	10	17	16	47
Powinno się wykluczyć z diety It should be excluded from the diet	8	23	10	7	6

Objaśnienia / Explanatory notes:

Podstawą obliczenia procentowych udziałów odpowiedzi była liczba respondentów, którzy deklarowali znajomość danego tłuszczu / The basis to calculate percent rate of responds was the number of respondents who stated to know the given fat. Respondenci mogli każdemu tłuszczowi przypisać więcej niż jedną cechę z listy / Respondents could ascribe more than one attribute to each fat.

Masło, które było tłuszczem najczęściej spożywanym przez respondentów, uznano za najsmaczniejszy produkt ze wszystkich podlegających ocenie. Podobne opinie konsumentów odnotowali Żbikowska i wsp. [22] w badaniach preferencji polskich konsumentów odnośnie do tłuszczów do smarowania pieczywa, w których tłuszcz ten wybierano głównie ze względu na smak, a nie walory zdrowotne. W badaniach własnych konsumenci twierdzili, że masło jest zdrowe i nadaje korzystne właściwości

potrawom (konsystencja, aromat). Masło to także produkt uniwersalny, którego można używać w różnych daniach i potrawach. W opinii respondentów jest to tłuszcz, którego nie należy wykluczać z diety.

W porównaniu z masłem margaryna wyróżniała się przystępną ceną dla większego odsetka respondentów. Równocześnie przez 23 % badanych konsumentów była postrzegana jako tłuszcz, który należy wykluczyć z diety.

Pod względem użyteczności w gospodarstwie domowym najczęściej wskazań dotyczyło oleju rzepakowego. Został on uznany przez większość respondentów za odpowiedni do smażenia, za najbardziej uniwersalny do przyrządzania potraw oraz mający przystępną cenę. Część konsumentów (25 - 27 %) uznała olej rzepakowy za smaczny i dodający odpowiedniej konsystencji potrawom, a także za rekomendowany przez dietetyków. Jedna trzecia badanych uważała olej rzepakowy za tłuszcz zdrowy. Znaczenia korzystnej ceny, smaku i walorów zdrowotnych jako głównych atrybutów oleju rzepakowego dowiedli też Boczar i Błażejczyk-Majka [1, 2], zajmujący się charakterystyką preferencji konsumentów oleju rzepakowego i słonecznikowego.

Olej słonecznikowy wyróżniał się wśród respondentów przede wszystkim uniwersalnym zastosowaniem do różnych potraw, przydatnością do smażenia i korzystną ceną. Takie zestawienie cech czyni go użytecznym w gospodarstwie domowym, choć w mniejszym stopniu niż olej rzepakowy. Olej słonecznikowy przez ok. 30 % respondentów był też postrzegany jako zdrowy i smaczny. W badaniach Boczara i Błażejczyk-Majki [1], poświęconych preferencjom oleju słonecznikowego, konsumenci także przypisywali temu tłuszczowi uniwersalność i korzystną cenę.

Oliwa z oliwek została uznana przez większość respondentów za produkt o walorach zdrowotnych, takich jak: obniżanie poziomu cholesterolu, wzmacnianie odporności czy poprawa trawienia, a także tłuszcz rekomendowany przez dietetyków. Badani uznali korzystny wpływ oliwy z oliwek na konsystencję i smak potraw. Oliwa z oliwek ceniona była także za smak i uniwersalność zastosowań. Nie była natomiast postrzegana jako produkt o przystępnej cenie. W badaniach Boczara i Błażejczyk-Majki [2], charakteryzujących konsumentów olejów roślinnych w Polsce, oliwa z oliwek była postrzegana jako tłuszcz drogi, niesmaczny i mało uniwersalny, ale o wysokich walorach zdrowotnych.

Wnioski

1. Większość badanych konsumentów postrzega swój styl odżywiania jako zdrowy, jednak analiza konkretnych zachowań żywieniowych pozwoliła wskazać, że obok częstego spożywania produktów zalecanych, duża część konsumentów spożywa produkty niezalecane.
2. W zwyczajach żywieniowych konsumentów produktów do smarowania pieczywa występuje rozbieżność między przekonaniami a zachowaniami.

3. Badani konsumenci znają różne rodzaje tłuszczów do smarowania i różne rodzaje olejów. Częstotliwość używania konkretnych rodzajów tłuszczów jest wyraźnie powiązana ze sposobem ich używania.
4. W przypadku większości tłuszczów konsumentom brak ukształtowanych opinii i wiedzy na ich temat.
5. Wiedza konsumentów o różnych tłuszczach i ich właściwościach nie jest rozległa i usystematyzowana, a jeżeli nawet jest, to nie zawsze przekłada się na zachowania zakupowe.
6. Badani konsumenci nie uświadamiają sobie braków w wiedzy na temat tłuszczów i ich właściwości, co może sprzyjać błędom dietetycznym. Wynik ten wskazuje na potrzebę edukacji w tym zakresie, ponieważ niewiedza może się przekładać na późniejsze niekorzystne zachowania żywieniowe.

Projekt finansowany w ramach grantu 19038 EIT FOOD wchodzącego w skład projektów Horyzont 2020.

Literatura

- [1] Boczar P., Błażejczyk-Majka L.: Konsumenci oleju rzepakowego a konsumenci oleju słonecznikowego w Polsce. *Handel Wewnętrzny*, 2018, 2 (373), 90-103.
- [2] Boczar P., Błażejczyk-Majka L.: Characteristics of vegetable oil consumers in Poland in a view of sustainable consumption principles. *Acta Sci. Pol. Oeconomia*, 2015, 14 (3), 15-26.
- [3] CBOS: Zachowania żywieniowe Polaków. CBOS, Warszawa 2014.
- [4] Czepczor K., Brytek-Matera A.: Jedzenie pod wpływem emocji. Difin, Warszawa 2017.
- [5] Flaczyk E., Korczak J.: Zachowania konsumenta na rynku tłuszczów stołowych. *Nowa Medycyna*, 2000, 12, 11-15.
- [6] Flaczyk E., Korczak J.: Preferencje tłuszczów stołowych dostępnych na rynku poznańskim. *Tłuszcze Jadalne*, 1998, 33 (3/4), 137-147.
- [7] Gawęcki J., Zielke M.: Produkty spożywcze i ich wartość odżywcza. W: *Żywność człowieka. Podstawy nauki o żywieniu*. Red. J. Gawęcki, L. Hryniewiecki. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 1998, ss. 307-330.
- [8] Górską-Warsewicz H.: Konsumpcja tłuszczów roślinnych i masła. *Przem. Spoż.*, 2004, 58 (7), 17-19.
- [9] Gutkowska K., Laskowski W., Ozimek I.: Konsumpcja żywności w polskich gospodarstwach domowych – kryteria zróżnicowania. Wyd. SGGW, Warszawa 2012.
- [10] Jarosz M. (Red.): Normy żywienia dla populacji polskiej – nowelizacja. Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa 2012.
- [11] Krajewski K.: Wybrane czynniki kształtujące zmiany w spożyciu tłuszczów stołowych w Polsce w latach 1990 - 1995. *Żywność. Technologia. Jakość*, 1996, 4 (9), 32-46.
- [12] Krygier K.: Problemy bezpieczeństwa tłuszczów w Polsce. *Przem. Spoż.*, 2008, 4 (62), 32-35.
- [13] Laskowski W.: Wartość odżywcza diety Polaków oraz jej zmiany. W: *Współczesne kierunki działań prozdrowotnych*. Red. A. Wolska-Adamczyk. WSiIZ, Warszawa 2015, ss. 57-72.

- [14] Niedźwiedzka J., Kapka-Skrzypczak L., Michalak-Majewska M.: Zwyczaje żywieniowe związane z konsumpcją produktów stanowiących źródło kwasów tłuszczowych trans – implikacje zdrowotne wysokiego spożycia. *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu*, 2013, 19 (3), 385-388.
- [15] Pilska M., Jeżewska-Zychowicz M.: *Psychologia żywienia. Wybrane zagadnienia*. Wyd. SGGW, Warszawa 2009.
- [16] Rejman K.: Aktualny stan spożycia tłuszczów w Polsce i na świecie. *Przem. Spoż.*, 1997, 51 (4), 5-7.
- [17] Rosiak E.: Spożycie tłuszczów w Polsce i Unii Europejskiej. *Zesz. Nauk. SGGW. Problemy Rolnictwa Światowego*, 2016, 16 (2), 279-288.
- [18] Szczęśna T., Korczak J.: Badanie postaw i zachowań konsumentów przy zakupie i spożyciu tłuszczów roślinnych i zwierzęcych. *Mat. XXVI Sesji KTiChŻ PAN*, Łódź 1995, ss. 117-125.
- [19] WHO/FAO: *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases*. WHO, Genewa 2003.
- [20] Wiśniewski J.: Rynki produktów – teraz masło. *Detal Dzisiaj*, 2011, 9-10, 25-27.
- [21] Ziemiański Ś.: *Tłuszcze w żywieniu człowieka*. W: *Żywność człowieka. Podstawy nauki o żywieniu*. Red. J. Gawęcki, L. Hryniewiecki. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 1998, ss. 152-176.
- [22] Żbikowska A., Marciniak-Łukasiak K., Onacik-Gur S.: Preferencje i wiedza żywieniowa konsumentów w zakresie tłuszczów do smarowania pieczywa. *Rośliny Oleiste*, 2012, 13, 139-148.

KNOWLEDGE AND PERCEPTION OF FATS VERSUS EATING HABITS OF POLISH BREAD-SPREAD CONSUMERS

S u m m a r y

It has been observed that among the Polish consumers the fat consumption is higher than that recommended by dietitians. A high consumption rate of fats, especially of those with an improper fatty acids profile, can contribute to health problems.

