



ŻYWNOSĆ

Nauka Technologia Jakość

FOOD

Science Technology Quality

Nr 4 (113)

Kraków 2017

Rok 24

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

Redaktorzy tematyczni: prof. dr hab. Grażyna Jaworska (żywność pochodzenia roślinnego), prof. dr hab. Danuta Kołożyn-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 hab. Nina Baryłko-Pikielna, prof. dr hab. Włodzimierz Bednarski, prof. dr hab. Janusz Czapski, prof. dr Henryk Daun (USA), prof. dr hab. Teresa Fortuna, prof. dr hab. Mariola Friedrich, prof. dr hab. Jan Gawęcki, prof. dr hab. Waldemar Gustaw, prof. dr Jerzy Jankun (USA), prof. dr hab. Agnieszka Kita, prof. dr Józef Korolczuk (Francja), prof. dr hab. Andrzej Lenart, prof. dr hab. Zdzisława Libudysz, 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 Antoni Rutkowski, prof. dr hab. Zdzisław E. Sikorski, dr Andrzej Sośnicki (USA), dr Alina Surmacka-Szcześniak (USA), prof. dr hab. Krzysztof Surówka, prof. dr hab. Tadeusz Trziszka, prof. dr hab. Stanisław Tyszkiewicz, prof. dr hab. Erwin Wąsowicz, 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 2017
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 4 (113)

Kraków 2017

Rok 24

SPIS TREŚCI

Od Redakcji.....	3
AGNIESZKA PLUTA-KUBICA, JACEK DOMAGAŁA, ROBERT GAŚSIOR, KRZYSZTOF WOJTYCZA: Związki kształtujące bukiet zapachowy sera ementalskiego.....	5
KRZYSZTOF KUCHARCZYK, TADEUSZ TUSZYŃSKI: Obecność diacetylu i 2,3-pentanodionu w piwie	17
PAWEŁ SATORA, DAGMARA CELEJ, MAGDALENA SKOTNICZNY, NINA TROJAN: Identyfikacja drożdży obecnych w kiszzonej kapuście komercyjnej i otrzymywanej w gospodarstwach rolnych.....	27
MICHAŁ ŚWIECA, MONIKA KORDOWSKA-WIATER, MONIKA PYTKA, ŁUKASZ SĘCZYK, URSZULA GAWLIK-DZIKI: Zastosowanie kielków wybranych roślin strączkowych jako nośnika dla <i>Lactobacillus rhamnosus</i> gg – badania przesiewowe	37
ALEKSANDRA SZYDŁOWSKA, DOROTA ZIELIŃSKA: Wpływ dodatku przyprawy z suszonej kory cynamonowca na przeżywalność potencjalnie probiotycznych szczepów bakterii w musach dyniowo-jabłkowych i ich jakość sensoryczną	48
ANNA SADOWSKA, EWA DYBKOWSKA, RITA RAKOWSKA, EWELINA HALLMANN, FRANCISZEK ŚWIDERSKI: Ocena zawartości składników bioaktywnych i właściwości przeciwutleniających proszków wyprodukowanych metodą liofilizacji z wybranych surowców roślinnych.....	59
DOROTA LITWINEK, KRZYSZTOF BUKSA, HALINA GAMBUŚ, MAGDALENA KOWALCZYK, JAKUB BORECZEK: Ocena jakości handlowych mąk całoziarnowych – pszennej orkiszowej, pszennej zwyczajnej i żytniej oraz uzyskanych z nich zakwasów spontanicznych	76
JOANNA KASZUBA, KAROLINA PYCIA, RAFAŁ WIŚNIEWSKI, GRAŻYNA JAWORSKA, PIOTR KUŹNIAR: Wpływ udziału nasion wybranych roślin oleistych na jakość chleba pszenżytniego	90
MONIKA WESOŁOWSKA, MAŁGORZATA DŻUGAN: Aktywność i stabilność termiczna diastazy występującej w podkarpackich miodach odmianowych	103
MARTA SAJDAKOWSKA, MARZENA JEŻEWSKA-ZYCHOWICZ: Postawy konsumentów wobec pieczywa a postrzeganie chleba z dodatkiem błonnika.....	113
MARIA JEZNACH, BEATA BILSKA, AGNIESZKA TUL-KRZYSZCZUK, ARTUR PAWLAK: Rola opakowań aktywnych w ograniczaniu marnotrawstwa mięsa w gospodarstwach domowych	126
GRAŻYNA MORKIS: Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym	137
LESŁAW JUSZCZAK: Nowe książki	142
Technolog Żywności	149
Spis treści czasopisma „Żywność” Nr 110 - 113	153
Wykaz nazwisk Autorów w 2017 roku	157
Wykaz nazwisk Recenzentów w 2017 roku.....	159

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 4 (113)

Kraków 2017

Vol. 24

CONTENTS

From the Editor.....	3
AGNIESZKA PLUTA-KUBICA, JACEK DOMAGAŁA, ROBERT GAŚSIOR, KRZYSZTOF WOJTYCZA: Compounds forming odour of emmental cheese	5
KRZYSZTOF KUCHARCZYK, TADEUSZ TUSZYŃSKI: The presence of diacetyl and 2,3-pentanedione in beer	17
PAWEŁ SATORA, DAGMARA CELEJ, MAGDALENA SKOTNICZNY, NINA TROJAN: Identifying yeast occurring in commercial and farm-made sauerkraut	27
MICHAŁ ŚWIECA, MONIKA KORDOWSKA-WIATER, MONIKA PYTKA, ŁUKASZ SEĆCZYK, URSZULA GAWLIK-DZIKI: Applying sprouts of selected legumes as carriers for <i>Lactobacillus rhamnosus</i> gg – screening studies.....	37
ALEKSANDRA SZYDŁOWSKA, DOROTA ZIELIŃSKA: Effect of dry cinnamon bark spice additive on viability of potentially probiotic bacterial strains in pumpkin-apple mousses and on sensory quality thereof	48
ANNA SADOWSKA, EWA DYBKOWSKA, RITA RAKOWSKA, EWELINA HALLMANN, FRANCISZEK ŚWIDERSKI: Assessing contents of bioactive constituents and antioxidant properties of powders produced from selected plant materials by freeze-drying method.....	59
DOROTA LITWINEK, KRZYSZTOF BUKSA, HALINA GAMBUŚ, MAGDALENA KOWALCZYK, JAKUB BORECZEK: Quality assessment of commercial wholegrain flours produced from spelt wheat, common wheat and rye, and of spontaneous sourdough prepared with them	75
JOANNA KASZUBA, KAROLINA PYCIA, RAFAŁ WIŚNIEWSKI, GRAŻYNA JAWORSKA, PIOTR KUŹNIAR: Effect of selected oil-bearing plant seeds contained in triticale bread on its quality	89
MONIKA WESOŁOWSKA, MAŁGORZATA DŻUGAN: Activity and thermal stability of diastase present in honey from Podkarpacie region	102
MARTA SAJDAKOWSKA, MARZENA JEŻEWSKA-ZYCHOWICZ: Consumer attitudes towards bread and perception of bread with added fibre	112
MARIA JEZNACH, BEATA BILSKA, AGNIESZKA TUL-KRZYSZCZUK, ARTUR PAWLAK: The role of active packages in restricting waste of meat in households	125
GRAŻYNA MORKIS: Food problems in Polish and EU legislation	136
LESŁAW JUSZCZAK: Book reviews	142
The Food Technologist	149
Annual contents.....	153
Index of Authors	157
Index of Reviewers	159

Only reviewed papers are published

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

OD REDAKCJI

Szanowni Czytelnicy,

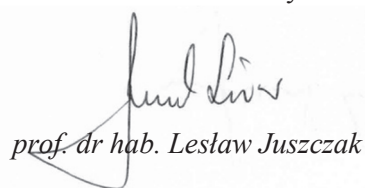
Przekazujemy Państwu nr 4 (113) czasopisma Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, w którym publikujemy artykuły naukowe o zróżnicowanej tematyce, zawierające wyniki badań z krajowych ośrodków zajmujących się szeroko pojętą nauką o żywności. Zapraszamy również do lektury tzw. stałych działów, gdzie zamieściliśmy m.in. informacje o wybranych konferencjach współorganizowanych przez PTTŻ.

W ramach zapewniania otwartego dostępu do publikacji z czasopisma Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, na stronie internetowej Wydawnictwa zamieszczone zostały pełne zeszyty ŻNTJ oraz poszczególne artykuły od 1994 roku. Ponadto na stronie internetowej utworzona została baza danych do wyszukiwania oraz zmodernizowana została wyszukiwarka, która umożliwi odszukanie interesujących Państwa artykułów według różnych kryteriów. Realizacja wymienionych zadań była możliwa dzięki wsparciu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego środkami przeznaczonymi na działalność upowszechniającą naukę. Zapraszamy do odwiedzania naszej strony internetowej: **<http://wydawnictwo.pttz.org>**

Jednocześnie życzymy Państwu samych sukcesów w roku 2018.

Kraków, grudzień 2017 r.

Redaktor Naczelny



prof. dr hab. Lesław Juszcak

K O M U N I K A T

W roku 2017 Wydawnictwo Naukowe PTTŻ realizuje dwa zadania z zakresu upowszechniania publikacji naukowych, które ukazały się na łamach czasopisma Żywność. Nauka. Technologia. Jakość:

1. Digitalizacja publikacji naukowych wydanych w czasopiśmie Żywność. Nauka. Technologia. Jakość w latach 1994 - 2003 w celu zapewnienia otwartego dostępu do nich przez sieć Internet.
2. Utworzenie na stronie internetowej czasopisma bazy danych, która będzie podstawą do wyszukiwania oraz zainstalowanie wyszukiwarki do przeglądu tych danych.



**Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego**

Oba zadania finansowane są w ramach umowy nr 727/P-DUN/2017 ze środków Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego przeznaczonych na działalność upowszechniającą naukę.

AGNIESZKA PLUTA-KUBICA, JACEK DOMAGAŁA, ROBERT GAŚSIOR,
KRZYSZTOF WOJTYCZA

ZWIĄZKI KSZTAŁTUJĄCE BUKIET ZAPACHOWY SERA EMENTALSKIEGO

Streszczenie

Ser ementalski jest produktem spożywczym znanym i cenionym nie tylko w Szwajcarii, skąd pochodzi, ale i poza jej granicami. Obecnie produkowany jest w wielu krajach Europy, jak: Niemcy, Francja, Austria, Finlandia, Holandia i Polska. Konsumenci cenią go przede wszystkim za wyjątkowe właściwości sensoryczne, w tym słodki, orzechowy i owocowy zapach. W niniejszej pracy opisano czynniki wpływające na profil związków lotnych serów ementalskich, a także scharakteryzowano tworzące go grupy substancji. Zwrócono uwagę na alkohole, aldehydy, ketony, estry, węglowodory, laktony, furany, terpeny, substancje zawierające azot czy siarkę, a także kwasy tłuszczowe. Omówiono również pochodzenie związków lotnych w ementalerach i przemiany, jakim podlegają podczas produkcji tych serów. Badania olfaktometryczne wskazują, że tylko niewielka część substancji tworzących profil związków lotnych jest aktywna zapachowo, a spośród nich jeszcze mniejsza grupa istotnie wpływa na kształtowanie charakterystycznego bukietu zapachowego serów. W ostatnich latach opublikowano szereg prac poświęconych analizie związków lotnych i substancji zapachowych w serach ementalskich, jednak brak jest publikacji zawierającej zestawienie odorantów charakterystycznych dla tego rodzaju sera, wskazującej kluczowe związki zapachowe. Z tego względu w pracy przedstawiono wykaz substancji lotnych aktywnych zapachowo w ementalerach. Wśród nich wskazano związki, które uważa się za kluczowe dla zapachu tych serów, tj. 3-metylobutanal, heptan-2-on, 1-okten-3-on, diacetyl, maślan etylu, kapronian etylu, izowalerian etylu, δ -dekalakton, furaneol, homofuraneol, skatol, metional oraz kwas propionowy. Przedstawiono także deskryptory zapachowe, którymi są określane poszczególne związki identyfikowane w serach ementalskich, mające wpływ na ich właściwości zapachowe.

Słowa kluczowe: ser ementalski, związki lotne, deskryptory zapachowe, wykaz związków zapachowych

*Dr inż. A. Pluta-Kubica, prof. dr hab. inż. J. Domagała, Katedra Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych, Wydz. Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków, dr hab. inż. R. Gąsior, mgr inż. K. Wojtycza, Centralne Laboratorium, Instytut Zootechniki – Państwowy Instytut Badawczy w Krakowie, Aleksandrowice 1, 32-084 Morawica.
Kontakt: a.pluta-kubica@ur.krakow.pl*

Wprowadzenie

Ementaler należy do serów podpuszczkowych długo dojrzewających, produkowanych z wysoko dogrzewanej gęstwy serowej. Historia jego wyrobu sięga XII wieku, a technologia produkcji powstała w Szwajcarii w dolinie rzeki Emme. Obecnie jest on produkowany w wielu krajach Europy, takich jak: Niemcy, Francja, Austria, Finlandia, Holandia i Polska [14, 23]. Zapach tego sera jest określany jako słodki, orzechowy i owocowy [26].

Profil związków lotnych serów ementalskich jest tworzony przez ponad 200 substancji [30]. Można je zaliczyć do takich grup chemicznych, jak: alkohole, aldehydy, ketony, estry, węglowodory, laktony, furany, terpeny, substancje zawierające azot czy siarkę, a także kwasy tłuszczowe. Na podstawie analizy ich profilu możliwe jest określenie geograficznego pochodzenia serów ementalskich [23]. Badania olfaktometryczne wskazują, że tylko niewielka część tych substancji jest aktywna zapachowo. Spośród nich jeszcze mniejsza grupa istotnie wpływa na kształtowanie charakterystycznego bukietu zapachowego tych serów i dzięki temu może je uznać za kluczowe. Dotyczy to wielu rodzajów serów, nie tylko ementalskich [2]. Za zapach ementalera, tak jak serów typu gouda i cheddar, odpowiadają głównie związki lotne będące wynikiem katabolizmu wolnych aminokwasów [29].

Czynniki wpływające na profil związków lotnych

Substancje zapachowe występujące w serach ementalskich pochodzą z surowca lub powstają podczas produkcji. W mleku pojawiają się na skutek naturalnej syntezy w wymieniu bądź przedostają się z paszy oraz z otoczenia.

Wpływ paszy na profil związków przyczyniających się do kształtowania zapachu serów wynika z przedostawania się tych substancji do mleka podczas jego syntezy w wymieniu. W przypadku żywienia pastwiskowego dodatkowe znaczenie mają przemiany enzymatyczne aktywowane przez uszkodzenie tkanek roślinnych. Powodują one rozkład karotenoidów oraz lipidów do różnych związków lotnych. Wypasanie krów na pastwiskach w okresie letnim stwarza zwierzętom możliwość wdychania substancji zapachowych wydzielanych przez rośliny. Związki te są następnie bardzo szybko transportowane do mleka i istotnie wpływają na jego właściwości sensoryczne. Indywidualne cechy genetyczne i fizjologiczne zwierząt mogą również powodować powstawanie specyficznych substancji smakowo-zapachowych podczas syntezy mleka w wymieniu [25].

W czasie produkcji serów ementalskich zachodzi wiele przemian mikrobiologicznych i biochemicznych, w wyniku których powstają związki zarówno bezpośrednio, jak i pośrednio kształtujące ich cechy zapachowe. Najbardziej istotną rolę w formowaniu zarówno zapachu, jak i smaku ementalerów pełnią produkty metabolizmu *Propio-*

nibacterium freudenreichii, tj. gatunku bakterii fermentacji propionowej najczęściej wykorzystywanego w procesie produkcji tych serów. Ich działanie polega na wytwarzaniu związków smakowo-zapachowych w procesie fermentacji mleczanów i asparaginianów, a także poprzez katabolizm wolnych aminokwasów oraz hydrolizę tłuszczu [31]. Wpływ na zapach serów mają również warunki procesu produkcyjnego. Stosowanie pasteryzacji czy termizacji surowca, rodzaj i ilość dodawanej kultury starterowej i dodatkowej, a także czas i temperatura dojrzewania determinują kierunek i tempo procesów fermentacyjnych oraz zmian lipolitycznych i proteolitycznych. Dla profilu związków lotnych w serach długo dojrzewających, takich jak ementaler, szczególnie tych wyprodukowanych z surowego mleka, istotne znaczenie ma również metabolizm prowadzony przez bakterie niepochodzące z kultur starterowych (NSLAB) i psychrotrofove.

Lotne substancje zapachowe

W tab. 1. przedstawiono związki lotne aktywne zapachowo w ementalerach. Ich wykaz przygotowano na podstawie informacji opublikowanych przez następujących autorów: Curioni i Bosset [12], Richoux i wsp. [26] oraz Taylor i wsp. [30]. Literatura podana w tabeli odnosi się natomiast do źródeł, z których zaczerpnięto informacje na temat deskryptorów zapachowych poszczególnych substancji lotnych. Nazwy związków uznanych za kluczowe dla zapachu serów ementalskich zostały pogrubione.

Aldehydy mogą powstawać w serach w procesie enzymatycznej lub nieenzymatycznej degradacji wolnych aminokwasów [33]. Są one również produktami oksydacji nienasyconych kwasów tłuszczowych. Reakcje utleniania prowadzące do powstawania aldehydów mogą zachodzić nie tylko podczas dojrzewania serów, ale również w mleku przeznaczonym do ich produkcji na skutek pasteryzacji, a nawet w roślinach, którymi są karmione zwierzęta [17, 25]. Mleko pasteryzowane może zawierać więcej związków należących do tej grupy dodatkowo ze względu na indukowane termicznie reakcje spontanicznego rozkładu wodoronadtlenków [38]. Aldehydy należą do związków przejściowych w serach, gdyż szybko ulegają redukcji do alkoholi pierwszorzędowych lub utlenieniu do kwasów czy wodoronadtlenków, które następnie są przekształcane do węglowodorów, alkoholi czy związków karbonylowych [4, 9, 12].

Aldehydy wykazują jednak niskie progi wyczuwalności OT (ang. *odour thresholds*), więc mogą mieć istotny wpływ na zapach serów [28]. Spośród tej grupy związków za aktywne zapachowo w serach ementalskich uważa się dwie substancje, tj. 3-metylobutanal oraz 2-nonenal. Pierwsza z nich należy do związków kluczowych dla zapachu ementalerów i powstaje w wyniku metabolizmu leucyny [33]. Druga natomiast ma najprawdopodobniej pochodzenie paszowe i jest produktem utlenienia nienasyconych kwasów tłuszczowych obecnych w roślinach [25].

Tabela 1. Wykaz związków lotnych aktywnych zapachowo w serze ementalskim

Table 1. List of odour-active volatile compounds in Emmental cheese

Lp. No.	Związek chemiczny Chemical compound	Deskryptory zapachowe Odour descriptors	Literatura References
1	2-Metylopropanal 2-Methylpropanal	Kwiatowy, słodowy Floral, malty	[12]
2	3-Metylobutanal 3-Methylbutanal	Owocowy, słodowy, trawiasty, gryzący, nieczysty Fruity, malty, grassy, acrid, unclean	[2, 12, 27]
3	(E)-2-Nonenal (E)-2-Nonenal	Trawiasty, ogórkowy, kartonowy, zapach kurzu Grassy, cucumber-like, cardboard-like, dust-like	[12, 27, 37]
4	(Z)-2-Nonenal (Z)-2-Nonenal	Tłuszczowy, kartonowy, zapach łożu, zapach siana Fatty, cardboard-like, tallowy, hay-like	[12, 27]
5	Heptan-2-on Heptan-2-one	Owocowy, mleczny, cynamonowy, pikantny, trawiasty, stęchły, mydlany, kwiatowy, zapach gotowania / Fruity, milky, cinnamon, spicy, grassy, musty, soapy, floral, odour of cooking	[1, 2, 12, 27, 37, 38]
6	1-Okten-3-on 1-Octen-3-one	Grzybowy, metaliczny, zapach dymu Mushroom, metallic, smoky	[2, 12, 27]
7	Diacetyl Diacetyl	Maślany, orzechowy, śmietankowy Buttery, nutty, creamy	[2, 12, 19, 20, 27, 30, 38]
8	Maślan etylu Ethyl butyrate	Owocowy (jabłkowy, bananowy, ananasowy, melonowy), słodki, trawiasty, kwiatowy Fruity (apple, banana, pineapple, melon), sweet, grassy, floral	[1, 2, 12, 26, 37]
9	Kapronian etylu Ethyl caproate	Owocowy (melonowy, jabłkowy, bananowy, pomarańczowy, ananasowy), kwiatowy, słodki Fruity (melon, apple, banana, orange, pineapple), floral, sweet	[1, 2, 12, 26, 37]
10	Kaprylan etylu Ethyl caprylate	Owocowy (jabłkowy, pomarańczowy, gruszkowy, morelowy, bananowy, ananasowy), karmelowy, słodki, winny, kwiatowy, ziemisty / Fruity (apple, orange, pear, apricot, banana, pineapple), caramel, sweet, winy, floral, earth	[1, 12, 26, 37]
11	Izowalerian etylu Ethyl isovalerate	Owocowy, serowy, słodki, oliwny Fruity, cheese, sweet, olive	[1, 12, 26, 27, 37]
12	Wanilina / Vanillin	Waniliowy / Vanilla	[12]
13	δ-Dekalakton δ-Decalactone	Kokosowy, słodki, brzoskwiniowy, śmietankowy, gorącego mleka, kwiatowy, zapach selera / Coconut, sweet, peach, creamy, hot milk, floral, celery	[2, 12, 27, 37, 38]
14	δ-Dodekalakton δ-Dodecalactone	Kokosowy, słodki, brzoskwiniowy, serowy, mydlany Coconut, sweet, peach, celery, soapy	[12, 27, 38]
15	6-Dodeken-γ-lakton 6-Dodecen-γ-lactone	Słodki, mydlany, tłuszczowy Sweet, soapy, fatty	[2, 12]

16	Furaneol Furaneol	Karmelowy, słodki, owocowy (truskawkowy), zapach waty cukrowej / Caramel, sweet, fruity (strawberry), cotton candy	[2, 12, 19, 30]
17	Homofuraneol Homofuraneol	Karmelowy, słodki Caramel, sweet	[2, 12, 27]
18	Skatol / Skatole	Fekalny / Fecal	[12]
19	Metional Methional	Zapach ziemniaków (gotowanych, pieczonych), zapach gotowanego mleka Potatoes (cooked, baked), boiled milk	[2, 12, 19, 27, 30, 37]
20	Metanotiol Methanethiol	Zapach siarki Sulphureous	[12]
21	Disiarczek dimetylu Dimethyl disulfide	Cebulowy, kwaśny, kapuściany, zapach siarki Onion, sour, cabbage, sulphurous	[12, 20, 27]
22	Trisiarczek dimetylu Dimethyl trisulfide	Kapuściany, czosnkowy, zapach siarki Cabbage, garlic, sulphurous	[12, 19, 20, 27]
23	Kwas octowy Acetic acid	Kwaśny, ostry, zapach octu Sour, pungent, vinegar	[1, 2, 12, 19, 27, 37]
24	Kwas propionowy Propionic acid	Słodki, orzechowy, ostry, jełki, zapach odpadków Sweet, nutty, pungent, rancid, garbage-like	[2, 12, 27]
25	Kwas masłowy Butyric acid	Kwaśny, serowy, ostry, jełki, zapach potu, zapach wymiocin Sour, cheese, pungent, rancid, sweaty, vomit-like	[1, 2, 12, 19, 27, 30, 37, 38]
26	Kwas izowalerianowy Isovaleric acid	Orzechowy, słodki, serowy, owocowy, jełki, zapach potu / Nutty, sweet, cheese, fruity, rancid, sweaty	[2, 12, 14, 19, 20, 30, 37]

Ketony identyfikowane w serach mogą pochodzić z surowca lub powstawać podczas produkcji. Większość metyloketonów obecnych w mleku powstaje w reakcjach indukowanych przez jego obróbkę termiczną. Należą do nich β -oksydacja nasyconych kwasów tłuszczowych, a następnie ich dekarboksylacja lub dekarboksylacja β -ketokwasów naturalnie występujących w mleku [17]. Aceton oraz butan-2-on pochodzą natomiast z paszy [34]. Pierwszy z wymienionych związków prawdopodobnie jest także syntetyzowany w wymieniu [36]. Podczas dojrzewania serów metyloketony dodatkowo pojawiają się wskutek dekarboksylacji β -ketokwasów powstałych w procesie enzymatycznego utleniania wolnych kwasów tłuszczowych (WKT) [4]. Dojrzewanie jest również etapem, w którym zachodzi synteza diacetylu. Związek ten może być wytwarzany przez bakterie fermentacji mlekowej należące do rodzaju *Lactococcus*. Substratami do jego produkcji mogą być: laktoza, cytryniany oraz wolny kwas asparaginowy [36]. Diacetyl charakteryzuje się bardzo niskim progiem wyczuwalności (OT = 3 $\mu\text{g/kg}$ wody) [15] i może ulegać mikrobiologicznym przemianom do 3-hydroksybutan-2-onu [35]. Występowanie acetoiny w serach jest związane nie tylko z redukcją diacetylu, gdyż związek ten powstaje także w wyniku kondensacji dwóch cząsteczek aldehydu octowego [29]. Acetoina po przekształceniu do butano-2,3-diolu

ulega redukcji do butan-2-onu, a następnie do butan-2-olu. Te dwie ostatnie przemiany prawdopodobnie zachodzą dzięki działalności NSLAB [33], a butan-2-ol wykazuje z kolei bardzo wysoki próg wyczuwalności ($OT = 17000 \mu\text{g/kg}$ wody) [15].

Ketony istotnie wpływają na zapach serów, ponieważ cechują się niskimi progami wyczuwalności i charakterystycznymi zapachami [8]. Diacetyl i acetoina najczęściej wprowadzają maślane nuty zapachowe [9, 37, 38]. Redukcja acetoiny skutkuje powstaniem odmiennych zapachów – butano-2,3-diol wykazuje nutę owocową [37], butan-2-on – serową, maślaną lub bulionową [13, 38], natomiast butan-2-ol – alkoholową, słodką bądź owocową [1]. Ketony aktywne zapachowo w serach ementalskich to heptan-2-on, 1-okten-3-on oraz diacetyl. Wszystkie wymienione związki są jednocześnie uważane za kluczowe dla zapachu tego rodzaju serów.

Kolejną grupą aktywnych zapachowo związków chemicznych występujących w serach ementalskich są estry. Substancje te w istotny sposób przyczyniają się do kształtowania zapachu nie tylko serów typu szwajcarskiego, lecz także serów miękkich i serów typu włoskiego. Są to związki powszechnie występujące w tej grupie produktów mleczarskich. Mleko surowe również zawiera pewne ilości estrów, które najprawdopodobniej są kluczowe dla jego zapachu [2]. Związki te najczęściej odpowiadają za występowanie nut owocowych, przez co zwykle korzystnie wpływają na zapach serów. Tak dzieje się m.in. w przypadku ementalerów. Wyjątek stanowią np. sery cheddar, w których zbyt intensywne nuty owocowe powodowane nadmierną ilością estrów etylowych kwasów tłuszczowych o 4 do 10 atomach węgla w cząsteczce uznawane są za wadę [26]. Estry dodatkowo maskują ostry zapach powodowany obecnością wolnych krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych [18]. Mechanizm syntezy estrów w serach nie został w pełni poznany. Uważa się, że związki te mogą powstawać na drodze hydrolizy tłuszczu mlekowego, a następnie estryfikacji kwasów tłuszczowych lub w jednostopniowej reakcji alkoholizy. Przemiany te są katalizowane przez lipazy i esterazy produkowane przez mikroflorę rozwijającą się w serach podczas ich produkcji [11]. Wykazano, że istnieje możliwość modyfikacji rodzaju i ilości estrów występujących w gotowym produkcie poprzez dodatek substratów niezbędnych do ich syntezy (np. etanolu), a także różnych kultur starterowych oraz egzogennych esteraz. Zmiany warunków procesu technologicznego mające na celu powstawanie różnych mono-, diacylogliceroli czy alkoholi również skutkują powstawaniem różnic jakościowych i ilościowych w profilu estrów [11, 26]. Spośród tej grupy związków za aktywne zapachowo w ementalerach uważane są cztery estry etylowe, tj. maślan, kapronian, izowalerian oraz kaprylan. Trzy pierwsze substancje należą do kluczowych dla zapachu tych serów.

Laktony to substancje lotne typowe dla zapachu mleka poddanego obróbce termicznej, np. pasteryzacji, ale również istotnie wpływające na zapach serów [2]. Są to związki cykliczne, które powstają na skutek wewnątrzcząsteczkowej estryfikacji hy-

droksykwasów [5]. Najczęściej wprowadzają one przyjemne nuty zapachowe określane m.in. jako słodkie czy kokosowe. W serach ementalskich występują trzy aktywne zapachowo substancje z grupy laktonów, tj. δ -dekalakton, δ -dodekalakton oraz 6-dodeken- γ -lakton. Dwie pierwsze z nich są kluczowe dla zapachu tych serów.

Przyjemnym słodkim zapachem, określanym też jako karmelowy, charakteryzują się dwa związki należące do furanów, kluczowe dla zapachu ementalerów, takie jak furaneol oraz homofuraneol. Substancje te zazwyczaj powstają w reakcjach Maillarda na drodze termicznej degradacji fruktozy w obecności amin i aminokwasów [18]. W warunkach *in vitro* wykazano także, że bakterie z gatunku *Lactobacillus helveticus* są w stanie produkować furaneol [12]. Istnieje więc możliwość, że działalność tych mikroorganizmów w pewnym stopniu odpowiada za powstawanie furaneolu podczas produkcji serów.

Spośród substancji zawierających azot czy siarkę kluczowe dla zapachu ementalerów są skatol oraz metional. Pierwszy z wymienionych związków jest pochodną indolu, który z kolei prawdopodobnie powstaje w serach w wyniku degradacji tryptofanu, prowadzonej przez drożdże, mikrokokki lub *Brevibacterium linens* [12]. Innymi związkami zawierającymi azot, które przyczyniają się do tworzenia zapachu niektórych serów twardych, są dimetylopirazyny. Substancje te mogą generować zapach orzechowy w serach typu szwajcarskiego, włoskiego czy angielskiego. Powstają w wyniku kondensacji aminoketonów, których źródłem są reakcje Maillarda i degradacji Streckera [13]. Metional, tak jak większość związków zawierających siarkę identyfikowanych w profilu zapachowym serów, jest produktem metabolizmu wolnych aminokwasów, głównie metioniny i w mniejszym stopniu cysteiny [10]. Inne substancje siarkowe prawdopodobnie mają pochodzenie paszowe i są związane z gatunkami roślin należących do rodziny *Brassicaceae* czy *Liliaceae* [25]. Związki zawierające siarkę mogą również wchodzić w reakcje z wolnymi kwasami tłuszczowymi, tworząc tioestry [21].

Istotną rolę w tworzeniu zarówno cech zapachowych, jak i smakowych wielu rodzajów sera pełnią wolne kwasy tłuszczowe. W niewielkiej ilości mogą one występować w surowcu – tłuszcz mlekowy zawiera ok. 0,1 % tych związków [7]. Powstają jednak głównie podczas produkcji serów, a w szczególności na etapie dojrzewania. Największe znaczenie w kształtowaniu zapachu mają krótko- oraz średniołańcuchowe WKT, natomiast te zawierające powyżej 12 atomów węgla w cząsteczce pełnią znikomą rolę ze względu na stosunkowo wysokie progi wyczuwalności [12]. W ementalerach za aktywne zapachowo uważa się kwasy: octowy, propionowy, masłowy oraz walerianowy. Spośród tej grupy związkiem kluczowym dla zapachu tych serów jest kwas propionowy. Nadaje im słodki i orzechowy zapach, chociaż w zbyt dużych ilościach może wydawać się ostry i jelki. Katabolizm wolnych kwasów tłuszczowych prowadzi do powstawania również innych związków bezpośrednio przyczyniających się do kształtowania zapachu serów ementalskich – ketonów oraz estrów [24].

Związki lotne nieaktywne zapachowo

Do substancji tworzących profil związków lotnych serów ementalskich, które najczęściej nie mają wpływu na ich zapach, należą alkohole, węglowodory i terpeny.

Spośród alkoholi w serach najczęściej dominuje etanol. Związek ten może być produktem metabolizmu laktozy, mleczanów oraz cytrynianów [35], a także wolnych aminokwasów [5]. Jest on również naturalnym składnikiem świeżego mleka, więc jego występowanie w serach nie powinno być wiązane jedynie z działalnością mikroorganizmów [18]. Inne alkohole pierwszorzędowe powstają na skutek redukcji aldehydów, natomiast drugorzędowe – metyloketonów. Metyloalkohole są z kolei produktami metabolizmu wolnych aminokwasów [8]. Mimo że zawartość etanolu w serach typu szwajcarskiego może wynosić nawet 15 mg/kg [26], jego próg wyczuwalności jest wysoki (100 mg/kg wody) [3] i z tego powodu nie ma on wpływu na zapach tych serów. Także np. zawartość 3- oraz 2-metylobutan-1-olu w serach ementalskich nie przekracza progu wyczuwalności. Ementaler zawiera średnio odpowiednio: 94,2 i 272,8 µg/kg tych alkoholi, przy czym ich OT wynoszą 300 ÷ 4750 oraz 5500 µg/kg wody [32].

Węglowodory łańcuchowe oraz aromatyczne mogą pochodzić bezpośrednio z paszy, być syntetyzowane w wymieniu, przedostawać się do mleka i sera z zanieczyszczonego środowiska lub powstawać podczas dojrzewania serów na drodze autooksydacji tłuszczów [4, 8, 22, 34]. Takie związki, jak toluen, etylobenzen oraz *p*-ksylen pochodzą z mleka i są produktami degradacji karotenu [17]. Najprawdopodobniej większość węglowodorów nie jest aktywna zapachowo w serach, ponieważ związki te charakteryzują się wysokimi progami wyczuwalności. Należą jednak do prekursorów wielu substancji zapachowych [8]. Związki fenolowe z kolei są aktywne w tym zakresie, a ich zapach zależy od stężenia. W ilościach bliskich progom wyczuwalności wprowadzają przyjemne nuty zapachowe, natomiast w większych stężeniach powodują wady zapachu [12]. Spośród tej grupy związków aktywna zapachowo w ementalerach jest wanilina.

W śladowych ilościach w różnych serach może występować też trichlorometan. Pochodzenie tej substancji jest najprawdopodobniej związane z pozostałością środków czyszczących czy zanieczyszczeniem otoczenia np. pestycydami [4, 6, 39]. Trichlorometan nie ma wpływu na kształtowanie aromatu serów ementalskich, natomiast w serze cheddar bierze udział w tworzeniu tzw. zapachu siana [12].

Terpeny, substancje należące do metabolitów roślinnych, nie powstają podczas dojrzewania serów, lecz są wprowadzane z surowcem, do którego dostają się z paszy [9, 16, 22, 36]. Większość mono- i seskwiterpenów nadaje mleku przyjemną woń, więc prawdopodobnie są one substancjami pozytywnie wpływającymi na zapach serów [25], jednak nie są wymieniane wśród substancji aktywnych zapachowo w ementalerach. Mimo że terpeny nie powstają podczas dojrzewania serów, to mogą wpływać na

kształtowanie się ich zapachu. Duża zawartość terpenów prawdopodobnie hamuje formowanie się związków lotnych zawierających siarkę [9]. Profil jakościowy i ilościowy terpenów może być także wykorzystywany do określania geograficznego pochodzenia serów. Większe stężenie tych związków jest typowe dla serów produkowanych z mleka pozyskiwanego od krów wypasanych na górskich pastwiskach. Ta właściwość pozwala je odróżnić od serów pochodzących z terenów nizinnych [23]. Świeża pasza i siano są ponadto lepszym źródłem terpenów niż kiszonki [16]. Różnorodność oraz zawartość związków należących do tej grupy jest również związana z kompozycją gatunkową roślin tworzących pastwiska, co jest z kolei powiązane z klimatem panującym w danym regionie oraz z okresem wegetacji roślin [22].

Podsumowanie

Zapach serów ementalskich jest tworzony głównie przez 26 związków lotnych. Należą one do aldehydów, ketonów, estrów, związków fenolowych, laktonów, furanów, substancji zawierających azot i siarkę, a także kwasów tłuszczowych. Wśród nich za związki kluczowe dla zapachu tych serów można uznać 3-metylobutanal, heptan-2-on, 1-okten-3-on, diacetyl, maślan etylu, kapronian etylu, izowalerian etylu, δ -dekalakton, furaneol, homofuraneol, skatol, metional oraz kwas propionowy. Substancjom aktywnym zapachowo przypisuje się wiele deskryptorów, ponieważ ich zapach zależy od stężenia, w jakim występują [26].

Publikacja została sfinansowana z dotacji DS-3705/KPPZ/2017 przyznanej przez MNiSW na działalność statutową.

Literatura

- [1] Abilleira E., Schlichtherle-Cerny H., Virto M., de Renobales M., Barron L.J.R.: Volatile composition and aroma-active compounds of farmhouse Idiazabal cheese made in winter and spring. *Int. Dairy J.*, 2010, 20, 537-544.
- [2] D'Acampora Zellner B., Dugo P., Dugo G., Mondello L.: Gas chromatography – Olfactometry in food flavour analysis. *J. Chromatogr. A*, 2008, 1186, 123-143.
- [3] Belitz H.-D., Grosch W., Schieberle P.: *Food Chemistry*. 4th ed. Springer, Berlin 2009, p. 341.
- [4] Berard J., Bianchi F., Careri M., Chatel A., Mangia A., Musci M.: Characterization of the volatile fraction and of free fatty acids of "Fontina Valle d'Aosta", a protected designation of origin Italian cheese. *Food Chem.*, 2007, 105, 293-300.
- [5] Bertolino M., Dolci P., Giordano M., Rolle L., Zeppa G.: Evolution of chemico-physical characteristics during manufacture and ripening of Castelmagno PDO cheese in wintertime. *Food Chem.*, 2011, 129, 1001-1011.
- [6] Bianchi F., Careri M., Mangia A., Musci M.: Retention indices in the analysis of food aroma volatile compounds in temperature-programmed gas chromatography: Database creation and evaluation of precision and robustness. *J. Sep. Sci.*, 2007, 30, 563-572.

- [7] Bonczar G., Pustkowiak H., Domagała J., Najgebauer-Lejko D., Sady M., Walczycka M., Wszolek M.: Zawartość cholesterolu i profil kwasów tłuszczowych w śmietance i śmietanie z mleka trzech ras krów. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2016, 2 (105), 81-94.
- [8] Bontinis T.G., Mallatou H., Pappa E.C., Massouras T., Alichanidis E.: Study of proteolysis, lipolysis and volatile profile of a traditional Greek goat cheese (Xinotyri) during ripening. *Small Ruminant Res.*, 2012, 105, 193-201.
- [9] Bovolenta S., Romanzin A., Corazzin M., Spanghero M., Aprea E., Gasperi F., Piasentier E.: Volatile compounds and sensory properties of Montasio cheese made from the milk of Simmental cows grazing on alpine pastures. *J. Dairy Sci.*, 2014, 97, 7373-7385.
- [10] Bustos I., Martínez-Bartolomé M.A., Achemchem F., Peláez C., Requena T., Martínez-Cuesta M.C.: Volatile sulphur compounds-forming abilities of lactic acid bacteria: C-S lyase activities. *Int. J. Food Microbiol.*, 2011, 148, 121-127.
- [11] Coolbear T., Crow V., Harnett J., Harvey S., Holland R., Martley F.: Developments in cheese microbiology in New Zealand – Use of starter and non-starter lactic acid bacteria and their enzymes in determining flavour. *Int. Dairy J.*, 2008, 18, 705-713.
- [12] Curioni P.M.G., Bosset J.O.: Key odorants in various cheese types as determined by gas chromatography-olfactometry. *Int. Dairy J.*, 2002, 12, 959-984.
- [13] Frank D.C., Owen C.M., Patterson J.: Solid phase microextraction (SPME) combined with gas-chromatography and olfactometry-mass spectrometry for characterization of cheese aroma compounds. *LWT – Food Sci. Technol.*, 2004, 37, 139-154.
- [14] Hartmann K.I., Dunkel A., Hillmann H., Hansen D., Schieberle P., Hofmann T., Hinrichs J.: Identification of physical properties and volatile and non-volatile compounds for discrimination between different Emmental-type cheeses: A preliminary study. *Dairy Sci. Technol.*, 2015, 95, 701-717.
- [15] Jeleń H., Majcher M., Ginja A., Kuligowski M.: Determination of compounds responsible for tempeh aroma. *Food Chem.*, 2013, 141, 459-465.
- [16] Kalač P.: The effects of silage feeding on some sensory and health attributes of cow's milk: A review. *Food Chem.*, 2011, 125, 307-317.
- [17] Li Y., Zhang L., Wang W.: Heat-induced changes in volatiles of milk and effects of thermal processing on microbial metabolism of yogurt. *J. Food Biochem.*, 2013, 37, 409-417.
- [18] Majcher M.A., Goderska K., Pikul J., Jeleń H.: Changes in volatile, sensory and microbial profiles during preparation of smoked ewe cheese. *J. Sci. Food Agric.*, 2011, 91 (8), 1416-1423.
- [19] Majcher M.A., Jeleń H.: Key odorants of oscypek, a traditional Polish ewe's milk cheese. *J. Agric. Food Chem.*, 2011, 59 (9), 4932-4937.
- [20] Majcher M.A., Myszka K., Kubiak J., Jeleń H.H.: Identification of key odorants of fried cottage cheese and contribution of *Galactomyces geotrichum* MK017 to the formation of 2-phenylethanol and related rose-like aroma compounds. *Int. Dairy J.*, 2014, 39, 324-329.
- [21] McSweeney P.L.H.: Biochemistry of cheese ripening. *Int. J. Dairy Technol.*, 2004, 57, 127-144.
- [22] Palencia G., Ibargoitia M.L., Fresno M., Sopelana P., Guillén M.D.: Complexity and uniqueness of the aromatic profile of smoked and unsmoked Herreño Cheese. *Molecules*, 2014, 19, 7937-7958.
- [23] Pillonel L., Ampuero S., Tabacchi R., Bosset J.O.: Analytical methods for the determination of the geographic origin of Emmental cheese: Volatile compounds by GC/MS-FID and electronic nose. *Eur. Food Res. Technol.*, 2003, 216, 179-183.
- [24] Pokora M., Niedbalska J., Szołtysik M.: Wpływ enzymów drożdży *Yarrowia lipolytica* na wybrane cechy jakościowe dojrzewających serów niskotłuszczowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, 5 (72), 146-158.
- [25] Rapisarda T., Pasta C., Belvedere G., Schadt I., La Terra F., Licitra G., Carpino S.: Variability of volatile profiles in milk from the PDO Ragusano cheese production zone. *Dairy Sci. Technol.*, 2013, 93, 117-134.
- [26] Richoux R., Maillard M.-B., Kerjean J.-R., Lortal S., Thierry A.: Enhancement of ethyl ester and flavour formation in Swiss cheese by ethanol addition. *Int. Dairy J.*, 2008, 18, 1140-1145.
- [27] Smith T.J., Campbell R.E., Jo Y., Drake M.A.: Flavor and stability of milk proteins. *J. Dairy Sci.*, 2016, 99, 4325-4346.

- [28] Sulejmani E., Hayaloglu A.A.: Influence of curd heating on proteolysis and volatiles of Kashkaval cheese. *Food Chem.*, 2016, 211, 160-170.
- [29] Szoltyś M., Żelazko M., Dąbrowska A., Połomska X., Wojtatowicz M., Chrzanowska J.: Porównanie profili związków zapachowych serów handlowych i wytwarzanych z udziałem drożdży *Yarrowia lipolytica*. *Acta Sci. Pol., Biotechnologia*, 2007, 6 (3), 33-43.
- [30] Taylor K., Wick C., Castada H., Kent K., Harper W.J.: Discrimination of Swiss Cheese from 5 different factories by high impact volatile organic compound profiles determined by odor activity value using selected ion flow tube mass spectrometry and odor threshold. *J. Food Sci.*, 2013, 78 (10), 1509-1515.
- [31] Thierry A., Deutsch S.-M., Falentin H., Dalmasso H., Cousin F.J., Jan G.: New insights into physiology and metabolism of *Propionibacterium freudenreichii*. *Int. J. Food Microbiol.*, 2011, 149, 19-27.
- [32] Thierry A., Maillard M.-B., Hervé C., Richoux R.: Varied volatile compounds are produced by *Propionibacterium freudenreichii* in Emmental cheese. *Food Chem.*, 2004, 87, 439-446.
- [33] Vélez M.A., Perotti M.C., Wolf I.V., Hynes E.R., Zalazar C.A.: Influence of milk pretreatment on production of free fatty acids and volatile compounds in hard cheeses: Heat treatment and mechanical agitation. *J. Dairy Sci.*, 2010, 93, 4545-4554.
- [34] Villeneuve M.P., Lebeuf Y., Gervais R., Tremblay G.F., Vuilleumard J.C., Fortin J., Chouinard P.Y.: Milk volatile organic compounds and fatty acid profile in cows fed timothy as hay, pasture, or silage. *J. Dairy Sci.*, 2013, 96, 7181-7194.
- [35] Vítová E., Mokáňová R., Babák L., Zemanová J., Sklenářová K.: The changes of flavour and aroma active compounds content during production of Edam cheese. *Acta Univ. Agric. Silv. Mendel. Brun.*, 2011, LIX (1), 255-262.
- [36] Wolf I.V., Perotti M.C., Bernal S.M., Zalazar C.A.: Study of the chemical composition, proteolysis, lipolysis and volatile compounds profile of commercial Reggiano Argentino cheese: Characterization of Reggiano Argentino cheese. *Food Res. Int.*, 2010, 43, 1204-1211.
- [37] Zabaleta L., Gourrat K., Barron L.J.R., Albisu M., Guichard E.: Identification of odour-active compounds in ewes' raw milk commercial cheeses with sensory defects. *Int. Dairy J.*, 2016, 58, 23-30.
- [38] Zhang S., Yang R., Zhao W., Hua X., Zhang W., Zhang Z.: Influence of pulsed electric field treatments on the volatile compounds of milk in comparison with pasteurized processing. *J. Food Sci.*, 2011, 76 (1), 127-132.
- [39] Ziino M., Conurso C., Romeo V., Giuffrida D., Verzera A.: Characterization of "Provola dei Nebrodi", a typical Sicilian cheese, by volatiles analysis using SPME-GC/MS. *Int. Dairy J.*, 2005, 15, 585-593.

COMPOUNDS FORMING ODOUR OF EMENTAL CHEESE

S u m m a r y

Emmental cheese is a food product well known and valued not only in Switzerland, where it comes from, but also beyond its borders. Currently, it is manufactured in many European countries, such as Germany, France, Austria, Finland, Netherlands, and Poland. Consumers appreciate it, primarily, for its exceptional organoleptic features, including sweet, nutty, and fruity odour. In this review, the factors were characterized to impact the profile of volatile compounds of Emmental cheese as well as the groups of substances forming it. Attention was drawn to alcohols, aldehydes, ketones, esters, hydrocarbons, lactones, furans, terpenes, nitrogen and sulphur-containing substances, as well as fatty acids. Furthermore, the origin of volatile compounds in Emmental cheese was discussed as were the changes they underwent during manufacturing. The olfactometric studies indicate that only a small part of the profile-forming volatiles is odour-active and, amongst them, even a smaller group significantly impact the development of typical odour of the cheese. In recent years, a number of papers dealing with the analysis of volatile and odour-active compounds in Emmental cheese were published; however, there is no review published containing

a compendium of odourants typical for this type of cheese and pointing out the key odour-active volatiles. Therefore, in this paper was presented a list of odour-active volatile compounds in Emmental cheese. Among them, there were highlighted the substances considered as key odourants in this type of cheese, i.e.: 3-methylbutanal, heptan-2-one, 1-octen-3-one, diacetyl, ethyl butyrate, ethyl caproate, ethyl isovalerate, δ -decalactone, furaneol, homofuraneol, skatole, methional, and propionic acid. Moreover, there were depicted the odour descriptors descriptive of particular odour-active compounds identified in Emmental cheese.

Key words: Emmental cheese, volatile compounds, odour descriptors, list of odour-active compounds ☒



Polskie Towarzystwo Technologów Żywności

we współpracy z

Katedrą Technologii Mięsa Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu

zapraszają na

V Międzynarodową Konferencję Naukową z cyklu:

“MEAT IN TECHNOLOGY AND HUMAN NUTRITION” –

“MEAT AS A FUNCTIONAL AND PRO-HEALTHY PART OF OUR DIET”

Tarnowo Podgórne k. Poznania, 27 – 29 czerwca 2018 r.

Główne sesje konferencji:

1. Produkcja mięsa w zmieniającym się świecie
2. Mięso – źródło bioaktywnych związków i jego funkcjonalne właściwości
3. Innowacje w nauce o mięsie i jego przetwarzaniu
4. Postęp w ocenie jakości mięsa, bezpieczeństwa zdrowotnego i autentyczności żywności

Zgłoszenie uczestnictwa i tytułu prezentacji – **do 15.01.2018 r.**

Informacje: www.up.poznan.pl/meat2018

Kontakt: dr inż. Mirosława Krzywdzińska-Bartkowiak

e-mail: meat2018@up.poznan.pl; tel. 61 848 72 54

KRZYSZTOF KUCHARCZYK, TADEUSZ TUSZYŃSKI

OBECNOŚĆ DIACETYLU I 2,3-PENTANODIONU W PIWIE

Streszczenie

Podczas fermentacji alkoholowej drożdże piwowarskie syntetyzują oprócz etanolu i dwutlenku węgla szerokie spektrum różnych ubocznych produktów przemiany materii, z których większość wydzielana jest do środowiska. W różnych gatunkach piwa można stwierdzić ponad 1000 komponentów, w tym ok. 200 związków karbonylowych. Ilość i jakość produktów i metabolitów pośrednich wydzielanych z komórek ma wpływ na cechy sensoryczne gotowego piwa. Obok składników chmielu związki te nadają mu specyficzny i charakterystyczny smak oraz aromat. Jedną z grup takich związków są diketony wicynalne (VDK – *vicinal diketons*). To ważne składniki bukietu smakowo-zapachowego młodego piwa. W piwie wyróżnia się dwa podstawowe składniki z grupy tych diketonów: diacetyl i 2,3-pentanodion. Ich wpływ na smak i aromat piwa jest na ogół negatywny, ale uważane są za „wyznaczniki dojrzałości piwa”. W wyższych stężeniach nadają piwu słodkawy, nieczysty, czasem niewłaściwy smak, a aromat przypomina zapach masła. Powstają z prekursorów produkowanych przez drożdże w czasie fermentacji. W kolejnym etapie fermentacji piwo podlega procesowi dojrzewania, którego głównym celem jest zmniejszenie zawartości diketonów wicynalnych bądź ich eliminacja. W tej fazie procesu diacetyl dyfunduje z powrotem do cytoplazmy komórki drożdżowej, a następnie podlega redukcji do acetoiny w wyniku aktywności enzymu reduktazy diacetylowej. Etap konwersji regulowany jest temperaturą i długością procesu dojrzewania w celu otrzymania piwa o właściwym bukiecie smakowo-zapachowym.

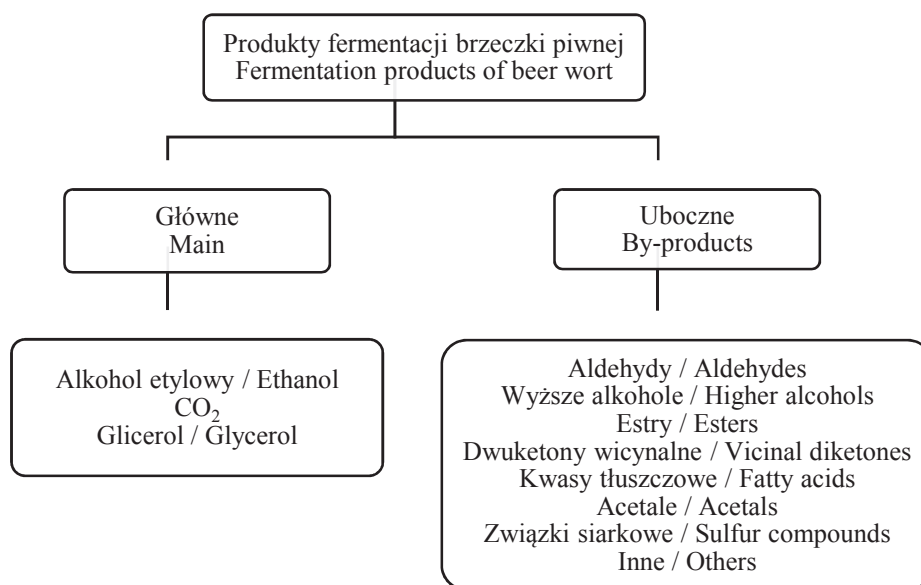
Celem pracy było przybliżenie mechanizmów powstawania wicynalnych diketonów podczas fermentacji brzojki piwnej. Opisano znaczenie diketonów w procesie dojrzewania piwa, których odpowiednia ilość jest uważana za wyznacznik zakończenia tej fazy procesu produkcji piwa. Przedstawiono również wybrane parametry technologiczne, których optymalizacja zapewnia uzyskanie odpowiednio niskiej zawartości diacetyl i 2,3-pentanodionu w gotowym produkcie.

Słowa kluczowe: piwo, fermentacja, dojrzewanie, diacetyl, 2,3-pentanodion

Wprowadzenie

Jednym z głównych celów fermentacji, a zwłaszcza dojrzewania piwa jest odpowiednie ustabilizowanie składu chemicznego (rys. 1), aby otrzymany produkt charakte-

ryzował się pożądanym smakiem i zapachem. Podczas wymienionych procesów drożdże mogą uczestniczyć również w usuwaniu niektórych niepożądanych związków [24]. Diketony wicynalne (VDK – *vicinal diketons*) to istotne składniki bukietu smakowo-zapachowego piwa. Należą do nich: diacetyl i 2,3-pentanodion. Diacetyl w ilościach przekraczających próg wyczuwalności nadaje piwu nieczysty smak i zapach niedojrzałego piwa, przypominający zapach masła [8, 12, 19].



Rys. 1. Składniki piwa powstające podczas fermentacji i dojrzewania

Fig. 1. Ingredients of beer produced during fermentation and maturation

Źródło / Source: Modyfikacja własna na podstawie [1] / The authors' own modification on the basis of [1].

Bezpośrednim prekursorem diacetylu jest α -aceto mleczan, który powstaje z pirogronianu. Jako metabolit zewnątrzkomórkowy zamienia się w diacetyl w nieenzymatycznym procesie dekarboksylacji. W następnej kolejności komponent ten ulega redukcji do acetoiny za pomocą diacetyloreduktazy. Acetoina jest w dalszym etapie przekształcana przy udziale wewnątrzkomórkowych enzymów drożdży do 2,3-butanodiolu, który nie ma już istotnego wpływu na cechy sensoryczne piwa. W konsekwencji prawidłowo fermentowane i dojrzewane piwo dolnej fermentacji (np. Lager – najbardziej rozpowszechniony gatunek piwa w Polsce) powinno zawierać śladowe ilości diacetylu ($< 25 \mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$), który przyjęto jako wyróżnik jego dojrzałości. W małych ilościach diacetyl jest akceptowany, a w niektórych stylach piwnych nawet pożądan, m.in. w piwach Scotch Ales, Dry Stouts, English Bitters, Czech Pils (w tym Pil-

sener Urquell), Oktoberfest. W przypadku piw z pożądaną podwyższoną zawartością diacetylu poziom ten może osiągnąć nawet $600 \mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$. Z kolei w piwach jasnych niskoalkoholowych o słabym aromacie (np. Lager) diacetyl jest wyczuwalny w zakresie $10 \div 40 \mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ [17].

Próg wyczuwalności 2,3-pentanodionu wynosi ok. $900 \mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$, co oznacza, że jest on praktycznie niewyczuwalny w piwie ze względu na zdecydowanie mniejszą ilość powstającą podczas procesu produkcji [8].

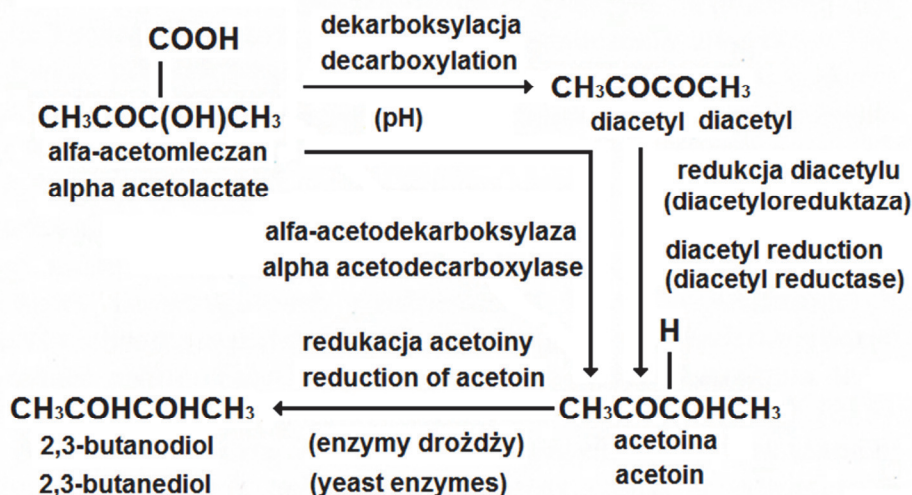
Powstawanie wicynalnych diketonów

Diacetyl (butan-2,3-dion) i 2,3-pentanodion, będące produktami ubocznymi fermentacji alkoholowej brzeczki, powstają pośrednio w procesie biosyntezy izoleucyny i waliny. Produkty tego szlaku przemian, w tym m.in. α -acetomleczan (rys. 2), są bezpośrednimi prekursorami diketonów wicynalnych [1, 3]. Pod koniec fermentacji i podczas procesu dojrzewania piwa ulegają one ponownej reasymilacji przez drożdże, a następnie redukowane są do acetoiny i 2,3-butanodiolu.

Zawartość wolnych aminokwasów (FAN) w brzeczce wpływa na tworzenie aceto- i hydroksykwasów. Nakatani i wsp. [20] dowiedli zależności pomiędzy stężeniem diacetylu a minimalną zawartością FAN osiąganą podczas fermentacji.

Redukcja diacetylu pojawia się w późniejszej fazie fermentacji oraz w procesie dojrzewania i wymaga obecności oraz aktywności reduktaz komórek drożdży. Tworzenie i degradacja diketonów pokrewnych przebiega w trzech etapach. W pierwszym etapie drożdże w procesie przemiany materii wytwarzają wyłącznie pośrednie prekursor diketonów pokrewnych. Nie mają one smaku ani zapachu i trudno wykryć je w piwie. Prekursory te powstają w procesie syntezy aminokwasów przy udziale drożdży [1].

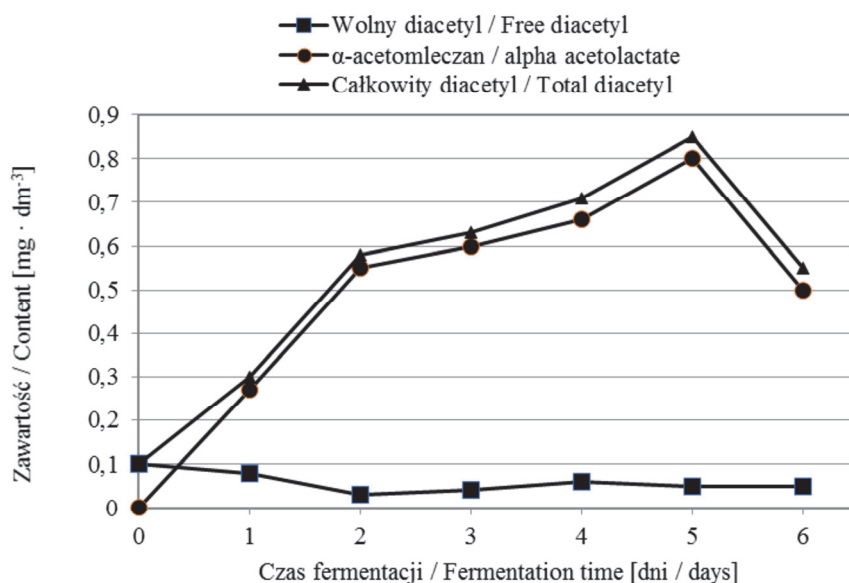
Początkowym związkiem procesu jest kwas pirogronowy powstający w jednym z etapów cyklu glikolizy. Wytwarzane w kolejnym stadium acetomleczany będące bezpośrednimi prekursorami diketonów wydzielane są do otoczenia przez komórki drożdżowe (metabolity zewnątrzkomórkowe). W wyniku spontanicznej, tlenowej dekarboksylacji odpowiednich α -aceto- i hydroksykwasów powstają diketony wicynalne, których ilość w piwie zależy m.in. od zawartości prekursorów pozakomórkowych [12]. W pierwszym etapie fermentacji jednym z metabolitów drożdży wydzielanym w największej ilości do brzeczki jest α -acetomleczan, który po utlenieniu przekształca się w diacetyl. Konwersja α -acetomleczanu jest reakcją enzymatyczną, której przebieg zależy od pH, temperatury i potencjału oksydoredukcyjnego [2]. Podczas fermentacji zawartość wolnego diacetylu w fermentującej brzeczce jest zazwyczaj mała, natomiast α -acetomleczan stanowi zdecydowaną większość ogólnej zawartości całkowitego diacetylu (rys. 3).



Rys. 2. Tworzenie diacetylu i jego konwersja za pomocą drożdży do butano-2,3-diolu

Fig. 2. Formation of diacetyl and its conversion by yeast to butane-2,3-diol

Źródło / Source: Modyfikacja własna na podstawie [18] / The authors' own modification on the basis of [18].



Rys. 3. Zawartość diacetylu i α-acetomleczanu podczas fermentacji piw dolnej fermentacji

Fig. 3. Content of diacetyl and α-acetolactate during fermentation of bottom-fermented beers

Źródło / Source: Modyfikacja własna na podstawie [13] / The authors' own modification on the basis of [13].

Zawartość wicynalnych diketonów jest zależna od wielu czynników, m.in. temperatury fermentacji i dojrzewania piwa, wskaźnika tworzenia prekursora α -aceto-mleczanu przez drożdże, spontanicznej dekarboksylacji α -aceto-hydroksykwasów do diacetylu, a następnie jego redukcji przez enzymy drożdży [13].

Uzyskiwanie niższych stężeń diacetylu i 2,3-pentanodionu w młodym piwie jest rezultatem warunków procesu, składu brzezki, zastosowanej technologii oraz szczepu drożdży. Na podstawie doświadczeń przeprowadzonych w warunkach przemysłowych wykazano, że dawka drożdży nastawnych, stopień napowietrzania brzezki oraz sposób napełniania tankofermentorów nie mają istotnego wpływu na końcową zawartość diacetylu i 2,3-pentanodionu [14, 15]. Dowiedziono natomiast dużego wpływu stężenia komórek drożdży [jtk/cm^3] oraz temperatury fermentacji. Wraz ze wzrostem temperatury zawartość omawianych związków zmniejszała się głównie na skutek większej aktywności diacetyloreduktazy, która jest odpowiedzialna za konwersję diacetylu do acetoiny. Jej wzrost powoduje, że α -aceto-mleczan tworzy się szybciej i skuteczniej rozkłada do diacetylu, który może wówczas zostać wcześniej zredukowany. W przeciwnym razie przedwczesne usunięcie drożdży skutkuje rozkładem α -aceto-mleczanu do diacetylu, który nie w pełni zostanie zredukowany, co sprawia, że jego poziom w piwie może być wyższy [1]. Proces redukcji diacetylu przez drożdże nie jest tak dobrze poznany jak mechanizmy jego tworzenia, ale na pewno zależy od kondycji fizjologicznej i składu ściany komórkowej drożdży oraz temperatury i pH procesu dojrzewania piwa. Ogólnie można stwierdzić, że proces przemiany wicynalnych diketonów jest ograniczony przez szybkość reakcji spontanicznej dekarboksylacji α -aceto-mleczanu do diacetylu [13].

Wraz ze wzrostem temperatury zwiększa się szybkość przemiany α -aceto-mleczanu oraz redukcji diacetylu do acetoiny i butanodiolu. Do istotnych czynników wpływających na tworzenie prekursorów wicynalnych diketonów można zaliczyć [12]:

- szczep drożdży użyty do fermentacji brzezki – cecha uwarunkowana genetycznie,
- dawkę drożdży – jej zwiększenie powoduje bardziej intensywne wytwarzanie aceto-mleczanów, ale jednocześnie większa dawka aktywnych drożdży powoduje szybszy i intensywniejszy ich rozkład,
- natlenienie brzezki – obecność tlenu zwiększa wytwarzanie prekursorów przez drożdże.

Wpływ powyższych czynników nie jest jednak tak duży, aby przez odpowiednie zabiegi technologiczne nie można było skutecznie ograniczyć wytwarzania tych związków podczas fermentacji brzezki [4, 16].

W drugim etapie poza komórką drożdżową i niezależnie od niej, w procesie oksydatywnej dekarboksylacji, z aceto-mleczanów powstają diketony pokrewne – diacetyl

i 2,3-pentanodion. Ta przemiana przebiega stosunkowo łatwo i korzystne są dla niej następujące czynniki [9]:

- obniżenie pH – przy pH $4,2 \div 4,4$ przemiana zachodzi najszybciej. Wzrost wartości pH wpływa hamująco na proces dekarboksylacji,
- podwyższenie temperatury,
- napowietrzanie – kontakt piwa z powietrzem prowadzi do przyspieszenia przemiany prekursorów.

Stwierdzono, że powolna przemiana prekursorów w ich pokrewne diketony ogranicza szybkość dojrzewania piwa [22].

W trzecim etapie diacetyl i pentanodion, które powstają głównie podczas fermentacji głównej, są w większości redukowane przez enzymy drożdży do substancji niewpływających negatywnie na smak piwa.



Proces tych przemian można przyspieszyć różnymi zabiegami technologicznymi, a szczególnie dodatkami preparatów enzymatycznych z aktywnością odpowiednich enzymów z grupy reduktaz. Redukcja diacetylu do acetoiny przebiega przy udziale diacetyloreduktazy produkowanej przez komórki drożdżowe. Acetoina zostaje następnie przekształcona w 2,3-butanodiol, który z kolei redukowany jest początkowo do acetyloetylokarbinolu, a następnie 2,3-pentanodionu [11, 23]. Zarówno 2,3-butanodiol, jak i 2,3-pentanodiol są związkami obojętnymi sensorycznie. Charakteryzują się stosunkowo wysokimi progami wyczuwalności sensorycznej. Wyczuwalność smakowa butanodiolu wynosi ok. $150 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (jest 10-krotnie mniejsza niż diacetylu) i w piwie jest on z reguły sensorycznie niewyczuwalny [28].

Redukcję diacetylu ułatwiają czynniki [1, 16]:

- właściwy szczep drożdży odznaczający się odpowiednią zdolnością redukcji diacetylu,
- obecność dużej liczby aktywnych komórek drożdży w fazie dofermentowania i dojrzewania piwa; aktywność reduktazy diacetylu świeżo dodanych, energicznie fermentujących drożdży może być kilkakrotnie większa (zaleta tzw. krążkowania dojrzewającego piwa),
- utrzymanie możliwie dużej koncentracji komórek drożdżowych w dojrzewającym piwie,
- zapobieganie nadmiernemu osadzaniu się biomasy na dnie tanku, a więc wymuszona cyrkulacja zwłaszcza w części stożkowej tankofermentora (celowe włączenie pompki do pobierania prób), przepompowanie od dołu stożka strumienia CO_2 (kondycjonowanie piwa), zmniejszanie ciśnienia w tanku itp.,
- okresowe podwyższanie temperatury.

Usuwanie diacetylu zależy głównie od aktywności metabolicznej drożdży. Komórki martwe, zdegenerowane, źle odżywione nie redukują diacetylu, a długo przechowywane, zwłaszcza w podwyższonej temperaturze (powyżej 5 °C), rozkładają go mniej skutecznie niż komórki o dużej aktywności metabolicznej. Z kolei aktywność diacetyloreduktazy drożdży w brzeczce jest uwarunkowana nie tylko temperaturą procesu, ale także ilością biomasy drożdży, szczególnie młodych komórek, których przyrost w wyższej temperaturze jest istotnie większy. Te dwa czynniki mają decydujący wpływ na szybkość konwersji diketonów.

Doświadczenia przeprowadzone ze zwiększoną dawką drożdży, większym napowietrzaniem brzeczki i zastosowaniem przerwy w dopełnianiu nie zawsze wykazują istotne zmiany w zakresie zawartości diketonów, mimo że obserwuje się większy przyrost biomasy [15]. W badaniach przeprowadzonych przez Ertena i wsp. [7] zauważono, że istotnie zmniejsza się zawartość diacetylu w zależności od początkowej koncentracji drożdży nastawnych. Natomiast Dekoninck i wsp. [4] wskazali na trudności z uzyskaniem akceptowanego poziomu diacetylu w piwie wyprodukowanym ze stężonych brzeczek, ale przy zastosowaniu dużych dawek drożdży. Podobne wyniki uzyskali Nguyen i Viet Man [22], którzy wykazali wzrost stężenia diacetylu w wyniku wprowadzenia większych dawek inokulum. Autorzy zwrócili również uwagę na istotną kwestię, jaką jest czas przebywania drożdży w fermentorze. W wyniku zwiększania dawki drożdży nastąpiło wyraźne skrócenie procesu fermentacji, a przez to i okresu obecności drożdży w tankofermentorze. Krótszy proces w przypadku większych dawek drożdży jest prawdopodobnie niewystarczający do pełnej konwersji α -acetomleczanu do diacetylu, a następnie do acetoiny i 2,3-butanodiolu. Nieznacznie odmienne wyniki badań laboratoryjnych i przemysłowych mogą wskazywać na wrażliwość komórek drożdży i ich macierzystych enzymów na ciśnienie hydrostatyczne, które panuje w tankofermentorach (wysokość fermentującej brzeczki wynosi ok. 15 m). Większa koncentracja inokulum powoduje proporcjonalnie mniejszy przyrost nowych komórek drożdżowych, co zostało potwierdzone w przemysłowej skali doświadczeń. Sytuacja taka przyczynia się do szybszego „starzenia” populacji drożdży, które charakteryzują się zarazem mniejszą aktywnością enzymów i spowolnionym tempem przemian biochemicznych. Ważne jest więc stosowanie świeżych, odpowiednich szczepów i pasażu drożdży szlachetnych, które skutecznie redukują ten związek pod koniec fermentacji [6, 10, 15].