The objective of the research study was to characterise habits and behaviours of the Polish bread-spread consumers and to assess their perception and usage of fats. The research study was conducted on an all-Polish representative sample (n = 891) of the Polish consumers; the results thereof proved that even if the surveyed perceived their own eating style as healthy, this did not mean it was really healthy. A high rate has been found of consuming sweets and red meat, which is the sources of saturated fatty acids and cholesterol. At the same time a significant majority of consumers stated that they regularly ate meals and consumed fruits and vegetables at least once a week. It has been reported that the habits of the Polish consumers change so as to more frequently eat health-beneficial food products. Most often butter was used as a bread-spread as was rapeseed oil for frying and margarine for baking; this reflects the specific character of the Polish cuisine. There were reported many false beliefs about the content of saturated and unsaturated fatty acids in fats and their impact on health. A relative balance was confirmed to exist between the consumption of plant fats and animal fats. The bread-spread consumers possess an incomplete and unstructured knowledge about fats, thus it seems necessary to educate people in this regard. The discrepancies between the beliefs about nutrition and eating habits along with the lacking awareness of knowledge-deficiencies can contribute to adverse health problems such as obesity and related diseases.

Key words: visible fats, knowledge about fats, fats perception, fats consumption, eating habits 

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4351-1073>

RADOSŁAW KOWALSKI, JAKUB WYROSTEK, GRAŻYNA KOWALSKA,
URSZULA PANKIEWICZ

WPLYW ULTRADŹWIĘKÓW NA STĘŻENIE WYBRANYCH ZWIĄZKÓW BIOAKTYWNYCH W NAPARACH Z MIĘTY PIEPRZOWEJ, RUMIANKU POSPOLITEGO ORAZ KAWY

Streszczenie

Procesy przygotowania naparów roślinnych mogą być modyfikowane w celu otrzymania napojów charakteryzujących się bogatszym składem chemicznym i bardziej pożądanymi cechami sensorycznymi. Interesujące jest zastosowanie ultradźwięków w procesie otrzymywania naparów z różnych materiałów pochodzenia roślinnego. Celem podjętych badań była ocena wpływu sposobu przygotowania naparu na stężenie polifenoli i kofeiny. Napary z mięty pieprzowej, rumianku pospolitego oraz kawy otrzymano przy zmiennych parametrach czasowych, temperaturowych oraz poprzez parzenie tradycyjne i ze wspomaganie ultradźwiękami. Wykazano, że czas trwania procesu parzenia oraz temperatura wody, jak też zastosowanie sonikacji wpływały na stężenie substancji czynnych w gotowych naparach. Dowiedziono, że zastosowanie sonikacji wpłynęło istotnie na zwiększenie stężenia polifenoli (o $7 \div 54$ %) i kofeiny (o $3 \div 20$ %) w otrzymanych naparach. Wspomaganie procesu parzenia sonikacją pozwoliło na uzyskanie wartościowych naparów zarówno z badanych ziół, jak i kawy, przy zastosowaniu wody o niższej temperaturze (70°C) i przy krótszym czasie parzenia. Ultradźwięki są interesującą techniką, która może znacznie poprawić jakość naparów ziołowych i kawowych pod względem zawartości substancji aktywnych. Zastosowanie ultradźwięków stwarza możliwości uzyskania naparów o podobnych stężeniach substancji aktywnych z mniejszej ilości surowca lub w krótszym czasie w stosunku do naparów parzonych w sposób tradycyjny.

Słowa kluczowe: mięta pieprzowa, rumianek pospolity, kawa, napary, ultradźwięki, polifenole, kofeina

Wprowadzenie

Prozdrowotny wpływ składników roślinnych na organizm człowieka jest doceniany od setek lat. Preparaty farmaceutyczne oraz produkty spożywcze lub kosmetyki

*Dr hab. R. Kowalski, prof. UP, mgr J. Wyrostek, dr hab. U. Pankiewicz, prof. UP, Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności, Wydz. Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Skromna 8, 20-704 Lublin, dr G. Kowalska, Katedra Turystyki i Rekreacji, Wydz. Agrobioinżynierii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin.
Kontakt: radoslaw.kowalski@up.lublin.pl*

otrzymywane na bazie ziół są skuteczne i cieszą się zainteresowaniem konsumentów oraz pacjentów. Często kuracje ziołowe są stosowane jako środek prewencyjny i pomagają uniknąć leczenia farmakologicznego. Poszczególne zioła mają określony skład chemiczny, obejmujący szerokie spektrum substancji organicznych i nieorganicznych, a niektóre z tych grup związków są niezbędne do życia. Ponadto liczne składniki bioaktywne wykazują działanie prozdrowotne i mogą być wykorzystywane do produkcji żywności charakteryzującej się cennymi właściwościami. Obserwowane zainteresowanie konsumentów zdrowym trybem życia wywołuje popyt na określone produkty prozdrowotne, suplementy diety, jak również na fachowe piśmiennictwo, książki tematyczne, programy komputerowe czy audycje radiowe i telewizyjne, a także wiąże się z prowadzeniem badań naukowych podejmujących różne aspekty często interdyscyplinarne w przedmiotowym zakresie. Jednym z najbardziej dostępnych półproduktów spożywczych są zioła czy używki, takie jak kawa i herbata, które nie wymagają skomplikowanej procedury przygotowawczej do otrzymania produktu przeznaczonego do konsumpcji. Najczęściej są one wykorzystywane w postaci naparów, które są przygotowywane w prosty sposób poprzez zalanie odpowiedniej ilości rozdrobnionego materiału wodą doprowadzoną wcześniej do wrzenia. Jak wynika z ostatnich badań, także proste procesy przygotowania naparów roślinnych mogą być modyfikowane celem otrzymania napojów charakteryzujących się bogatszym składem chemicznym i bardziej pożądanymi cechami sensorycznymi [8, 9]. Interesujące jest zastosowanie ultradźwięków w procesie otrzymywania naparów z różnych materiałów pochodzenia roślinnego.

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu ultradźwięków na stężenie polifenoli i kofeiny w naparach z mięty pieprzowej, rumianku pospolitego oraz kawy.

Materiał i metody badań

Materiał do badań stanowiły:

- zioła: liść mięty pieprzowej (BIOFIX, Górki Małe, Polska) oraz koszyczek rumianku pospolitego (BIOFIX, Górki Małe, Polska) zakupione w lubelskiej aptece,
- kawa palona mielona „Jacobs Kronung” (Jacobs Douwe Egberts, Amsterdam, Holandia) zakupiona w lubelskim supermarkecie.

Napary ziołowe i kawowe przygotowywano zgodnie z warunkami opisanymi w PN-ISO 3103:1996 [14], dotyczącej naparów z herbaty, po ich modyfikacji. Odważano po 2 g liści mięty, koszyczków rumianku i kawy, zalewano 100 ml wody dejonizowanej o temp. 95 lub 70 °C i pozostawiano pod przykryciem przez: 1, 3 i 6 min. Po tym czasie materiał roślinny oddzielano od naparu, który przeznaczano do oznaczeń. Analogicznie przygotowywano napary ze wspomaganie ultradźwiękowym z zastosowaniem homogenizatora ultradźwiękowego Omni Sonic Ruptor 250 (Omni International, USA) z częstotliwością 20 kHz i mocą 25 oraz 50 W. Kodowanie próbek prze-

prowadzano według schematu: czas ekstrakcji, temperatura początkowa wody, moc ultradźwięków (tab. 1). Każdy wyciąg przygotowywano w trzech powtórzeniach i przeznaczano do oznaczeń na zawartość wybranych składników aktywnych.

Oznaczenie stężenia polifenoli (w przeliczeniu na kwas galusowy, GA) w otrzymanych naparach prowadzono metodą spektrofotometryczną ($\lambda = 765$ nm) zgodnie z metodą opisaną przez Singletona i Rossiego [18], z użyciem spektrofotometru Cary 50 (Varian, Australia). Oznaczenie stężenia kofeiny w naparach kawowych prowadzono metodą spektrofotometryczną ($\lambda = 273$ nm) [21, 22] z użyciem spektrofotometru Cary 50 (Varian, Australia).

Wyniki badań poddano analizie wariancji (test Duncana, $p = 0,05$) w programie statystycznym SAS (SAS Version 9.1, SAS Inst., Cary, N.C., USA).

Tabela 1. Zestawienie kodów przyporządkowanych próbkom oraz parametry doświadczenia

Table 1. List of sample-assigned codes and experiments parameters

Kod próbki Sample code	Czas Time [min]	Temperatura początkowa wody Initial water temperature [°C]	Moc ultradźwięków Ultrasound power [W]	Częstotliwość ultradźwięków Ultrasound frequency [kHz]
Próba kontrolna Control sample 6-95-0	6	95	0	0
3-95-0	3	95	0	0
1-95-0	1	95	0	0
6-95-25	6	95	25	20
3-95-25	3	95	25	20
1-95-25	1	95	25	20
6-95-50	6	95	50	20
3-95-50	3	95	50	20
1-95-50	1	95	50	20
6-70-0	6	70	0	0
3-70-0	3	70	0	0
1-70-0	1	70	0	0
6-70-25	6	70	25	20
3-70-25	3	70	25	20
1-70-25	1	70	25	20
6-70-50	6	70	50	20
3-70-50	3	70	50	20
1-70-50	1	70	50	20

Wyniki i dyskusja

W tabelach przedstawiono stężenia polifenoli (tab. 2) i kofeiny (tab. 3) w badanych naparach z surowców zielonych oraz w naparach z kawy palonej. Na rys. 1. zilustrowano natomiast zmiany stężenia badanych substancji, wyrażone w procentach, w odniesieniu do stężenia tych związków w naparach kontrolnych, otrzymanych w sposób tradycyjny przy użyciu wody o temp. 95 °C, podczas 6 min parzenia i bez zastosowania ultradźwięków.