Istotny wpływ mają także liczba komórek oraz temperatura fermentacji. Wzrost liczby komórek powoduje, że α -acetomleczan tworzy się szybciej i skuteczniej rozkłada do diacetylu, który może wówczas zostać wcześniej wyeliminowany. Przedwczesne usunięcie drożdży skutkuje rozkładem α -acetomleczanu do diacetylu, który nie w pełni zostanie zredukowany, co sprawia, że jego poziom w piwie może być wyższy [1]. Ze wzrostem temperatury fermentacji następuje zmniejszenie zawartości diacetylu

i 2,3-pentanodionu [19, 21]. Saerens i wsp. [25] wykazali, że wzrost temperatury z 12 do 15 °C spowodował zmniejszenie zawartości diacetylu o ok. 20 %. Sepelova i wsp. [26] prowadzili fermentację brzeczki w temp. 10 i 14 °C. W wyniku zwiększenia temperatury procesu uzyskali znaczne skrócenie czasu dojrzewania piwa.

Sposobem na uniknięcie nadmiaru diketonów jest zapobieganie akumulacji α -acetomleczanu w brzeczce podczas procesu fermentacji. Efekt ten można uzyskać przez dodanie bakteryjnej dekarboksylazy α -acetomleczanu do fermentującej brzeczki. Dekarboksylaza nie występuje u drożdży, ale jest wytwarzana m.in. przez niektóre bakterie z rodzaju *Enterobacter*, *Acetobacter* i *Streptococcus* [29]. Bakteryjna dekarboksylaza przeprowadza bezpośrednią konwersję α -acetomleczanu do acetoiny [3].

Preparatem zawierającym enzym α -acetodekarboksylazę jest Maturex L, który przyspiesza redukcję diacetylu. Preparat dodaje się zazwyczaj już po inokulacji drożdży. W wyniku jego działania zawartość diacetylu można utrzymać na niskim poziomie ($< 35 \mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$). W konsekwencji wyprodukowanie gotowego, dojrzałego piwa możliwe jest nawet w ciągu 10 dni [27]. Po zastosowaniu preparatu Maturex z *Lactobacillus casei* proces leżakowania można ograniczyć do 22 h, a w otrzymanym piwie zawartość diacetylu powinna być poniżej wyczuwalności sensorycznej [6].

Inną metodą zmniejszania zawartości diacetylu w gotowym produkcie jest stosowanie drożdży genetycznie zmodyfikowanych. Wprowadzenie do konwencjonalnych drożdży piwowarskich genu *Sc-ILV6* skutkuje redukcją zawartości diacetylu o ok. 65 % [5].

Podsumowanie

Po stwierdzeniu, że diacetyl i 2,3-pentanodion stały się produktami niepożądanymi w piwie, ich usuwanie jest jednym z głównych celów procesu dojrzewania piwa. Wytwarzanie diacetylu silnie łączy się z zapotrzebowaniem komórek drożdży na przyswajanie aminokwasu waliny. Przemiana wicynalnego diketonu w piwie jest skutkiem dekarboksylacji α -acetomleczanu do diacetylu, którego redukcja do 2,3-butanodiolu, składnika obojętnego dla zapachu piwa, jest przeprowadzana przez drożdże.

Proces redukcji diacetylu i 2,3-pentanodionu przez drożdże nie jest do końca poznany, ale w największym stopniu zależy od kondycji fizjologicznej drożdży, składu brzeczki piwnej, jak również temperatury procesu dojrzewania i pH piwa. Jednoznacznie można stwierdzić, że wzrost temperatury fermentacji przyczynia się do efektywnej redukcji wicynalnych diketonów, nawet w przypadku krótszego procesu, bez konieczności dodatkowego wydłużania okresu dojrzewania piwa celem maksymalnej przemiany diketonów. Zwiększona konwersja prekursorów do diacetylu przebiega z dużą wydajnością już od pierwszych dni fermentacji. Wtedy też występuje największe namnożenie nowych komórek drożdżowych z dużą aktywnością enzymatyczną.

Literatura

- [1] Annemuller G., Manger H.J.: Gärung und Reifung des Bieres. VLB, Berlin, Germany, 2009.
- [2] Bednarski W.: Aspekty bioenergetyczne fermentacji piwa w unitankach. Przem. Ferm. Owoc. Warz., 2000, 7, 32-34.
- [3] Bonciu C.A., Stoicescu A.: Research concerning the use of encapsulated Maturex for beer fermentation. Annals Univ. Dunarea de Jos Galati, 2007, 82-86.
- [4] Dekoninck T., Verbelen P., Delvaux F., van Mulders S., Delvaux F.: The importance of wort composition for yeast metabolism during accelerated brewery fermentations. J. Am. Soc. Brew. Chem., 2012, 3, 195-204.
- [5] Duong C., Strack L., Futschik M., Katou Y., Nakao Y., Fujimura T., Shirahige K., Kodama Y., Nevoigt E.: Identification of *Sc-type ILV6* as a target to reduce diacetyl formation in lager brewers' yeast. Metabolic Engineering, 2011, 10, 1016.
- [6] Dziuba E.: Rola drożdży w kształtowaniu cech sensorycznych piwa. Mat. VI Szkoły Technologii Fermentacji nt. „Dokształcanie cech sensorycznych piwa”, Szczyrk 2001, ss. 50-74.
- [7] Erten H., Tanguler H., Cakiroz H.: The effect of pitching rate on fermentation and flavour compounds in high gravity brewing. J. Inst. Brew., 2007, 113, 75-79.
- [8] Eslinger H.: Handbook of Brewing – Processes, Technology, Markets. Wiley-VCH, Verlag, Germany, 2009, pp. 132, 717.
- [9] Gupta K., Jain A., Dhawan S.: Removal of diacetyl from beer by adsorbents and diacetyl reductase. Biotechnol. Bioeng., 1979, 21, 649-657.
- [10] Hannemann W.: Reducing beer maturation time while retaining quality. Tech. Q. Master Brew. Assoc. Am., 2002, 39, 149-155.
- [11] Inoue T., Masuyama K., Yamamoto Y., Okada K.: Mechanism of diacetyl formation in beer. Part III. Mechanism of diacetyl formation. Laboratorium Kirin Brewery, 1968, 11, 17-23.
- [12] Kobayashi K., Kusaka K., Takahaschi T., Sato K.: Method for the simultaneous assai of diacetyl and acetone in the presence of α -acetolactate: Application in determining the kinetic parameters for the decomposition of α -acetolactate. J. Biosci. Bioeng., 2005, 5, 502-507.
- [13] Kristoffer K., Gibson B.: Diacetyl and its control during brewery fermentation. J. Inst. Brew., 2013, 119, 86-97.
- [14] Kucharczyk K., Tuszyński T.: Effect of wort filling time on fermentation, maturation and acetaldehyde content in beer. Czech J. Food Sci., 2015, 34, 1-6.
- [15] Kucharczyk K., Tuszyński T.: The effect of pitching rate on fermentation, maturation and flavor compounds of beer produced on an industrial scale. J. Inst. Brew., 2015, 121, 349-355.
- [16] Kunze W.: Technology Brewing and Malting. VLB, Berlin, Germany, 1999, pp. 309-311.
- [17] Leszczyński P.: Opis cech sensorycznych piwa, wersja 3.0. Polskie Stowarzyszenie Piwowarów Domowych, Warszawa 2015, s. 20.
- [18] Lewis J., Young T.: Piwowarstwo. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2001.
- [19] Masschelein C.: The biochemistry of maturation. J. Inst. Brew., 1986, 92, 213-219.
- [20] Nakatani K., Fukui N., Nagami K., Nishigaki M.: Kinetic analysis of ester formation during beer fermentation. J. Am. Soc. Brew. Chem., 1991, 4, 152-157.
- [21] Narzis L.: Fermentation and maturation – state of the art. Brauwelt, 1987, 127, 745-749.
- [22] Nguyen T., Viet Man L.: Using high pitching rate for improvement of yeast fermentation performance in high gravity brewing. Int. Food Res. J., 2012, 16, 547-554.
- [23] Omura F.: Targeting of mitochondrial *Saccharomyces cerevisiae* Ilv5P to the cytosol and its effect on vicinal diketone formation in brewing. Appl. Microbiol. Biotechnol., 2008, 78, 503-513.
- [24] Pires E., Teixeira J., Branyik T., Brandao T., Vicente A.: Continuous beer fermentation – diacetyl as a villain. J. Inst. Brew., 2015, 121, 55-61.
- [25] Saerens S., Verbelen P., Vanbeneden N.: Monitoring the influence of high-gravity brewing and fermentation temperature on flavour formation by analysis of gene expression levels in brewing yeast. Appl. Genet. Molecular Biotechnol., 2008, 80, 1039-1051.
- [26] Sepelova G., Cvengrošchova M., Smogrovicova D.: Temperature influence on fermentation speed and organoleptic beer properties. Kvasny Prumysl, 2004, 2, 41-42.

- [27] Solarek L., Cissowski J.: Mikrobiologiczne preparaty enzymatyczne „Novozymes A/S” w technologii piwowarstwa. *Mat. XI Szkoły Technologii Fermentacji nt. „Technologia i marketing piwa”*, Łódź 2006, ss. 77-96.
- [28] Wieczorek E.: Dwuacetyl w piwie i metody jego oznaczania. *Przem. Ferm. Owoc. Warz.*, 1995, 11, 7-8.
- [29] Yamauchi Y., Okamoto T., Murayama H., Kejino K., Nagara A., Noguchi K.: Rapid maturation of beer using an immobilized yeast bioreaktor. Balance of total diacetyl reduction and regeneration. *J. Biotechnol.*, 1995, 38, 109-116.

THE PRESENCE OF DIACETYL AND 2,3-PENTANODIONE IN BEER

S u m m a r y

During the process of alcoholic fermentation, the brewer's yeast synthesizes, except for ethanol and carbon dioxide, a broad spectrum of various by-products of metabolism and most of them are emitted to the environment. In different types of beer, more than 1000 components can be found including ca. 200 carbonyl compounds. The quantity and quality of products and indirect metabolites emitted from cells impact the organoleptic qualities of finished beer. Besides the components of hop, those compounds give it a specific and characteristic taste and aroma. Vicinal diketons are one of the groups of those compounds. They are important components of the taste and aroma of the young beer. In beer, two basic components from the group of diketons are present: diacetyl and 2,3-pentanodion. Their impact on the taste and aroma is generally negative; however, they are considered to be „determinants of beer maturity”. In higher concentrations, they give the beer a sweetish, impure and, sometimes, improper taste, and the aroma reminds that of butter. They are formed from the precursors produced by yeast during fermentation. At the next stage of fermentation, the beer is subject to a process of maturation the main purpose of which is to decrease the amount of vicinal diketons or to eliminate them. At this stage of the process, the diacetyl diffuses back to the cytoplasm of yeast cell and, next, is subject to reduction to acetoin as a result of the activity of diacetyl reductase enzyme. The process of conversion is regulated by the temperature and length of the maturation process with the purpose of producing beer of a proper taste and aroma.

The objective of the research study was to give an outline of formation mechanisms of vicinal diketons during fermentation of beer wort. Described is the meaning of diketons in the process of beer maturation since their appropriate quantity is considered as a determinant of completing this stage of the beer production process. Moreover, some selected technological parameters are depicted the optimization of which ensures that a low content of diacetyl and 2,3-pentanodion in a finished product can be achieved.

Key words: beer, fermentation, maturation, diacetyl, 2,3-pentanodion ☒

PAWEŁ SATORA, DAGMARA CELEJ, MAGDALENA SKOTNICZNY,
NINA TROJAN

IDENTYFIKACJA DROŻDŻY OBECNYCH W KISZONEJ KAPUŚCIE KOMERCYJNEJ I OTRZYMYWANEJ W GOSPODARSTWACH ROLNYCH

Streszczenie

Kiszona kapusta jest produktem powszechnie spożywanym w Polsce. Otrzymywana jest nadal w sposób tradycyjny w wyniku fermentacji spontanicznej przez rodzime mikroorganizmy zasiedlające liście kapusty, którymi są głównie bakterie kwasu mlekowego. W trakcie fermentacji uaktywniają się także drożdże, których negatywna działalność może prowadzić do podwyższenia pH i rozwoju bakterii gnilnych.

Celem pracy było określenie mikroflory drożdżowej występującej w kapuście kiszzonej produkowanej przemysłowo oraz otrzymywanej w wyniku spontanicznej fermentacji w gospodarstwach rolnych w okolicach Muszyny. Mikroorganizmy izolowano przy użyciu agaru WL z dodatkiem chloramfenikolu w ilości 0,1 g/l, a izolaty różnicowano metodą RAPD-PCR z wykorzystaniem markera M13 i identyfikowano poprzez sekwencjonowanie regionu ITS. Najwięcej drożdży stwierdzono w próbkach kapusty otrzymanych metodami tradycyjnymi w gospodarstwach w gminie Muszyna ($2,3 \div 15,9 \cdot 10^3$ jtk/g) oraz w jednym produkcie komercyjnym ($2,8 \cdot 10^3$ jtk/g). W pozostałych analizowanych kiszonych kapustach nie stwierdzono ich obecności. Wśród izolatów wykryto przedstawicieli dwóch gatunków drożdży *Cryptococcus macerans* oraz *Debaryomyces hansenii*, przy czym drugi z nich został zróżnicowany metodą RAPD-PCR na 3 różne profile elektroforetyczne. Obecność zidentyfikowanych mikroorganizmów była ściśle uzależniona od analizowanej próbki, co mogło być związane z technologią produkcji kiszzonej kapusty, a także z odmianą użytego surowca. Występowanie oznaczonych gatunków drożdży w gotowym produkcie może przyczyniać się do skrócenia czasu jego przydatności do spożycia i pojawienia się objawów zepsucia.

Słowa kluczowe: kiszona kapusta, drożdże, PCR-RAPD, sekwencjonowanie, *Debaryomyces hansenii*

Wprowadzenie

Polska jest czwartym co do wielkości producentem kiszzonej kapusty w Europie, a jej roczne spożycie w naszym kraju wynosi ok. 3 kg na mieszkańca [4]. Produkt ten otrzymywany jest w sposób tradycyjny w wyniku spontanicznej fermentacji przez rodzime mikroorganizmy zasiedlające liście kapusty, którymi są głównie bakterie kwasu mlekowego [1]. W wyniku procesu fermentacji cukry fermentujące, takie jak sacharoza, fruktoza, glukoza i inne, są przekształcane do kwasów organicznych, etanolu, dwutlenku węgla oraz mannitolu. Kiszona kapusta stanowi bardzo ważny produkt żywnościowy ze względu na walory odżywcze. Jest bogata w mające pozytywny wpływ na zdrowie składniki mineralne, witaminę C, antyoksydanty oraz błonnik [8]. Cechuje się również wysokim poziomem glukozyzolanów, które wykazują dużą aktywność przeciwnowotworową. Jakość produktu zależy głównie od mikroflory znajdującej się na surowym warzywie [14]. Rozwój mikroorganizmów następujący w odpowiedniej sekwencji jest niezbędny do uzyskania smaku i aromatu charakterystycznego dla kiszzonej kapusty [16].

Sposób, w jaki obecnie produkuje się kiszoną kapustę, jest znany od wieków, a jego podstawowe etapy nie uległy zmianom. Polega on na rozdrobnieniu surowca, a następnie wzbudzeniu procesu spontanicznej fermentacji poprzez zapewnienie odpowiednich warunków, takich jak zasolenie oraz ograniczenie dostępu tlenu dzięki upakowaniu i ugnieceniu surowca w pojemnikach.

W pierwszym etapie oczyszczona i pokrojona kapusta jest upakowywana w wanny lub tankach, gdzie dodawana jest do niej sól w ilości $2,25 \div 2,5$ %. Proces fermentacji rozpoczyna się już w ciągu kilku godzin od zasolenia. Pierwszą fazą jest burzliwa fermentacja, za którą odpowiadają głównie bakterie z grupy coli oraz heterofermentatywne bakterie mlekowe *Leuconostoc mesenteroides*. Czas jej trwania to ok. 2 - 3 dni, w trakcie których ma miejsce szybkie obniżenie pH połączone ze wzmożoną produkcją gazów i spienianiem kiszonki. Następuje również usunięcie tlenu ze środowiska, w wyniku czego zahamowany zostaje rozwój niepożądanego mikroflory tlenowej oraz aktywność rodzimych enzymów kapusty. Kolejna faza będąca właściwą fermentacją mlekową trwa do ok. 10. - 16. dnia po zasoleniu. W tym czasie ma miejsce intensywny rozwój bakterii względnie i bezwzględnie heterofermentatywnych (*Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus plantarum* i *Pediococcus*). Dojrzewanie kiszonki następuje po ok. dwóch tygodniach fermentacji i jest ostatnią fazą procesu. Kształtują się wtedy ostateczne cechy sensoryczne produktu, na które składają się produkty metabolizmu bakterii oraz związki powstające w procesie przemian chemicznych [12].

W początkowej fazie fermentacji kiszzonek warzywnych drożdże bywają bardzo liczną oraz różnorodną grupą mikroorganizmów. Czasami zdarza się nawet, że zaczynają dominować i kontrolować proces fermentacji. W procesie fermentacji kiszzonek warzywnych negatywna działalność drożdży prowadzi do wzrostu pH, który może

zostać spowodowany przez jeden z dwóch procesów. Pierwszy wiąże się z tym, że obecne w kiszonce drożdże przeprowadzają fermentację, wykorzystując do tego cukry, które powinny zostać przefermentowane przez bakterie na kwas mlekowy. Drugi z procesów jest związany z rozwojem drożdży *Geotrichum candidum* oraz *Candida mycoderma* na powierzchni kiszonki przy zachowanym dostępie tlenu. Powyższe mikroorganizmy jako źródło węgla wykorzystują kwasy organiczne stabilizujące produkt. Powoduje to zmniejszenie kwasowości oraz wzrost pH i stwarza warunki do rozwoju bakterii gnilnych, które powodują psucie [12]. Drożdże są również odpowiedzialne za produkcję dużej ilości gazów [10]. Tworzą także metabolity wpływające ujemnie na smak i aromat kiszonki. Zbyt miękka struktura kiszonki może być związana z niedostatecznym stężeniem soli. Powinna ona zostać dodana do świeżo poszatkowanej kapusty w takiej ilości, aby stymulować wzrost pożądaných bakterii mlekowych w odpowiedniej kolejności. Kwas mlekowy oraz sól decydują o prawidłowej twardości produktu poprzez hamowanie enzymów pektynolitycznych [6]. Bardzo duże straty ekonomiczne w przemysłowej produkcji kiszonej kapusty powoduje pojawienie się wadliwego różowego zabarwienia. Wada ta wiąże się przeważnie ze zbyt dużą ilością dodanej do kiszonki soli, której stężenie przekracza 3 %. Za nieswoistą barwę odpowiedzialne są zazwyczaj drożdże z rodzaju *Rhodotorula*. Wytwarzają one karotenoidy, które nadają kiszonce różowe zabarwienie [18]. Wady w postaci obcego posmaku oraz zapachu, które są niespecyficzne dla produktów kiszonych i kojarzą się bardziej z przemysłem drożdżowniczym powstają najczęściej na skutek zbyt szybkiego procesu fermentacyjnego prowadzonego w wysokiej temperaturze. Warunki te sprzyjają rozwojowi mikroorganizmów tlenowych, głównie drożdży i pleśni, które produkują metabolity odpowiedzialne za niepożądany smak i zapach. Kiszone kapusta, w której doszło do rozwoju drożdży i pleśni, charakteryzuje się dużą zawartością estrów odpowiadających za aromat surowej kapusty, natomiast ilość kwasu mlekowego jest w niej znacznie mniejsza w porównaniu z produktami, w których mikroflora zanieczyszczająca nie występowała [6].

Celem pracy było określenie mikroflory drożdżowej występującej w kapuście kiszzonej produkowanej przemysłowo oraz otrzymywanej w wyniku spontanicznej fermentacji w gospodarstwach rolnych w okolicach Muszyny.

Materiał i metody badań

Materiał do badań stanowiły trzy próbki produktów komercyjnych dostępnych w handlu: sok z kwaszonej kapusty (W), kapusta kwaszona z marchewką (D), kapusta kwaszona (K) oraz 3 próbki kapusty kiszzonej uzyskane w wyniku spontanicznej fermentacji u lokalnych producentów w okolicach Muszyny: Muszyna (M), Powroźnik (P), Szczawnik (S).

Identyfikacja wyizolowanych mikroorganizmów następowała przy wykorzystaniu metod polegających na łańcuchowej reakcji polimerazy oraz sekwencjonowania regionu ITS.

Pobierano po 1 g kiszonej kapusty wraz z solanką (w trzech powtórzeniach), a po odpowiednim rozcieńczeniu wykonywano posiewy na szalki Petriego z agarem WL (Biocorp Polska Sp. z o. o.) z dodatkiem 0,1 g/l chloramfenikolu. Posiewy inkubowano w cieplarni w temp. 28 °C przez 72 h. Po zakończonej inkubacji dokonywano oceny makroskopowej oraz analizy ilościowej.

Pojedyncze kolonie drożdży przeszczepiano na podłoże Sabouraud Dextrose LAB-Agar (BioMaxima S.A., Polska). Skosy inkubowano w temp. 28 °C. W celu namnożenia hodowle drożdży ze skosów przeszczepiano na podłoże płynne Sabouraud Dextrose Broth (BioMaxima S.A., Polska).

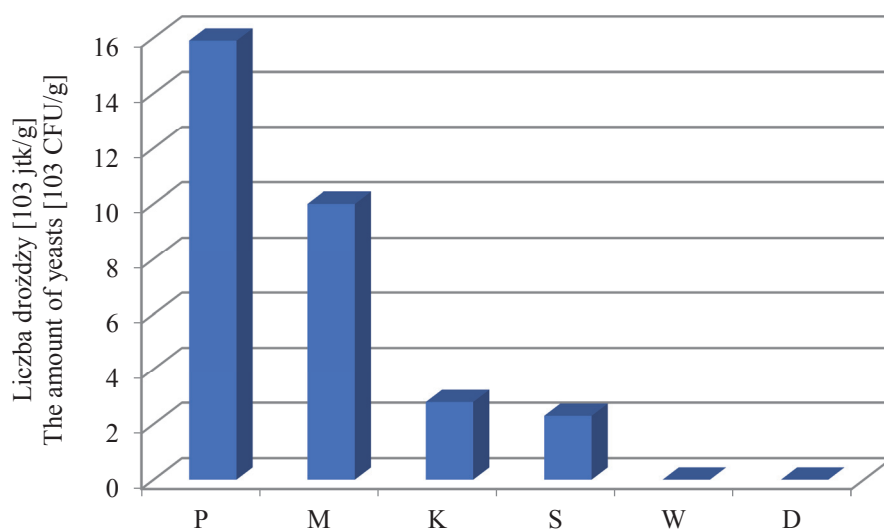
Do izolacji genomowego DNA stosowano zestaw do izolacji Genomic Mini AX YEAST SPIN (A&A Biotechnology, Polska). Wyizolowane DNA amplifikowano z użyciem zestawu ONETaq DNA Polymerase (New England Biolabs) oraz startera M13 (5'GAGGGTGGCGGTTCT3'). Program amplifikacji obejmował: wstępną denaturację (1 cykl, 5 min, 95 °C), po 35 cykli denaturacji (1 min, 95 °C), wiązania starterów (1 min, 36 °C) i elongację (2 min, 68 °C) oraz końcową elongację (7 min, 68 °C). Wyniki amplifikacji analizowano na żelu agarozowym z dodatkiem bromku etydy. Po zakończeniu rozdzielania dokonywano wizualizacji elektroforegramu w transluminatorze UV. Wyniki archiwizowano w postaci zdjęć.

Izolaty różniące się profilem RAPD-PCR identyfikowano poprzez sekwencjonowanie regionu ITS (ITS1 - 5' TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3' oraz ITS4 - 5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3'). Zamplifikowany materiał oczyszczano z użyciem zestawu Clean up AX zgodnie z instrukcją producenta i przekazywano do sekwencjonowania, które było prowadzone przez firmę Macrogen (Holandia). Uzyskane wyniki przetwarzano z użyciem programu MEGA 7.0.26 build 7170509 (<http://www.megasoftware.net>). Gatunki identyfikowano z użyciem bazy Genbank i narzędzi BLAST (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST/>).

Wyniki i dyskusja

Na podstawie wyników oznaczenia ilościowego drożdży w badanych próbkach kapusty kiszonej uzyskane metodą płytkową wykazano, że więcej komórek drożdżowych było obecnych w produktach otrzymanych metodami tradycyjnymi w gospodarstwach rolnych niż w produktach handlowych (rys. 1). Brak mikroflory drożdżowej w dwóch z trzech analizowanych produktów komercyjnych mógł być spowodowany procesami utrwalania, jakim zostały poddane. Według informacji od producenta, sok z kwaszonej kapusty (W) konserwowany był przez pasteryzację. Często do kiszonej kapusty stosowany jest również dodatek kwasu sorbowego, który skutecznie hamuje

wzrost mikroflory drożdżowej i innych grzybów [13]. Kolejną przyczyną braku drożdży może być sposób produkcji. Zdarza się, że sprzedawana w opakowaniach kapusta kiszona jest uzyskiwana nie w procesie fermentacji mlekowej, ale poprzez zalanie poszatowanego surowca octem lub kwasem mlekowym. Ilość drożdży obecnych w kiszonej kapuście zależy od naturalnej mikroflory występującej na świeżym warzywie oraz od warunków fermentacji, głównie temperatury i dodatku soli.



Objaśnienia / Explanatory notes:

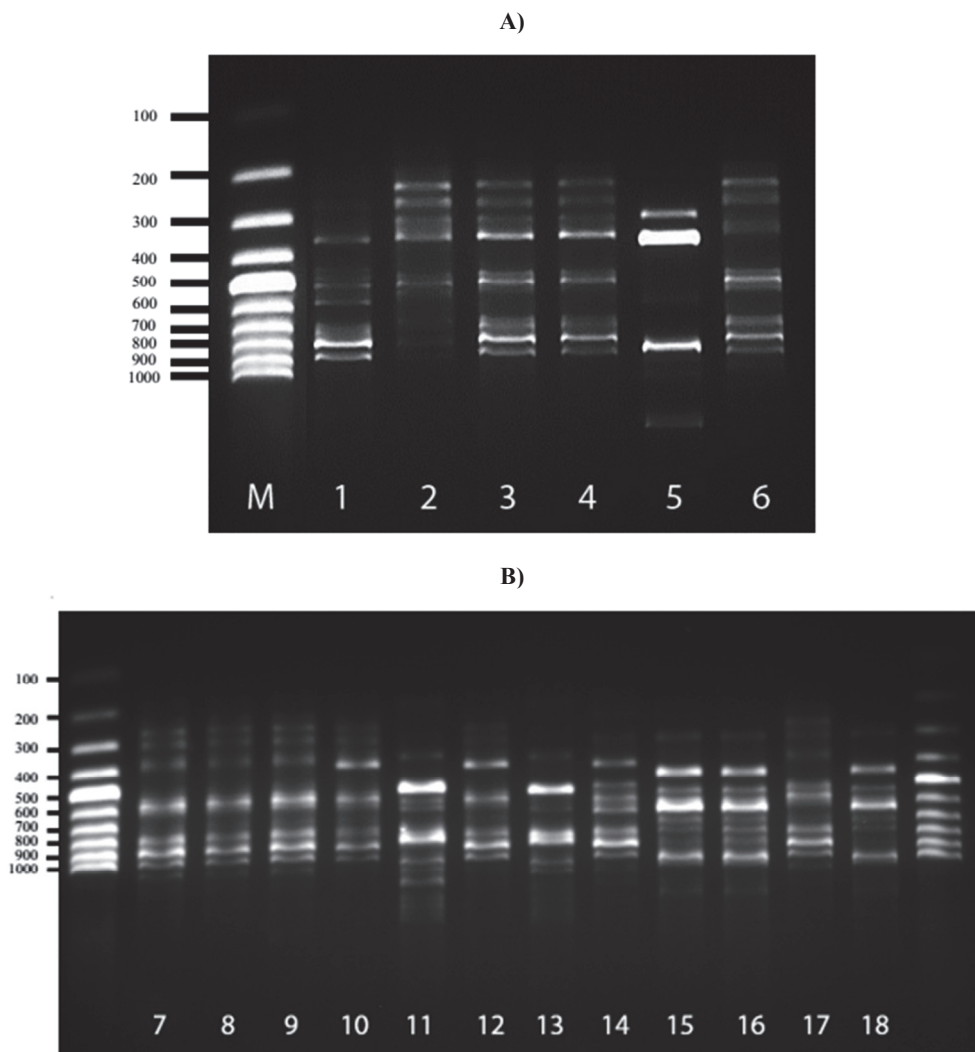
P – kapusta kiszona z Powroźnika / farm-made sauerkraut from Powroźnik; M – kapusta kiszona z Muszyny / farm-made sauerkraut from Muszyna; S – kapusta kiszona ze Szczawnika / farm-made sauerkraut from Szczawnik; K – kapusta kwaszona komercyjna / commercially produced sauerkraut; W – sok z kwaszonej kapusty / commercially made sauerkraut juice, D – kapusta komercyjna kwaszona z marchewką / commercially made sauerkraut with carrot.

Rys. 1. Liczba drożdży w analizowanych próbkach kiszonej kapusty

Fig. 1. Amount of yeasts in analyzed samples of sauerkraut

Jak podają Viander i wsp. [20], w soku z kiszonej kapusty o zawartości 1,2 % soli występuje ponad $9 \cdot 10^3$ jtk/g drożdży, a ich liczba maleje w miarę przechowywania gotowego produktu w warunkach chłodniczych. Podwyższenie stężenia NaCl w solance z 0,8 do 1,5 % skutkuje kilkukrotnym obniżeniem liczby drożdży w produkcie finalnym [21]. Należy więc przypuszczać, że wysoki poziom drożdży w kapuście kiszonej z Powroźnika i Muszyny może świadczyć o krótkim czasie przechowywania produktu, ewentualnie o niższym stężeniu NaCl w solance. Wyższe stężenie soli

w kiszonce lub przechowywanie produktów w niskiej temperaturze może być przyczyną mniejszej liczby drożdży w kapustach S i K. W przypadku kapusty K, która jest produktem przemysłowym, na ograniczenie liczby mikroorganizmów mógł mieć wpływ sposób utrwalania.



Rys. 2. Wyniki rozdziału elektroforetycznego produktów reakcji RAPD-PCR przy udziale startera M13. A) izolatów drożdżowych 1 - 6, B) izolatów drożdżowych 7 - 18

Fig. 2. Results of electrophoresis of RAPD-PCR products with M13 starter. A) for yeast isolates 1 – 6, B) for yeast isolates 7 - 18

Na rys. 2. (A i B) przedstawiono wyniki rozdziału produktów reakcji RAPD-PCR analizowanych szczepów drożdży. W wyniku badania 18 szczepów wyizolowanych z próbek kapusty kiszonej otrzymano 4 różne profile elektroforetyczne. Podobny układ prążków otrzymano w przypadku izolatów:

- 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 17 – intensywne prążki przy długości 550 i 900 pz (profil 1),
- 15, 16, 18 – intensywne prążki przy długości 400 i 600 pz (profil 2),
- 11, 13 – intensywne prążki przy długości 500 i 800 pz (profil 3),
- 5 – intensywne prążki przy długości 400 i 800 pz (profil 4).

Świadczy to o obecności w badanych próbkach 4 różnych szczepów drożdży. Sekwencjonowanie regionu ITS umożliwiło zaklasyfikowanie izolatów do dwóch gatunków – *Debaryomyces hansenii* (profil 2, 3 i 4) oraz *Cryptococcus macerans* (profil 1). Zidentyfikowane mikroorganizmy były już stwierdzane we wcześniejszych badaniach jako mikroflora obecna podczas procesu kiszenia kapusty [2]. Nie stwierdzono ich natomiast podczas analiz polskiej kiszonej kapusty [9], co, jak należy przypuszczać, mogło być związane z metodami użytymi do identyfikacji szczepów przez autorów wspomnianej publikacji. Stosując metody API 32C oraz PCR-RFLP, łatwo można dokonać mylnej klasyfikacji szczepów. Z tego względu w przypadku grzybów wymagane jest potwierdzenie wyników poprzez sekwencjonowanie najczęściej regionu ITS. Należy pamiętać również o tym, że skład mikroflory w trakcie fermentacji spontanicznej uzależniony jest w znacznym stopniu od miejsca pochodzenia surowca, warunków klimatycznych panujących podczas jego wzrostu, technologii produkcji itd.

Na podstawie wyników RAPD-PCR oraz sekwencjonowania w populacji wyizolowanych kultur *Debaryomyces hansenii* wyróżniono 3 różne profile tych drożdży. Profil 1 zaobserwowano w kiszonej kapuście pochodzącej z gospodarstwa w Szczawniku (100 % izolatów) oraz w produkcie komercyjnym – kapuście kwaszonej (50 %), profil 2 był charakterystyczny dla kiszonki z gospodarstwa w Muszynie (22 %), natomiast 3 – jedynie dla próbek komercyjnych (25 %). Można przypuszczać, że obecność danego profilu drożdży *Debaryomyces hansenii*, uzależniona była od stosowanej technologii produkcji kiszonej kapusty oraz użytej odmiany surowca.

Gatunek *Debaryomyces hansenii*, teleomorf drożdży *Candida famata*, jest szeroko rozpowszechniony w naturze oraz w licznych produktach zawierających dużą ilość soli [19]. Jego zdolność do tolerancji wysokich stężeń NaCl (nawet do 24 %) powoduje, że jest często spotykany w solankach stosowanych do produkcji oliwek, serów, fermentowanych napojów mlecznych oraz sosu sojowego koji. *D. hansenii* był również często izolowany z fermentowanych wędlin, w których powodował pojawianie się ciemnych plamek na dojrzewającym salami [15]. Drobnoustroje te zaliczane są do grupy drożdży o metabolizmie tlenowym i często związane z tworzeniem kożucha na powierzchni solanki, np. podczas produkcji kiszonek ogórków [3]. Ze względu na

produkcję enzymów z grupy proteinaz, ksylanaz i pektynaz mogą przyczyniać się do mięknięcia owoców i warzyw [7]. Deak i Beuchat [2] podają, że drożdże *Debaryomyces hansenii* rozwijają się wyłącznie na początku procesu fermentacji kapusty i ich populacja stopniowo zamiera. Warunki semi-anaerobowe lub tlenowe mogą znacząco zwiększyć żywotność tych mikroorganizmów i spowodować, że pojawią się one również w produkcie finalnym.

Drożdże *Cryptococcus macerans* stwierdzono w kapuście kiszzonej pochodzącej z gospodarstw w Muszynie (78 % izolatów) i Powroźniku (100 % izolatów), a także w jednym z produktów komercyjnych – kapuście kwaszonej (25 % izolatów). *Cryptococcus macerans* wraz ze swoim teleomorfem *Cystofilobasidium* sklasyfikowane zostały w rzędzie *Cystofilobasidiales* na podstawie analizy sekwencji 26S rDNA [11]. Cechą charakterystyczną przedstawicieli tego rodzaju jest wytwarzanie pigmentów karotenoidowych, substancji skrobiopodobnych, zdolność do wykorzystywania D-glukuronianu oraz inozytolu jako jedynego źródła węgla oraz asymilacja azotanów jako jedynego źródła azotu. Kultury *Cryptococcus macerans* izolowane były z różnych środowisk – ze słomy lnu, powierzchni zbóż i kwiatów, gleby, wody oraz ze słoju jęczmiennego. Rodzaj *Cryptococcus* w dużej ilości (10^8 jtk/g) stwierdzano na powierzchni przechowywanej kapusty [5]. *Cryptococcus macerans* był również stwierdzany w początkowej fazie fermentacji Sayur asin – warzywnej kiszonki produkowanej w Indonezji [17]. Niewielkie jego ilości $10^1 \div 10^2$ jtk/ml wykrywane były w pierwszym dniu fermentacji, natomiast jego wzrost hamowany był w wyniku powstawania warunków beztlenowych. Wiąże się to z typowym metabolizmem tlenowym wykazywanym przez większość przedstawicieli rodzaju *Cryptococcus*. Obecność tego mikroorganizmu w produkcie gotowym może świadczyć o tym, że zastosowano tradycyjną metodę kiszenia w naczyniach, do których dostęp ma tlen. Może to znacząco skracać okres przechowywania tego rodzaju kiszzonek i z czasem powodować objawy zepsucia charakterystyczne dla tych powodowanych przez drożdże z rodzaju *Rhodotorula* [18].

Wnioski

1. Kiszona kapusta wytwarzana w gospodarstwach rolnych w gminie Muszyna charakteryzowała się wyższym poziomem drożdży niż produkty komercyjne.
2. W badanych produktach stwierdzono obecność dwóch gatunków drożdży: *Debaryomyces hansenii* (3 szczepy) oraz *Cryptococcus macerans* (1 szczep), których obecność była ściśle uzależniona od badanej próbki.
3. Występowanie oznaczonych gatunków drożdży w gotowym produkcie może przyczyniać się do skracania czasu jego przydatności do spożycia i pojawiać się objawy zepsucia.

Badania finansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer DEC-2014/15/B/NZ9/04527

Literatura

- [1] Beganović J., Kos B., Pavunc A.L., Uroić K., Jokić M., Šušković J.: Traditionally produced sauerkraut as source of autochthonous functional starter cultures. *Microbiol. Res.*, 2014, 169, 7-8, 623-632.
- [2] Deak T., Beuchat L.R.: *Handbook of Food Spoilage Yeasts*. CRC Press, New York 1996.
- [3] Etchells J.L., Bell T.A.: Classification of yeasts from the fermentation of commercially brined cucumbers. *Farlowia*, 1950, 4, 87-112.
- [4] Filipiak T., Maciejczak M.: Vegetable production in Poland and selected countries of the European Union. *Econ. Sci. Rural Dev.*, 2011, 24, 30-39.
- [5] Fleet G.: Spoilage yeasts. *Crit. Rev. Biotechnol.*, 1992, 12 (1-2), 1-44.
- [6] Hang Y.D.: Sauerkraut. In: *Handbook of Food and Beverage Fermentation Technology*. Eds. Y.H. Hui, L. Meunier-Goddik, Å.S. Hansen, J. Josephsen, W.-K. Nip, P.S. Stanfield, F. Toldrá. Marcel Dekker Inc., New York 2004, pp. 669-676.
- [7] Hernández A., Martín A., Córdoba M.G., Benito M.J., Aranda E., Pérez-Nevado F.: Determination of killer activity in yeasts isolated from the elaboration of seasoned green table olives. *Int. J. Food Microbiol.*, 2008, 121 (2), 178-188.
- [8] Kusznierevich B., Śmiechowska A., Bartoszek A., Namieśnik J.: The effect of heating and fermenting on antioxidant properties of white cabbage. *Food Chem.*, 2008, 108, 853-861.
- [9] Lazar Z., Piegzał M., Walczak E., Barszczewski W., Robak M.: Mikroflora drożdżowa naturalnie fermentowanych warzyw. *Acta Sci. Pol., Biotechnol.*, 2013, 12 (1), 19-36.
- [10] Li K-Y.: Fermentation. In: *Handbook of Food and Beverage Fermentation Technology*. Eds. Y.H. Hui, L. Meunier-Goddik, Å.S. Hansen, J. Josephsen, W.-K. Nip, P.S. Stanfield, F. Toldrá. Marcel Dekker Inc., New York 2004, pp. 595-610.
- [11] Libkind D., Gadanho M., van Broock M., Sampaio J.P.: *Cystofilobasidium lacus-mascardii* sp. nov., a basidiomycetous yeast species isolated from aquatic environments of the Patagonian Andes, and *Cystofilobasidium macerans* sp. nov., the sexual stage of *Cryptococcus macerans*. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, 2009, 59, 622-630.
- [12] Libudzisz L., Kowal K., Żakowska Z.: *Mikrobiologia techniczna. T. 2*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2008, ss. 43-45.
- [13] Lück E.: Food applications of sorbic acid and its salts. *Food Addit. Contam.*, 1990, 7 (5), 711-715.
- [14] Peñas E., Frias J., Gomez R., Vidal-Valverde C.: High hydrostatic pressure can improve the microbial quality of sauerkraut during storage. *Food Control*, 2010, 21 (4), 524-528.
- [15] Pitt I.J., Hocking A.D.: Yeasts. In: *Fungi and Food Spoilage*. Springer, Boston, MA, USA, 2009, pp. 357-382.
- [16] Plengvidhya V., Breidt F., Fleming H.P.: Use of RAPD-PCR as a method to follow the progress of starter cultures in sauerkraut fermentation. *Int. J. Food Microbiol.*, 2004, 93 (3), 287-296.
- [17] Puspito H., Fleet G.H.: Microbiology of sayur asin fermentation. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 1985, 22, 442-445.
- [18] Shih C.T., Hang Y.D.: Production of carotenoids by *Rhodotorula rubra* from sauerkraut brine. *LTW-Food Sci. Technol.*, 1996, 29, 570-572.
- [19] Vasdinyei R., Deák, T.: Characterization of yeast isolates originating from hungarian dairy products using traditional and molecular identification techniques. *Int. J. Food Microbiol.*, 2003, 86 (1-2), 123-130.
- [20] Viander B., Mäki M., Palva A.: Impact of low salt concentration, salt quality on natural large-scale sauerkraut fermentation. *Food Microbiol.*, 2003, 20 (4), 391-395.
- [21] Wiander B., Palva A.: Sauerkraut and sauerkraut juice fermented spontaneously using mineral salt, garlic and algae. *Agric. Food Sci.*, 2011, 20, 169-175.

IDENTIFYING YEAST OCCURRING IN COMMERCIAL AND FARM-MADE SAUERKRAUT

S u m m a r y

Sauerkraut is a commonly consumed product in Poland. It is still traditionally produced using spontaneous fermentation by indigenous microorganisms colonizing cabbage leaves, mainly lactic acid bacteria. During fermentation, yeasts may also become active and their negative activity can cause pH to increase and spoilage bacteria to develop.

The objective of the research study was to identify the yeast microbiota in sauerkraut produced industrially and by spontaneous fermentation in the farms in the region of Muszyna. The microorganisms were isolated using WL agar with 0.1 g/l of chloramphenicol added, and the isolates were differentiated by RAPD-PCR fingerprinting with an M13 starter and identified by sequencing the ITS region. The largest amount of yeasts was found in the sauerkraut samples produced using traditional methods in the farms located in the Muszyna commune ($2.3 \div 15.9 \cdot 10^3$ CFU/g) and in one commercial product ($2.8 \cdot 10^3$ CFU/g). In other commercial sauerkraut products analyzed, no yeast was found. Among the isolates, the representatives of two species: *Cryptococcus macerans* and *Debaryomyces hansenii* were identified; the second one was differentiated by RAPD-PCR into 3 different profiles. The identified microorganisms present were highly dependent on the sample under analysis; this could be linked with the production technology of sauerkraut and, also, with the variety of raw material used. The occurrence of the identified yeast species in the final product can cause the shelf-life of sauerkraut to diminish and the signs of its spoilage to appear.

Key words: sauerkraut, yeasts, PCR-RAPD, sequencing, *Debaryomyces hansenii* ☒

MICHAŁ ŚWIECA, MONIKA KORDOWSKA-WIATER, MONIKA PYTKA,
ŁUKASZ SĘCZYK, URSZULA GAWLIK-DZIKI

APPLYING SPROUTS OF SELECTED LEGUMES AS CARRIERS FOR *LACTOBACILLUS RHAMNOSUS* GG – SCREENING STUDIES

S u m m a r y

Probiotics and prebiotics play an important role in human and animal nutrition. Those research studies were performed to evaluate the potential of using legume sprouts as carriers for probiotic strain of *Lactobacillus rhamnosus* GG. They determined the effect of legume species, temperature of sprouting, and inoculation methods of seeds or growing sprouts on the survival and/or growth of probiotics.

It was found that the count of bacteria in sprouts depended on the germination temperature, inoculation methods as well as on the species of legume used as a carrier. The beans examined (Adzuki and Mung) germinated effectively at a temperature between 25 ÷ 35 °C. And the lentil sprouted most effectively at 25 °C. In the case of soy-bean and lentil, the temperature of 35 °C caused the germination efficiency to decrease. The growth of *Lb. rhamnosus* GG was reported only in the case of the lentil and soy-bean sprouts obtained from the seeds imbibed in an inoculum and germinated at 25 °C. The count of probiotic bacteria was 3.1×10^6 and 7.18×10^6 CFU per grams of fresh mass, respectively. The sprouts obtained from the bean seeds analyzed did not provide any conditions for probiotic bacteria to survive and grow. The best carrier for the probiotic bacteria studied were the soy-bean sprouts; in their case, after inoculation of seeds and using a suspension of probiotic bacteria, the sprouts obtained at 25 °C had the best quality parameters.

Key words: legumes, sprouts, probiotics, *Lb. rhamnosus*

Introduction

The consumption of probiotics is usually associated with healthy diets and an increase in consumer wellness [3]. Probiotics (or their metabolites) reduce the risk of cancer, improve heart health, enhance the immune system, reduce menopause symp-

Dr hab. M. Świeca, mgr inż. Ł. Sęczyk, dr hab. U. Gawlik-Dziki, Katedra Biochemii i Chemii Żywności, dr M. Kordowska-Wiater, dr M. Pytko, Katedra Biotechnologii, Mikrobiologii i Żywnienia Człowieka, Wydz. Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Skromna 8, 20-704 Lublin. Kontakt: michal.swieca@up.lublin.pl

toms, enhance gastrointestinal health, preserve urinary tract health, decline osteoporosis, protect vision and exhibit antibacterial, anti-inflammatory and antiviral activities [4]. Many studies have confirmed those positive effects in *in vitro* studies as well as in *in vivo* animal or/and human models [4, 27].

Probiotics have been incorporated into several food products and supplements; most of them are dairy products, such as cheeses, dairy desserts, ice-cream, fermented milk products, or fermented vegetables [24]. However, in recent years, novel alternative matrices for probiotics have been developed, e.g., chocolate or meat products [3, 18]. Moreover, the need for new probiotic products has drawn attention owing to the growing interest in veganism and the higher number of consumers with diet restrictions such as lactose intolerance, allergies, and cholesterol restriction [7, 10, 19].

In modern functional food, probiotic microorganisms are usually combined with prebiotics. Prebiotic is a selective substrate for one or a limited number of probiotics strains. Prebiotics stimulate the growth and survival of probiotic strains and, consequently, they are able to alter the colonic microbiota of the host toward a healthier composition. Legumes are considered to be an excellent source of nutrients and compounds with well-documented pro-health properties, e.g., phenolics or vitamins [8, 13, 22]. Additionally, beans contain high amounts of resistant starch, which may predispose them to be effective prebiotics [1, 11, 12].

The objective of the study was to research on the possibility of using legume sprouts as carriers for *Lb. rhamnosus* GG. The study was focused on selecting the legume species, conditions of germination, and methods utilized to inoculate seeds/sprouts with a probiotic strain.

Materials and methods

Materials

All chemicals used to cultivate sprouts and microbiological media were purchased in the Sigma-Aldrich Company (Poznan, Poland) and BTL Ltd. (Łódź, Poland). Soybean, lentil, Adzuki bean, and Mung bean seeds were purchased in the PNOS S.A., Ożarów Mazowiecki, Poland.

An *Lb. rhamnosus* GG strain was used in this study. The strain was isolated from a commercial probiotic preparation. It was identified microscopically, by biochemical tests, and by 16S rDNA sequencing. The bacterial stocks used for the inoculation were stored at -20 °C in an MRS broth with 20 % (v/v) glycerol. Prior to inoculation, the aerobic cultures on MRS agar were cultivated twice for 24 h at 37 °C. Then, the colonies were sterilely collected from the Petri dishes, suspended in water, and used to inoculate the sprouts. To prepare the inoculum, the bacterial concentration was estimated by an optical density (OD) analysis at 600 nm using a Smart Spec Plus spectro-

photometer (Bio-Rad, USA). A previously determined standard curve was applied to determine the number of *Lb. rhamnosus* GG cells in the suspension at a level of $1 \times 10^8 \cdot \text{ml}^{-1}$ on the basis of OD value.

Sprouting conditions

The seeds were disinfected in a 1 % (v/v) sodium hypochlorite for 10 min, then drained and washed with distilled water until they reached neutral pH. Next, they were soaked in distilled water (C – control sample) or in a probiotic water suspension (1×10^8 CFU per 1 g of seeds) (S – soaked with probiotics). The lentil, soy-bean, Mung bean, and Adzuki bean seeds were imbibed for [h]: 4, 4, 6, 8, respectively. The seeds (approximately 12 g per plate) were dark-germinated for 4 days in a growth chamber (SANYO MLR-350H) on the Petri dishes (ϕ 125 mm) lined with an absorbent paper (relative humidity of 70 %). The seedlings were sprayed every day with 5 ml of Milli-Q water (C, S) or 5 ml of probiotic water suspension (freshly prepared) on the 1st day of cultivation (1×10^8 CFU per 1 g of seeds) (W – watered with probiotics). Sprouting was run at [°C]: 25, 30, 35. After 4 days sprouts were manually collected and analyzed.

Assessing sprouting efficiency

The seed germination percentage rate was calculated using the following formula:

$$\text{Seed germination percentage [\%]} = \frac{\text{Number of germinated seeds}}{\text{Total number of seeds}} \times 100\%$$

The sprouts biomass accumulation was expressed as a mass of 10 sprouts. For each variant of sprouting, at least 100 sprouts were weighed [23].

*Counting *Lb. rhamnosus* GG viable cells*

Once sprouting was completed, the samples were collected and the surface (SP) and total (TP) number of probiotic cells were counted. For SP 1 g of sprouts was washed with 10 ml of Ringer's solution (10 min, 60 rpm). For TP 1 g of sprouts was gently homogenized with 10 ml of Ringer's solution and shaken for 10 min (60 rpm). Then, serial decimal dilutions of the sprout samples were made and 0.1 ml of aliquots were placed on an MRS agar in triplicate and incubated aerobically at 37 °C for 48 h. The characteristic colonies were counted and their numbers were calculated as CFU·g⁻¹ of fresh mass.

Efficiency factor

To sum up the final effect of the protocol as proposed for the probiotic-rich sprouts, the efficiency factor was calculated:

$$\text{Efficiency factor} = \frac{\text{Seed germination percentage [\%]}}{\text{Total mass of sprouts}} \times \text{Amount of probiotics}$$

Statistical analysis

All the experimental results were expressed as a mean $\pm$ S.D. of the three parallel experiments. One-way analysis of variance (ANOVA) and Tukey's post-hoc test at a 0.05 level of significance were used to compare the groups.

Results and discussion

Currently, the development of fruits and vegetables containing probiotic strains is a highly interesting issue for consumers [2, 9, 16]. So far, legume flours or sprouted flours have been successfully used as effective prebiotics during preparation of yogurts [1], food supplements [6], or non-dairy probiotic beverages [17].

The study involved the screening of conditions for production of legume sprouts rich in *Lb. rhamnosus* GG, i.e. such conditions were selected that could simultaneously ensure the effective growth of sprouts (seed germination) and the optimal survival (even stimulation of growth) of bacteria. Therefore, the effect was determined of the temperature and inoculation method on the sprouting efficiency and sprouts biomass accumulation (Tab. 1 and 2). Generally, the two bean species (Adzuki and Mung) were effectively germinated at a temperature within the studied temperature range (Tab. 1). The Adzuki bean sprouts obtained at 30 °C and 35 °C were characterized by a higher biomass than that of the respective control sample; however the differences were insignificant (Tab. 2). Lentil was most effectively sprouted at 25 °C, at 35 °C a clearly visible decrease in the germination efficiency was reported: the seed germination rate was lower than 10 %. Similarly, in the case of the soy-bean, an undesirable effect was observed during sprouting at 35 °C and, most importantly, it was strengthened by soaking the seeds in the probiotics (a decrease of about 40 % compared to the control sample) – Tab. 1. The introduction of *Lb. rhamnosus* into lentil seeds caused the biomass of sprouts to insignificantly increase at 25 °C and 30 °C compared to the respective control sample.

Generally, the temperature of sprouting played a key role in the production of probiotic sprouts; it strongly affected the germination efficiency and biomass production. The results of the germination efficiency obtained in this study (sprouting at 25 °C and 30 °C) are comparable with the previous studies on sprouted legumes e.g. soy-bean [28], lentil [21], Adzuki beans [15], and Mung beans [26].

The number of viable *Lb. rhamnosus* GG cells in the sprouts at the beginning of cultivation showed that the inoculation method played a crucial role in the survival of bacteria after 4 days of sprouting. The seeds (sprouts) were inoculated with water infusions (1×10^8 CFU per 1 g of material). As shown in Fig. 1, the initial counts of *Lb. rhamnosus* – determined after imbibition (S) or 6 h after spraying on the 1st day of cultivation (W) – were significantly lower. This fact clearly pointed out that that step

strongly determined the quality of probiotic-rich sprouts (survival of *Lb. rhamnosus*). A significant decrease in the probiotic population in the inoculum as well as in the seeds/sprouts was probably caused by the exposure to oxygen, which had strong effects on the *Lb. rhamnosus* survival in other food matrices, e.g. in apple juice [5].

Table 1. Germination efficiency as determined by effect of sprouting temperature and method of introducing probiotics

Tabela 1. Wydajność kiełkowania determinowana wpływem temperatury kiełkowania i metody wprowadzania probiotyków

Sprouting temperature Temperatura kiełkowania [°C]	Sample Próba	Germination efficiency / Wydajność kiełkowania [%]			
		Sprouts / Kiełki			
		Lentil Soczewica	Soy-bean Soja	Adzuki bean Fasola Adzuki	Mung bean Fasola Mung
25	C	86.9 ^{bc} ± 6.38	79.8 ^c ± 3.16	88.8 ^{ab} ± 2.22	94.0 ^{bc} ± 1.60
	S	83.2 ^c ± 0.25	69.7 ^{bc} ± 3.04	89.0 ^b ± 0.53	95.4 ^c ± 0.48
	W	78.9 ^b ± 0.89	73.8 ^{bc} ± 2.48	92.1 ^{ab} ± 5.42	94.0 ^b ± 0.27
30	C	77.4 ^{bc} ± 4.92	78.2 ^c ± 3.19	86.3 ^{ab} ± 4.09	94.7 ^{bc} ± 1.62
	S	81.4 ^{bc} ± 2.10	72.7 ^{bc} ± 5.83	92.0 ^b ± 2.12	94.9 ^c ± 0.48
	W	78.1 ^{bc} ± 10.66	75.9 ^c ± 2.95	90.8 ^{ab} ± 2.66	94.4 ^c ± 0.97
35	C	9.3 ^a ± 9.25	69.2 ^{bc} ± 7.74	85.3 ^a ± 2.15	89.6 ^{abc} ± 6.75
	S	6.4 ^a ± 0.25	41.9 ^a ± 0.87	89.2 ^b ± 0.27	91.2 ^a ± 0.48
	W	6.2 ^a ± 3.05	63.5 ^b ± 6.66	84.3 ^{ab} ± 4.75	93.5 ^{bc} ± 1.58

Explanatory notes / Objasnienia:

C – control sample / próba kontrolna; S – sprouts obtained from seeds soaked in probiotic / kiełki otrzymane z nasion namaczanych w probiotyku; W – sprouts watered with probiotic / kiełki podlewane probiotykiem. Table shows mean values ± standard deviations. / W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe; n = 3; a, b, c – mean values in columns and denoted by different letters differ statistically significantly ($p \leq 0.05$) / wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różną się statystycznie istotnie ($p \leq 0.05$).

In general, in the food industry, a wide range of probiotic levels (from 1×10^6 CFU·g⁻¹ to 1×10^8 CFU·g⁻¹) is recommended as minimal in consumed foods for any health benefits [15]. Compared to the initial population, an increase in the total number of *Lb. rhamnosus* GG cells was detected only in the lentil and soy-bean sprouts obtained from the seeds imbibed in inoculums and further cultivated at 25 °C. Those sprouts contained 3.1×10^6 and 7.18×10^6 CFU per g of fresh mass and, most importantly, the counts of *Lb. rhamnosus* as determined in the commonly consumed portions (about 50 g) classified the sprouts obtained as probiotic, functional food.

So far, no study has been conducted to evaluate sprouted foods as carriers for probiotics; however, in some studies, fruits or vegetables are involved. In the study by Alegre et al. [2] fresh-cut apples were used as carriers for the probiotic *Lb. rhamnosus*

GG strain. It was shown that the initial population of probiotic was stable during 28-day storage under cool conditions; however, only a slight growth was determined after 5 days of storage. Furthermore, some promising results were obtained by Lavermicocca et al. [14] who investigated the table olive as a vehicle for incorporating probiotic bacterial species. Bifidobacteria and one strain of *Lb. rhamnosus* (*Lactobacillus* GG) showed a good survival rate in the selected olive samples, with a recovery of about 10^6 CFU·g⁻¹ after 30 days of storage. The previously cited studies demonstrated that the amount of probiotic bacteria in food products depended on the level of inoculums; their viability must be maintained throughout the product shelf life [2, 20]. In the light of those data, the growth of *Lb. rhamnosus* GG in soy-bean and lentil sprouts is very promising. In the case of the beans sprouts, it was concluded that they did not provide conditions for the survival or/and growth of probiotic *Lb. rhamnosus* strain. Generally, the population of that strain was significantly reduced during sprouting, a slight growth was observed only in the case of sprouts obtained from the seeds imbibed in the inoculum (the probiotics did not reach the initial amounts) – Fig. 1. Vesterlund et al. [25] suggested that the viability of *Lb. rhamnosus* GG was less dependent on the matrix used but it was strongly dependent on the activity of water and its content in a food matrix. During soaking the beans sprouts absorbed about 2 - 3 times lower amounts of water compared to the soy-bean and lentil seeds. Thus, the losses observed in the probiotic population at the initial stages of germination might have been caused by such factors as a lower activity of water and oxygen isolation as well as by a decreased

Table 2. Biomass accumulation as determined by sprouting temperature and probiotics added
Tabela 2. Przyrost biomasy kiełków determinowany temperaturą kiełkowania i dodatkiem probiotyków

Sprouting temperature Temperatura kiełkowania [°C]	Mass of 10 sprouts / Masa 10 kiełków [g]				
	Sprouts				
	Sample Próba	Lentil Soczewica	Soy-bean Soja	Adzuki bean Fasola Adzuki	Mung bean Fasola Mung
25	C	1.31 ^a ± 0.03	2.53 ^b ± 0.11	1.47 ^{ab} ± 0.09	1.41 ^{ab} ± 0.12
	S	1.36 ^{ab} ± 0.09	2.36 ^{abc} ± 0.33	1.37 ^{ab} ± 0.13	1.29 ^a ± 0.10
	W	1.32 ^{ab} ± 0.09	2.39 ^{abc} ± 0.33	1.53 ^{abc} ± 0.13	1.28 ^a ± 0.05
30	C	1.43 ^{bc} ± 0.09	2.51 ^{bc} ± 0.22	1.57 ^{bc} ± 0.07	1.45 ^{ab} ± 0.11
	S	1.52 ^{bc} ± 0.09	2.13 ^a ± 0.04	1.67 ^{bc} ± 0.09	1.51 ^b ± 0.05
	W	1.47 ^{bc} ± 0.15	2.92 ^{bc} ± 0.16	1.60 ^{abc} ± 0.16	1.37 ^{ab} ± 0.20
35	C	1.29 ^{ab} ± 0.10	2.31 ^{ab} ± 0.35	1.46 ^a ± 0.02	1.35 ^a ± 0.10
	S	1.19 ^a ± 0.09	2.45 ^{abc} ± 0.45	1.58 ^b ± 0.08	1.53 ^{ab} ± 0.16
	W	1.24 ^{ab} ± 0.15	2.52 ^b ± 0.11	1.61 ^{abc} ± 0.18	1.51 ^b ± 0.05

Explanatory notes as in Tab. 1. / Objasnienia jak pod tab. 1.

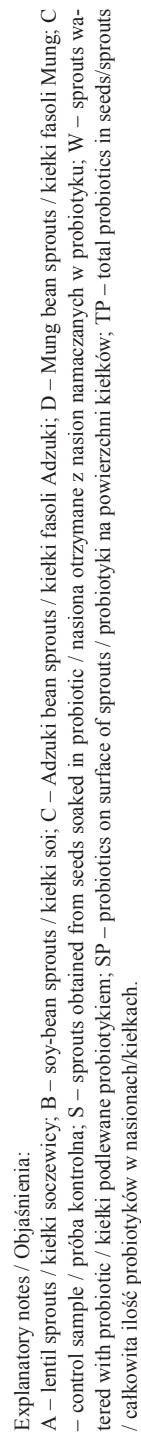
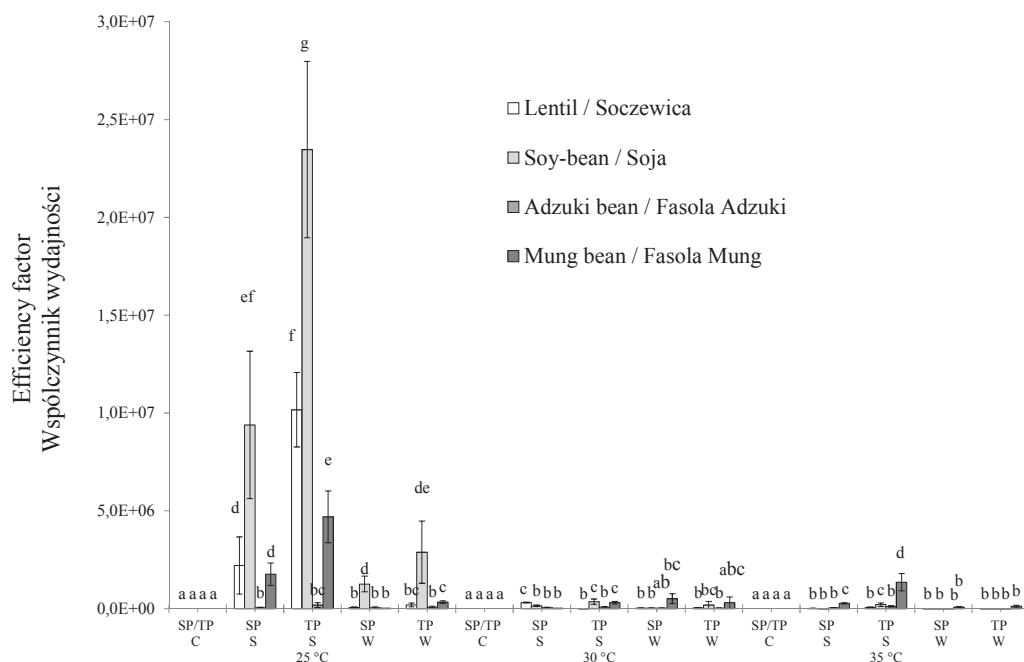


Fig. 1. Effect of sprouting conditions and inoculation methods on survival and growth of probiotics in sprouts



Explanatory notes / objaśnienia:

C – control sample / próba kontrolna; S – sprouts obtained from seeds soaked in probiotic / kiełki otrzymane z nasion namaczanych w probiotyku; W – sprouts watered with probiotic / kiełki podlewane probiotykiem; SP – probiotics on surface of sprouts / probiotyki na powierzchni kiełków; TP – total probiotics in seeds/sprouts / całkowita ilość probiotyków w nasionach/kielkach.

Mean values ($\pm$ standard deviations) denoted by different letters differ statistically significantly ($n = 3$, $p = 0.05$ / Wartości średnie ($\pm$ odchylenia standardowe) oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($n = 3$; $p = 0,05$).

Fig. 2. Effect of sprouting conditions and inoculation methods on production of probiotic-rich sprouts
Rys. 2. Wpływ warunków kiełkowania i metody inokulacji na produkcję kiełków bogatych w probiotyki

availability of nutrients (loose seed structure and inadequate activity of enzymes responsible for mobilization of storage materials). Since the conditions optimal for the growth of probiotics (survival) and sprout development are not always the same, an efficiency factor is suggested in the study. It combines the results of the germination rate, biomass accumulation, and the number of probiotic bacteria cells (Fig. 2). The values of the efficiency factors determined in the study clearly pointed out that the soy-bean sprouts were the best carriers for *Lb. rhamnosus* GG. Based on the efficiency factor, it was verified that the lentil sprouts (that had comparable amounts of probiotic bacteria – Fig. 1) were not predisposed for to be carriers for *Lb. rhamnosus* GG: they were characterized by a lower germination efficiency and biomass accumulation.

The study provides some promising results; however, a detailed evaluation of probiotic preparation based on legume sprouts and *Lb. rhamnosus* requires additional studies on the survival of probiotic strain during storage and digestion as well as changes in the nutritional and nutraceutical quality of sprouts.

Conclusions

1. Legume sprouts may be used as carriers for *Lb. rhamnosus* GG.
2. A number of probiotic bacteria in sprouts are strongly determined by the germination temperature, inoculation methods, and legume species.
3. Lentil and soy-bean sprouts obtained at 25 °C were the most effective carrier for the probiotic strain studied.
4. Due to the fact that soy-bean seeds ensure both the growth and the biomass accumulations of sprouts and probiotic bacteria, they are the best material for the production of *Lb. rhamnosus*-rich sprouts.

Acknowledgements

This study was supported by the National Science Centre, Poland (NCN) [Grant OPUS No. 2015/17/B/NZ9/01797].

References

- [1] Agil R., Gaget A., Gliwa J., Avis T.J., Willmore W.G., Hosseinian F.: Lentils enhance probiotic growth in yogurt and provide added benefit of antioxidant protection. *LWT – Food Sci. Technol.*, 2013, 50 (1), 45-49.
- [2] Alegre I., Viñas I., Usall J., Anguera M., Abadias M.: Microbiological and physicochemical quality of fresh-cut apple enriched with the probiotic strain *Lactobacillus rhamnosus* GG. *Food Microbiol.*, 2011, 28 (1), 59-66.
- [3] Al-Sheraji S.H., Ismail A., Manap M.Y., Mustafa S., Yusof R.M., Hassan F.A.: Prebiotics as functional foods: A review. *J. Funct. Foods.*, 2013, 5 (4), 1542-1553.
- [4] Baena R., Salinas P.: Diet and colorectal cancer. *Maturitas*, 2015, 80 (3), 258-264.
- [5] Champagne C.P., Raymond Y., Gagnon R.: Viability of *Lactobacillus rhamnosus* R0011 in an apple - based fruit juice under simulated storage conditions at the consumer level. *J. Food Sci.*, 2008, 73 (5), 221-226.
- [6] De Boever P., Wouters R., Verstraete W.: Combined use of *Lactobacillus reuteri* and soygerm powder as food supplement. *Lett. Appl. Microbiol.*, 2001, 336, 420-424.
- [7] Do Espírito Santo A.P., Perego P., Converti A., Oliveira M.N.: Influence of food matrices on probiotic viability – A review focusing on the fruity bases. *Trends Food Sci. Technol.*, 2011, 22 (7), 377-385.
- [8] Duranti M.: Grain legume proteins and nutraceutical properties. *Fitoterapia*, 2006, 77 (2), 67-82.
- [9] Endo A., Teräsjarvi J., Salminen S.: Food matrices and cell conditions influence survival of *Lactobacillus rhamnosus* GG under heat stresses and during storage. *Int. J. Food Microbiol.*, 2014, 17 (174), 110-112.
- [10] Dziki D., Gawlik-Dziki U., Kordowska-Wiater M., Domań-Pytka M.: Influence of elicitation and germination conditions on biological activity of wheat sprouts. *J. Chem.*, 2015, #649709, 1-8.
- [11] Hoover R., Zhou Y.: *In vitro* and *in vivo* hydrolysis of legume starches by α -amylase and resistant starch formation in legumes – a review. *Carbohydr. Polym.* 2003, 54 (4), 401-417.

- [12] Johnson C.R., Thavarajah D., Combs G.F., Thavarajah P.: Lentil (*Lens culinaris* L.): A prebiotic-rich whole food legume. *Food Res. Int.*, 2013, 51 (1), 107-113.
- [13] Kalogeropoulos N., Chiou A., Ioannou M., Karathanos V.T., Hassapidou M., Andrikopoulos N.K.: Nutritional evaluation and bioactive microconstituents (phytosterols, tocopherols, polyphenols, triterpenic acids) in cooked dry legumes usually consumed in the Mediterranean countries. *Food Chem.*, 2014, 121 (3), 682-690.
- [14] Lavermicocca P., Valerio F., Lonigro S.L., De Angelis M., Morelli L., Callegari M.L., Rizzello C.G., Visconti A.: Study of adhesion and survival of lactobacilli and bifidobacteria on table olives with the aim of formulating a new probiotic food. *Appl. Environ. Microbiol.*, 2005, 71, 4233-4240.
- [15] Limón R.I., Peñas E., Martínez-Villaluenga C., Frias J.: Role of elicitation on the health-promoting properties of kidney bean sprouts. *LWT – Food Sci. Technol.*, 2014, 56 (2), 328-334.
- [16] Martins E.M.F., Ramos A.M., Vanzela E.S.L., Stringheta P.C., de Oliveira Pinto C.L., Martins J.M.: Products of vegetable origin: A new alternative for the consumption of probiotic bacteria. *Food Res. Int.*, 2013, 51 (2), 764-770.
- [17] Mridula D., Sharma M.: Development of non-dairy probiotic drink utilizing sprouted cereals, legume and soymilk. *LWT – Food Sci. Technol.*, 2015, 62 (1), 482-487.
- [18] Possemiers S., Marzorati M., Verstraete W., van de Wiele T.: Bacteria and chocolate: A successful combination for probiotic delivery. *Int. J. Food Microbiol.*, 2010, 141(1-2), 97-103.
- [19] Ranadheera R.D.C.S., Baines S.K., Adams M.C.: Importance of food in probiotic efficacy. *Food Res. Int.*, 2010, 43 (1), 1-7.
- [20] Shimakawa Y.: Evaluation of *Bifidobacterium breve* strain Yakult-fermented soymilk as a probiotic food. *Int. J. Food Microbiol.*, 2003, 81 (2), 131-136.
- [21] Świeca M., Gawlik-Dziki U., Kowalczyk D., Złotek U.: Impact of germination time and type of illumination on the antioxidant compounds and antioxidant capacity of *Lens culinaris* sprouts. *Sci. Hortic.*, 2012, 140, 87-95.
- [22] Świeca M., Baraniak B., Gawlik-Dziki U.: *In vitro* digestibility and starch content, predicted glycemic index and potential *in vitro* antidiabetic effect of lentil sprouts obtained by different germination techniques. *Food Chem.*, 2013, 138 (2-3), 1414-1420.
- [23] Świeca M., Baraniak B.: Nutritional and antioxidant potential of lentil sprouts affected by elicitation with temperature stress. *J. Agric. Food Chem.*, 2014, 62 (14), 3306-3313.
- [24] Tripathi M.K., Giri S.K.: Probiotic functional foods: Survival of probiotics during processing and storage. *J. Funct. Foods*, 2014, 9, 225-241.
- [25] Vesterlund S., Salminen K., Salminen S.: Water activity in dry foods containing live probiotic bacteria should be carefully considered: A case study with *Lactobacillus rhamnosus* GG in flaxseed. *Int. J. Food Microbiol.*, 2012, 157 (2), 319-321.
- [26] Vidal-Valverde C., Frias J., Sierra I., Blazquez I., Lambein F., Kuo Y.H.: New functional legume foods by germination: Effect on the nutritive value of beans, lentils and peas. *Eur. Food Res. Technol.*, 2002, 215 (6), 472-477.
- [27] Walsh C.J., Guinane C.M., O'Toole P.W., Cotter P.D.: Beneficial modulation of the gut microbiota. *FEBS Lett.*, 2014, 588 (22), 4120-4130.
- [28] Yun J., Li X., Fan X., Li W., Jiang Y.: Growth and quality of soybean sprouts (*Glycine max* L. Merrill) as affected by gamma irradiation. *Radiat. Phys. Chem.*, 2013, 82, 106-111.