Tabela 2. Stężenie polifenoli w naparach z mięty pieprzowej, rumianku pospolitego oraz kawy

Table 2. Polyphenol concentration in peppermint, chamomile and coffee infusions

Kod próbki Sample code	Stężenie polifenoli / Polyphenol concentration [mg/100 ml]		
	Mięta pieprzowa Peppermint	Rumianek pospolity Chamomile	Kawa Coffee
Próba kontrolna Control sample			
6-95-0	50,07 ^{cd}	14,01 ^{bcd}	60,22 ^{cde}
3-95-0	47,12 ^{de}	13,04 ^{cde}	52,31 ^{defg}
1-95-0	38,03 ^{fg}	11,31 ^{ef}	45,08 ^{fgh}
6-95-25	67,21 ^{ab}	16,12 ^{ab}	72,09 ^{abc}
3-95-25	59,04 ^{bc}	13,06 ^{cde}	64,22 ^{bcd}
1-95-25	43,95 ^{ef}	12,02 ^{def}	49,05 ^{efgh}
6-95-50	77,32 ^a	18,05 ^a	87,08 ^a
3-95-50	74,89 ^a	17,00 ^{ab}	82,11 ^{ab}
1-95-50	42,03 ^{ef}	17,21 ^{ab}	52,95 ^{def}
6-70-0	36,14 ^{fg}	6,03 ^g	47,12 ^{fgh}
3-70-0	31,92 ^g	4,15 ^h	42,34 ^h
1-70-0	23,07 ⁱ	4,02 ^h	31,05 ⁱ
6-70-25	59,25 ^{bc}	14,98 ^{abc}	68,21 ^{bc}
3-70-25	50,17 ^{cd}	12,11 ^{def}	61,17 ^{cde}
1-70-25	26,31 ^{hi}	6,06 ^g	44,32 ^{igh}
6-70-50	77,11 ^a	14,22 ^{bcd}	85,11 ^a
3-70-50	75,12 ^a	14,18 ^{bcd}	80,21 ^{ab}
1-70-50	37,03 ^{fg}	9,87 ^f	43,41 ^{gh}

Objaśnienia / Explanatory notes:

Objaśnienia kodów jak w tab. 1. / Explanation of codes as in Tab. 1; a - i – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p = 0,05$) / mean values in columns denoted by different letters differ statistically significantly ($p = 0.05$).

Stwierdzono, że napary kawowe zawierały istotnie więcej polifenoli (do 87,08 mg GA/100 ml) niż napary z mięty pieprzowej (do 77,32 mg GA/100 ml) oraz z rumianku pospolitego (do 18,05 mg GA/100 ml) – tab. 2. Próba kontrolna naparu z kawy (6-95-0) charakteryzowała się stężeniem związków polifenolowych w przeliczeniu na kwas

galusowy na poziomie 60,22 mg/100 ml. Najwięcej polifenoli w naparze kawowym było w wyciągu otrzymanym ze wspomaganiem ultradźwiękami o mocy 50 W podczas parzenia wodą o temp. 95 °C przez 6 min (87,08 mg GA/100 ml), czyli stężenie polifenoli w tych próbkach było większe o 45 % niż w próbce kontrolnej (rys. 1). Najniższe stężenie polifenoli wykazano w naparze kawowym otrzymanym w wyniku ekstrakcji wodą o temp. 70 °C w ciągu 1 min (1-70-0) – 31,05 mg GA/100 ml (tab. 2). Zawartość związków fenolowych w ziarnach kawy jest zależna od rodzaju kawy, pochodzenia czy parametrów procesu obróbki technologicznej. Dybkowska i wsp. [6] oraz Hečimović i wsp. [7] podają, że poziom polifenoli w 1 g kawy palonej mieści się w zakresie 21 ÷ 43 mg GA. Wskazuje to, że w naparze kawowym przygotowanym z użyciem proporcji 2 g kawy/100 ml wody stężenie polifenoli powinno kształtować się na poziomie 40 ÷ 80 mg/ml, co potwierdzono w niniejszych badaniach.

Tabela 3. Stężenie kofeiny w naparach kawowych
Table 3. Caffeine concentration in coffee infusions

Kod próbki Sample code	Stężenie kofeiny Caffeine concentration [mg/100 ml]
Próba kontrolna / Control sample	
6-95-0	34,48 ^{bc}
3-95-0	33,14 ^{cd}
1-95-0	32,90 ^{cd}
6-95-25	40,34 ^a
3-95-25	38,12 ^{ab}
1-95-25	35,98 ^b
6-95-50	41,24 ^a
3-95-50	39,54 ^{ab}
1-95-50	38,12 ^{ab}
6-70-0	32,06 ^d
3-70-0	29,50 ^e
1-70-0	28,24 ^e
6-70-25	35,64 ^b
3-70-25	34,78 ^{bc}
1-70-25	31,34 ^{de}
6-70-50	37,08 ^{ab}
3-70-50	35,80 ^b
1-70-50	33,34 ^{cd}

Objaśnienia / Explanatory notes:

Objaśnienia kodów jak w tab. 1. / Explanation of codes as in Tab. 1; a - d – wartości średnie oznaczone różnymi literami różną się statystycznie istotnie ($p = 0,05$) / mean values denoted by different letters differ statistically significantly ($p = 0.05$).

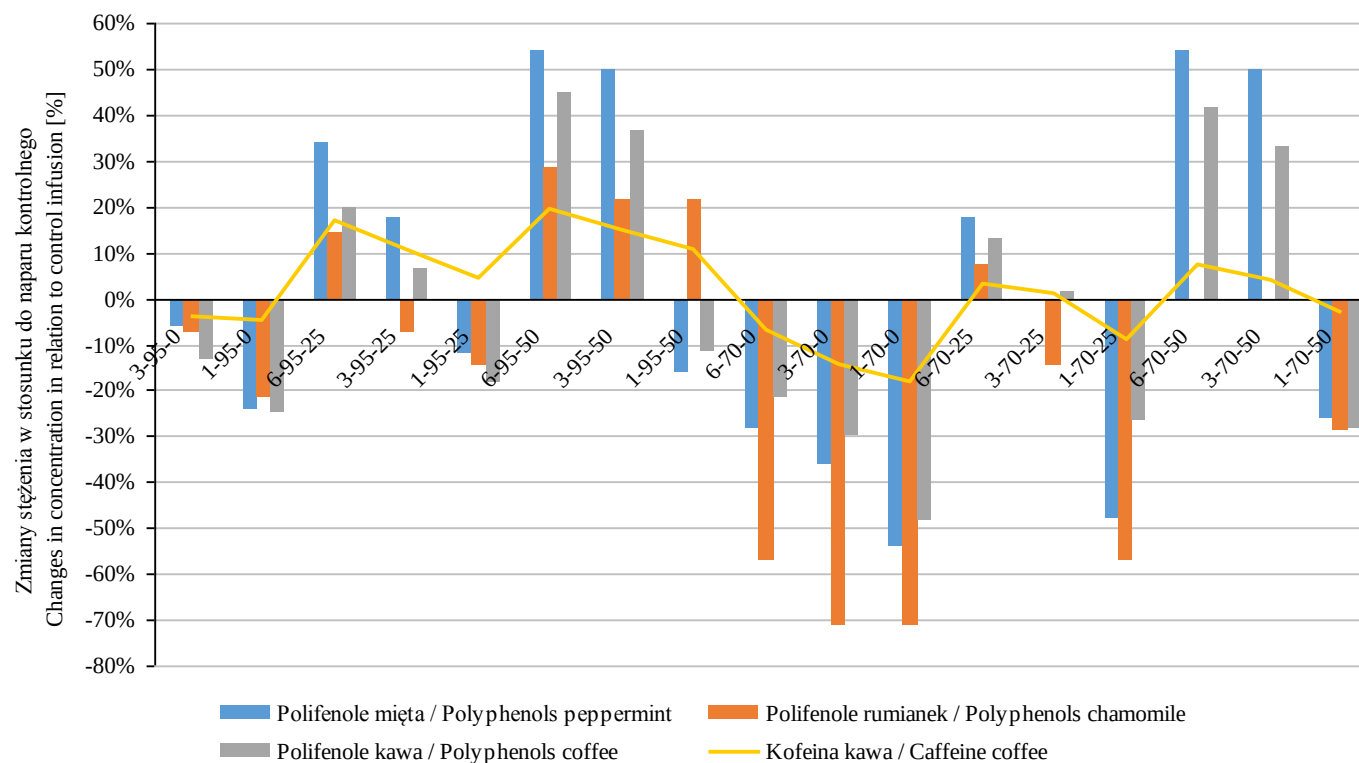
Napary z mięty pieprzowej zawierały do 77,32 mg GA/100 ml, natomiast w próbie kontrolnej tego surowca (6-95-0) stężenie polifenoli wynosiło 50,07 mg GA/100 ml (tab. 2). Najwyższym stężeniem polifenoli w naparze z mięty pieprzowej charakteryzowały się wyciągi otrzymane ze wspomaganiem ultradźwiękami o mocy 50 W podczas parzenia przez 6 i 3 min, zarówno w temperaturze wody 70, jak i 95 °C (stężenie w zakresie 74,89 ÷ 77,32 mg GA/100 ml), co stanowiło wartość o 54 % wyższą w porównaniu z próbą kontrolną (rys. 1). Najmniej polifenoli zawierał napar miętowy otrzymany przy użyciu wody o temp. 70 °C w ciągu 1 min (1-70-0) – 23,07 mg GA/100 ml. W przypadku naparów z rumianku uzyskano istotnie niższe stężenia związków polifenolowych w porównaniu z miętą i kawą. W próbce naparu rumiankowego (6-95-50) stwierdzono stężenie polifenoli na poziomie 18,05 mg GA/100 ml, zaś w naparze kontrolnym z tego surowca (6-95-0) – 14,01 mg GA/100 ml, co stanowiło wzrost o 29 % w stosunku do naparu kontrolnego z rumianku (rys. 1). Najniższym stężeniem polifenoli wśród wyciągów z rumianku charakteryzowały się napary otrzymane w ciągu 3 i 1 min, z zastosowaniem wody o temp. 70 °C bez wspomagania ultradźwiękowego – średnio 4 mg GA/100 ml. Stężenie polifenoli w naparach rumiankowych jest ok. 3,5 razy niższe w porównaniu z naparami miętowymi, co wykazano w innych pracach [4, 16].

W przypadku naparów kawowych stwierdzono, że zawartość kofeiny kształtowała się w zakresie 28,24 ÷ 41,24 mg/100 ml (tab. 3).