ZASTOSOWANIE KIELKÓW WYBRANYCH ROŚLIN STRĄCZKOWYCH JAKO NOŚNIKA DLA *LACTOBACILLUS RHAMNOSUS* GG – BADANIA PRZESIEWOWE

Streszczenie

Probiotyki i prebiotyki odgrywają ważną rolę w żywieniu zwierząt i człowieka. W badaniach oceniono możliwość zastosowania kielków roślin strączkowych jako nośników probiotycznych bakterii *Lac-*

tobacillus rhamnosus GG. W pracy określono wpływ gatunku rośliny, temperatury kiełkowania, metody inokulacji nasion lub wzrastających już kiełków na przeżywalność i/lub wzrost probiotyków w kiełkach.

Stwierdzono, że liczba bakterii w kiełkach zależała od temperatury prowadzenia hodowli, metody inokulacji, jak też gatunku rośliny zastosowanej jako nośnik. Badane fasole (Adzuki oraz Mung) efektywnie kiełkowały w zakresie temp. $25 \div 35$ °C. Soczewica natomiast najwydajniej kiełkowała w temp. 25 °C. W przypadku kiełków soczewicy i soi temperatura 35 °C wpłynęła na zmniejszenie wydajności kiełkowania. Wzrost *Lb. rhamnosus* GG stwierdzono tylko w przypadku kiełków soczewicy i soi otrzymanych z nasion namoczonych w inokulum i kiełkowanych w temp. 25 °C. Ich liczba w kiełkach wynosiła odpowiednio 3.1×10^6 i 7.18×10^6 jkt/g świeżej masy. Kiełki uzyskane z nasion analizowanych fasoli nie zapewniały warunków do przeżywalności i wzrostu bakterii probiotycznych. Najlepszym nośnikiem badanych bakterii probiotycznych były nasiona soi, w przypadku których w temp. 25 °C otrzymano kiełki o najlepszych parametrach jakościowych po zastosowaniu inokulacji nasion zawiesiną bakterii probiotycznych.

Słowa kluczowe: rośliny strączkowe, kiełki, probiotyki, *Lb. rhamnosus* ☒

**Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii
Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie**

Polskie Towarzystwo Technologów Żywności

Sekcja Młodej Kadry Naukowej Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności

Sekcja Chemii Żywności Polskiego Towarzystwa Chemicznego

zapraszają na

**XXIII Sesję Naukową Sekcji Młodej Kadry Naukowej
„Żywność – tradycja i nowoczesność”**

Lublin, 24 - 25 maja 2018 r.

Tematyka Sesji:

- Technologia i biotechnologia żywności
- Prozdrowotne cechy żywności
- Trendy w żywieniu człowieka
- Jakość i bezpieczeństwo żywności
- Inżynieria przetwórstwa żywności
- Żywność regionalna i tradycyjna

Informacje: www.mkn.ultra.edu.pl

Kontakt:

Sekretarz sesji: dr Urszula Złotek - tel. (81) 462 33 28

e-mail: smknlublin@up.lublin.pl

ALEKSANDRA SZYDŁOWSKA, DOROTA ZIELIŃSKA

WPLYW DODATKU PRZYPRAWY Z SUSZONEJ KORY CYNAMONOWCA NA PRZEŻYwalNOŚĆ POTENCJALNIE PROBIOTYCZNYCH SZCZEPÓW BAKTERII W MUSACH DYNIOWO-JABŁKOWYCH I ICH JAKOŚĆ SENSORYCZNĄ

Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu dodatku cynamonu na przeżywalność dwóch potencjalnie probiotycznych szczepów bakterii: *Lactobacillus rhamnosus* K3, *Lactobacillus brevis* O24 oraz na jakość sensoryczną probiotycznych musów dyniowo-jabłkowych, przechowywanych w temp. 5 °C przez 21 dni. Zakres pracy obejmował produkcję probiotycznych musów dyniowo-jabłkowych w warunkach laboratoryjnych, oznaczenie liczby bakterii dwóch wymienionych szczepów, pomiar wartości pH oraz ocenę jakości sensorycznej produktów. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono istotny wpływ czasu przechowywania na liczbę bakterii *Lactobacillus rhamnosus* K3 i *Lactobacillus brevis* O24 w musach jabłkowo-dyniowych bez względu na poziom dodawanego cynamonu. Po upływie 7 dni przechowywania produktów w temp. 5 °C odnotowano statystycznie istotne zwiększenie liczby bakterii we wszystkich produktach z wyjątkiem musu zawierającego szczep bakterii *Lactobacillus rhamnosus* K3 i dodatek przyprawy na poziomie 3 % przy jednoczesnym obniżeniu wartości pH. Liczba bakterii potencjalnie probiotycznych szczepów *Lactobacillus rhamnosus* K3 oraz *Lactobacillus brevis* O24 utrzymywała się na wysokim poziomie, tj. powyżej 7 log jtk/g produktu przez cały okres chłodniczego przechowywania musów dyniowo-jabłkowych. Dodatek sproszkowanego cynamonu na poziomie 6 % wpływał na nieznaczne obniżenie ogólnej jakości sensorycznej musów. W produktach tych zaobserwowano wyższą intensywność odczucia smaku i zapachu innego, określanego jako „cynamonowy”. Przez cały okres przechowywania produkty charakteryzowały się wysoką jakością sensoryczną (średnia ogólna jakość sensoryczna wynosiła powyżej 6,3 j.u.). Szczepy potencjalnie probiotycznych bakterii *Lactobacillus rhamnosus* K3 i *Lactobacillus brevis* O24 mogą być wykorzystywane do produkcji musów dyniowo-jabłkowych o akceptowanej jakości sensorycznej i odpowiedniej liczbie komórek bakterii warunkujących właściwości probiotyczne produktu finalnego.

Słowa kluczowe: szczepy probiotyczne, *Lactobacillus rhamnosus* K3, *Lactobacillus brevis* O24, musy dyniowo-jabłkowe, cynamon, jakość sensoryczna

Dr inż. A. Szydłowska, dr inż. D. Zielińska, Katedra Technologii Gastronomicznej i Higieny Żywności, Wydz. Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa. Kontakt: aleksandra_szydłowska@sggw.pl

Wprowadzenie

Możliwości wykorzystania bakterii fermentacji mlekowej (LAB) w technologii żywności odnoszą się do utrwalania żywności oraz do zwiększania asortymentu żywności funkcjonalnej, zwłaszcza produktów probiotycznych.

Dawniej przeprowadzano fermentację spontaniczną z udziałem mikroflory surowca, co stwarzało niebezpieczeństwo m.in. rozwoju dzikich szczepów bakterii, a także mogło prowadzić do obniżenia jakości sensorycznej czy psucia żywności. Obecnie w celu zapewnienia powtarzalnej jakości i bezpieczeństwa wyrobu finalnego stosuje się odpowiednie kultury starterowe, często o cechach probiotycznych [18].

Na etapie projektowania żywności probiotycznej istotnym czynnikiem jest dobór właściwej kultury starterowej, zdolnej do metabolizowania węglowodanowych składników surowców owocowych, zapewniającej właściwy i powtarzalny postęp procesu fermentacji [19]. Kolejnym ważnym czynnikiem jest wybór matrycy żywnościowej, stwarzającej możliwości rozwoju mikroflory probiotycznej oraz odpowiednich substancji kształtujących bukiet smakowo-zapachowy produktu finalnego. Należy uwzględnić nie tylko jakość tych substancji, ale również wpływ, jaki mogą wywierać na wzrost i przeżywalność probiotycznych szczepów bakterii bezpośrednio po procesie produkcji oraz podczas całego okresu przydatności do spożycia takiego wyrobu.

Zioła i przyprawy stanowią ważną grupę składników wykorzystywanych w projektowaniu żywności funkcjonalnej ze względu na zawartość różnych, biologicznie aktywnych związków oraz cenne właściwości sensoryczne. Cynamon jest jedną z najbardziej rozpowszechnionych przypraw na świecie, otrzymywaną z suszonej kory drzew rosnących głównie w południowej Azji (*Cinnamomum zeylanicum*) oraz w Azji południowo-wschodniej (*Cinnamomum cassium*). Głównym związkiem występującym w korze jest aldehyd cynamonowy. Cynamon zawiera również alkohol cynamonowy, kumaryny, kwasy fenolowe, terpeny, węglowodany i garbniki [13]. Występuje w formie sproszkowanej oraz w postaci zwiniętych w rulon kawałków, ma barwę rdzawą i dzięki zawartemu w nim olejkiowi cynamonowemu ma silny aromat i charakterystyczny słodkavo-korzenny, lekko piekący smak. W technologii żywności cynamon jest dodawany do wielu produktów jako środek smakowo-zapachowy, m.in. do wypieków, napojów, potraw mięsnych, rybnych czy produktów mlecznych, zbożowych i owocowych. Stosuje się go także do gum do żucia ze względu na jego działanie odświeżające. Wykazuje także korzystne działanie prozdrowotne, m.in. przeciwzapalne, obniżające poziom cukru we krwi, wspomagające trawienie czy też wspomagające krzepnięcie krwi [7, 11].

W literaturze dostępne są tylko nieliczne doniesienia dotyczące wpływu cynamonu na przeżywalność probiotycznych szczepów bakterii LAB w żywności [3]. Projek-

towanie żywności fermentowanej z udziałem nowych szczepów o właściwościach probiotycznych wpisuje się w aktualny trend badań nad żywnością funkcjonalną.

Celem pracy było określenie wpływu dodatku cynamonu na stabilność dwóch, potencjalnie probiotycznych szczepów bakterii: *Lactobacillus rhamnosus* K3 i *Lactobacillus brevis* O24 oraz na jakość sensoryczną probiotycznych musów dyniowo-jabłkowych.

Material i metody badań

Material do badań stanowiły musy jabłkowo-dyniowe z 3- i 6-procentowym dodatkiem cynamonu w postaci sproszkowanej, wyprodukowane w warunkach laboratoryjnych z następujących surowców:

- przecier dyniowy z odmiany dyni ‘Melonowa Żółta’, przygotowany według Szydłowskiej i Kołożyn-Krajewskiej [14],
- jabłka prażone (firmy „Marinex”, Polska) o deklarowanej przez producenta zawartości cukrów na poziomie 11 g/100 g produktu),
- sacharoza (firmy „Diamant”, Polska),
- sproszkowany cynamon („Kamis”, Polska),
- szczepy bakterii potencjalnie probiotycznych *Lactobacillus rhamnosus* K3 i *Lactobacillus brevis* O24 pochodzące z kolekcji Zakładu Higieny i Zarządzania Jakością Żywności SGGW w Warszawie. Szczepy zostały wyizolowane z kiszonych ogórków i kapusty otrzymanych metodą tzw. spontanicznej fermentacji i wykazywały wybrane cechy probiotyczności (oporność na niskie pH, obecność soli żółci, zdolność adhezji oraz bezpieczeństwo) [20]. Szczepy hodowano na pożywce MRS (Merck, Niemcy) w temp. 37 °C przez 24 h, a następnie używano do fermentacji przecieru dyniowego.

Próbki przecieru dyniowego zaszczepiano 24-godzinnymi hodowlami bakterii *Lb. rhamnosus* K3 i *Lb. brevis* O24 w ilości 1 % obj. produktu. Poziom początkowy wynosił 8 log jtk/ml. Fermentację przecieru dyniowego prowadzono w temp. 35 °C przez 24 h z dodatkiem sacharozy na poziomie 8 %.

Musy dyniowo-jabłkowe produkowano w warunkach laboratoryjnych przez połączenie fermentowanego probiotycznego przecieru dyniowego z prażonymi jabłkami w stosunku objętościowym 1 : 1. Następnie dodawano sacharozę na poziomie 10 % w stosunku do masy produktu i odpowiednio 3 i 6 % cynamonu w postaci sproszkowanej. Wyprodukowane musy przechowywano w warunkach chłodniczych (5 °C) przez 21 dni.

Oznaczenie liczby bakterii kwasu mlekowego wykonywano metodą płytkową przez posiew na podłożu wybiórczym MRS (Biokar Diagnostic, Francja), zgodnie z normą PN-ISO: 15214:2002 [10].

Pomiar pH badanych produktów wykonywano zgodnie z normą PN-EN 1132:1999, z uwzględnieniem temperatury próbek, przy użyciu pH-metru CP-501 (Elmetron, Polska) [9].

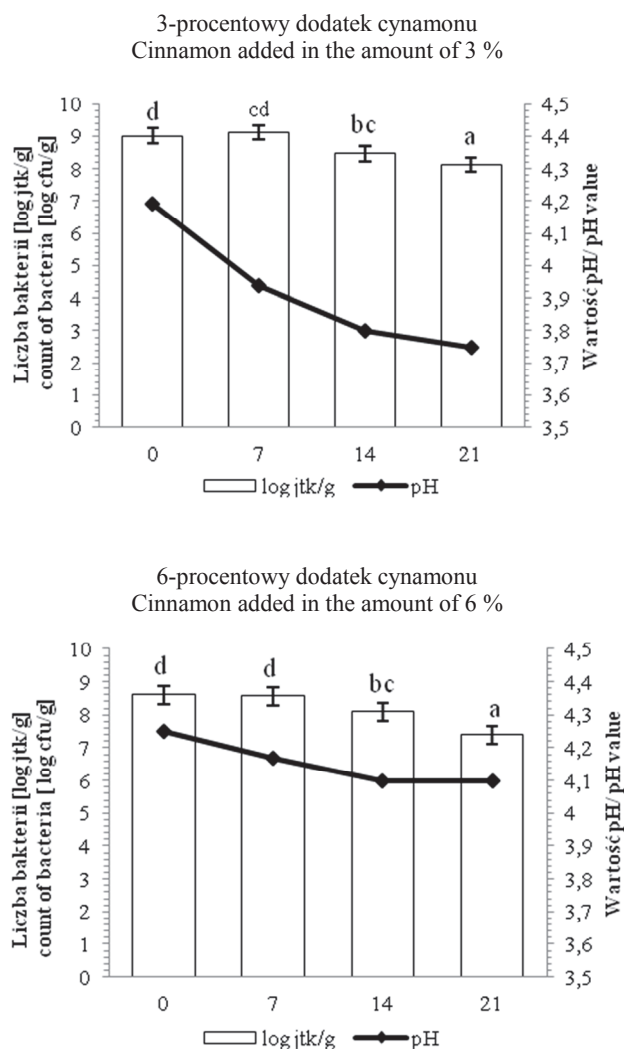
Do oceny sensorycznej produktów zastosowano metodę ilościowej analizy opisowej QDA według normy PN-EN ISO 13299:2016-05 [6]. W celu opisanie jakości sensorycznej produktów uwzględniono 12 wyróżników wytypowanych przez wyszkolony zespół oceniających (3 wyróżniki zapachu: dyniowy, jabłkowy, inny; 2 wyróżniki tekstury: gęstość, gładkość; 6 wyróżników smaku: dyniowy, słodki, kwaśny, jabłkowy, gorzki, inny). Oceny przeprowadzano z udziałem 10-osobowego zespołu pracowników Katedry Technologii Gastronomicznej i Higieny Żywności. Członkowie zespołu oceniającego zostali przeszkoleni w zakresie metodyki wykonywanych analiz oraz przebadani pod względem wrażliwości sensorycznej. Ocenę jakości sensorycznej powtarzano 3 razy w przypadku każdego okresu przechowywania. Podstawą wyników średnich było 30 ocen jednostkowych.

Analizę statystyczną przeprowadzono z wykorzystaniem programu Statistica 12 (StatSoft). Do oceny statystycznej wyników uzyskanych podczas pomiarów pH oraz oznaczenia liczby bakterii zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji Anova ($p < 0,05$). Do interpretacji wyników oceny sensorycznej przechowywanych produktów wykorzystano analizę składowych głównych PCA (*Principal Component Analysis*).

Wyniki i dyskusja

W badaniach własnych zastosowano dwa potencjalnie probiotyczne szczepy bakterii *Lactobacillus rhamnosus* K3 i *Lactobacillus brevis* O24 wyizolowane z żywności. W wyniku procesu fermentacji przecierów z dyni liczba bakterii, niezależnie od użytego szczepu, wzrosła o ok. 1 rząd logarytmiczny, co było skorelowane z obniżeniem wartości pH średnio do wartości 4,2.

Na rys. 1. i 2. przedstawiono zmiany liczby komórek bakterii *Lactobacillus rhamnosus* K3 i *Lactobacillus brevis* O24 oraz wartości pH w musach dyniowo-jabłkowych podczas przechowywania. Stwierdzono, że początkowa liczba bakterii w musach dyniowo-jabłkowych wynosiła $8,10 \div 9,01 \log \text{ jtk/g}$ w zależności od użytego szczepu. Większą liczbę bakterii stwierdzono w przypadku próbek musów z dodatkiem szczepu *Lactobacillus rhamnosus* K3. Dodatkowo czynnikiem różnicującym produkty był poziom dodatku cynamonu. W przypadku obydwu zastosowanych szczepów niższą liczbę bakterii wykazano w próbkach z dodatkiem cynamonu na poziomie 6 %.

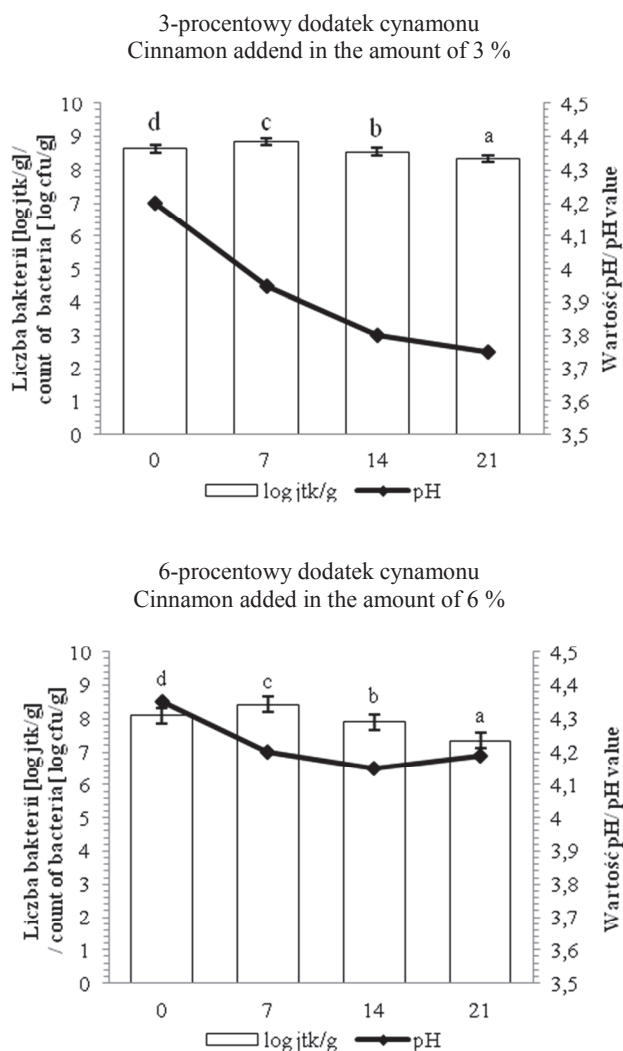


Objaśnienia / Explanatory notes:

Na rysunku przedstawiono wartości średnie (w postaci słupków) i odchylenia standardowe (w postaci odcinków) / Figure shows mean values (bars) and standard deviations (line segments); a, b, c, d – wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się między sobą statystycznie istotnie ($p > 0,05$) / mean values denoted by the same letters don't differ statistically significantly ($p > 0.05$).

Rys. 1. Zmiana liczby bakterii *Lactobacillus rhamnosus* K3 oraz wartości pH w musach dyniowo-jabłkowych podczas 21 dni przechowywania w temp. 5 °C

Fig. 1 Changes in count of bacteria of *Lactobacillus rhamnosus* K3 and in pH value in pumpkin-apple mousses during 21 days storage at temperature of 5 °C



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

Rys. 2. Zmiana liczby bakterii *Lactobacillus brevis* O24 oraz wartości pH w musach dyniowo-jabłkowych podczas 21 dni przechowywania w temp. 5 °C

Fig. 2. Changes in count of *Lactobacillus brevis* O24 bacteria and in pH value in pumpkin- apple mousses during 21 days storage at temperature of 5 °C

Po upływie 7 dni chłodniczego przechowywania statystycznie istotny wzrost liczby bakterii *Lactobacillus brevis* O24 zaobserwowano w musach dyniowo-jabłkowych (na rys. 2 zaznaczono słupkami) z 3- i 6-procentowym dodatkiem sproszkowanego cynamonu. Z uwagi na zastosowany szczep oraz poziom dodatku przyprawy w ciągu kolejnych 14 dni liczba bakterii *Lactobacillus* ulegała istotnemu obniżeniu do poziomu

7,35 ÷ 8,34 log jtk/g. Obniżenie liczby komórek bakterii w produkcie podczas przechowywania można przypisać kumulacji pewnych ilości kwasów organicznych produkowanych przez bakterie w wyniku ich aktywności i przeprowadzanego procesu fermentacji. Przeżywalność bakterii jest warunkowana zawartością cukrów w fermentowanym surowcu, udziałem suchej masy, zastosowaniem odpowiednich szczepów i/lub gatunków, czasem fermentacji, pH środowiska (produktu), warunkami przechowywania wyrobu finalnego, obecnością tlenu oraz dostępnością składników odżywczych w podłożu [19]. Także sam dodatek przypraw może ograniczać rozwój bakterii w produkcie ze względu na obecność substancji przeciwdrobnoustrojowych. Ważne jest, aby określić także wpływ tych dodatków na przeżywalność korzystnej mikroflory. W nielicznych badaniach wskazuje się na stabilność bakterii probiotycznych w produktach z dodatkiem niektórych przypraw, a nawet ich wzrost. Marhamati-zadeh i wsp. [8] wykazali, że wraz ze zwiększeniem dodatku mięty do mleka probiotycznego i jogurtu nastąpił wzrost liczby bakterii *Lactobacillus acidophilus* i *Bifidobacterium bifidum*. Podobnie Yaghtin [17] stwierdził, że wraz ze wzrostem dodatku cynamonu wzrastała liczba bakterii probiotycznych w mleku i w jogurcie podczas chłodniczego przechowywania. Z kolei Romano i wsp. [12] do produkcji musów z kasztanów jadalnych użyli liofilizowanych form szczepu bakterii LAB - *Lb. rhamnosus* RBM526, który, tak jak szczepy zastosowane w badaniach własnych, został wyizolowany z żywności (z sera Parmigiano-Reggiano). W badaniach tych nie stwierdzono statystycznie istotnej zmiany liczby bakterii podczas 90 dni przechowywania produktów w temp. 15 °C. Po upływie 120 dni liczba bakterii wynosiła powyżej 7 log jtk/g. Wyniki badań własnych zdają się być zgodne z wynikami, jakie uzyskali Bakr Shori i Baba [1], którzy po 7 dniach przechowywania w temp. 4 °C odnotowali nieznaczny wzrost liczby bakterii *Lactobacillus* spp. w mleku krowim, wzbogaconym ziołowym ekstraktem wodnym *Cinnamomum verum*, natomiast po upływie 21 dni przechowywania w warunkach chłodniczych liczba ta uległa obniżeniu do poziomu ok. 6 log jtk/ml.

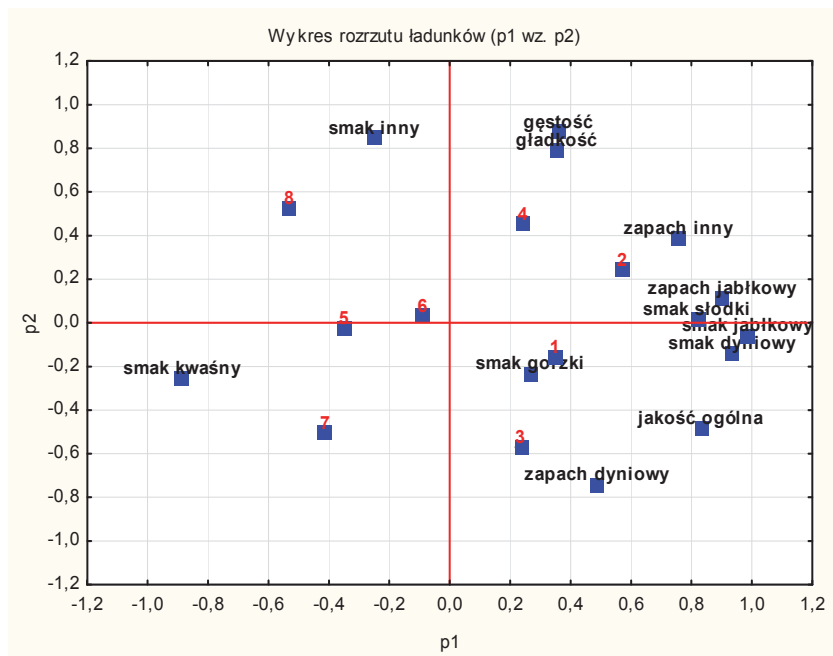
W badaniach własnych zmianom liczby bakterii w musach dyniowo-jabłkowych podczas przechowywania towarzyszyła zmiana ich wartości pH (na rys. 2. zaznaczono linią). Wraz ze wzrostem liczby bakterii po upływie 7 dni chłodniczego przechowywania produktów zaobserwowano statystycznie istotne obniżenie wartości pH, średnio o ok. 0,25 jednostki. W miarę dalszego upływu czasu przechowywania wartość pH ulegała nieznacznemu obniżeniu. Zmiany te nie były jednak statystycznie istotne. Zmiany wartości pH były skorelowane z dodatkiem cynamonu. Zaobserwowano, że 6-procentowy dodatek cynamonu wpłynął na zahamowanie rozwoju i aktywności metabolicznej bakterii *Lactobacillus*, co skutkowało mniejszą produkcją kwasów organicznych i obserwowaną wyższą wartością pH w porównaniu z musem z 3-procentowym dodatkiem cynamonu (rys. 1 i 2). Podobnie Behrad i wsp. [3] stwierdzili obniżenie liczby bakterii w jogurtach probiotycznych wyprodukowanych z udziałem

łem kultur staterowych *Lactobacillus acidophilus* LA-5 i NCFM, *Bifidobacterium* Bb-12, *Lactobacillus casei* LC-10, *Streptococcus thermophilus* Th-4 i z dodatkiem ekstraktu cynamonu na poziomie 6 %. Po upływie 21 dni przechowywania jogurtów w temp. 4 °C autorzy zaobserwowali istotne obniżenie wartości pH badanych prób. Natomiast Buritti i wsp. [4] po upływie 21 dni chłodniczego przechowywania nie odnotowali statystycznie istotnych zmian wartości pH oraz liczby bakterii *Lactobacillus acidophilus* w musach z owoców gujawy. Autorzy sugerują, że przy projektowaniu produktów probiotycznych niezwykle istotny jest wybór rodzaju surowców, w tym przypadku owoców, który może wpłynąć na przeżywalność probiotycznych szczepów bakterii. Stwierdzono także [2], że dodatek owocowych przecierów z mango i gujawy do jogurtu sojowego niekorzystnie wpłynął na liczbę bakterii probiotycznych w produkcie i tym samym utrudnił spełnienie tzw. kryterium probiotyczności. Zdecydowanie poprawił akceptację sensoryczną produktu.

W wyniku oceny sensorycznej wyprodukowanych musów jabłkowo-dyniowych oraz przeprowadzonej oceny statystycznej metodą PCA wyodrębniono 3 składowe główne, których suma wyjaśniała 70 % całkowitej wariancji zmiennych. Suma wariancji 2 pierwszych składowych głównych wyjaśniała 57 % wariancji zmiennych. Projekcję graficzną uzyskanych wyników przedstawiono na rys. 3.

Pierwszą grupą jednorodną pod względem jakościowym były próbki świeżych musów jabłkowo-dyniowych oznaczone numerami 1 - 4. Produkty wysoko oceniono za zapach dyniowy, inny oraz za jakość ogólną, z wyczuwalną nutą smaku gorzkiego. Próbki z dodatkiem cynamonu na poziomie 6 % (2 i 4) zostały najniżej ocenione pod względem ogólnej jakości sensorycznej spośród wszystkich produktów świeżych. Na drugim „bieguncie jakościowym” zostały usytuowane próbki musów oznaczone numerami 4 - 8. To produkty oceniane po upływie 21 dni przechowywania. Ich jakość sensoryczna była niższa w porównaniu z próbkami produktów świeżych. Oceniający wskazywali w tym przypadku na większą intensywność odczucia smaku kwaśnego i innego, zidentyfikowanego jako „cynamonowy”. W przeprowadzonych badaniach własnych wykazano istotny wpływ dodatku cynamonu oraz czasu przechowywania na jakość sensoryczną musów. Zastosowane szczepy bakterii w niewielkim stopniu różnicowały jakość produktów.

Podobnych obserwacji dokonali Wilczyńska i wsp. [16], którzy wykazali, że dodatek cynamonu i kardamonu do miodów wpłynął znacząco na ich smak i zapach. Miód z dodatkiem cynamonu był najbardziej pożądanym produktem przez konsumentów. Dodatek przypraw nie miał jednak istotnego wpływu na strukturę i wygląd produktów. Również pozytywny wpływ cynamonu na jakość sensoryczną produktu na przykładzie czekolady gorzkiej odnotowali Dwijatmoko i wsp. [5]. Z kolei Vijayalakshmi i wsp. [15] poddali ocenie sensorycznej osiem rodzajów jogurtów z dodatkiem



Objaśnienia / Explanatory notes:

gęstość / density; gładkość / smoothness; zapach dyniowy / pumpkin smell; zapach jabłkowy / apple smell; zapach inny / another smell; smak dyniowy / pumpkin taste; smak jabłkowy / apple taste; smak słodki / sweet taste; smak gorzki / bitter taste; smak kwaśny / sour taste, smak inny / another taste, jakość ogólna / total quality.

1. *L. brevis* O24, 3 % dodatku cynamonu, świeże / *L. brevis* O24, 3 % addition of cinnamon, fresh; 2. *L. brevis* O24, 6 % dodatku cynamonu, świeże / *L. brevis* O24, 6 % addition of cinnamon, fresh; 3. *L. rhamnosus* K3, 3 % dodatku cynamonu, świeże / *L. rhamnosus* K3, 3 % addition of cinnamon, fresh; 4. *L. rhamnosus* K3, 6 % dodatku cynamonu, świeże / *L. rhamnosus* K3, 6 % addition of cinnamon, fresh; 5. *L. brevis* O24, 3 % dodatku cynamonu, czas przech. 21 dni / *L. brevis* O24, 3 % addition of cinnamon, 21 days of storage period; 6. *L. brevis* O24, 6 % dodatku cynamonu, czas przech. 21 dni / *L. brevis* O24, 6 % addition of cinnamon, 21 days of storage period; 7. *L. rhamnosus* K3, 3 % dodatku cynamonu, czas przech. 21 dni / *L. rhamnosus* K3, 3 % addition of cinnamon, 21 days of storage time; 8. *L. rhamnosus* K3, 6 % dodatku cynamonu, czas przech. 21 dni / *L. rhamnosus* K3, 6 % addition of cinnamon, 21 days of storage time

Rys. 3. Graficzne przedstawienie wyników profilowania jakości musów dyniowo-jabłkowych poddanych analizie składowych głównych (PCA)

Fig. 3. Graphical presentation of quality profiling results of pumpkin-apple mousses analyzed by Principal Component Analysis (PCA)

przypraw w postaci ekstraktów: oleorezyn, tj. kardamonu, cynamonu i gałki muszkatołowej, z dodatkiem probiotycznych szczepów bakterii *Lactobacillus acidophilus* 5 (LA5) lub *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* (Bb12). Najwyżej oceniono próbki z dodatkiem kardamonu (z LA5 lub Bb12). Badane jogurty probiotyczne zawierające

przyprawy wykazywały dobre właściwości sensoryczne podczas 28 dni przechowywania w temp. 4 °C. W przypadku badań własnych po 21 dniach przechowywania obserwowano natomiast obniżenie jakości sensorycznej musów owocowo-dyniowych, co może być związane ze specyfiką matrycy żywnościowej.

Wnioski

1. Dodatek sproszkowanego cynamonu na poziomie 6 % wpłynął nieznacznie na obniżenie ogólnej jakości sensorycznej musów. W produktach tych odnotowano wyższą intensywność odczucia smaku i zapachu innego, określanego jako „cynamonowy”.
2. Liczba bakterii *Lactobacillus rhamnosus* K3, *Lactobacillus brevis* O24 utrzymywała się na wysokim poziomie > 7 log jtk/g produktu przez cały okres chłodniczego przechowywania.
3. Szczepy potencjalnie probiotycznych bakterii *Lactobacillus rhamnosus* K3 i *Lactobacillus brevis* O24 mogą być wykorzystywane do produkcji musów dyniowo-jabłkowych o akceptowanej jakości sensorycznej i odpowiedniej liczbie komórek bakterii warunkujących właściwości probiotyczne produktu finalnego.

Literatura

- [1] Bakr Shori A., Baba A.S.: Viability of lactic acid bacteria and sensory evaluation in *Cinnamomum verum* and *Allium sativum*-bio-yogurts made from camel and cow milk. J. As. Arab. Univer. Basic Appl. Sci. 2012, 11 (1), 50-55.
- [2] Bedani R., Diogo A.D.S., Rossi E.A., Saad S.M.I.: Tropical fruit pulps decreased probiotic survival to *in vitro* gastrointestinal stress in synbiotic soy yoghurt with okara during storage. LWT - Food Sci. Technol., 2014, 55 (2), 436-443.
- [3] Behrad S., Yusof M.Y., Goh K.L., Baba A.S.: Manipulation of probiotics fermentation of yogurt by cinnamon and licorice effects on yogurt formation and inhibition of *Helicobacter pylori* growth *in vitro*. Int. J. Biol. Biomolec., Agric. Food Biotechnol. Eng., 2009, 3 (12), 563-567.
- [4] Buriti F.C., Tiemy A., Komatsu R., Saad S.M.I.: Activity of passion fruit (*Passiflora edulis*) and guava (*Psidium guajava*) pulps on *Lactobacillus acidophilus* in refrigerated mousses. Braz. J. Microbiol., 2007, 38, 315-317.
- [5] Dwijatmoko M.S., Praseptiagga D.R., Muhhamad D.R.A.: Effect of cinnamon essential oils addition in the sensory attributes of dark chocolate. Nusantara Bioscience, 2016, 8 (2), 301-305.
- [6] PN-EN ISO 13299:2016-05. Analiza sensoryczna. Metodyka. Ogólne wytyczne ustalania profilu sensorycznego.
- [7] Kędzia A., Ziolkowska-Klinkosz M., Kusiak A., Kochańska B., Kędzia A.W., Wojtaszek-Słomińska A.: Działanie *in vitro* olejku cynamonowego (*Oleum cinnamomi*) na grzyby drożdżopodobne. Postępy Fitoterapii, 2015, 1, 16-20.
- [8] Marhamatizadeh M.H., Afrasiabi S., Rezazadeh S., Marhamati Z.: Effect of spearmint on the growth of *Lactobacillus acidophilus* m and *Bifidobacterium bifidum* in probiotic milk and yogurt. Afr. J. Food Sci., 2011, 5 (13), 747-753.
- [9] PN-EN 1132:1999. Soki owocowe i warzywne. Oznaczanie pH.
- [10] PN-ISO 15214:2002. Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda oznaczania liczby mezofilnych bakterii fermentacji mlekowej. Metoda płytkowa w temperaturze 30 stopni C.