Stężenie kofeiny w naparze kawowym otrzymanym w wyniku parzenia metodą tradycyjną (6-95-0) wynosiło 34,48 mg/ml, natomiast największą zawartością kofeiny charakteryzowały się napary otrzymane z zastosowaniem wody o temp. 95 °C wraz ze wspomaganiem ultradźwiękowym o mocy 25 W i 50 W odpowiednio: 40,34 i 41,24 mg/100 ml. Odpowiadało to wzrostowi stężenia kofeiny odpowiednio o: 17 i 20 % w odniesieniu do próby kontrolnej.

Stężenie kofeiny w naparach kawowych jest zróżnicowane i zależy od proporcji użytej kawy w stosunku do wody, temperatury wody, czasu i sposobu parzenia [5]. Napary kawowe przygotowane z 2 ÷ 3 g kawy palonej/100 ml wody o temp. ok. 95 °C zawierały 15 ÷ 75,5 mg kofeiny/100 ml, natomiast napary przygotowywane w proporcji 6 ÷ 20 g kawy palonej/100 ml wody zawierały do 700 mg kofeiny/100 ml, w zależności od zastosowanej metody parzenia [5, 10].

Czas parzenia ma istotny wpływ na poziom wyekstrahowanych związków bioaktywnych, których stężenie osiąga po określonym czasie wartość optymalną, a wydłużenie tego czasu może wręcz skutkować zmniejszeniem zawartości składników czynnych, co zaobserwowali Yen i wsp. [23] w przypadku parzenia herbaty powyżej optymalnego czasu ustalonego na 5 min. W badaniach własnych stwierdzono, że w naparach przygotowanych w ciągu 1, 3 i 6 min bez zastosowania ultradźwięków



Objaśnienia / Explanatory notes:

Objaśnienia kodów jak w tab. 1. / Explanation of codes as in Tab.1.

Rys. 1. Zmiany stężenia polifenoli i kofeiny w naparach: miętowym, rumiankowym i kawowym w porównaniu z naparem kontrolnym

Fig. 1. Changes in polyphenols and caffeine in peppermint, chamomile and coffee infusions compared to the control infusion

najdłuższy zastosowany czas parzenia – 6 min, który był zgodny z zaleceniami normy PN-ISO 3103:1996 [14], pozwalał uzyskać napoje charakteryzujące się najwyższym stężeniem polifenoli i kofeiny.

Skrócenie czasu parzenia o połowę – do 3 min – powodowało zmniejszenie stężenia polifenoli w mięcie, rumianku i kawie odpowiednio o: 6, 7 i 13 %, a kofeiny w kawie – o 4 %. Z kolei skrócenie czasu parzenia do 1 min skutkowało zmniejszeniem stężenia polifenoli odpowiednio o: 24, 21 i 25 %, a kofeiny w kawie – o 5 %.

Kofeina jest składnikiem, który ekstrahuje się szybciej niż polifenole, dlatego uzyskanie odpowiedniego stężenia kofeiny w naparze pod względem czasowym ma mniejsze znaczenie niż w przypadku polifenoli, co stwierdzili także Phan i wsp. [13]. Zaobserwowali oni, że stężenie kofeiny w naparze kawowym otrzymanym w ciągu 1 min wynosiła $19 \div 50 \mu\text{g/ml}$, w ciągu 3 min – $20 \div 53 \mu\text{g/ml}$, natomiast w naparze otrzymanym w ciągu 5 min stężenie kofeiny kształtowało się na poziomie $22 \div 54 \mu\text{g/ml}$, co wskazuje także na niewielki wzrost stężenia tego składnika w gotowym napoju wraz z wydłużaniem czasu parzenia.

W doświadczeniu podejmującym wpływ czasu parzenia herbat ziołowych na uwalnianie się polifenoli do naparu Cleverdon i wsp. [4] wykazali, że najwydajniejsza ekstrakcja tych składników występuje w ciągu $1 \div 5$ min i osiąga po 5 min 78 % wyekstrahowanych polifenoli występujących w herbatce z rumianku i ok. 96 % – w naparze mięty [4]. W przypadku naparów z hibiskusa (*Hibiscus sabdaria* L.) Nguyen oraz Chuyen [11] także odnotowali wpływ czasu parzenia na zawartość polifenoli i uzyskali: 86,6 mg GA/100 g (po 10 min), 119,6 mg GA/100 g (po 20 min), 127,0 mg GA/100 g (po 30 min), 123,5 mg GA/100 g (po 40 min). Wzrost stężenia polifenoli wraz z wydłużaniem czasu parzenia zaobserwowano w badaniach irańskich w przypadku naparów herbacianych. Nikniaz i wsp. [12] wykazali bowiem, że w naparach z herbaty czarnej przygotowanych z 2 g herbaty (w saszetce) i 240 ml wody o temp. 80 °C zawartość polifenoli wzrosła z 24 mg GA/240 ml (1 min parzenia) do 72 mg GA/240 ml (5 min parzenia), a w naparach herbaty czarnej luzem (w tych samych proporcjach i w identycznej temperaturze) – z 19 mg/240 ml (5 min parzenia) do 31 mg GA/240 ml (60 min parzenia).

Kolejnym czynnikiem determinującym jakość naparów była temperatura wody. Stężenie polifenoli w naparach mięty, rumianku i kawy otrzymanych z zastosowaniem wody o temp. 70 °C było niższe niż w naparze kontrolnym o odpowiednio: 28, 57 i 22 %, a w przypadku kofeiny stężenie tego składnika w naparze kawowym było niższe o 7 %. Stwierdzono też, że temperatura miała większy wpływ na stężenie wyekstrahowanych polifenoli niż kofeiny. Siah i wsp. [17] wykazali, że napary otrzymywane z *Centella asiatica* (2,5 g/200 ml) charakteryzowały się wzrostem stężenia polifenoli z 30 mg GA/l w temp. 60 °C do 43 mg GA/l w temp. 100 °C. W doświadczeniach, które przeprowadzili Castiglioni i wsp. [3] oraz Ramírez-Aristizabal i wsp. [15], doty-

czących ekstrakcji herbaty zielonej i herbaty białej, autorzy także zaobserwowali wzrost zawartości polifenoli wraz ze wzrostem zastosowanej temperatury podczas otrzymywania naparów. W przypadku naparów z hibiskusa (*Hibiscus sabdaria* L.) Nguyen i Chuyen [11] nie odnotowali natomiast tak wyraźnego wpływu temperatury na zawartość polifenoli w porównaniu do doświadczeń z herbatą. Stężenie polifenoli wynosiło w tym przypadku 82,4 mg GA/100 g (w 80 °C), 83,8 mg GA/100 g (w 90 °C) i 82,3 mg GA/100 g (w 100 °C).

Wspomaganie procesu parzenia sonikacją pozwoliło uzyskać wartościowe pod względem stężenia substancji aktywnych napary z badanych ziół i kawy przy zastosowaniu wody o niższej temperaturze (70 °C), jak i przy krótszych okresach parzenia. Na przykład napary otrzymane w ciągu 3 min z użyciem wody o temp. 70 °C i ze wspomaganie ultradźwiękowym o mocy 25 W (3-70-25) nie odbiegały istotnie pod względem składu od naparów kontrolnych (tab. 2). Podsumowując powyższe, zaobserwowano, że stosowanie sonikacji wpływa istotnie na ekstrakcję substancji czynnych, tj. polifenoli z liści mięty pieprzowej, kwiatostanów rumianku oraz z kawy palonej, jak również wpływa na stężenie kofeiny w naparach kawowych. Zastosowanie sonikacji wpłynęło na zwiększenie stężenia polifenoli w naparach (w porównaniu z naparem kontrolnym): miętowym – z 50,07 do 77,32 mg/100 ml (wzrost o 54 %), rumiankowym – z 14,01 do 18,05 mg/100 ml (wzrost o 29 %), kawowym – z 60,22 do 87,08 mg/100 ml (wzrost o 45 %). W naparze kawowym stwierdzono także wzrost stężenia kofeiny z 34,48 do 41,24 mg/100 ml (wzrost o 20 %). O korzystnym wpływie ultradźwięków na ekstrakcję substancji czynnych donosi wielu badaczy, między innymi w pracach: na temat wpływu sonikacji na ekstrakcję składników bioaktywnych z ziół [20], na temat przyspieszenia wodnej ekstrakcji cukru z krajanki buraka cukrowego [19] czy wpływu sonikacji na ekstrakcję saponiny z drzewa *Quillaja Saponaria* Molina [2]. W innych pracach autorzy odnotowują pozytywny wpływ ekstrakcji wspomaganie ultradźwiękami na pozyskanie interesującego składnika m.in. z rumianku czy z różnych marek herbaty (*Camellia sinensis*) [1, 24]. Pomimo wielu publikacji dotyczących ekstrakcji wspomaganie ultradźwiękami w różnych wariantach, najczęściej w ujęciu przemysłowego zastosowania, niewiele jest prac z zakresu użycia sonikacji do otrzymywania prostych naparów ziołowych, herbacianych czy kawowych. W pracy Kowalskiego i wsp. [9] dowiedziono, że ultradźwięki mają istotny wpływ m.in. na zawartość polifenoli i kofeiny w naparach z herbat czarnych oraz zielonych i pozwalają otrzymać napój charakteryzujący się wartościowymi cechami sensorycznymi, które były pożądane przez zespół oceniający.

Wnioski

1. Ultradźwięki mogą być stosowane do tzw. prostej kuchennej obróbki, która umożliwia otrzymanie naparów ziołowych i kawowych znacznie bogatszych w proz-

drowotne substancje aktywne w porównaniu z naparami otrzymywanymi w sposób tradycyjny.

2. Otrzymywanie naparów ze wspomaganiem sonikacją pozwala uzyskać napoje z mniejszych porcji materiału roślinnego lub w krótszym czasie, a jednocześnie charakteryzujące się podobnymi stężeniami substancji aktywnych w porównaniu z naparami parzonymi w sposób tradycyjny.

Literatura

- [1] Bakht A., Geesi M.H., Riadi Y., Imran M., Ali I., Ahsan M.J., Ajmal N.: Ultrasound-assisted extraction of some branded tea: Optimization based on polyphenol content, antioxidant potential and thermodynamic study. *Saudi J. Biol. Sci.*, 2019, 26 (5), 1043-1052.
- [2] Cares M.G., Vargas Y., Gaete L., Sainz J., Alarcón J.: Ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from *Quillaja Saponaria* Molina. *Phys. Procedia*, 2010, 3 (1), 169-178.
- [3] Castiglioni S., Damiani E., Astolfi P., Carloni P.: Influence of steeping conditions (time, temperature, and particle size) on antioxidant properties and sensory attributes of some white and green teas. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 2015, 66 (5), 491-497.
- [4] Cleverdon R., Elhalaby Y., McAlpine M., Gittings W., Ward W.: Total polyphenol content and antioxidant capacity of tea bags: Comparison of black, green, red rooibos, chamomile and peppermint over different steep times. *Beverages*, 2018, 4 (1), #15. DOI: 10.3390/beverages4010015.
- [5] De Paula J., Farah A.: Caffeine consumption through coffee: Content in the beverage, metabolism, health benefits and risks. *Beverages* 2019, 5 (2), #37. DOI: 10.3390/beverages5020037.
- [6] Dybkowska E., Sadowska A., Rakowska R., Dębowska M., Świdorski F., Świąder K.: Assessing polyphenols content and antioxidant activity in coffee beans according to origin and the degree of roasting. *Rocz. Państw. Zakł. Hig.*, 2017, 68 (4), 347-353.
- [7] Hečimović I., Belščak-Cvitanović A., Horžić D., Komes D.: Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting. *Food Chem.*, 2011, 129 (3), 991-1000.
- [8] Kowalski R., Baj T., Kowalska G., Pankiewicz U.: Estimation of potential availability of essential oil in some brands of herbal teas and herbal dietary supplements. *PLoS One*, 2015, 10 (6), #0130714. DOI: 10.1371/journal.pone.0130714.
- [9] Kowalski R., Wyrostek J., Kałwa K., Kowalska G., Pankiewicz U., Sujka M., Włodarczyk-Stasiak M., Mazurek A.: Sensory and chemical evaluation of tea brews prepared with the assistance of ultrasound. *Ciência Rural*, 2019, 49 (11), #201900056. DOI: 10.1590/0103-8478cr201900056.
- [10] Merecz A., Marusińska A., Karwowski B.T.: The content of biologically active substances and antioxidant activity in coffee depending on brewing method. *Polish J. Nat. Sci.*, 2018, 33 (2), 267-284.
- [11] Nguyen Q.V., Chuyen H.V.: Processing of herbal tea from roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.): Effects of drying temperature and brewing conditions on total soluble solid, phenolic content, antioxidant capacity and sensory quality. *Beverages*, 2020, 6 (1), #2. DOI: 10.3390/beverages6010002.
- [12] Nikniaz Z., Mahdavi R., Ghaemmaghami S.J., Yagin N.L., Nikniaz L.: Effect of different brewing times on antioxidant activity and polyphenol content of loosely packed and bagged black teas (*Camellia sinensis* L.). *Avicenna J. Phytomedicine*, 2016, 6 (3), 313-321.
- [13] Phan T.T.D., Kuban V., Kráčmar S.: Determination of caffeine contents of coffee brands in the Vietnamese market. *J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci.*, 2012, 1, 995-1002.

- [14] PN-ISO 3103:1996. Herbata. Przygotowanie naparu do badań sensorycznych.
- [15] Ramírez-Aristizabal L.S., Ortiz A., Restrepo-Aristizabal M.F., Salinas-Villada J.F.: Comparative study of the antioxidant capacity in green tea by extraction at different temperatures of four brands sold in Colombia. *Vitae, Rev. Fac. Ciencias Farm. Aliment.*, 2017, 24 (2), 132-145.
- [16] Rusaczek A., Świdorski F., Waszkiewicz-Robak B.: Antioxidant properties of tea and herbal infusions – A short report. *Polish J. Food Nutr. Sci.*, 2010, 60 (1), 33-35.
- [17] Siah W.M., Azman M.A., Jeeven K., Hayazan M.D.N., Tahir S.M.: Effect of infusion conditions on total phenolic content and antioxidant activity in *Centella asiatica* tea. *J. Top. Agric. Food Sci.*, 2011, 39 (2), 149-156.
- [18] Singleton V.L., Rossi J.A.: Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.*, 1965, 16, 144-158.
- [19] Stasiak D.: The ultrasound-assisted sugar extraction from sugar beet cossettes. *Acta Sci. Pol. Technol. Agrar.*, 2005, 4 (2), 31-39.
- [20] Vinatoru M.: An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs. *Ultrason. Sonochem.*, 2001, 8 (3), 303-313.
- [21] Yao L.H., Chen Y., Cheng C., Liu Y.: The kinetics of black tea infusion. *J. Food Ferment. Ind.*, 1993, 19, 38-44.
- [22] Yao L.H., Liu X., Jiang Y., Caffin N., D'Arcy B., Singanusong R., Datta N., Xu Y.: Compositional analysis of teas from Australian supermarkets. *Food Chem.*, 2006, 94 (1), 115-122.
- [23] Yen G.-C., Chen H.-Y., Peng H.-H.: Antioxidant and pro-oxidant effects of various tea extracts. *J. Agric. Food Chem.*, 1997, 45 (1), 30-34.
- [24] Žlabur J.Š., Žutić I., Radman S., Pleša M., Brnčić M., Barba F.J., Rocchetti G., Lucini L., Lorenzo J.M., Domínguez R., Brnčić S.R., Galić A., Voća S.: Effect of different green extraction methods and solvents on bioactive components of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) flowers. *Molecules*, 2020, 25 (4), #810. DOI: 10.3390/molecules25040810.

EFFECT OF ULTRASOUND ON CONCENTRATION OF SELECTED BIOACTIVE COMPOUNDS IN INFUSIONS OF PEPPERMINT, CHAMOMILE AND COFFEE

S u m m a r y

The infusion preparation processes can be modified in order to provide drinks characterised by a richer chemical composition and more desirable sensory parameters. Interesting is the use of ultrasound in the process of making infusions from various materials of plant origin. The objective of the research study was to assess the impact of the infusion preparation method on the concentration of polyphenols and caffeine. The infusions of peppermint, common chamomile and coffee were made using variable parameters of time and temperature; also the infusions were brewed traditionally and with the application of ultrasound. It was shown that the duration of brewing process and water temperature impacted the concentration of active substances in the infusions prepared as did the use of sonication. It was proven that the application of sonication had a significant effect on the increase in the concentration of polyphenols (by 7 ÷ 54 %) and caffeine (by 3 ÷ 20 %) in the infusions made. The sonication-supported brewing process made it possible to make beneficial infusions from both the herbs tested and the coffee at a lower water temperature (70 °C) and during a shorter brewing time. Ultrasound is an interesting technique that can significantly improve the quality of herbal and coffee extracts in terms of the content of active substances. The utilization of ultrasound provides the potential to make infusions with similar concentrations of active substances using a smaller quantity of raw material or during a shorter time compared to the traditional way of brewing.

Key words: peppermint, chamomile, coffee, infusions, ultrasound, polyphenols, caffeine ☒

GRAŻYNA MORKIS

PROBLEMATYKA ŻYWNOSCIOWA W USTAWODAWSTWIE POLSKIM I UNIJNYM

Publikujemy kolejny przegląd aktów prawnych, które ukazały się w Dzienniku Ustaw RP oraz Dzienniku Urzędowym UE. Poniższe zestawienie zawiera akty prawne dotyczące szeroko omawianej problematyki żywnościowej wg stanu na dzień 31 marca 2020 r.

Polskie akty prawne

1. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 20 grudnia 2019 r. w sprawie niektórych wymagań weterynaryjnych, jakie powinny być spełnione przy produkcji produktów pochodzenia zwierzęcego w rzeźniach o małej zdolności produkcyjnej, położonych na terenie gospodarstw (Dz. U. 2020 r., poz. 56).
Rozporządzenie określa niektóre wymagania weterynaryjne dotyczące konstrukcji, rozplanowania i wyposażenia, jakie powinny być spełnione przy produkcji produktów pochodzenia zwierzęcego w rzeźniach o małej zdolności produkcyjnej na terenie gospodarstwa.
2. Rozporządzenie Rady Ministrów z dn. 21 stycznia 2020 r. w sprawie połączenia Narodowego Instytutu Zdrowia Publicznego – Państwowego Zakładu Higieny oraz Instytutu Żywności i Żywienia im. prof. dra med. Aleksandra Szczygła (Dz. U. 2020 r., poz. 135).
Z dniem 1 lutego 2020 r. zostały połączone:
– Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny,
– Instytut Żywności i Żywienia im. prof. dra med. Aleksandra Szczygła.
Połączenie instytutów nastąpiło poprzez włączenie Instytutu Żywności i Żywienia im. prof. dra med. Aleksandra Szczygła do Narodowego Instytutu Zdrowia Publicznego – Państwowego Zakładu Higieny.
3. Ustawa z dn. 23 stycznia 2020 r. o zmianie ustawy o jakości handlowej artykułów rolno-spożywczych oraz niektórych innych ustaw (Dz. U. 2020 r., poz. 285).

Dokonano szeregu zmian w ustawie z 21 grudnia 2000 r. o jakości handlowej artykułów rolno-spożywczych (Dz. U. 2019 r., poz. 2178).

4. Obwieszczenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 6 marca 2020 r. w sprawie ogłoszenie jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w sprawie szczegółowych wymagań w zakresie jakości handlowej ziemniaków (Dz. U. 2020 r., poz. 371).

Ogłoszono jednolity tekst rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w sprawie szczegółowych wymagań w zakresie jakości handlowej ziemniaków z dn. 29 października 2003 r. W rozporządzeniu określono szczegółowe wymagania w zakresie jakości handlowej ziemniaków wczesnych i ziemniaków jadalnych.

5. Ustawa z dn. 13 lutego 2020 r. o Państwowej Inspekcji Ochrony Roślin i Nasiennictwa (Dz. U. 2020 r., poz. 425)

Ustawa określa:

- zadania, organizację i zasady funkcjonowania Państwowej Inspekcji Ochrony Roślin i Nasiennictwa,
- zasady wykonywania zadań przez ww. Inspekcję,
- organizację i zasady funkcjonowania laboratoriów przeprowadzających badania laboratoryjne na potrzeby zadań Inspekcji.