- [11] Rao P.V., Gan S.H.: Cinnamon: A multifaceted medicinal plant. Evid. Based Complem. Alternat. Med., 2014, #642942, 1-12.
- [12] Romano A., Blaiotta G., Di Cerbo A., Coppola R., Masi P., Aponte M.: Spray-dried chestnut extract containing *Lactobacillus rhamnosus* cells as novel ingredient for a probiotic chestnut mousse. J. Appl. Microb., 2014, 116 (6), 1632-1641.
- [13] Singletary K.: Cinnamon. Overview of health benefits. Nutr. Today, 2008, 43 (6), 263-266.
- [14] Szydłowska A., Kołożyn-Krajewska D.: Zastosowanie bakterii potencjalnie probiotycznych do fermentacji przecieru z dyni. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2010, 6 (73), 109-119.
- [15] Illupapalayam V.V., Smith S.C., Gamlath S.: Consumer acceptability and antioxidant potential of probiotic-yogurt with spices. LWT - Food Sci. Technol., 2014, 55 (1), 255-262.
- [16] Wilczyńska A., Newerli-Guz J., Szweđa P.: Influence of the addition of selected spices on sensory quality and biological activity of honey. J. Food Qual., 2017, #6963904, 1-7.
- [17] Yaghtin A.R.: The Study of cinnamon effect on *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* growth in probiotic milk banana production. Doctors of veterinary medicine thesis. Islamic Azad University, 2009, p. 733.
- [18] Zaręba D., Ziarno M.: Alternatywne probiotyczne napoje warzywne i owocowe. Bromat. Chem. Toksykol., 2011, XLIV (2), 160-168.
- [19] Ziarno M., Zaręba D., Ścibisz I.: Przeżywalność probiotycznych bakterii fermentacji mlekowej w modelowych jogurtach owocowych. Bromat. Chem. Toksykol., 2011, XLIV (3), 645-649.
- [20] Zielińska D., Rzepkowska A., Radawska A., Zieliński K.: *In vitro* screening of selected probiotic properties of *Lactobacillus* strains isolated from traditional fermented cabbage and cucumber. Curr. Microbiol., 2015, 70, 183-194.

EFFECT OF DRY CINNAMON BARK SPICE ADDITIVE ON VIABILITY OF POTENTIALLY PROBIOTIC BACTERIAL STRAINS IN PUMPKIN-APPLE MOUSSES AND ON SENSORY QUALITY THEREOF

S u m m a r y

The objective of the study was to determine the effect of cinnamon additive on the viability of two potentially probiotic bacterial strains: *Lactobacillus rhamnosus* K3 and *Lactobacillus brevis* O24 as well as on the sensory quality of probiotic pumpkin-apple mousses stored at 5 °C for 21 days. The scope of the study included the production of probiotic pumpkin-apple mousses under the laboratory conditions, the determination of the count of probiotic bacteria of the two above named strains, measuring pH value and evaluating changes in the sensory quality of products. Based on the analyses performed, it was found that the period time of storage had a significant effect on the count of *Lactobacillus rhamnosus* K3 and *Lactobacillus brevis* O24 in the pumpkin-apple mousses regardless of the level of cinnamon added. After 7 days of storing at 5 °C, a statistically significant increase of 3 % was reported in the number of bacteria in all the products analyzed except those containing the bacterial strain of *Lactobacillus rhamnosus* K3 and the cinnamon spice additive as was, at the same time, a decrease in the pH value. The count of potentially probiotic bacterial strains of *Lactobacillus rhamnosus* K3 and *Lactobacillus brevis* O24 remained at a high level, i.e. above 7 log cfu /g of product during the entire time of refrigerated storage of pumpkin-apple mousse. The cinnamon powder added in the amount of 6 % caused the overall sensory quality of the mousses to slightly decrease. It was proved that those products had a higher intensity of other taste and flavour that was described as "cinnamon". During the storage period, the products were characterized by a high sensory quality (overall mean sensory quality was above 6.3 A.U.). The potentially probiotic strains of *Lactobacillus rhamnosus* K3 and *Lactobacillus brevis* O24 can be used to produce pumpkin-apple mousses with acceptable sensory quality and a suitable number of bacterial cells to determine the probiotic properties of the end product.

Key words: probiotic bacterial strains, *Lactobacillus rhamnosus* K3, *Lactobacillus brevis* O24 pumpkin-apple mousses, cinnamon, sensory quality ☒

ANNA SADOWSKA, EWA DYBKOWSKA, RITA RAKOWSKA,
EWELINA HALLMANN, FRANCISZEK ŚWIDERSKI

OCENA ZAWARTOŚCI SKŁADNIKÓW BIOAKTYWNYCH I WŁAŚCIWOŚCI PRZECIWUTLENIAJĄCYCH PROSZKÓW WYPRODUKOWANYCH METODĄ LIOFILIZACJI Z WYBRANYCH SUROWCÓW ROŚLINNYCH

Streszczenie

Celem pracy była ocena zawartości witaminy C, polifenoli i karotenoidów oraz określenie aktywności przeciwutleniającej proszków wyprodukowanych w warunkach przemysłowych z wybranych surowców roślinnych w procesie liofilizacji, a następnie poddanych mikronizacji. Zbadano 12 proszków: owocowych, warzywnych, z pokrzywy i trawy jęczmiennej, cieszących się coraz większym zainteresowaniem konsumentów. Zawartość witaminy C, frakcji polifenoli i karotenoidów w proszkach oznaczono metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej HPLC, aktywność przeciwutleniającą – metodą spektrofotometryczną z zastosowaniem syntetycznego kationorodnika ABTS⁺.

W zależności od rodzaju badanych surowców roślinnych wytworzone proszki charakteryzowały się zróżnicowaną, dość dużą zawartością badanych substancji bioaktywnych oraz aktywnością przeciwutleniającą. Najwięcej witaminy C zawierały proszki z owoców rokitnika i z jarmużu (odpowiednio: 333 i 348 mg/100 g) oraz proszki z mieszanki czerwonych owoców i warzyw (średnio 486 mg/100 g). Największą zawartością polifenoli ogółem oraz najwyższą aktywnością przeciwutleniającą charakteryzowały się proszki z aronii i borówki czernicy.

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że otrzymane proszki, w zależności od ich rodzaju, mogą być wykorzystywane do produkcji żywności funkcjonalnej, żywności specjalnego przeznaczenia żywieniowego i suplementów diety nie tylko ze względu na swoje walory sensoryczne, ale także z uwagi na zawartość cennych składników: naturalnej witaminy C, polifenoli i karotenoidów.

Słowa kluczowe: liofilizacja, witamina C, polifenole, aktywność przeciwutleniająca, proszki

Dr inż. A. Sadowska, dr inż. E. Dybkowska, dr inż. R. Rakowska, dr hab. E. Hallmann, prof. dr hab. F. Świderski, Katedra Żywności Funkcjonalnej, Ekologicznej i Towaroznawstwa, Wydz. Nauk o Żywności Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa. Kontakt: ewa.dybkowska@wp.pl

Wprowadzenie

Żywność pochodzenia roślinnego stanowi bogate źródło związków o właściwościach przeciwutleniających, do których zalicza się polifenole (kwasy fenolowe, flawonoidy i antocyjany), a także karotenoidy, kwas askorbinowy i tokoferole. Zaleca się systematyczne spożywanie warzyw i owoców bogatych w przeciwutleniacze, gdyż odgrywają one istotną rolę w profilaktyce wielu chorób, m.in. miażdżycy i nowotworów, ze względu na zdolność neutralizacji szkodliwego działania aktywnych form tlenu. Część owoców i warzyw dostępna jest przez stosunkowo krótki okres w sezonie letnim i jesiennym, dlatego szczególne znaczenie mają metody przetwarzania tych cennych, ale nietrwałych surowców. Jednym ze sposobów jest proces suszenia. Do produkcji żywności sproszkowanej, m.in. koncentratów potraw, herbatk owocowych, odżywek czy suplementów diety stosowane są owoce i warzywa w postaci proszków otrzymywanych metodą suszenia konwekcyjnego, a w ostatnich latach – metodą liofilizacji surowca, a następnie jego rozdrabniania. W przypadku proszków owocowych stosuje się zwykle suszenie rozpyłowe soków, w którym niezbędne jest stosowanie dodatku nośnika (maltodekstryny) w ilości 60 ÷ 70 % [24]. Obserwuje się duży popyt na proszki otrzymywane metodą liofilizacji, a następnie rozdrabniania. Liofilizacja jest procesem, którego celem jest usunięcie wody z zamrożonego produktu w wyniku sublimacji lodu. Proces przebiega w temperaturze poniżej 0 °C i pod zmniejszonym ciśnieniem. Ze względu na zastosowanie niskich temperatur podczas procesu liofilizacji uzyskuje się produkt o dobrej jakości i trwałości, gdyż większość reakcji mikrobiologicznych i chemicznych zostaje zahamowana. Suszenie odbywa się bez udziału powietrza, dlatego procesy utleniania są ograniczone. Liofilizacja umożliwia otrzymanie suszonych owoców i warzyw o znacznie wyższej jakości niż przy zastosowaniu suszenia konwekcyjnego. Produkty liofilizowane zachowują naturalną barwę, zapach i smak. Struktura produktów poddanych liofilizacji jest porowata i krucha, a po uwodnieniu charakteryzuje się właściwościami przybliżonymi do surowca, w przeciwieństwie do suszy konwekcyjnych, które wykazują obniżoną zdolność rehydracji. Wykorzystanie liofilizacji ograniczają względy ekonomiczne związane z wysokimi kosztami. Uznaje się, że proces liofilizacji powoduje najmniejsze straty związków bioaktywnych i ich właściwości przeciwutleniających. Liofilizacja uważana jest za najlepszy sposób na zachowanie wartości odżywczej suszonych produktów. Metoda ta wymaga specjalnych warunków pakowania i przechowywania z uwagi na wysoką higroskopijność produktów liofilizowanych [7, 11, 13, 16, 25]. Niektórzy autorzy twierdzą jednak, że proces ten może powodować znaczną stratę związków bioaktywnych [21, 28]. Niezbędny przy otrzymywaniu proszków proces mikronizacji liofilizowanych surowców może powodować również znaczne straty składników bioaktywnych, a szczególnie witaminy C. Niewiele jest danych literaturowych dotyczących zawartości związków bioaktywnych w proszkach otrzymywanych z surowców liofilizowanych,

a następnie mikronizowanych. Istniejące dane dotyczą zwykle surowców oraz niektórych liofilizatów bez procesu ich mikronizacji. Brak jest również danych dotyczących zawartości tych związków w wielu surowcach spośród badanych w niniejszej pracy. W badaniach dotyczących zawartości witaminy C i polifenoli w proszkach otrzymanych metodą liofilizacji i rozdrabniania Sadowska i wsp. [24] wykazali dużo witaminy C w jarmużu i dużą zawartość polifenoli w aronii. Ocena jakości produktów suszonych z zastosowaniem liofilizacji prowadzona przez innych autorów wskazywała na dużą zawartość polifenoli w liofilizowanych owocach aronii [5], a także w owocach borówki czernicy [8], przy czym uzyskane wartości były w znacznym stopniu zróżnicowane.

Celem pracy była ocena zawartości związków bioaktywnych (witaminy C, polifenoli i karotenoidów) w proszkach wyprodukowanych w warunkach przemysłowych przez liofilizację wybranych surowców pochodzenia roślinnego z grupy owoców i warzyw, a także pokrzywy i trawy jęczmiennej i ich mikronizację w warunkach przemysłowych oraz określenie ich właściwości przeciwutleniających.

Materiał i metody badań

Materiał doświadczalny stanowiły proszki otrzymane w procesie liofilizacji surowców pochodzenia roślinnego. Zbadano łącznie 12 proszków. Oceniano liofilizowane proszki z owoców: aronii, borówki czernicy, rokitnika zwyczajnego, żurawiny, z warzyw: buraka, jarmużu, szpinaku oraz z pokrzywy i trawy jęczmiennej, a także komercyjne mieszaniny proszków (Lyo Food Sp. z o.o., Polska):

- „mieszanę czerwonych owoców” zawierającą liofilizowane truskawki (29 %), banany (29 %), brzoskwinie (21 %), czarne porzeczki (14 %), żurawinę 7 %);
- „mieszanę czerwonych owoców i warzyw” zawierającą: liofilizowane truskawki (53 %), czarne porzeczki (35 %) i buraki (12 %);
- „mieszanę zielonych owoców i warzyw” zawierającą liofilizowane surowce: jabłka (35 %), kiwi (35 %), ananasy (21 %), szpinak (4 %), pokrzywę (4 %), imbir (1 %).

Surowce zbierane były w fazie dojrzałości zbiorczej i pochodziły od plantatorów krajowych i z zakupów rynkowych. Do procesu liofilizacji stosowano surowce w fazie dojrzałości konsumpcyjnej. Liofilizację zamrożonych surowców (w temp. -30 °C) prowadzono przy użyciu liofilizatora typu LV70 (PPUH Lyovit, Polska) w temp. -50 °C, pod ciśnieniem 10 Pa, temp. pólek 50 °C. Wyszuszony materiał poddawano rozdrabnianiu w młynie typu MUKF100 (PP Młynpol, Polska) do cząstek wielkości poniżej 630 µm. Do czasu przeprowadzenia analiz proszki przechowywano w opakowaniach barierowych typu doypack, wykonanych z laminatów wielowarstwowych.

Metody badań obejmowały oznaczanie zawartości witaminy C, polifenoli ogółem, różnych frakcji polifenoli, karotenoidów, zawartości suchej masy oraz. właściwo-

ści przeciwutleniających. Witaminę C jako sumę kwasu askorbinowego i kwasu dehydroaskorbinowego oznaczano metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej z detekcją UV przy długości fali $\lambda = 245$ nm i szybkością przepływu fazy ruchomej 0,8 ml/min. W celu określenia całkowitej zawartości witaminy C w próbkach prowadzono ekstrakcję przez redukcję kwasu askorbinowego do dehydroaskorbinowego za pomocą ditiotreitolu. Analizę prowadzono przy użyciu chromatografu cieczowego UV 2487 z detektorem wodnym i kolumną RP Symmetry C18, 5 μ m, 4,6 $\times$ 150 mm (Shimadzu, Japonia), temp. kolumny 25 °C, objętość wstrzyknięcia 10 - 30 μ l.

Zawartość i skład polifenoli (flawonoidów, antocyjanów i kwasów fenolowych) oraz karotenoidów oznaczano metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej HPLC, z identyfikacją poszczególnych związków fenolowych na podstawie wyznaczonych czasów retencji substancji wzorcowych Fluka i Sigma-Aldrich (USA) przy użyciu chromatografu cieczowego HPLC firmy Shimadzu (Japonia) składającego się z 2 pomp LC-20AD, systemu kontrolerów CMB-20A, autosamplera SIL-20AC, detektora UV/VIS SPD-20AV, kontrolera CTD-20AC. Podczas oznaczania polifenoli próbki ekstrahowano metanolem i rozdzielano w kolumnie w układzie gradientowym (mieszanina acetonitrylu z wodą dejonizowaną – faza A: 10 % acetonitrylu, 90 % wody dejonizowanej; faza B: 55 % acetonitrylu i 45 % wody dejonizowanej) o pH 3. Oznaczona zawartość polifenoli jest sumą związków oznaczonych chromatograficznie. Zawartość antocyjanów oznaczano po ekstrakcji próbek w metanolu i kwasie solnym. Mieszaninę rozdzielano w kolumnie pod wpływem fazy ruchomej (mieszanina 5-procentowego kwasu octowego, metanolu i acetonitrylu w stosunku 70 : 10 : 20). Zawartość karotenoidów oznaczano poprzez ekstrakcję próbek w acetonie i rozdzielanie pod wpływem fazy ruchomej (faza A: 10-procentowy acetonitryl i metanol w stosunku 90 : 10; faza B: metanol i octan etylu 34 : 16). Używano kolumny Synergi Fusion-RP 80i (250 $\times$ 4,60 mm) – Phenomenex, USA, zgodnie z metodyką opisaną przez Sadowską i wsp. [24]. Aktywność przeciwutleniającą oznaczano spektrofotometrycznie przy użyciu syntetycznego kationorodnika ABTS⁺ zgodnie z metodyką opisaną przez Pellegrini i wsp. [19]. Zawartość suchej masy w proszkach oznaczano metodą wagową.

Wyniki poddano analizie statystycznej w programie Statistica v. 10,0 (StatSoft). Zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA). Istotność różnic między wartościami średnimi cech jakościowych porównywanych proszków weryfikowano za pomocą testu Duncana ($p = 0,05$).

Wyniki i dyskusja

Zawartość witaminy C w proszkach

Proszki wyprodukowane metodą liofilizacji z surowców roślinnych charakteryzowały się znacznie zróżnicowaną zawartością witaminy C (tab. 1). Zawartość tej witaminy była bardzo duża w liofilizowanym proszku z jarmużu i owoców rokitnika – wynosiła odpowiednio: 347,8 i 333 mg/100 g. Również dużą zawartość tej witaminy stwierdzono w komercyjnych proszkach zawierających w składzie mieszaninę wybranych surowców owocowo-warzywnych (205,9 ÷ 486,2 mg/100 g) oraz w liofilizowanym proszku z żurawiny (143,8 mg/100 g). Najmniejszą zawartością witaminy C cechował się liofilizowany proszek z buraków i borówek odpowiednio: 15,4 i 18,8 mg/100 g oraz z aronii – 58,1 mg/100 g.

Tabela 1. Zawartość witaminy C w proszkach wyprodukowanych metodą liofilizacji z wybranych surowców pochodzenia roślinnego

Table 1. Content of vitamin C in powders produced from selected raw materials of plant origin by freeze-drying

Produkt sproszkowany / Powdered product	Witamina C / Vitamin C [mg/100 g]
Aronia / Chokeberry	58,1 ^b ± 0,1
Borówka czernica / Bilberry	18,8 ^a ± 0,6
Rokitnik / Sea buckhorn	333,0 ^f ± 9,6
Żurawina / Cranberry	143,8 ^c ± 6,8
Burak / Beetroot	15,4 ^a ± 3,7
Jarmuż / Kale	347,8 ^g ± 19,2
Mieszanka czerwonych owoców / Red fruit mix	205,9 ^d ± 16,1
Mieszanka czerwonych owoców i warzyw Red fruit and vegetables mix	486,2 ^h ± 7,6
Mieszanka zielonych owoców i warzyw Green fruit and vegetables mix	221,8 ^e ± 4,2

Objaśnienia / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; a, b, c, d – wartości średnie oznaczone różnymi literami różną się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) / mean values denoted by different letters differ statistically significantly ($p \leq 0.05$).

W literaturze niewiele jest danych dotyczących zawartości witaminy C w proszkach otrzymywanych metodą liofilizacji i odnoszą się one do świeżych surowców bądź do liofilizowanego surowca. Uzyskane wyniki zawartości witaminy C w liofilizowanych proszkach z jarmużu i aronii były zbliżone do uzyskanych przez Sadowską i wsp. [24] w badaniach, w których zawartość witaminy C w proszkach z jarmużu i aronii, otrzymanych metodą liofilizacji przy użyciu liofilizatora laboratoryjnego i temp. półek 20 °C, wynosiła odpowiednio [mg/100 g s.m.]: 347,84 i 58,10. Surowcem szczególnie

bogatym w witaminę C jest jarmuż, gdyż zawiera jej $23 \div 150$ mg/100 g w świeżym surowcu [1, 9], a także owoce rokitnika zawierające $52,86 \div 130,97$ mg/100 g kwasu askorbinowego w świeżym surowcu [26].

Dane dotyczące zawartości witaminy C w produktach liofilizowanych są dość rozbieżne. Niektórzy autorzy podają, że proces liofilizacji nie wpływa lub wpływa tylko nieznacznie na zawartość witaminy C w liofilizowanych produktach. Lin i wsp. [12] nie stwierdzili istotnego wpływu liofilizacji na poziom witaminy C w marchwi w przeciwieństwie do suszenia konwekcyjnego, po którym nastąpiło zmniejszenie zawartości witaminy C o 62 %. Marques i Freire [14] uzyskali małe straty witaminy C w liofilizowanych owocach tropikalnych. Bober i Oszmiański [2] odnotowali jednak straty witaminy C w wyłokach z aronii poddanych liofilizacji na poziomie 60 %, a poddane suszeniu konwekcyjnemu – do 80 %. Straty witaminy C w proszkach otrzymanych przez liofilizację mogą być związane z mechanicznym rozdrabnianiem materiału liofilizowanego, w czasie którego materiał narażony jest na dostęp tlenu atmosferycznego. Straty te można zmniejszyć, stosując rozdrabnianie w kontrolowanych warunkach bez tlenu.

Produkty liofilizowane charakteryzują się małą zawartością wody. W badanych mikronizowanych liofilizatach zawartość wody była bardzo zbliżona i wynosiła $2,5 \pm 0,5$ %. Zawartość witaminy C w liofilizatach o tak dużej zawartości suchej masy, mimo znacznych jej strat, była duża. Spożywając 15-gramową porcję proszków warzywnych lub owocowych można pokryć znaczną część zapotrzebowania na naturalną, wysoko przyswajalną witaminę C. Porcja liofilizowanego proszku z jarmużu i owoców rokitnika pokrywa powyżej 80 % zapotrzebowania, żurawiny – powyżej 30 %, natomiast aronii – 15 %.

Zawartość polifenoli i aktywność przeciwutleniająca proszków

Zawartość polifenoli i karotenoidów w proszkach z surowców pochodzenia roślinnego przedstawiono w tab. 2., 3. i 4. Proszki otrzymane z owoców charakteryzowały się dużą zawartością polifenoli, przewyższającą znacznie ich zawartość w badanych proszkach warzywnych. Największą zawartość tych związków wykazano w liofilizowanych proszkach owocowych z aronii i borówki czernicy – odpowiednio [mg/100 g]: 1876 i 1768. W żurawinie stwierdzono również znaczną zawartość polifenoli wynoszącą 620 mg/100 g. Jarmuż i pokrzywa zawierały ich odpowiednio [mg/100 g]: 361,45 i 238,32. W liofilizowanych proszkach z trawy jęczmiennej i szpinaku wartości te były niższe (odpowiednio: 193,96 i 149,38 mg/100 g), natomiast najmniejszą zawartość polifenoli stwierdzono w proszku z buraków i rokitnika zwyczajnego (odpowiednio: 70,42 i 64,38 mg/100 g). W liofilizowanym proszku z buraków oznaczono zawartość betacyjanów na poziomie 456,72 mg/100 g.

Tabela 2. Zawartość polifenoli ogółem i związków polifenolowych w proszkach wyprodukowanych metodą liofilizacji z wybranych owoców
 Table 2. Content of total polyphenols and polyphenolic compounds in powders made from selected fruits using freeze-drying method

Składnik Constituent	Produkt sproszkowany / Powdered product [mg/100 g proszku] / [mg/100 g of powder]				
	Aronia Chokeberry	Borówka czernica Bilberry	Rokitnik Sea buckhorn	Żurawina Cranberry	Mieszanka owoców czerwonych Red fruit mix
Polifenole ogółem Total polyphenols	1876,18 ^d ± 2,43	1768,63 ^c ± 2,41	64,38 ^a ± 0,18	620,28 ^b ± 29,20	153,52 ^a ± 0,08
Kwasy fenolowe ogółem / Total phenolic acids	162,64 ^b ± 1,63	75,16 ^a ± 1,64	54,08 ^a ± 0,16	194,25 ^b ± 26,65	66,50 ^a ± 0,34
Galusowy / Gallic	1,35 ^a ± 0,01	3,59 ^a ± 0,01	1,50 ^a ± 0,02	62,16 ^b ± 26,89	35,45 ^{ab} ± 0,83
Chlorogenowy Chlorogenic	135,89 ^d ± 1,69	41,08 ^c ± 1,84	37,61 ^c ± 0,09	17,65 ^b ± 1,85	11,56 ^a ± 0,11
p-hydroksybenzoesowy p-hydroxybenzoic	0,00 ^a ± 0,00	0,00 ^a ± 0,00	6,22 ^c ± 0,02	4,85 ^b ± 0,54	0,00 ^a ± 0,00
Kawowy / Caffeic	2,34 ^b ± 0,00	0,00 ^a ± 0,00	4,49 ^c ± 0,05	0,00 ^a ± 0,00	4,35 ^c ± 0,23
p-kumarynowy p-coumaric	7,57 ^b ± 0,02	27,58 ^c ± 0,28	0,00 ^a ± 0,00	70,92 ^d ± 4,08	8,01 ^b ± 0,03
Ferulowy / Ferulic	8,66 ^d ± 0,08	2,91 ^a ± 0,07	4,27 ^b ± 0,05	20,05 ^c ± 0,88	7,12 ^c ± 0,12
Benzoesowy / Benzoic	6,82 ^b ± 0,15	0,00 ^a ± 0,00	0,00 ^a ± 0,00	18,60 ^c ± 0,55	0,00 ^a ± 0,00
Elagowy / Elagic	0,00 ^a ± 0,00	0,00 ^a ± 0,00	0,00 ^a ± 0,00	0,00 ^a ± 0,00	0,00 ^a ± 0,00
Flawonoidy ogółem / Total flavonoids	35,15 ^c ± 0,80	64,34 ^c ± 0,76	10,30 ^a ± 0,02	55,83 ^d ± 2,55	21,98 ^b ± 0,42
Rutynozyd-3-O-kwercetyny Rutinoside-3-O-quercetin	2,53 ^b ± 0,02	10,84 ^d ± 0,08	0,10 ^a ± 0,00	20,68 ^c ± 1,46	1,99 ^{ab} ± 0,07
Glikozyd-3-O-kwercetyny Glycoside-3-O-quercetin	23,53 ^b ± 1,12	39,98 ^c ± 0,59	0,00 ^a ± 0,00	26,64 ^c ± 0,89	12,15 ^d ± 0,51
Glikozyd-3-O-kempferolu Glycoside-3-O-kaempferol	0,00 ^a ± 0,00	4,72 ^c ± 0,07	0,72 ^b ± 0,00	0,00 ^a ± 0,00	0,00 ^a ± 0,00
Myricetyna / Myricetin	7,65 ^d ± 0,33	0,00 ^a ± 0,00	5,75 ^d ± 0,03	4,45 ^c ± 0,03	3,17 ^b ± 0,00
Luteolina / Luteolin	0,00 ^a ± 0,00	0,00 ^a ± 0,00	0,00 ^a ± 0,00	0,58 ^b ± 0,14	0,00 ^a ± 0,00
Kwercetyna / Quercetin	1,45 ^a ± 0,00	1,65 ^b ± 0,01	1,86 ^c ± 0,00	1,72 ^b ± 0,08	2,50 ^d ± 0,01

Kempferol / Kaempferol	0,00 ^a ± 0,00	7,15 ^c ± 0,02	1,86 ^b ± 0,00	1,76 ^b ± 0,01	2,17 ^b ± 0,00
Antocyjany ogółem / Total anthocyanins	1678,39 ^c ± 0,00	1629,13 ^c ± 0,00	-	370,21 ^b ± 0,00	65,04 ^a ± 0,00
Galaktozyd-3- <i>O</i> -peonidyny Galactoside-3- <i>O</i> -peonidin	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	-	303,32 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Galaktozyd-3- <i>O</i> -delfinidyny Galactoside-3- <i>O</i> -delphinidin	0,00 ± 0,00	1425,27 ± 0,00	-	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Galaktozyd-3- <i>O</i> -cyjanidyny Galactoside-3- <i>O</i> -cyanidin	1458,26 ^b ± 0,00	0,00 ± 0,00	-	35,49 ^a ± 0,01	0,00 ± 0,00
Arabinozyd-3- <i>O</i> -delfinidyny Arabinozyd-3- <i>O</i> -delphinidin	0,00 ± 0,00	108,00 ± 0,00	-	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Arabinozyd-3- <i>O</i> -cyjanidyny Arabinozyd-3- <i>O</i> -cyanidin	220,13 ^b ± 0,00	0,00 ± 0,00	-	31,39 ^a ± 0,00	0,00 ± 0,00
Glikozyd-3- <i>O</i> -delfinidyny Glycoside-3- <i>O</i> -delphinidin	0,00 ± 0,00	95,86 ^b ± 0,00	-	0,00 ± 0,00	47,46 ^a ± 0,00
Glikozyd-3- <i>O</i> -cyjanidyny Glycoside-3- <i>O</i> -cyanidin	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	-	0,00 ± 0,00	17,58 ^a ± 0,00

Objaśnienia / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; a, b, c, d – wartości średnie oznaczone różnymi literami w wierszach różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values in rows and denoted by different letters differ statistically significantly $p \leq 0,05$.

Tabela 3. Zawartość polifenoli ogółem i związków polifenolowych w proszkach wyprodukowanych metodą liofilizacji z wybranych warzyw, po-
krzwy i trawy jęczmiennej

Table 3. Content of total polyphenols and polyphenolic compounds in powders made from selected vegetables, nettle and barley grass by freeze-
drying method

Składnik Constituent	Produkt sproszkowany / Powdered product [mg/100 g proszku] / [mg/100 g of powder]				
	Burak Beetroot	Jarmuż Kale	Szpinak Spinach	Pokrzywa Nettle	Trawa jęczmienna Barley grass
Polifenole ogółem Total polyphenols	70,42 ^e ± 0,36	361,45 ^a ± 0,26	149,38 ^b ± 0,10	238,32 ^d ± 0,98	193,96 ^c ± 1,55
Kwasy fenolowe ogółem / Total phenolic acids	55,56 ^e ± 0,40	297,00 ^a ± 0,80	63,26 ^b ± 0,34	200,00 ^d ± 1,19	184,10 ^c ± 1,60
Galusowy / Gallic	36,63 ^b ± 0,13	46,87 ^a ± 0,13	37,27 ^a ± 0,26	113,18 ^c ± 1,35	115,24 ^c ± 0,04
Chlorogenowy / Chlorogenic	13,49 ^e ± 0,15	62,31 ^d ± 0,36	7,03 ^c ± 0,09	0,00 ^a ± 0,00	4,43 ^b ± 0,03
p-hydroksybenzoesowy p-hydroxybenzoic	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	29,63 ± 0,15	0,00 ± 0,00
Kawowy / Caffeic	2,88 ^a ± 0,09	0,00 ^c ± 0,00	4,07 ^d ± 0,08	28,81 ^e ± 0,10	0,83 ^b ± 0,00
p-kumarynowy / p-coumaric	2,55 ^d ± 0,04	173,58 ^a ± 1,30	12,72 ^c ± 0,17	12,77 ^d ± 0,13	7,12 ^b ± 0,03
Synapisowy / Synapic	0,00 ^b ± 0,00	5,35 ^a ± 0,08	0,00 ^a ± 0,00	9,71 ^c ± 0,20	0,00 ^a ± 0,00
Ferulowy / Ferulic	0,00 ^c ± 0,00	8,89 ^a ± 0,08	2,17 ^a ± 0,09	5,88 ^b ± 0,08	56,48 ^d ± 1,56
Flawonoidy ogółem / Total flavonoids	14,87 ^e ± 0,05	64,45 ^b ± 0,55	86,13 ^c ± 0,44	38,33 ^c ± 0,20	9,87 ^a ± 0,05
Rutynozyd-3-O-kwercetyny Rutinoside-3-O-quercetin	3,81 ^c ± 0,06	21,07 ^b ± 0,66	39,85 ^d ± 0,45	0,00 ^a ± 0,00	0,57 ^a ± 0,01
Glikozyd-3-O-kwercetyny Glycoside-3-O-quercetin	0,00 ^c ± 0,00	24,65 ^a ± 0,00	0,00 ^a ± 0,00	0,00 ^a ± 0,00	3,59 ^b ± 0,00
Glikozyd-3-O-kempferolu Glycoside-3-O-kaempferol	4,68 ^a ± 0,07	0,00 ^b ± 0,00	43,06 ^d ± 0,88	10,16 ^c ± 0,21	0,00 ^a ± 0,00
Myricetyna / Myricetin	0,00 ^b ± 0,00	3,56 ^a ± 0,00	0,00 ^a ± 0,00	0,00 ^a ± 0,00	0,00 ^a ± 0,00
Luteolina / Luteolin	6,38 ^c ± 0,18	4,33 ^d ± 0,03	0,00 ^a ± 0,00	0,00 ^a ± 0,00	0,98 ^b ± 0,02
Kwercetyna / Quercetin	0,00 ^d ± 0,00	3,54 ^a ± 0,06	1,48 ^b ± 0,02	23,78 ^c ± 0,01	2,43 ^c ± 0,05
Kempferol / Kaempferol	0,00 ^e ± 0,00	7,31 ^a ± 0,02	1,73 ^b ± 0,00	4,39 ^d ± 0,02	2,29 ^c ± 0,01

Objaśnienia jak pod tab. 2. / Explanatory notes as in Tab. 2.

Tabela 4. Zawartość karotenoidów w proszkach wyprodukowanych metodą liofilizacji z wybranych surowców pochodzenia roślinnego
Table 4. Content of carotenoids in powders made from selected raw materials of plant origin by freeze-drying method

Składnik Component	Produkt sproszkowany / Powdered product [mg/100 g proszku] / [mg/100 g of powder]						
	Rokitnik Sea buckhorn	Borówka czernica Bilberry	Mieszanka owoców czerwonych Red fruit mix	Jarmuż Kale	Szpinak Spinach	Pokrzywa Nettle	Trawa jęczmienna Barley grass
Karotenoidy ogółem Total carotenoids	13,10 ^e ± 0,75	4,59 ^b ± 0,00	1,98 ^a ± 0,00	23,41 ^d ± 0,02	28,42 ^e ± 0,17	36,14 ^f ± 0,19	41,39 ^g ± 0,24
β-karoten / β-caroten	6,81 ^e ± 0,35	1,21 ^b ± 0,00	0,60 ^a ± 0,00	1,87 ^{ed} ± 0,00	2,06 ^d ± 0,02	1,66 ^c ± 0,00	1,86 ^{ed} ± 0,00
Luteina / Lutein	1,52 ^c ± 0,02	1,12 ^b ± 0,00	0,33 ^a ± 0,00	11,01 ^d ± 0,07	15,86 ^e ± 0,12	18,98 ^f ± 0,08	20,99 ^g ± 0,07
Zeaksantyna Zeaxanthin	1,67 ^b ± 0,00	2,25 ^c ± 0,00	1,05 ^a ± 0,00	10,53 ^d ± 0,08	10,50 ^d ± 0,01	15,49 ^e ± 0,05	18,54 ^f ± 0,09
l-karoten / l-caroten	1,74 ± 0,08	-	-	-	-	-	-
l-kryptoksantyna l-kryptoxanthin	1,36 ± 0,07	-	-	-	-	-	-

Objaśnienia jak pod tab. 2. / Explanatory notes as in Tab. 2.