Unijne akty prawne

1. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2020/16 z dn. 10 stycznia 2020 r. zezwalające na wprowadzenie na rynek chlorku rybozydu nikotynamidu jako nowej żywności zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/2283 oraz zmieniające rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2017/2470 (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz. U. L 2020 r., 7, s. 6).

Chlorek rybozydu nikotynamidu został włączony do unijnego wykazu nowej żywności, która uzyskała zezwolenie, ustanowione rozporządzeniem wykonawczym (UE) 2017/2470. Przez okres pięciu lat od dnia wejścia w życie niniejszego rozporządzenia wyłącznie pierwotny wnioskodawca, czyli przedsiębiorstwo ChromaDex Inc. otrzymuje zezwolenie na wprowadzanie na rynek Unii tej nowej żywności – suplementu żywnościowego.

2. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2020/24 z dn. 13 stycznia 2020 r. zezwalające na rozszerzenie zastosowania nasion szalwii hiszpańskiej (*Salvia hispanica*) jako nowej żywności oraz zmianę warunków stosowania i szczególnych wymogów dotyczących etykietowania nasion szalwii hiszpańskiej (*Salvia hispanica*) na mocy rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/2283

oraz zmieniające rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2017/2470 (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz. U. L 2020 r., 8, s. 12).

We wpisie dotyczącym nowej żywności umieszczono nasiona szalwii hiszpańskiej (*Salvia hispanica*). Nasiona szalwii hiszpańskiej mają zastosowanie w takich kategoriach żywności, jak: pieczywo, wyroby piekarskie, śniadaniowe przetwory zbożowe, wyroby cukiernicze, produkty mleczarskie, lody jadalne, przetwory owocowo-warzywne, napoje bezalkoholowe. Rozporządzenie zawiera również warunki stosowania i wymogi w zakresie etykietowania określone w załączniku do niniejszego rozporządzenia.

3. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2020/107 z dn. 23 stycznia 2020 r. dotyczące zezwolenia na stosowanie pasu 4 R jako dodatku paszowego dla psów, kotów i ryb ozdobnych (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz. U. L 2020 r., 19, s. 18).

Substancja pas 4 R (główny składnik sól sodowa) w postaci proszku lub granulatu została dopuszczona jako dodatek paszowy stosowany w żywieniu psów, kotów i rybek ozdobnych.

4. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2020/173 z dn. 6 lutego 2020 r. dotyczące zezwolenia na stosowanie błękitu brylantowego FCF jako dodatku paszowego dla kotów i psów (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz. U. L 2020 r., 39, s. 9).

Substancja błękit brylantowy FCF (główny składnik sól sodowa) w postaci proszku została dopuszczona jako dodatek paszowy stosowany w żywieniu psów i kotów.

5. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2020/197 z dn. 13 lutego 2020 r. dotyczące zezwolenia na stosowanie czerwieni Allura AC jako dodatku paszowego dla kotów i psów (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz. U. L 2020 r., 42, s. 4).

Substancja czerwień Allura AC (główny składnik sól sodowa) w postaci proszku lub granulatu została dopuszczona jako dodatek paszowy stosowany w żywieniu psów i kotów.

6. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2020/228 z dn. 19 lutego 2020 r. dotyczące zezwolenia na stosowanie erytrozyny jako dodatku paszowego dla kotów i psów (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz. U. L 2020 r., 47, s. 1).

Substancja erytrozyna (główny składnik sól sodowa) w postaci stałej została dopuszczona jako dodatek paszowy stosowany w żywieniu psów i kotów. ☒

NOWE KSIĄŻKI

Oilseeds: Health Attributes and Food Applications

[Nasiona oleiste: Cechy zdrowotne i zastosowania spożywcze]

Beenu Tanwar, Ankit Goyal (Eds.)

Wydawnictwo: Springer Singapore, 2020, ISBN 978-981-15-4193-3, liczba stron 512, cena 139,09 EUR

Zamówienia: <https://springer.com>

Dzięki dużej zawartości oleju i białka nasiona oleiste są cennym surowcem dla przemysłu spożywczego i paszowego. Zawarte w nich fitozwiązki i składniki funkcjonalne wzbudziły zainteresowanie badaczy, co doprowadziło do ich wykorzystania w żywności funkcjonalnej. W książce zawarto najnowsze informacje na temat składników odżywczych i fitoskładników oraz korzyści zdrowotnych, a także negatywnych skutków spożywania różnych konwencjonalnych i niekonwencjonalnych nasion oleistych. Każdy z rozdziałów zawiera informacje kompleksowo wyjaśniające zastosowanie nasion oleistych w funkcjonalnych produktach piekarskich, mleczarskich oraz innych produktach spożywczych. Książka jest cennym źródłem informacji dla studentów, dietetyków i naukowców zajmujących się żywnością, a także technologów zaangażowanych w rozwój produktów bazujących na nasionach oleistych i ich składnikach.

Chemical Quality Assurance of Milk and Milk Products

[Zapewnienie chemicznej jakości mleka i przetworów mlecznych]

Kamal Gandhi, Rajan Sharma, Priyae Brath Gautam, Bimlesh Mann

Wydawnictwo: Springer Singapore, 2020, ISBN 978-981-15-4166-7, liczba stron 341, cena 124,79 EUR

Zamówienia: <https://springer.com>

W opracowaniu omówiono aspekty związane z jakością mleka i przetworów mlecznych. Podano również procedury analityczne stosowane w badaniach jakości i składu tych produktów. Opisano zafałszowania mleka i przetworów mlecznych, jak również powszechnie wykorzystywane i zaawansowane techniki stosowane do wykrywania takich zafałszowań. W książce przedstawiono ponadto elementy prawa żywnościowego, wytyczne i przepisy ustanowione przez FSSAI, CODEX, ISO, IDF i USFDA. Za-

poznano czytelników z koncepcjami QC, TQM, cyklem PDCA i pokrewnymi systemami zapewniania jakości. Zawarto również informacje na inne tematy, które pośrednio wpływają na jakość mleka i przetworów mlecznych, takie jak kalibracja sprzętu do analizy mleka oraz jakość wody stosowanej w przetwórstwie mleka. Opracowanie jest cennym źródłem informacji dla naukowców i specjalistów z branży zajmujących się produktami mlecznymi.

Food Fraud

[Oszustwa żywnościowe]

Rosalee Hellberg, Karen Everstine, Steven Sklare (Eds.)

Wydawnictwo: Academic Press, 2020, ISBN 978-012-81-7242-1, liczba stron 320, cena 127,50 USD

Zamówienia: <https://www.elsevier.com>

Zagrożenia dla zdrowia publicznego i konsekwencje ekonomiczne stanowią kompleksowe źródło informacji w publikacji na temat oszustw związanych z żywnością i zgodności z normami branżowymi. Opracowanie zawiera krótki przegląd historii oszustw związanych z żywnością, a także aktualnych wyzwań i słabości, z którymi musi zmagać się przemysł spożywczy. W książce omówiono również wymagania zgodności ze standardami dotyczącymi ograniczania podatności na oszustwa związane z żywnością, ze szczególnym uwzględnieniem wymogów analizy porównawczej, globalnej inicjatywy na rzecz bezpieczeństwa żywności (GFSI).

Handbook of Hydrocolloids

[Hydrokoloidy]

Glyn Phillips, Peter Williams (Eds.)

Wydawnictwo: Woodhead Publishing, 2020, wyd. III, ISBN 978-012-82-0104-6, liczba stron 1060, cena 345 USD

Zamówienia: <https://www.elsevier.com>

W trzecim, zaktualizowanym i rozszerzonym, wydaniu książki dokonano przeglądu struktury, funkcji, właściwości i zastosowań szerokiej gamy hydrokoloidów stosowanych w przemyśle spożywczym i gałęziach pokrewnych. W opracowaniu zaktualizowano istniejące rozdziały dotyczące budowy i właściwości funkcjonalnych poszczególnych hydrokoloidów oraz zawarto dodatkowe rozdziały na temat nowych technik chemicznego i fizykochemicznego charakteryzowania hydrokoloidów oraz technologii aplikacyjnych stosowanych do kapsułkowania i kontrolowanego uwalniania substancji czynnych z matrycy na bazie hydrokoloidów.

Gastronomy and Food Science

[Gastronomia i nauka o żywności]

Charis Galanakis (Ed.)

Wydawnictwo: Academic Press, 2020, ISBN 978-012-8200-57-5, liczba stron 282, cena 148,75 USD

Zamówienia: <https://www.elsevier.com>

Książka obejmuje wzajemne relacje pomiędzy gastronomią, żywnością i naukami kulinarnymi w jednym integralnym opracowaniu. W publikacji uwzględniono także holistyczne spojrzenie na kuchnię, kulinarne modelowanie tekstury na bazie składników żywności, zastosowanie nowych technologii gastronomicznych w kształtowaniu zdrowej diety oraz recykling kulinarnych produktów ubocznych przy użyciu najnowszych rozwiązań. Omówiono również rolę gastronomii i nowych technologii w kształtowaniu zdrowej diety. Opisano zestaw narzędzi do identyfikacji różnorodności i czynników decydujących o wyborze żywności w docelowej populacji. Przedstawiono wartość diety śródziemnomorskiej i bioaktywnych składników żywności. Poruszono także problematykę turystyki gastronomicznej.

Opracował: Lesław Juszczał

Z ŻAŁOBNEJ KARTY

PROF. DR HAB. INŻ. TADEUSZ KOŁCZAK 1938 - 2019



Profesor Tadeusz Kołczak urodził się 20 czerwca 1938 roku w Wielopolu Skrzyńskim. Studia odbył na Wydziale Zootechnicznym Wyższej Szkoły Rolniczej (WSR) w Krakowie, które ukończył w 1961 roku pracą magisterską pt. „Badania nad typami hemoglobin u krów i cieląt rasy nizinno-czarno-białej”. Stopień naukowy doktora nauk rolniczych nadała mu Rada Wydziału Zootechnicznego WSR w Krakowie w 1968 roku po przedstawieniu rozprawy przygotowanej pod kierunkiem profesora Zygmunta Ewy’ego pt. „Badania nad właściwościami białek mięśni o wodnistej strukturze u świń”. Stopień naukowy doktora habilitowanego nauk rolniczych w zakresie fizjologii zwierząt uzyskał w 1978 roku na podstawie rozprawy pt. „Reakcja świń w warunkach krótkotrwałego stresu oraz jej związek z szybkością poubojowej glikolizy i jakością mięsa”. W 2001 roku uzyskał tytuł naukowy profesora nauk rolniczych.

Przed podjęciem pracy na uczelni Profesor T. Kołczak pracował w 1961 roku na farmie rolniczej North Ost Polder w Holandii oraz farmie rolniczej Willissau w Szwajcarii. W latach 1961 - 1962 został zatrudniony jako asystent w Katedrze Fizjologii Zwierząt WSR. Następnie podjął pracę w Zakładzie Fizjologii Zwierząt Instytutu Zootechniki w Krakowie jako: asystent (1962 - 1964), starszy asystent (1964 - 1968) i adiunkt (1968 - 1973). W 1973 roku powrócił na Akademię Rolniczą, gdzie został zatrudniony na Wydziale Zootechnicznym w Instytucie Hodowli i Technologii Produkcji Zwierzęcej jako adiunkt (1973 - 1979) oraz docent (1979 - 1983). W latach 1973 - 1983 był kierownikiem Laboratorium Instytutu Hodowli i Technologii Produkcji Zwierzęcej w Mydlnikach. W 1984 roku przeszedł do pracy na Oddziale, a następnie Wydziale Technologii Żywności, gdzie podjął się organizacji Zakładu, a później Katedry Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych oraz nauczania studentów z zakresu

przetwórstwa mięsa. W jednostce tej pracował na stanowisku docenta (1984 - 1992), profesora AR (1992 - 1997), docenta (1997 - 2001) i profesora nadzwyczajnego (2001 - 2005), kierując tą jednostką przez ponad 20 lat (1984 - 2005). W roku 2005 przeszedł na emeryturę, ale często bywał na Wydziale i przy każdej okazji zawsze żywo interesował się losami Katedry i jej pracowników.

W okresie pracy zawodowej Profesor przebywał na stażach naukowych na Uniwersytecie Clermont Ferrand we Francji (1985), na Uniwersytecie Humboldta w Berlinie (1988), w Scottish Agricultural College w Auchincruive (1992), w University College Corck w Irlandii (1992) oraz w Duńskim Instytucie Przemysłu Mięsnego w Roskilde (1994).

W trudnym okresie stanu wojennego Profesor pełnił funkcję Rzecznika Dyscyplinarnego ds. Studentów (1981 - 1985), potem był członkiem Senackiej Komisji Dyscyplinarnej ds. Pracowników (1999 - 2002). Brał także udział w pracach licznych komisji uczelnianych i wydziałowych.

Zainteresowania naukowo-badawcze Profesora koncentrowały się na ocenie wpływu czynników przyżyciowych na przebieg zmian poubojowych w tkankach zwierzęcych i właściwościach jakościowych mięsa różnych gatunków zwierząt; reakcjach fizjologicznych oraz mechanizmach adaptacji zwierząt w warunkach krótkotrwałego stresu; wpływie procesów technologicznych na właściwości jakościowe surowców zwierzęcych (mięsa, mleka, jaj), półproduktów i produktów; optymalizacji składu i właściwości jakościowych produktów mięsnych; opracowywaniu nowych produktów spożywczych.

Dorobek naukowy Profesora T. Kołczaka obejmuje 175 pozycji, w tym 80 oryginalnych prac twórczych. Profesor publikował swoje prace w wielu renomowanych czasopismach z zakresu nauki o żywności, jak: *Journal of Food Science*, *Journal of Animal Science*, *Meat Science*, *Food Chemistry*. Jest też autorem i współautorem skryptów i podręczników akademickich.

Profesor był członkiem Komitetu Nauk Zootechnicznych PAN (1984 - 1986); Komitetu Chemii i Technologii Żywności PAN, Sekcji Białka (1984 - 1986); Komisji Nauk Rolniczych i Leśnych PAN, Oddziału w Krakowie (od 1986); Komisji Nauk Rolniczych, Leśnych i Weterynaryjnych PAU (od 1995); Sekcji Technologii Żywności i Żywienia Człowieka KBN (1998 - 1999); Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, Sekcji Technologów Mięsa (przewodniczący – 1996/1997); Rady Naukowej Instytutu Przemysłu Mięsnego i Tłuszczowego (1999 - 2005).

W ramach działalności dydaktycznej Profesor prowadził wykłady z zakresu biologicznych podstaw produkcji zwierzęcej, mięsoznawstwa i przetwórstwa mięsa oraz seminaria i konwersatoria dla studentów specjalizacji Przetwórstwo mięsa. Był promotorem w czterech przewodach doktorskich oraz wypromował kilkadziesiąt magistrów i inżynierów.

Wśród innych form działalności i współpracy z praktyką Profesor organizował i prowadził dwa dwumiesięczne kursy podyplomowe dla obcokrajowców, był wykładowcą „European Studies in Agrofood Sector” TEMPUS PHARE, członkiem Komitetu Organizacyjnego 47th International Congress of Meat Science and Technology (Kraków 2001), uczestniczył w realizacji programu British/Polish Joint Research Collaboration Programme.

Profesor aktywnie uczestniczył w pracach Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, Polskiego Towarzystwa Nauk Żywnościowych, Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego, Stowarzyszenia Naukowo-Technicznego Inżynierów i Techników Przemysłu Spożywczego, WOPR, wygłaszając referaty i organizując kursy szkoleniowe.

Za swoją pracę Profesor T. Kołczak został odznaczony Srebrnym Krzyżem Zasługi (1996), Złotym Krzyżem Zasługi (2003), Medalem Edukacji Narodowej (2002), Medalem im. Profesora Franciszka Nowotnego (2009). Otrzymał też nagrody Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego: indywidualną (1978) i zespołową (1986) oraz 14 nagród Rektora AR w Krakowie.

Profesor Tadeusz Korczak zmarł 31 grudnia 2019 roku. Społeczność akademicka Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, środowisko naukowe zootechników i technologów żywności poniosły bolesną stratę. Katedra, Wydział i Uczelnia straciły cenionego pracownika naukowego, nauczyciela akademickiego i wychowawcę wielu pokoleń młodzieży, człowieka oddanego swej pracy, a przy tym skromnego i pełnego życzliwości. Takim pozostanie na zawsze w naszej pamięci.

Pogrzeb Profesora Tadeusza Kołczaka odbył się 7 stycznia 2020 r. na Cmentarzu Salwatorskim w Krakowie.

*Prof. dr hab. inż. Jacek Domagała
Katedra Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie*

TECHNOLOG ŻYWNOŚCI

INFORMATOR POLSKIEGO TOWARZYSTWA TECHNOLOGÓW ŻYWNOŚCI

Rok 30 Nr 1

marzec 2020

Ze względu na zaistniałą sytuację epidemiczną kalendarz konferencji krajowych i zagranicznych ulega ciągłym zmianom. W sprawie szczegółów prosimy o sprawdzanie aktualnych informacji na stronach odpowiednich konferencji lub kontakt z organizatorami.

WAŻNIEJSZE KRAJOWE I ZAGRANICZNE KONFERENCJE NAUKOWE W 2020 ROKU

Wrzesień

- 7 - 8 BRNO, Czech Republic = International Conference on Food Science and Technology
Organizatorzy: University of Veterinary and Pharmaceutical Science Brno
Informacje: https://fvhe.vfu.cz/files/Dobes_days_conference.pdf
Kontakt: dobesconference@vfu.cz
- 28 - 29 **GDAŃSK = XXVIII Ogólnopolskie Sympozjum Bromatologiczne „Innowacyjne podejście do bezpiecznej żywności i racjonalnego żywienia”**
Organizatorzy: Katedra i Zakład Bromatologii Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego, Ogólnopolska Sekcja Bromatologiczna Polskiego Towarzystwa Farmaceutycznego, Zespół Analityki Żywności Komitetu Chemii Analitycznej PAN, Zespół Higieny Żywności i Żywnienia Komitetu Nauki o Żywieniu Człowieka PAN
Informacje: <http://www.bromatologia2020.gumed.edu.pl>
Kontakt: Katedra i Zakład Bromatologii Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego
e-mail: bromatologia2020@gumed.edu.pl; tel. (58) 349-10-89

Październik

PIEŠŤANY, Slovakia = XVII Scientific Conference with International Participation “Food safety and control”
Organizatorzy: Department of Food Hygiene and Safety, Faculty of Biotechnology and Food Sciences of the Slovak University of Agriculture in Nitra; National Contact

Point for Scientific and Technical Cooperation with EFSA – Ministry of Agriculture and Rural Development, Bratislava
 Informacje: www.bezpecnostpotravin.sk
 Kontakt: prof. ing. Jozef Golian; e-mail: Jozef.Golian@uniag.sk
 tel. +42137/6414 325

- 7 - 8 Vienna, Austria = 24th International Conference on Food Technology and Processing with the theme “Explore Advances in the World of Food Processing and Technology”
 Organizator: Conferenceseries LLC Ltd
 Informacje: <https://foodtechnology.insightconferences.com>
 Kontakt: foodtechnology@speakersassembly.org; tel. +44 7480-730483

- 28 - 29 **KRAKÓW = XII Międzynarodowa Konferencja Naukowa pt. „Wiedza – Gospodarka – Społeczeństwo”**
 Organizatorzy: Kolegium Nauk o Zarządzaniu i Jakości Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Fundacja Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie
 Informacje: <http://cfm.uek.krakow.pl>
 Kontakt: Katarzyna Bień, Monika Satora
 e-mail: cmq@uek.krakow.pl ; tel. (12) 293-57-24; (12) 293-54-64