Porównanie uzyskanych wyników zawartości polifenoli i karotenoidów z danymi innych autorów prowadzi do stwierdzenia, że proszki otrzymane w badaniach własnych metodą przemysłowej liofilizacji surowca, a następnie mikronizowania, charakteryzowały się większą zawartością tych związków. Uzyskane wartości w przypadku badań własnych były wynikiem zastosowania metody chromatografii cieczowej, która pozwala na określenie zawartości związków karotenoidowych i polifenoli ogółem z większą dokładnością, w tym zawartości związków wchodzących w ich skład, takich jak: kwasy fenolowe, flawonoidy oraz antocyjany. Dane literaturowe odnoszą się głównie do oznaczania zawartości polifenoli ogółem mniej dokładną metodą spektrofotometryczną, polegającą na przeprowadzeniu reakcji barwnej związków o charakterze polifenoli i pomiarze absorbancji powstających kompleksów za pomocą spektrofotometru. W badaniach Sadowskiej i wsp. [24] dotyczących zawartości polifenoli oznaczonych w liofilizowanych proszkach z aronii i jarmużu uzyskano nieco inne wyniki do uzyskanych w niniejszej pracy. Stwierdzono większą zawartość polifenoli w owocach aronii (3005,89 mg/100 g s.m.), natomiast mniejszą – w jarmużu (184,36 mg/100 g s.m.), co mogło wynikać z różnic odmianowych wykorzystywanych surowców roślinnych. Mniej polifenoli wykazały Gramza-Michałowska i Człapka-Matyasik [5] w liofilizowanych przekąskach z aronii (1480 mg GAE/100 g). Zawartość polifenoli ogółem w liofilizowanych owocach borówki czernicy, oznaczona przez Kluszczyńską i Sowińską [8], wynosząca 1638,5 mg GAE/100 g produktu była porównywalna z oznaczoną w badaniach własnych.

Analizowane w pracy produkty owocowe poddane liofilizacji charakteryzowały się dużą zawartością antocyjanów (tab. 2), zwłaszcza proszki z owoców aronii i borówki czernicy (odpowiednio: 1678 i 1629 mg/100 g), a także z żurawiny (370 mg/100 g). Spośród antocyjanów w proszku z owoców aronii występował głównie galaktozyd-3-*O*-cyjanidyny, który stanowił 86,88 % zawartości tych związków, natomiast borówka czernica zawierała przede wszystkim galaktozyd-3-*O*-delfinidyny (stanowił 87,49 % antocyjanów). Również Dembczyński i wsp. [3] w ekstraktach z owoców aronii zidentyfikowali barwniki antocyjanowe, pochodne cyjanidyny. W największej ilości występował cyjanidyno-3-*O*-galaktozyd, który stanowił ok. 66,21 % wszystkich antocyjanów. Podobnie Jakobek i wsp. [6] wskazali na przewagę cyjanidyno-3-*O*-galaktozydu (279,47 mg/100 g), który stanowił 68,9 % wszystkich antocyjanów aronii. Dużą zawartość antocyjanów w owocach aronii, w zakresie $307 \div 1480$ mg/100 g świeżych owoców i $641 \div 1959$ mg/100 g suchej masy, potwierdzają inni autorzy [10]. Źródłem antocyjanów są owoce aronii, czarnej porzeczki, winogron, borówki czernicy oraz bzu czarnego. Szczególnie bogatym źródłem antocyjanów wśród surowców roślinnych są owoce aronii czarnoowocowej. Frejnagel [4] podaje, że ekstrakty z owoców aronii czarnoowocowej i jagody kamczackiej zawierały znaczne ilości antocyjanów (odpowiednio [mg/100 g s.m.]: 40450 i 32150. Nawirska i wsp.

[15] wykazali bardzo dużą zawartość antocyjanów w wyciekach z aronii – 12298 mg/100 g, natomiast w wyciekach z jagód kamczackich, czarnej porzeczki i truskawek ich zawartość wynosiła odpowiednio [mg/100 g]: 9897, 5019 i 671. Sablani i wsp. [23] stwierdzili, że suszenie owiewowe powoduje znaczne zmniejszenie zawartości antocyjanów, związków fenolowych i aktywności przeciwutleniającej w jagodach. Zastosowanie blanszowania przed suszeniem wpływa na poprawę usuwania wilgoci z suszonego surowca, tym samym skraca czas suszenia, co przyczynia się do lepszego zachowania związków fitochemicznych. Bober i Oszański [2] zwrócili uwagę na większą zawartość barwników antocyjanowych w wyciegu wodnym z liofilizowanych wycieków z aronii (34,21 mg/100 g) niż w wyciegu z owoców suszonych owiewowo (2,36 mg/100 g). Autorzy potwierdzili degradujący wpływ wysokiej temperatury na barwniki antocyjanowe, które są wrażliwe także na tlen. Polifenole wykazują niską odporność na czynniki zewnętrzne, takie jak światło, tlen i temperatura [17], dlatego bardzo ważne jest, aby zapobiegać stratom zawartości antocyjanów zarówno podczas suszenia – przez stosowanie metod z ograniczonym wykorzystaniem wyższych temperatur i dostępu tlenu, jak również zadbać o odpowiednie opakowanie produktów zaraz po zakończeniu procesu ich suszenia.

Zawartość karotenoidów w analizowanych proszkach wyprodukowanych metodą liofilizacji wynosiła $1,98 \div 41,39$ mg/100 g i była największa w sproszkowanej trawie jęczmiennej i pokrzywie (tab. 4). Proszki z trawy jęczmiennej, pokrzywy, szpinaku i jarmużu zawierały ksantofile: luteinę i zeaksantynę, a także niewielkie ilości β -karotenu. Spośród analizowanych surowców liofilizowane owoce rokitnika wyróżniały się największą zawartością β -karotenu (6,81 mg/100 g). Także inni autorzy zwrócili uwagę na zawartość karotenoidów, szczególnie β -karotenu w rokitniku [20, 26].

Aktywność przeciwutleniająca oznaczana przy użyciu kationorodnika ABTS⁺ w badanych proszkach była wysoka (tab. 5). W przypadku proszku z owoców aronii i borówki czernicy wynosiła odpowiednio: 56,32 i 46,70 mmol Troloxu/100 g, a żurawiny, szpinaku i pokrzywy – odpowiednio [mmol Troloxu/100 g]: 40,39, 38,46 i 36,29. Niższą wartością charakteryzował się proszek z buraka – 31,44 mmol Troloxu/100 g.

Po porównaniu uzyskanych wyników właściwości przeciwutleniających z danymi literaturowymi można stwierdzić, że proszki otrzymywane w warunkach przemysłowych z surowców pochodzenia roślinnego metodą liofilizacji, a następnie mikronizacji, charakteryzowały się aktywnością przeciwutleniającą podobną do uzyskanej przez innych autorów. W badaniach Sadowskiej i wsp. [24] aktywność przeciwutleniająca liofilizowanych proszków z owoców aronii wynosiła 55,64 mmol Troloxu/100 g, a z jarmużu – 31,88 mmol Troloxu/100 g, co jest porównywalne z wynikami uzyskanymi w niniejszej pracy.

Tabela 5. Aktywność przeciwutleniająca proszków wyprodukowanych metodą liofilizacji z wybranych surowców pochodzenia roślinnego

Table 5. Antioxidant activity of powders made from selected raw materials of plant origin by freeze-drying method

Produkt sproszkowany Powdered product	Aktywność przeciwutleniająca / Antioxidant activity [mmol Troloxu/100 g]
Aronia / Chokeberry	56,32 ^h ± 0,35
Borówka czernica / Bilberry	46,70 ^g ± 1,03
Rokitnik / Sea buckhorn	33,68 ^b ± 0,35
Żurawina / Cranberry	40,39 ^e ± 0,31
Burak / Beetroot	31,44 ^a ± 1,22
Jarmuż / Kale	34,23 ^b ± 0,32
Szpinak / Spinach	38,46 ^d ± 0,50
Pokrzywa / Nettle	36,29 ^c ± 0,56
Trawa jęczmienna / Barley grass	35,36 ^c ± 0,31
Mieszanka czerwonych owoców i warzyw Red fruit and vegetables mix	42,35 ^f ± 0,57
Mieszanka zielonych owoców i warzyw Green fruit and vegetables mix	33,20 ^b ± 0,30

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

Aktywność przeciwutleniająca surowców roślinnych była przedmiotem wielu badań. Kulling i Rawel [10] po przeanalizowaniu danych literaturowych stwierdzili, że świeże owoce aronii charakteryzują się najwyższą zdolnością przeciwutleniającą (15,82 ÷ 16,02 mmol Troloxu/100 g) w porównaniu z innymi owocami badanymi przez różnych autorów, w tym: bzu czarnego (14,50 mmol/100 g), borówki amerykańskiej (6,01 mmol/100 g), jeżyny (5,57 mmol/100 g), czarnej porzeczki (5,67 mmol/100 g), truskawki (2,06 mmol/100 g), maliny (2,14 mmol/100 g), żurawiny (1,85 mmol/100 g). Wymienieni autorzy zwrócili uwagę, że udział antocyjanów w całkowitej aktywności przeciwutleniającej wynosi ok. 33 % w przypadku świeżych jagód aronii. Wysoką aktywność przeciwutleniającą świeżych owoców aronii potwierdzili Rugina i wsp. [22] – na poziomie 9,59 ÷ 17,17 mmol Troloxu/100 g. Aktywność przeciwutleniająca świeżego jarmużu wynosiła 1,175 mmol Troloxu/100 g [9]. Gramza-Michałowska i Człapka-Matyasik [5] porównały przekąski uzyskane z owoców liofilizowanych i wykazały silniejszą aktywność przeciwutleniaczy aronii w porównaniu z czarną porzeczką i truskawką. Oszmiański i wsp. [18] ocenili aktywność przeciwutleniającą proszków otrzymanych metodą liofilizacji z owoców żurawiny oraz z wycisków i uzyskali wartości ABTS⁺⁺ niższe od wyników niniejszej pracy, odpowiednio [mmol TE/100g s.m.]: 19,45 i 27,52 ÷ 21,78. Witkowska i Zujko [27] określili aktywność przeciwutleniającą TEAC owoców leśnych suszonych w temp. 60 °C do suchej masy i uzyskali niższą niż w badaniach własnych aktywność przeciwutleniającą czarnej jagody (8,66 mg/100 g), żurawiny błotnej (6,13 mg/100 g), borówki brusznicy

(6,32 mg/100 g), maliny (14,24 mg/100 g), poziomki (11,80 mg/100 g). Nawirska i wsp. [15] stwierdzili, przy zastosowaniu metody z ABTS⁺, niską aktywność przeciwutleniającą wyłoków z aronii (5,32 mmol Troloxu/100 g), porównywalną z czarną porzeczką i jagodą kamczacką (odpowiednio: 5,69 i 6,22 mmol Troloxu/100 g), ale jeszcze niższą charakteryzowały się owoce truskawki i pigwowca japońskiego (2,33 i 1,40 mmol Troloxu/100 g). Właściwości przeciwutleniające badanych wyłoków były znacznie niższe niż uzyskane w badaniach własnych w przypadku aronii, co prawdopodobnie jest związane z zastosowaną przez autorów metodą suszenia owiewowego, w trakcie którego zawartość związków o właściwościach przeciwutleniających ulega znaczącemu zmniejszeniu. Bober i Oszmiański [2] stwierdzili porównywalną aktywność przeciwnokową owoców i wyłoków aronii suszonych różnymi metodami. Przytoczone dane literaturowe są dość zróżnicowane, odbiegające często od wyników uzyskanych w badaniach własnych, co może wynikać z różnic odmianowych surowca, sposobu prowadzenia procesu liofilizacji, ilości ciepła dostarczanego podczas liofilizacji (temperatury półek), sposobu i czasu prowadzenia procesu rozdrabniania surowca, a także warunków przechowywania.

Wnioski

1. Metoda liofilizacji, a następnie mikronizacji surowców pochodzenia roślinnego pozwala uzyskać proszki bogate w związki bioaktywne, takie jak: witamina C, polifenole, w tym antocyjany, jak również karotenoidy, charakteryzujące się jednocześnie wysoką aktywnością przeciwutleniającą. Zawartość tych związków oraz właściwości przeciwutleniające były znacznie zróżnicowane w zależności od rodzaju badanego surowca.
2. Największą zawartością witaminy C charakteryzowały się proszki otrzymane z jarmużu, owoców rokitnika oraz z mieszanek owoców i warzyw (333 ÷ 486 mg/100 g), natomiast zawartość witaminy C w proszkach z borówki czernicy i buraka była mała.
3. Liofilizowane proszki z owoców, szczególnie z aronii, borówki czernicy i z żurawiny zawierały dużo polifenoli ogółem (620 ÷ 1876 mg/100 g), w tym antocyjanów (370 ÷ 1678 mg/100 g), kilkakrotnie przewyższając zawartość polifenoli ogółem w badanych warzywach (70 ÷ 361 mg/100 g).
4. Aktywność przeciwutleniająca liofilizowanych proszków była zróżnicowana w zależności od rodzaju badanych surowców i zawartości w nich związków bioaktywnych, szczególnie polifenoli ogółem, antocyjanów oraz karotenoidów. Najwyższą aktywność przeciwutleniającą oraz największą zawartość związków bioaktywnych, tj. polifenoli, a szczególnie antocyjanów, wykazano w liofilizowanych owocach aronii i borówki czernicy.

5. Proszki liofilizowane otrzymane z trawy jęczmiennej i pokrzywy charakteryzowały się dużą zawartością karotenoidów ogółem, w tym luteiny i zeaksantyny, przewyższającą znacznie ich zawartość w szpinaku i jarmużu. Zawierały one również dużo polifenoli ogółem oraz wykazywały wysoką aktywność przeciwutleniającą.
6. Uzyskane wyniki wskazują, że proszki otrzymane metodą liofilizacji mogą być szeroko wykorzystywane do produkcji żywności funkcjonalnej, żywności specjalnego przeznaczenia żywieniowego i suplementów diety, nie tylko jako cenne substancje smakowe, ale również jako dodatki bogate w naturalne substancje bioaktywne zwiększające ich wartość odżywczą.

Badania zrealizowano w Katedrze Żywności Funkcjonalnej, Ekologicznej i Towaroznawstwa, Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

Literatura

- [1] Biegańska-Marecik R., Radziejewska-Kubzdela E., Marecik R.: Characterization of phenolics, glucosinolates and antioxidant activity of beverages based on apple juice with addition of frozen and freeze-dried curly kale leaves (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* L.). Food Chem., 2017, 230, 271-280.
- [2] Bober I., Oszmianański J.: Zastosowanie wyłoków aronii do naparów herbat owocowych, Acta Sci. Pol. Technol. Aliment., 2004, 1 (3), 63-72.
- [3] Dembczyński R., Białas W., Olejnik A., Kowalczewski P., Drożdżyńska A., Jankowski T.: Separacja antocyjanów z owoców aronii, czarnego bzu, czarnej porzeczki i korzenia czarnej marchwi za pomocą chromatografii preparatywnej. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2015, 6 (103), 41-52.
- [4] Frejnagel S.: Comparison of polyphenolic composition of extracts from honeysuckle, chokeberries and green tea - a short report. Pol. J. Food Nutr. Sci., 2007, 57 (1), 83-86.
- [5] Gramza-Michałowska A., Człapka-Matyasik M.: Evaluation of the antiradical potential of fruit and vegetable snacks. Acta Sci. Pol., Technol. Aliment., 2011, 10 (1), 61-72.
- [6] Jakobek L., Šeruga M., Medvidović-Kosanović M., Novak I.: Antioxidant activity and polyphenols of aronia in comparison to other berry species. Agric. Consp. Scient., 2007, 4 (72), 301-306.
- [7] Karam M., Petit J., Zimmer D., Djantou E.B., Scher J.: Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders: A review. J. Food Eng., 2016, 188, 32-49.
- [8] Kluszczyńska D., Sowińska W.: Wpływ procesów technologicznych na zawartość substancji bioaktywnych w owocach borówki czernicy. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2014, 4 (95), 30-42.
- [9] Korus A., Lisiewska Z.: Effect of preliminary processing and method of preservation on the content of selected antioxidative compounds in kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) leaves. Food Chem., 2011, 129, 149-154.
- [10] Kulling S.E., Rawel H.M.: Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) – A review on the characteristic components and potential health effects. Planta Med., 2008, 74, 1625-1634.
- [11] Liapis A.I., Bruttini R.: Freeze Drying. In: Handbook of Industrial Drying. 4th ed. Ed. A.S. Mujumdar. CRC Press, Boca Raton 2014.
- [12] Lin T.M., Durance T.D., Scaman C.H.: Characterization of vacuum microwave, air and freeze dried carrot slices. Food Res. Int., 1998, 31 (2), 111-114.

- [13] Mahn A., Zamorano M., Reyes A.: Effect of freeze-drying conditions on antioxidant compounds of broccoli. *J. Food Process. Technol.*, 2014, 5 (8), 5-8.
- [14] Marques L.G., Freire J.T.: Freeze-drying characteristics of tropical fruits. *Dry Technol*, 2006, 24, 1-7.
- [15] Nawirska A., Sokół-Lętowska A., Kucharska A.Z.: Właściwości przeciwutleniające wyciągów z wybranych owoców kolorowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, 4 (53), 120-125.
- [16] Nireesha G.R., Divya L., Sowmya C., Venkateshan N., Niranjana Babu M., Lavakumar V.: Lyophilization: Freeze drying – an review. *Int. J. Novel Trends Pharm. Sci.*, 2013, 4 (3), 87-98.
- [17] Oszmiański J., Wojdyło A.: *Aronia melanocarpa* phenolics and their antioxidant activity. *Eur. Food Res. Technol.*, 2005, 221 (6), 809-813.
- [18] Oszmiański J., Kolniak-Osteka J., Lachowicz S., Gorzelany J., Matłok N.: Effect of dried powder preparation process on polyphenolic content and antioxidant capacity of cranberry (*Vaccinium macrocarpon* L.). *Industrial Crops and Products*, 2015, 77, 658-665.
- [19] Pellegrini N., Serafini M., Colombi B., Del Rio D., Salvatore S., Bianchi M., Brighenti F.: Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different *in vitro* assays. *J. Nutr.*, 2003, 133, 2812-2819.
- [20] Piłat B., Zadernowski R., Bieniek A.: Charakterystyka chemiczna różnych odmian rokitnika. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2012, 3 (45), 897-901.
- [21] Que F., Mao L., Fang X., Wu T.: Comparison of hot air-drying and freeze-drying on the physico-chemical properties and antioxidant activities of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) flours. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2008, 43, 1195-1201.
- [22] Ruginǎ D., Sconța Z., Leopold L., Pintea A., Bunea A., Socaciu C.: Antioxidant activities of chokeberry extracts and the cytotoxic action of their anthocyanin fraction on HeLa human cervical tumor cells. *J. Med. Food.*, 2012, 8 (15), 700-706.
- [23] Sablani S.S., Andrews P.K., Davies N.M., Walters T., Saez H., Bastar L.: Effects of air and freeze drying on phytochemical content of conventional and organic berries. *Drying Technology*, 2011, 2 (29), 205-216.
- [24] Sadowska A., Świdorski F., Rakowska R., Hallmann E.: The functional properties of chokeberry and kale powders obtained by an innovative method of fluidised-bed jet milling with drying compared to freeze drying. *Int. J. Food Eng.*, 2017, 6 (13), DOI: 10.1515/ijfe-2016-0310.
- [25] Samoticha J., Wojdyło A., Lech K.: The influence of different the drying methods on chemical composition and antioxidant activity in chokeberries. *LWT – Food Sci. Technol.*, 2016, 66, 484-489.
- [26] Teleszko M., Wojdyło A., Rudzińska M., Oszmiański J., Golis T.: Analysis of lipophilic and hydrophilic bioactive compounds content in sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) berries. *J. Agric. Food Chem.*, 2015, 63 (16), 4120-4129.
- [27] Witkowska A., Zujko M.E.: Aktywność antyoksydacyjna owoców leśnych. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2009, 3 (42), 900-903.
- [28] Wojdyło A., Figiel A., Lech K., Nowicka P., Oszmianski J.: Effect of convective and vacuum- microwave drying on the bioactive compounds, color, and antioxidant capacity of sour cherries. *Food Bioprocess Technol.*, 2014, 7, 829-841.

**ASSESSING CONTENTS OF BIOACTIVE CONSTITUENTS AND ANTIOXIDANT
PROPERTIES OF POWDERS PRODUCED FROM SELECTED PLANT MATERIALS BY
FREEZE-DRYING METHOD**

S u m m a r y

The objective of the research study was to assess the contents of vitamin C, polyphenols, and carotenoids, and to determine the antioxidant properties of industrially produced powders from selected plant materials using a freeze-drying method followed by micronisation. Twelve powders were analyzed: fruit & vegetable powders, nettle powder and barley grass powder; all of them enjoy a growing consumer interest. The contents of vitamin C, various polyphenol fractions, and carotenoids were determined by a high-performance liquid chromatography (HPLC) and the antioxidant properties by a spectrophotometric method using synthetic ABTS⁺ cation radicals.

Depending on the type of plant materials analyzed, the powders produced were characterized by a diversified, rather high content of bioactive substances tested and by the antioxidant activity. The highest content of vitamin C was found in powders from sea buckthorn and kale fruits (333 and 348 mg / 100 g, respectively) and in powders from a mixture of red fruits and vegetables (486 mg / 100 g). The chokeberry and blueberry powders were characterized by the highest content of total polyphenols and the highest antioxidant activity.

Based on the research results obtained, it was found that, depending on the nature of the powders produced, they can be applied to make functional food, food for particular nutritional uses, and dietary supplements; those powders can be applied not only for their sensory qualities but, also, because they contain valuable constituents: natural vitamin C, polyphenols, and carotenoids.

Key words: freeze-drying, vitamin C, polyphenols, antioxidant activity, powders 

DOROTA LITWINEK, KRZYSZTOF BUKSA, HALINA GAMBUŚ,
MAGDALENA KOWALCZYK, JAKUB BORECZEK

OCENA JAKOŚCI HANDLOWYCH MĄK CAŁOZIARNOWYCH – PSZENNEJ ORKISZOWEJ, PSZENNEJ ZWYCZAJNEJ I ŻYTNIEJ ORAZ UZYSKANYCH Z NICH ZAKWASÓW SPONTANICZNYCH

Streszczenie

Celem pracy była próba wyprodukowania zakwasów spontanicznych z całościarnowej mąki z pszenicy zwyczajnej, pszenicy orkisz oraz z mąki żytniej. W badanych mąkach oznaczono zawartość: wody, popiołu, wybranych składników mineralnych, białka ogółem, tłuszczu surowego, błonnika pokarmowego, wybranych mikotoksyn oraz fosforanów mio-inozytolu. Oznaczono ponadto kwasowość tłuszczową, kwasowość potencjalną, liczbę opadania (LO) oraz ilość glutenu i indeks glutenowy. Ze wszystkich całościarnowych mąk sporządzono zakwasy, które kontrolowano przez 4 dni poprzez oznaczanie kwasowości czynnej (pH) i kwasowości potencjalnej.

Całościarnowe mąki z pszenicy orkisz odznaczały się większą zawartością białka, związków tłuszczowych i związków mineralnych, ale mniejszą zawartością błonnika całkowitego w porównaniu z mąkami uzyskanymi z pszenicy zwyczajnej i żyta. Wszystkie mąki całościarnowe (z wyjątkiem orkiszowej MO1) charakteryzowały się podobną zawartością fosforanów mio-inozytolu w formie IP₆ i IP₂, jedynie mąka żytnia odznaczała się dodatkowo formami IP₅ i IP₃. W żadnej z badanych mąk pszenicznych nie oznaczono zawartości mikotoksyn, tj. DON i zearalenonu, z wyjątkiem mąki z pszenicy orkisz MO1, w której zidentyfikowano śladowe jego ilości. Zakwasy otrzymane z mąk całościarnowych z pszenicy orkisz po 72 h fermentacji w temp. 30 °C charakteryzowały się większą kwasowością w porównaniu z zakwasami z mąki z pszenicy zwyczajnej, a bardziej zbliżoną do zakwasów żytnich. Zatem wszystkie otrzymane zakwasy można stosować do produkcji chlebów ze 100-procentowej mąki całościarnowej z żyta, pszenicy orkisz i pszenicy zwyczajnej, w miejsce stosowanego dotychczas w praktyce zakwasu żytniego.

Słowa kluczowe: mąka całościarnowa, orkisz, pszenica zwyczajna, żyto, zakwas spontaniczny

Dr inż. D. Litwinek, dr hab. inż. K. Buksa, prof. dr hab. inż. H. Gambuś, Katedra Technologii Węglowodanów, Wydz. Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków, dr M. Kowalczyk, mgr inż. J. Boreczek, Instytut Biochemii i Biofizyki PAN, ul. Pawińskiego 5A, 02-106 Warszawa. Kontakt: dorota.litwinek@urk.edu.pl

Wprowadzenie

Zastosowanie mąk całościarnowych do produkcji chleba jest uzasadnione, ponieważ zawierają one wszystkie cenne składniki, w które bogate jest ziarno zbożowe. Charakteryzują się one szczególnie dużą zawartością włókna pokarmowego, związków biologicznie aktywnych oraz odżywczych, a uzyskane z tych mąk pieczywo odznacza się niskim indeksem glikemicznym [9].

W ostatnich latach, oprócz mąk całościarnowych z ziarna pszenicy zwyczajnej i żyta, zaczęto stosować również całościarnową mąkę z pszenicy orkisz. Mąka uzyskana z ziarna różnych odmian pszenicy orkisz była badana i porównywana z uzyskaną z pszenicy zwyczajnej. Aktywność enzymatyczna, oznaczona jako liczba opadania (LO), w całościarnowej mące z pszenicy zwyczajnej ($285 \div 356$ s) czy orkisz ($228 \div 350$ s) jest mała [3, 7], oceniana jako średnia lub niska, natomiast w mące z żyta – znacznie większa ($LO\ 90 \div 150$ s), oceniana jako wysoka [5].

Ze względu na większy udział warstwy aleuronowej ziarno pszenicy orkisz zawiera więcej białka w porównaniu z pszenicą zwyczajną. W wielu badaniach wykazano, że zawartość tego składnika w ziarnie różnych odmian pszenicy orkisz mieści się w przedziale $11,8 \div 19,5$ % [3, 7, 8, 14, 16, 17]. Mąki żytnie charakteryzują się natomiast zawartością białka w zakresie $9 \div 14$ %, najczęściej ok. 10 %, czyli znacznie mniejszą od pszenicznych [4, 5].

Ilość glutenu uzyskana z mąki całościarnowej z odmian pszenicy orkisz mieści się w zakresie $29,7 \div 51,8$ % [3, 7] i jest większa w odniesieniu do mąki z pszenicy zwyczajnej – $23,2$ % [7]. Gluten uzyskany z pszenicy orkisz jest jednak słabszy od tego z pszenicy zwyczajnej, a jego indeks glutenowy (GI – *Gluten Index*) jest bardzo niski i mieści się w szerokim zakresie tj. $10 \div 50$ [3, 16], podczas gdy w mąkach o optymalnych właściwościach do wypieku pieczywa powinien wynosić $60 \div 90$ [13].

Białka pszenicy orkisz zawierają ok. 38 % aminokwasów ograniczających, podobnie jak pszenica zwyczajna [12]. Przedstawione informacje przemawiają za opinią, że pod względem żywieniowym ziarno pszenicy orkisz nie jest bardziej wartościowe od pszenicy zwyczajnej [8, 12].

Powszechnie uważa się [1, 24], że zawartość błonnika całkowitego w ziarnie pszenicy orkisz jest większa niż w pszenicy zwyczajnej. W badaniach dużej liczby genotypów pszenicy zwyczajnej zaobserwowano jednak odwrotną zależność – w ziarnie pszenicy zwyczajnej zawartość błonnika wynosi $11,5 \div 18,3$ %, a w ziarnie pszenicy orkisz – $10,7 \div 13,9$ % [1, 11, 25].

W całościarnowej mące żytniej zawartość błonnika całkowitego jest większa w porównaniu z mąkami pszenicznymi [11] i zawiera się w przedziale $15,23 \div 20,03$ % [4, 5].

Związki tłuszczowe występują w ziarnie pszenicy w niewielkich ilościach (ok. 3 %) [8]. Zawartość tłuszczu całkowitego jest większa w mące całościarnowej z pszeni-

cy orkiszowej niż zwyczajnej [12, 16, 26, 27]. W całościarnowej mące żytniej występuje ok. $2,07 \div 2,70$ % związków tłuszczowych, czyli mniej niż w ziarnie pszenicy [4, 5].

Oznaczono większą zawartość związków mineralnych w ziarnie pszenicy orkisz ($1,60 \div 2,36$ %) [3, 24, 25, 27] niż w pszenicy zwyczajnej ($1,30 \div 1,80$ %) [25, 27]. Całościarnowa mąka żytnia zawiera natomiast $1,64 \div 1,84$ % tych związków [4, 5]. Mimo większej zawartości fosforu (P) w ziarnie i w mące z pszenicy orkisz niż w pszenicy zwyczajnej występuje w niej mniej kwasu fitynowego, a tym samym mniej fosforu jest wiązane w formie fitynianów [15, 27].

Spontaniczne zakwasy piekarskie sporządza się głównie z jasnej mąki żytniej i używa do produkcji chleba żytniego. Od niedawna stosuje się również komercyjnie zakwasy pszenne z jasnej mąki z pszenicy zwyczajnej do otrzymania pieczywa pszennego. Prowadzono prace, w których porównywano zakwasy z jasnej mąki z pszenicy zwyczajnej i orkiszowej oraz z żytniej i stwierdzono, że otrzymanie kwasu żytniego jest najszybsze [29, 30]. W dostępnej literaturze brak jest natomiast podobnych publikacji dotyczących zakwasów wyprowadzonych z odpowiadających mąk całościarnowych.

Celem pracy była próba wyprodukowania zakwasów spontanicznych z całościarnowej mąki z pszenicy zwyczajnej, pszenicy orkiszowej oraz mąki żytniej.

Materiał i metody badań

Analizie poddano 4 mąki: dwie z pszenicy orkisz pochodzące od różnych producentów, oznaczone odpowiednio jako MO1 i MO2, jedną z pszenicy zwyczajnej typu 1850 (MP) oraz jedną żytnią typu 2000 (MZ).

W mąkach tych oznaczano zawartość: popiołu w temp. $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ (według AOAC 930.05 [2]) i wybranych składników mineralnych według zmodyfikowanej metody AOAC 985.01 [2]. Próbkę spopielił na sucho w porcelanowych tyglach przez 6 h w temp. $460\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ostudzony popiół zwilżano 10 kroplami wody, dodawano $3 - 4\text{ cm}^3$ HNO_3 , nadmiar kwasu odparowywano (temp. $100 \div 120\text{ }^{\circ}\text{C}$). Próbkę ponownie spopielił w temp. $460\text{ }^{\circ}\text{C}$ przez 3 h. Tak uzyskany, ochłodzony popiół rozpuszczano w 10 cm^3 HCl , przenoszono ilościowo do kolby miarowej poj. 50 cm^3 i uzupełniano do żądanej objętości wodą destylowaną. Zawartość Ca, Mg, K, P, Cu, Fe, Mn, Na w roztworach uzyskanych po mineralizacji próbek oznaczano spektrofotometrem emisji atomowej z indukcyjnie wzbudzoną plazmą argonową ICP – OES 7300 DUAL VIEW (PerkinElmer, USA). Zawartość białka ogółem oznaczano według AOAC 950.36 [2], tłuszczu surowego – AOAC 930.05 [3], błonnika pokarmowego – AOAC 991.43 [2], wybranych mikotoksyn według instrukcji obsługi aparatu Rapid-Kinetik-Assay® (Aokin AG, Niemcy), fosforanów mio-inozytolu – według Chena i Li [6], wilgotność metodą suszarkową – AOAC 925.10 [2] i kwasowość tłuszczową – PN-ISO 7305:2001 [23]. Dodatkowo we wszystkich mąkach oznaczano zawartość popiołu całkowitego

w temp. 900 °C według PN-ISO-2171:1994 [22], liczbę opadania – PN-EN-ISO 3093:2010 [20] i kwasowość potencjalną mąki według van der Meulena i wsp. [29], zaś w mąkach pszennych oznaczano zawartość glutenu i indeks glutenowy według PN-ISO 21415:2015 [21].

Wszystkie analizy mąki wykonano w dwóch powtórzeniach. Do interpretacji wyników zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA). Istotność różnic między wartościami średnimi weryfikowano testem Duncana ($p = 0,05$). Obliczenia wykonano w programie Statistica, v. 10.

Sporządzanie i analizy zakwasu

Zakwasy spontaniczne ze wszystkich mąk uzyskano w piekarni VINI w Rogoźniku Śląskim według schematu:

- 1. dzień – nastawianie zakwasu z 20 kg mąki i 30 l wody w żurowniku typu BIO-FM-Ż 400 (firmy BioStar P.P.H.U Polska) w temp. 30 °C,
- 2. dzień – odczyt pH elektrodą iCINAC (Unity Scientific, USA), pobieranie próbek, badanie kwasowości potencjalnej zakwasu 1-dniowego, tj. po 24 h fermentacji w temp. 30 °C, odświeżanie przez dodatek 20 kg mąki i 30 l wody,
- 3. dzień – odczyt pH, pobieranie próbek, badanie kwasowości potencjalnej zakwasu 2-dniowego, tj. po 48 h fermentacji w temp. 30 °C, odświeżanie przez dodatek 20 kg mąki i 30 l wody,
- 4. dzień – odczyt pH, pobieranie próbek, badanie kwasowości potencjalnej zakwasu 3-dniowego, tj. po 72 h fermentacji w temp. 30 °C.

Z każdego rodzaju mąki całozziarnowej wykonano po 2 zakwasy. Podczas prowadzenia fermentacji monitorowano proces zakwaszania przy użyciu skomputeryzowanego systemu do pomiaru pH elektrodą iCINAC. Pomiary kwasowości czynnej (pH) wykonywano co 10 min, natomiast kwasowość potencjalną oznaczano każdorazowo pod koniec fermentacji, czyli po 24, 48 i 72 h oraz po 6 h od każdorazowego odświeżenia zakwasu.

Wyniki i dyskusja

W badanych razowych mąkach z pszenicy orkisz, z których następnie wyprodukowano zakwasy spontaniczne, wykazano statystycznie istotne różnice pod względem podstawowego składu chemicznego i błonnika pokarmowego (tab. 1 i 2). Próbki w dużym stopniu różniły się tylko zawartością popiołu (tab. 1), a tym samym wybranymi makropierwiastków, tj. P, K, Mg i mikropierwiastków, tj. Fe i Mn. Mąka oznaczona symbolem MO1 odznaczała się większą zawartością związków mineralnych niż mąka MO2 (tab. 3 i 4). Mąka ta zawierała jednak o ok. 0,5 punktu procentowego (p.p.) mniejszą ilość błonnika pokarmowego niż mąka oznaczona symbolem MO2 (tab. 2).