Listopad

- 2 - 6 **WARSZAWA = Konferencja Europejskiego Stowarzyszenia Badaczy Ziemniaka 21st EAPR Triennial Conference**
 Organizatorzy: European Association for Potato Research, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin
 Informacje: <https://www.eapr2020.pl>
 Kontakt: Magdalena Owczarek, tel. (12) 651-90-54
 e-mail: eapr2020@targi.krakow.pl
- 25 - 27 **KRAKÓW = XVII Konferencja Naukowa z cyklu „Wyzwania Zarządzania Jakością”**
 Organizatorzy: Koło Naukowe Zarządzania Jakością, Katedra Zarządzania Jakością Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Polskie Towarzystwo Towaroznawcze – Oddział w Krakowie
 Informacje: <http://www.facebook.com/KNZJ.UEK>
 e-mail: knzj.uek@gmail.com

WAŻNIEJSZE KRAJOWE I ZAGRANICZNE KONFERENCJE NAUKOWE
W 2021 ROKU

Kwiecień

19 - 20 KIRY k. ZAKOPANEGO = V Sympozjum Naukowe z cyklu “Bezpieczeństwo żywnościowe i żywności”

Organizatorzy: Zakład Higieny i Zarządzania Jakością Żywności Instytutu Nauk o Żywieniu Człowieka SGGW w Warszawie, Zarząd Główny PTTŻ oraz Sekcja Bezpieczeństwa Żywności KNoŻiŻ PAN

Kontakt: dr inż. Marzena Tomaszewska; tel. (22) 593-70-75

e-mail: sympozjum_bezpieczenstwo@sggw.pl

21 - 23 KIRY k. ZAKOPANEGO = Krokusowe XI Sympozjum Naukowe nt. “Probiotyki i prebiotyki w żywności”

Organizatorzy: Zakład Higieny i Zarządzania Jakością Żywności Instytutu Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji SGGW w Warszawie oraz Zarząd Główny PTTŻ

Kontakt: dr inż. Barbara Sionek; tel. (22) 593-70-67

e-mail: sympozjumprobiotyki@gmail.com

Maj

19 - 21 ŠTRBSKÉ PLESO, Slovakia = Hygiena Alimentorum XLI International Scientific Conference “New trends in improving the quality and safety of meat and meat products”

Organizatorzy: Department of Food Hygiene and Technology of the University of Veterinary Medicine and Pharmacy in Košice; State Veterinary and Food Administration of the Slovak Republic; EFSA National Focal Point on Technical and Scientific Matters; Slovak Meat Processors Association; Slovak Society for Agriculture, Forestry, Food and Veterinary Sciences at SAS in Bratislava

Informacje: <http://hygiena-alimentorum.uvlf.sk/>

Kontakt: hygiena.alimentorum@uvlf.sk

tel. +421 905-910-221; +421 915-984-752

20 - 21 WROCLAW = XXV Jubileuszowa Sesja Naukowa Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ pt. „Przyszłość w żywności – żywność w przyszłości” i VIII International Session of Young Scientific Staff

Organizatorzy: Oddział Wrocławski PTTŻ, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Sekcja Młodej Kadry Naukowej PTTŻ, Sekcja Chemii Żywności Polskiego Towarzystwa Chemicznego

Informacje: <https://smkn2020.wordpress.com>

Kontakt: dr inż. Anna Kancelista; e-mail: xxvsmknwroclaw@gmail.com

tel. (71) 320-77-73 / (71) 320-51-83

Czerwiec

WARSZAWA = II Międzynarodowa Konferencja Naukowa z cyklu „Dylematy nauki o żywieniu człowieka – dziś i jutro” pt. „Żywienie a jakość życia osób starszych”

Organizatorzy: Katedra Żywienia Człowieka SGGW, Polskie Towarzystwo Nauk Żywnościowych – Oddział Warszawski

Informacje: http://konferencja_senior2020.sggw.pl/

Kontakt: dr inż. Katarzyna Kozłowska, tel. (22) 59-37-115

dr inż. Monika Zielińska, tel. (22) 59-37-122

e-mail: konferencja_senior2020@sggw.pl

WROCLAW = The 9th International Conference on “Quality and Safety in Food Production Chain”

Organizator: Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Oddział Wrocławski PTTŻ

Informacje: <https://qualityconference.wordpress.com>

Kontakt: quality@wnoz.up.wroc.pl; tel. (71) 320-77-74 (81)

Wrzesień

16 - 17 KRAKÓW = XIV Konferencja Naukowa z cyklu „Żywność XXI wieku“ nt. „Żywność a oczekiwania współczesnego konsumenta”

Organizatorzy: Oddział Małopolski PTTŻ, Wydział Technologii Żywności Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Informacje: <http://www.pttzm.org>

Kontakt: dr hab. inż. Stanisław Kowalski, prof. UR

e-mail: zywnoscxxi@pttzm.org ; tel. (12) 662-47-47

**CZŁONKOWIE WSPIERAJĄCY POLSKIEGO TOWARZYSTWA
TECHNOLOGÓW ŻYWNOSTCI**

Przy Zarządzie Głównym: **TCHIBO – WARSZAWA Sp. z o.o. Marki, HORTIMEX Plus Spółka komandytowa Konin.**

Przy Oddziale Małopolskim: **ZAKŁADY PRZEMYSŁU TŁUSZCZOWEGO BIELMAR Sp. z o.o., Bielsko-Biała.**

KOMUNIKATY

Informacje dla Autorów oraz wymagania redakcyjne publikujemy na stronie internetowej <http://www.wydawnictwo.pttz.org>

Przypominamy Państwu o aktualnym adresie internetowym Wydawnictwa – e-mail: redakcja@pttz.org

**Adresy Zarządu Głównego, Oddziałów i Sekcji
Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności**

PREZES / ODDZIAŁ	ADRES
Prof. dr hab. inż. Agnieszka Kita Prezes PTTŻ	UPWr, ul. Chełmońskiego 37/41, 51-630 WROCŁAW Tel.: (71) 320-77-62; e-mail: agnieszka.kita@upwr.edu.pl
Dr inż. Krzysztof Kołodziejczyk Sekretarz PTTŻ	PŁ., ul. Stefanowskiego 4/10, 90-924 ŁÓDŹ Tel.: (42) 631-27-77; e-mail: krzysztof.kolodziejczyk@p.lodz.pl
Dr hab. inż., prof. UMG Aleksandra Wilczyńska Oddział Gdański	UM, ul. Morska 81-87, 81-225 GDYNIA Tel.: (58) 558-62-81; e-mail: a.wilczynska@wpit.umg.edu.pl
Dr hab. inż., prof. UP Małgorzata Karwowska Oddział Lubelski	UP, ul. Skromna 8, 20-704 LUBLIN; Tel.: (81) 462-33-41; e-mail: malgorzata.karwowska@up.lublin.pl
Dr inż. Krzysztof Kołodziejczyk Oddział Łódzki	PŁ., ul. Stefanowskiego 4/10, 90-924 ŁÓDŹ Tel.: (42) 631-27-77; e-mail: krzysztof.kolodziejczyk@p.lodz.pl
Dr hab. inż., prof. UR Mariusz Witczak Oddział Małopolski	UR, ul. Balicka 122, 30-149 KRAKÓW Tel.: (12) 662-48-35; e-mail: rrwiczka@cyf-kr.edu.pl
Prof. dr hab. inż. Iwona Konopka Oddział Olsztyński	UWM, Pl. Cieszyński 1, 10-726 OLSZTYN Tel.: (89) 523-34-66; e-mail: iwona.konopka@uwm.edu.pl
Dr hab. inż., prof. UR Małgorzata Dżugan Oddział Podkarpacki	UR w Rzeszowie, ul. M. Ćwiklińskiej 2, 35-601 RZESZÓW Tel.: (17) 872-16-19; e-mail: mdzugan@ur.edu.pl
Dr hab., prof. ZUT Izabela Dmytrów Oddział Szczeciński	ZUT, ul. Kazimierza Królewicza 4, 71-550 SZCZECIN Tel.: (91) 449-65-00; e-mail: izabela.dmytrow@gmail.com
Dr hab. inż., prof. SGGW Ewa Jakubczyk Oddział Warszawski	SGGW, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 WARSZAWA Tel.: (22) 593-75-62; e-mail : ewa_jakubczyk@sggw.pl
Dr hab. inż. Małgorzata Gumienna Oddział Wielkopolski	UP, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 POZNAŃ Tel.: (61) 848-72-67; e-mail: gumienna@up.poznan.pl
Prof. dr hab. inż. Joanna Kawa-Rygielska Oddział Wrocławski	UPWr, ul. Chełmońskiego 37/41, 51-630 WROCŁAW Tel.: (71) 320-77-64; e-mail: pttz_ow@wnoz.up.wroc.pl joanna.kawa-rygielska@upwr.edu.pl
SEKCJE	
Dr Karol Krajewski Ekonomiczna	Politechnika Koszalińska, ul. Kwiatkowskiego 6e, 75-343 KOSZALIN Tel.: 609-807-618; e-mail: janjasienczyk@poczta.onet.pl
Dr inż. Arkadiusz Żych Technologii Mięsa	ZUT, ul. Kazimierza Królewicza 4, 71-550 SZCZECIN Tel.: (91) 449-66-00 wew. 6583; e-mail: arkadiusz.zych@zut.edu.pl
Dr hab. inż., prof. UP Magdalena Rudzińska Chemii i Technologii Tłuszczów	UP, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 POZNAŃ Tel.: (61) 848-72-76; e-mail: magdar@up.poznan.pl
Prof. dr hab. inż. Antoni Gołachowski Technologii Węglowodanów	UPWr, ul. Chełmońskiego 37/41, 51-630 WROCŁAW Tel.: (71) 320-77-68; e-mail: antoni.golachowski@upwr.edu.pl
Dr hab. inż. Dorota Walkowiak-Tomczak Technologii Owoców i Warzyw	UP, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 POZNAŃ Tel.: (61) 846-60-43; e-mail: dorota.walkowiak@up.poznan.pl
Dr inż. Monika Przeor Młodej Kadry Naukowej	UP, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 POZNAŃ Tel.: (61) 848-73-30; e-mail: monika.przeor@up.poznan.pl