W porównaniu z mąkami z pszenicy orkisz mąka całościarnowa z pszenicy zwyczajnej (MP) charakteryzowała się o ok. 2 p.p. mniejszą zawartością białka ogółem, co już sygnalizowano we wcześniejszych badaniach [3, 7, 8, 14, 16, 17, 25] i o ponad 0,5 p.p. mniejszą zawartością tłuszczu (tab. 1), zgodnie z wcześniejszymi doniesieniami [12, 16, 26, 27].

Pod względem zawartości popiołu (tab. 1), a tym samym wszystkich oznaczonych pierwiastków, mąka MP była porównywalna z mąką orkiszową MO2 o mniejszej zawartości popiołu (tab. 3 i 4). W mące tej oznaczono także o ok. 2 p.p. większą zawartość błonnika pokarmowego niż w mąkach orkiszowych (tab. 2), co jest zgodne z wynikami, które podają Gerbuers i wsp. [11].

Tabela 1. Podstawowy skład chemiczny mąk całościarnowych

Table 1. Basic chemical composition of wholegrain flours

Rodzaj mąki Type of flour	Wilgotność Moisture [g/100 g]		Białko ogółem [g/100 g s.m.] Total protein [g/100 g d.m.]		Tłuszcz surowy [g/100 g s.m.] Raw fat [g/100 g d.m.]		Związki mineralne jako popiół ogółem [g/100 g s.m.] Mineral components in the form of total ash 900 °C [g/100 g d.m.]		Związki mineralne jako popiół ogółem [g/100 g s.m.] Mineral components in the form of total ash 550 °C [g/100 g d.m.]	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
MZ	14,45 ^d	± 0,03	7,31 ^a	± 0,04	2,07 ^a	± 0,02	1,58 ^a	± 0,00	1,91 ^b	± 0,01
MP	12,83 ^b	± 0,04	11,47 ^b	± 0,10	2,46 ^b	± 0,06	1,69 ^b	± 0,02	1,74 ^a	± 0,02
MO1	11,93 ^a	± 0,04	13,43 ^c	± 0,06	3,20 ^d	± 0,05	2,27 ^c	± 0,04	2,37 ^c	± 0,03
MO2	12,96 ^c	± 0,01	13,92 ^d	± 0,08	3,03 ^c	± 0,05	1,65 ^b	± 0,01	1,91 ^b	± 0,01

Objaśnienia / Explanatory notes:

MZ – mąka żytnia / rye flour; MP – mąka z pszenicy zwyczajnej / common wheat flour; MO1, MO2 – mąka pszenna orkiszowa 1 i 2 / spelt flour 1 and 2.

W tabeli przedstawiono wartości średnie ($\bar{x}$) ± odchylenie standardowe (SD) / Table shows mean values ($\bar{x}$) ± standard deviation (SD); a, b, c, d – wartości średnie oznaczone różnymi literami w kolumnach różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values in columns and denoted by different letters differ statistically significantly $p \leq 0.05$.

Mąka żytnia całościarnowa MZ różniła się składem chemicznym od badanych mąk pszennych. Charakteryzowała się najmniejszą zawartością białka ogółem (o ok. 6 p.p. mniejszą w porównaniu z mąkami orkiszowymi i o ok. 4 p.p. mniejszą w porównaniu z mąką z pszenicy zwyczajnej) – zgodnie z doniesieniami Bushuka [5] oraz Buksy i wsp. [4]. Pod względem zawartości tłuszczu mąka żytnia odbiegała *in minus* o ponad 0,5 p.p. od mąk pszennych, a nie różniła się od nich w zakresie zawartości popiołu

(tab. 1), co znalazło potwierdzenie w porównywalnej ilości oznaczonych mikro- i makroelementów (tab. 3 i 4).

W odróżnieniu od mąk pszennych w całościarnowej mące żytniej oznaczono największą zawartość błonnika pokarmowego, zwłaszcza jego rozpuszczalnej frakcji (tab. 2). W odniesieniu do mąki orkiszowej mąka żytnia charakteryzowała się o ok. 5 p.p. większą zawartością błonnika ogółem, a w stosunku do mąki z pszenicy zwyczajnej – o ponad 3,5 p.p. większą zawartością tego składnika.

W mące orkiszowej MO1 oznaczono istotnie większą zawartość fosforanów mio-inozytolu, co jest zgodne ze znacznie większą (o ok. 1000 mg/kg s.m.) zawartością fosforu (P) w tej mące w odniesieniu do mąki MO2 (tab. 4 i 5).

Tabela 2. Zawartość błonnika pokarmowego w mąkach całościarnowych [g/100 g s.m.]

Table 2. Content of dietary fibre in wholegrain flours [g/100 g d.m.]

Rodzaj mąki Type of flour	Fracja nierozpuszczalna Insoluble fraction		Fracja rozpuszczalna Soluble fraction		Błonnik ogółem Total fibre	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
MZ	12,25 ^e	± 0,07	4,64 ^d	± 0,05	16,89 ^d	± 0,12
MP	11,51 ^d	± 0,09	2,59 ^b	± 0,03	14,10 ^c	± 0,12
MO1	9,73 ^b	± 0,10	1,74 ^a	± 0,10	11,47 ^a	± 0,21
MO2	9,27 ^a	± 0,09	2,68 ^b	± 0,12	11,95 ^b	± 0,03

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

Zawartość fosforanów mio-inozytolu w mące z pszenicy zwyczajnej była porównywalna z ilością tych związków w mące z pszenicy orkisz MO2, podobnie jak i zawartość fosforu w obu tych mąkach (tab. 4 i 5). W mące żytniej oznaczono również porównywalną z mąką z pszenicy zwyczajnej oraz z mąką orkiszową MO2 zawartość fosforanów mio-inozytolu (tab. 5), co koresponduje z zawartością fosforu w tych mąkach (tab. 4).

Tabela 3. Zawartość mikroelementów w mąkach całościarnowych [mg/kg s.m.]

Table 3. Content of microelements in wholegrain flours [mg/kg d.m.]

Rodzaj mąki Type of flour	Fe		Mn		Zn		Cu	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
MZ	29,2 ^a	± 0,3	41,4 ^c	± 1,5	34,4 ^b	± 1,3	4,13 ^b	± 0,43
MP	30,9 ^{ab}	± 0,7	27,1 ^{ab}	± 4,0	25,7 ^a	± 3,8	3,12 ^a	± 0,46
MO1	39,4 ^c	± 2,1	24,5 ^a	± 0,6	30,7 ^{ab}	± 0,3	4,22 ^b	± 0,04
MO2	33,8 ^b	± 2,0	31,1 ^b	± 1,4	29,1 ^{ab}	± 1,3	4,60 ^b	± 0,11

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

Tabela 4. Zawartość makroelementów w mąkach całościarnowych [mg/kg s.m.]

Table 4. Content of macro-elements in wholegrain flours [mg/kg d.m.]

Rodzaj mąki Type of flour	Mg		K		P		Ca	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
MZ	973 ^a	± 8	4669 ^b	± 156	3124 ^a	± 15	200,4 ^a	± 3,2
MP	1077 ^a	± 75	3801 ^a	± 383	2970 ^a	± 354	191,5 ^a	± 7,1
MO1	1471 ^b	± 19	4788 ^b	± 322	4443 ^b	± 46	193,4 ^a	± 0,3
MO2	1074 ^a	± 26	4130 ^{ab}	± 185	3367 ^a	± 87	215,5 ^a	± 8,3

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

Te zależności nie potwierdzają zatem wnioskowania Lopeza i wsp. [15] oraz Ribal-Mendieta i wsp. [27], którzy oznaczyli większą zawartość fosforu (P) w ziarnie pszenicy orkisz, mimo mniejszej w nim zawartości fosforanów mio-inozytolu w odróżnieniu od mąki z pszenicy zwyczajnej.

We wszystkich badanych mąkach oznaczono głównie sześćfosforan mio-inozytolu IP₆. Jedynie w mące żytniej, obok tej formy, oznaczono także w śladowych ilościach IP₅ i niższe fosforany mio-inozytolu IP₃ oraz IP₂ (tab. 5), co może świadczyć o większej aktywności endogennej fosfatazy żytniej. Negatywny wpływ na biodostępność kationów dwuwartościowych (np. Ca, Mg, Fe, Zn, Cu i Mn) z przewodu pokarmowego dotyczy tylko obecności IP₆ i IP₅, natomiast inne produkty hydrolizy kwasu fitynowego, np. IP₃ i IP₂ w niewielkim stopniu wiążą składniki mineralne lub też tworzone przez nie kompleksy są lepiej rozpuszczalne w wodzie, a dzięki temu składniki te są bardziej dostępne dla organizmu ludzi i zwierząt [10, 18].

W mące z pszenicy zwyczajnej MP oraz w mące z pszenicy orkisz MO1 oznaczono także śladowe ilości niższych fosforanów IP₂ (tab. 5).

Tabela 5. Zawartość fosforanów mio-inozytolu w mąkach całościarnowych

Table 5. Content of myo-inositol phosphates in wholegrain flours

Rodzaj mąki Type of flour	Zawartość fosforanów mio-inozytolu Content of myo-inositol phosphates [% s.m. / % d.m.]	Zawartość fosforanów mio-inozytolu [μmol/g s.m.] Content of myo-inositol phosphates [μmol/g d.m.]	Wykryte fosforany mio-inozytolu Detected form of myo-inositol phosphates
MZ	1,65 ^b ± 0,06	25,0 ± 0,9	IP ₆ , IP ₅ , IP ₃ , IP ₂
MP	1,62 ^b ± 0,04	24,5 ± 0,7	IP ₆ , IP ₂
MO1	2,05 ^c ± 0,01	31,0 ± 0,2	IP ₆ , IP ₂
MO2	1,66 ^b ± 0,00	25,1 ± 0,0	IP ₆

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

W żadnej z badanych mąk całościarnowych nie wykryto obecności deoksyniwale-nolu (DON), natomiast w mące MO2 oznaczono śladowe ilości, tj. 26,5 µg/kg próbki zearalenonu (tab. 6), czyli ilość dopuszczoną przez Rozporządzenie Komisji WE nr 1881/2006, załącznik, sekcja 2: mikotoksyny (maksymalna zawartość – 75 µg/kg próbki) [31] – tab. 6.

Badane mąki orkiszowe różniły się istotnie pod względem zawartości białka ogółem (tab. 1), choć różnica ta wynosiła tylko 0,5 p.p. na korzyść mąki MO2. Nie było to jednak białko glutenowe, bowiem w mące MO2 oznaczono o ok. 3,5 p.p. mniej mokrego glutenu niż w mące MO1 (tab. 7). Jakość glutenu oszacowana przez pomiar indeksu glutenowego (*Gluten Index*) była porównywalna, wynosiła ok. 40, a tym samym odbiegała niekorzystnie od wartości indeksu glutenowego (ok. 60), która uznawana jest za optymalną dla glutenu zawartego w mące przeznaczonej do wypieku pieczywa drożdżowego [13].

Tabela 6. Zawartość deoksyniwale-nolu (DON) i zearalenonu w mąkach całościarnowych [µg/kg próbki]

Table 6. Content of deoxynivalenon (DON) and zearalenon in wholegrain flours [µg/kg sample]

Rodzaj mąki Kind of flour	Zawartość deoksyniwale-nolu Content of deoxynivalenon		Zawartość zearalenonu Content of zearalenon	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
MZ	mniej niż / less than 50*	-	mniej niż / less than 20*	-
MP	mniej niż / less than 50*	-	mniej niż / less than 20*	-
MO1	mniej niż / less than 50*	-	26,5	± 5,1
MO2	mniej niż / less than 50*	-	mniej niż / less than 20*	-

Objaśnienia / Explanatory notes:

Objaśnienia symboli jak pod tab. 1. / Explanation of symbols as in Tab. 1.

W tabeli przedstawiono wartość średnią ± odchylenie standardowe / Table shows mean value ± standard deviation; * – wartości poniżej granicy detekcji / values below the level of detection.

Obie badane mąki orkiszowe znacznie różniły się pod względem oznaczonej aktywności enzymatycznej. Prawie dwukrotnie większą aktywnością (a mniejszą liczbą opadania LO) charakteryzowała się mąka MO2, co nie miało jednak wpływu na jakość glutenu w tej mące (zbliżona wartość indeksu glutenowego w obu mąkach MO1 i MO2 – tab. 7).

W mące całościarnowej z pszenicy zwyczajnej, w porównaniu z orkiszową (tab. 7), oznaczono znacznie mniej glutenu mokrego (średnio o ok. 5 p.p.), ale gluten ten odznaczał się dwukrotnie większym indeksem glutenowym (87), co świadczy o jego dobrej elastyczności i sprężystości [3, 13, 16]. Na dużą związłość tego glutenu mogła mieć wpływ niska aktywność enzymatyczna mąki, z której pochodził (LO ponad 350 s) – tab. 7.

Badana mąka żytnia odznaczała się wysoką aktywnością enzymatyczną (LO = 105 s), co jednak mieści się w wymaganiach normatywnych tego parametru dotyczących mąki żytniej [19].

Tabela 7. Parametry jakości mąk całościarnowych

Table 7. Quality parameters of wholegrain flours

Rodzaj mąki Type of flour	Kwasowość potencjalna Titratable acidity [ml NaOH/100 g]		Kwasowość tłuszczowa [mg KOH/100 g s.m.] Fat acidity [mg KOH/100 g d.m.]		Liczba opadania Falling number [s]		Ilość mokrego glutenu Content of wet gluten [%]		Indeks glutenowy Gluten Index [-]	
	$\bar{x}$	SD*	$\bar{x}$	SD*	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
MZ	8	± 0	70	± 0	105 ^a	± 1	-	-	-	-
MP	4	± 0	36	± 0	356 ^d	± 2	23,7 ^a	± 0,4	87,2 ^b	± 3,1
MO1	6	± 0	60	± 0	249 ^c	± 3	31,8 ^c	± 0,6	42,3 ^a	± 0,4
MO2	5	± 0	48	± 0	136 ^b	± 1	28,3 ^b	± 0,5	39,1 ^a	± 0,1

Objaśnienia / Explanatory notes:

* – niemożliwe obliczenie istotności różnic ze względu na zerowy średni kwadrat dla błędów / analysis of variance was impossible due to zero mean squares of errors.

Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 1. / Other explanatory notes as in Tab. 1.

Spośród badanych mąk tylko te z pszenicy zwyczajnej MP i z pszenicy orkisz MO2 charakteryzowały się kwasowością tłuszczową zgodną z normami, tj. poniżej 50 mg KOH/100 g s.m., w pozostałych próbkach kwasowość ta była natomiast nieznacznie większa. Jak wykazała Szafrńska [28], kwasowość tłuszczowa jest zróżnicowana w zależności od ilości popiołu w mące. Według tej autorki tylko mąki pochodzące z bieżącej produkcji, o zawartości popiołu poniżej 0,6 % s.m., spełniały wymagania normy [23], a mąki o większej popiołowości odznaczały się zawsze większą kwasowością tłuszczową.

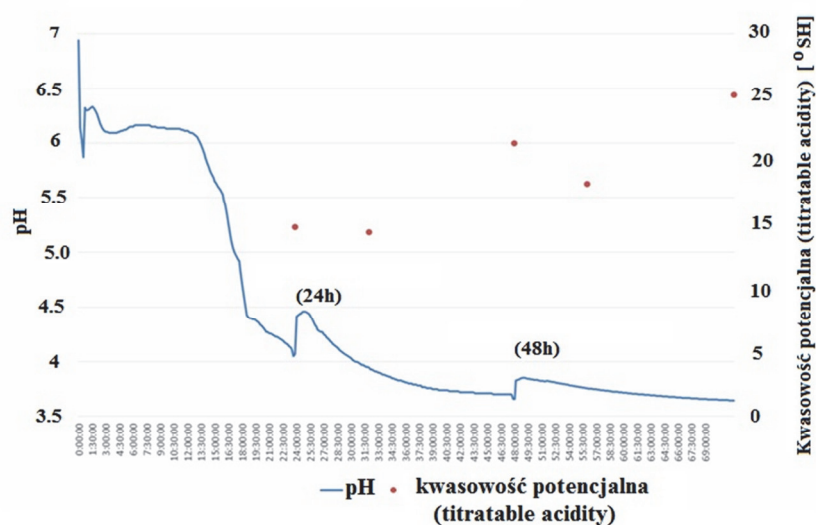
Uzupełnieniem kwasowości tłuszczowej, jako podstawy oceny świeżości produktu i zmian biochemicznych zachodzących w czasie przechowywania, jest oznaczenie kwasowości potencjalnej. Na podstawie wyników kwasowości potencjalnej wykazano, że większa zawartość składników mineralnych w mące pszennej orkiszowej wpłynęła na większą kwasowość tej mąki (MO1 – 6 ml NaOH/100 g) w porównaniu z mąką pszenną (MP – 4 ml NaOH/100 g), natomiast największą kwasowością odznaczała się mąka żytnia (MZ – 8 ml NaOH/100 g), co mogło być spowodowane jej wysoką aktywnością enzymatyczną.

Badania rozszerzono o analizę zawartości popiołu całkowitego według PN-ISO 2171:1994 [22], podczas której próbka spopiela się w temp. 900 °C, a nie, jak

w metodzie AOAC, w temp. 500 °C. W Polsce za pomocą tego parametru określany jest typ mąki handlowej.

Mąki całościarnowe pszenne (z pszenicy zwyczajnej i orkiszowej) oraz żytnią zastosowano do sporządzenia spontanicznych zakwasów. W czasie fermentacji zakwasów kontrolowano ich pH i kwasowość potencjalną. Po odświeżaniu (dokarmianiu) zakwasów co 24 h, ich kwasowość zwiększała się zależnie od rodzaju mąki. Najmniejszą kwasowością odznaczał się zakwas z pszenicy zwyczajnej. Zakwas otrzymany z mąki z pszenicy orkisz wykazywał różną kwasowość w zależności od partii mąki (tab. 7), ale zawsze większą od zakwasu z pszenicy zwyczajnej. Podobną zależność podali van der Meulen i wsp. [29]. Podczas fermentacji pH zakwasów malało (rys. 1), ale zakwasy z pszenicy zwyczajnej odznaczały się największą jego wartością (3,8), a nieznacznie mniejszą charakteryzowały się zakwasy z pozostałych mąk (pH = 3,7) – tab. 8.

Zaobserwowano zwiększenie kwasowości zakwasu w ciągu 72 h fermentacji, co jest typowe dla fermentacji mlekowej [29, 30]. Pewne różnice stopnia zakwaszenia zakwasu wynikają ze składu chemicznego, aktywności enzymatycznej mąk i, zapewne, z rodzaju autochtonicznej mikrobioty.



Rys. 1. Zmiany kwasowości potencjalnej i pH podczas 72 h fermentacji zakwasów z całościarnowej mąki żytniej (wykres przykładowy)

Fig. 1. Changes in titratable acidity and pH during 72 h of fermentation of wholemeal rye sourdoughs (Figure/graph serves as an example)

Mąka żytnia charakteryzuje się zwykle dużą zawartością cukrów i peptydów potrzebnych do fermentacji [5], co tłumaczy większe zakwaszenie zakwasu żytniego (tab. 8). Mąka pszenna z pszenicy zwyczajnej, odznaczająca się przeważnie mniejszą od żytniej aktywności enzymatyczną, tworzyła zakwas o mniejszej kwasowości.

Tabela 8. Wartości pH oraz kwasowości potencjalnej zakwasów uzyskanych z całościarnowych mąk pszennych (z pszenicy zwyczajnej i orkisz) oraz z mąki żytniej, po 27 h fermentacji

Table 8. Values of pH and titratable acidity of sourdoughs made from wholegrain wheat (common and spelt) and rye flours, after 72 h of fermentation

Rodzaj mąki Type of flour	pH	Kwasowość potencjalna Titratable acidity [ml NaOH/100 g]
MZ	3,7	25
MZ	3,7	25
$\bar{x}$	3,7	25
MP	3,8	19,5
MP	3,8	19,5
$\bar{x}$	3,8	19,5
MO1	3,7	26
MO2	3,7	23
$\bar{x}$	3,7	25

Objaśnienia symboli jak pod tab. 1. / Explanation of symbols as in Tab.; $\bar{x}$ – wartość średnia / mean value

Zakwas z mąki z pszenicy orkisz różnił się jednak od otrzymanego z mąki z pszenicy zwyczajnej ze względu na jego dużą kwasowość potencjalną, co może być wynikiem większej zawartości białka i aminokwasów oraz związków mineralnych (popiołu), a więc lepszej pożywki dla drobnoustrojów. Większą kwasowość wykazywał zakwas otrzymany z mąki z pszenicy orkisz MO1 w porównaniu z mąką MO2 ze względu na większą zawartość związków mineralnych, w tym fosforu, które stanowią ważną pożywkę dla drobnoustrojów (tab. 8). Zakwas z mąki pszennej orkiszowej był pod względem kwasowości bardziej zbliżony do otrzymanego z mąki żytniej (tab. 8). Nie ma więc potrzeby stosowania zakwasu żytniego do chleba z całościarnowej mąki orkiszowej na zakwasie, co często czynią piekarze, ponieważ można wyprodukować zakwas orkiszowy o parametrach bardzo zbliżonych do żytniego.

Wnioski

1. Badane mąki orkiszowe niewiele, choć istotnie, różniły się pomiędzy sobą podstawowym składem chemicznym, tj. zawartością białka, tłuszczu i węglowodanów, a widoczna różnica występowała tylko pod względem ilości oznaczonych fosforanów mio-inozytolu IP₆ i IP₂, popiołu, zwłaszcza zawartości P, K, Mg i Fe oraz aktywności enzymatycznej. Mąki orkiszowe zawierały więcej białka, tłuszczu

- i związków mineralnych (popiołu) oraz odznaczały się słabszym glutenem w odniesieniu do całościarnowej mąki z pszenicy zwyczajnej.
2. Mąka żytnia całościarnowa różniła się składem chemicznym od badanych mąk pszennych. Zawierała ona mniej białka, tłuszczu, porównywalną ilość popiołu i sześćiofosforanów mio-inozytolu (nie tylko IP₆ i IP₂, ale też IP₅ i IP₃) oraz znacznie większą ilość błonnika pokarmowego. Odznaczała się też największą aktywnością enzymatyczną spośród wszystkich badanych mąk (tj. najmniejszą liczbą opadania LO).
 3. W żadnej z badanych mąk pszennych nie oznaczono zawartości mikotoksyn, tj. DON i zearalenonu, z wyjątkiem mąki orkiszowej MO1, w której zidentyfikowano śladowe ilości tego związku.
 4. Otrzymane zakwasy z mąk całościarnowych z pszenicy orkisz po 72 h fermentacji w temp. 30 °C charakteryzowały się większą kwasowością w porównaniu z zakwasami z mąki z pszenicy zwyczajnej, bardziej zbliżoną do zakwasów żytnich.
 5. Chleb wypieczony z całościarnowej mąki z pszenicy orkisz czy z całościarnowej mąki z pszenicy zwyczajnej można uzyskać, stosując zakwas z tej samej mąki w miejsce zakwasu żytniego.

Publikacja została sfinansowana ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (PBS2/B8/12/2014 – FunCHLEB).

Literatura

- [1] Abdel-Aal E.-S.M., Hucl P., Sosulski F.W.: Compositional and nutritional characteristics of spring einkorn and spelt wheat. *Cereal Chem.*, 1995, 72 (6), 621-624.
- [2] AOAC: Official Methods of Analysis. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists International, Gaithersburg 2006.
- [3] Bojnanska T., Franakova H.: The use of spelt wheat (*Triticum spelta* L.) for baking applications. *Rostlinna Vyroba*, 2002, 48 (4), 141-147.
- [4] Buksa K., Nowotna A., Gambuś H., Krawontka J., Sabat R., Noga M.: Analiza towaroznawcza i skład chemiczny ziarna wybranych polskich odmian żyta, pochodzących z trzech kolejnych lat uprawy. *Acta Agrophisica*, 2012, 19 (2), 265-276.
- [5] Bushuk W.: Rye. Production, Chemistry and Technology. AACC, St. Paul, Minnesota, USA, 2001, pp. 87, 172, 185.
- [6] Chen Q.-Ch., Li B.W.: Separation of phytic acid and other related inositol phosphates by high-performance ion chromatography and its applications. *J. Chromat. A*, 2003, 1018, 41-52.
- [7] Dąbkowska E.: Wpływ odmiany ziarna orkisz uzyskanego w warunkach produkcji ekologicznej na jakość mąki. Praca doktorska. Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn 2009.
- [8] Escarnot E., Jacquemin J.M., Agneessens R., Paquot M.: Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat, a review. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 2012, 16 (2), 243-256.
- [9] Fardet A., Leenhardt F., Lioger D., Scalbert A., Remesy Ch.: Parameters controlling the glycaemic response to breads. *Nutr. Res. Rev.*, 2006, 19, 18-25.

- [10] Garcia-Esteva R.M., Guerra-Hernandez E., Garcia-Villanova B.: Phytic acids content in milled cereal products and breads. *Food Res. Int.*, 1999, 32, 217-221.
- [11] Gerbiers K., Dornez E., Boros D., Fraś A., Dynkowska W., Bedo Z., Rakszegi M., Delcour J.A., Courtin Ch.M.: Variation in the content of dietary fiber and components thereof in wheat in the healthgrain diversity screen. *J. Agric. Food Chem.*, 2008, 56, 9740-9749.
- [12] Grela E.R.: Nutrient composition and content of antinutritional factors in spelt (*Triticum spelta* L.) cultivars. *J. Sci. Food Agric.*, 1996, 71, 399-404.
- [13] Ionescu V., Stoenescu G., Vasilean I., Aprodu I., Bau I.: Comparative evaluation of wet gluten quantity and quality through different methods. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati.*, 2010, 34 (2), 44-48.
- [14] Kohajdova Z., Karovicova J.: Nutritional value and baking applications of spelt wheat. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.*, 2008, 7 (3), 5-14.
- [15] Lopez H.W., Leenhardt F., Coudray Ch., Remesy Ch.: Minerals and phytic acid interactions: Is it a real problem for human nutrition? *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2002, 37, 727-739.
- [16] Marconi E., Carcea M., Graziano M., Cubadda R.: Kernel properties and pasta-making quality of five European spelt wheat (*Triticum spelta* L.) cultivars. *Cereal Chem.*, 1999, 76 (1), 25-29.
- [17] Marconi E., Carcea M., Schiavone M., Cubadda R.: Spelt (*Triticum spelta* L.) pasta quality: Combined effect of flour properties and drying conditions. *Cereal Chem.*, 2002, 79 (5), 634-639.
- [18] Plaami S.: Myo-inositol phosphates: Analysis, content in foods and effect in nutrition. *Lebensm.-Wiss. u-Technol.*, 1997, 30, 663-647.
- [19] PN-A-74032:2002. Przetwory zbożowe. Mąka żytnia.
- [20] PN-EN ISO 3093:2010. Pszenica, żyto i maki z nich uzyskane, pszenica durum i semolina. Oznaczanie liczby opadania metodą Hagberga-Pertena.
- [21] PN-EN ISO 21415-2:2015-12. Pszenica i mąka pszenna. Ilość glutenu. Część 2. Oznaczanie glutenu mokrego i indeksu glutenu za pomocą urządzeń mechanicznych.
- [22] PN-EN ISO 2171:2010. Ziarno zbóż, nasiona roślin strączkowych i ich przetwory. Oznaczanie zawartości popiołu metoda spalania.
- [23] PN-ISO 7305:2001. Przetwory zbożowe. Oznaczanie kwasowości tłuszczowej.
- [24] Ranhotra G.S., Gelroth J.A., Glaser B.K., Lorenz K.J.: Nutrient composition of spelt wheat. *J. Food Comp. Anal.*, 1996, 9, 81-84.
- [25] Ranhotra G.S., Gelroth J.A., Glaser B.K., Stallknecht G.F.: Nutritional profile of three spelt wheat cultivars grown at five different locations. *Cereal Chem.*, 1996, 73 (5), 533-535.
- [26] Ruibal-Mendieta N.L., Delacroix D.L., Meurens M.: A comparative analysis of free, bound and total lipid content on spelt and Winter wheat. *J. Cereal Sci.*, 2002, 35, 337-342.
- [27] Ruibal-Mendieta N.L., Delacroix D.L., Mignolet E., Pycke J.-M., Marques C., Rozenberg R., Petitjean G., Habib-Jiwan J.-L., Meurens M., Quetin-Leclercq J., Delzenne N.M., Larondelle Y.: Spelt (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) as a source of breadmaking flours and bran naturally enriched in oleic acid and minerals but not phytic acid. *J. Agric. Food Chem.*, 2005, 53, 2751-2759.
- [28] Szafrńska A.: Zmiany kwasowości tłuszczowej w trakcie przechowywania wybranych typów maki pszennej i żytniej. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2010, 12, 21-24.
- [29] Van der Meulen R., Scheirlinck I., van Schoor A., Huys G., Vancanneyt M., Vandamme P., de Vuyst L.: Population dynamics and metabolite target analysis of lactic acid bacteria during laboratory fermentations of wheat and spelt sourdoughs. *Appl. Environ. Microbiol.*, 2007, 73 (15), 4741-4750.
- [30] Weckx S., van der Meulen R., Maes D., Scheirlinck I., Huys G., Vandamme P., de Vuyst L.: Lactic acid bacteria community dynamics and metabolite production of rye sourdough fermentations share characteristics of wheat and spelt sourdough fermentations. *Food Microbiol.*, 2010, 27, 1000-1008.

- [31] Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych. Dz. Urz. UE L 364, s. 5-24, z 20.12.2006 z późn. zm.

QUALITY ASSESSMENT OF COMMERCIAL WHOLEGRAIN FLOURS PRODUCED FROM SPELT WHEAT, COMMON WHEAT AND RYE, AND OF SPONTANEOUS SOURDOUGH PREPARED WITH THEM

S u m m a r y

The objective of the study was an attempt to produce spontaneous sourdoughs from wholegrain flours made from common wheat, spelt wheat, and rye. In the flours analyzed, the following was determined: water content, ash, selected mineral components, total protein, raw fat, dietary fibre, selected mycotoxins, and myo-inositol phosphates. Moreover, there were determined fat acidity, potential acidity, falling number as well as the content of gluten and gluten index. Using every type of the wholegrain flours tested, sourdoughs were produced; they were, further, monitored for 4 days by determining the active acidity (pH) and titratable acidity.

In comparison to flours made from common wheat and rye, the wholegrain spelt wheat flours were distinguished by higher contents of protein, fat, and mineral compounds; however, they had less total fibre. All the wholegrain flours (except MO1 spelt flour) were characterized by a similar content of myo-inositol phosphates in the form of IP₆ and IP₂, but only the rye flour was additionally distinguished by the IP₅ and IP₃ forms. Mycotoxins, i.e. DON and zearalenone, were not found in any wheat flours except for the MO1 spelt flour, in which trace amounts of zearalenone were identified. Sourdoughs produced from the wholegrain spelt flour after the 72 h fermentation at 30 °C were characterized by a greater acidity compared to those produced from the wheat flour and their acidity was more similar to that of the rye sourdoughs. Thus, all the types of sourdough obtained can be used to produce bread from 100 % wholegrain flour made from rye, spelt, and common wheat.

Key words: wholegrain flour, spelt wheat, common wheat, rye, spontaneous sourdough ☒

JOANNA KASZUBA, KAROLINA PYCIA, RAFAŁ WIŚNIEWSKI,
GRAŻYNA JAWORSKA, PIOTR KUŹNIAR

WPLYW UDZIAŁU NASION WYBRANYCH ROŚLIN OLEISTYCH NA JAKOŚĆ CHLEBA PSZENŻYTNIEGO

Streszczenie

Celem pracy była ocena wpływu udziału nasion roślin oleistych w mieszance z mąką pszenżytnią na jakość otrzymanego z niej chleba. Udział nasion dyni, lnu oraz słonecznika w mieszance wypiekowej wyniósł 10 % w stosunku do masy mąki. Pieczywo uzyskano metodą bezpośrednią z dodatkiem drożdży. Obliczono wydajność ciasta, upiek, stratę wypiekową całkowitą i wydajność pieczywa. Oznaczono objętość chleba i oceniono jego miękisz, w tym porowatość, barwę w systemie CIE L*a*b* oraz teksturę. Ponadto oznaczono zawartość podstawowych składników odżywczych (białka ogólnego, tłuszczu surowego, skrobi, błonnika surowego oraz związków mineralnych w postaci popiołu całkowitego). Określono także właściwości przeciwutleniające (metodą ABTS⁺, DPPH[•] oraz FRAP) chleba i ogólną zawartość związków polifenolowych.

Stwierdzono, że udział nasion roślin oleistych w chlebie wpłynął na jego właściwości fizykochemiczne i wartość odżywczą. Wykazano wzrost wydajności ciasta oraz pieczywa, a także zmniejszenie upieku w porównaniu z pieczywem pszenżytnim bez dodatku nasion. Najmniejszą objętością charakteryzował się chleb pszenżytni z udziałem nasion słonecznika, a równocześnie wyróżniał się on najlepszą porowatością miękiszu. Ponadto stwierdzono, że obecność nasion roślin oleistych w układach doświadczalnych wpłynęła na wzrost wartości odżywczej, właściwości przeciwutleniających oraz ogólnej zawartości związków polifenolowych.

Słowa kluczowe: pszenżyto, jakość chleba, wzbogacanie pieczywa, nasiona roślin oleistych, właściwości przeciwutleniające

Wprowadzenie

Produkty piekarskie, a zwłaszcza chleb, należą do głównych środków spożywczych w diecie człowieka. W Polsce pieczywo stanowi ok. 70 % wszystkich konsu-

Dr inż. J. Kaszuba, dr inż. K. Pycia, mgr inż. R. Wiśniewski, prof. dr hab. inż. G. Jaworska, Katedra Ogólnej Technologii Żywności i Żywnienia Człowieka, dr inż. P. Kuźniar, Katedra Inżynierii Produkcji Rolno-Spożywczej, Wydz. Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski, ul. A. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów. Kontakt: kpycia@ur.edu.pl

momowanych przetworów zbożowych [12, 14]. Metody otrzymywania chleba na przestrzeni wieków ulegały licznym zmianom. Pomimo tego chleb nie znalazł do tej pory godnego substytutu [9, 28]. Rosnąca świadomość żywieniowa konsumentów, modyfikacja ich upodobań oraz znaczny postęp w technologii żywności prowadzą do wzrostu wymagań jakościowych odnoszących się do produktów spożywczych [12]. Obok podstawowej funkcji, czyli zaspokajania głodu, rolą żywności jest także polepszanie kondycji psychofizycznej organizmu.

Powszechność spożycia chleba oraz technologia piekarstwa sprawiają, że jest on dobrym przykładem nośnika, czyli produktu, za pośrednictwem którego można wzbogacić dietę w witaminy, składniki mineralne oraz substancje bioaktywne. Wzbogacenie składu chemicznego, modyfikacja receptury lub procesu technologicznego stwarzają możliwość uzyskania produktu o zwiększonej wartości odżywczej, pożądanej przez konsumentów smakowości, będącego jednocześnie przykładem żywności funkcjonalnej. Ekspert ds. żywienia rekomendują zdrowym osobom codzienne spożycie produktów zbożowych rzędu $250 \div 600$ g, czyli od 5 do 10 porcji, w zależności od zapotrzebowania energetycznego oraz zwyczajów żywieniowych [28]. Zalecane jest przy tym także zwiększanie spożycia produktów pełnoziarnistych, bogatych w błonnik pokarmowy i substancje bioaktywne. Zaleceniom tym w pełni odpowiada pieczywo z dodatkiem nasion roślin oleistych, które dzięki swoim właściwościom może stać się przykładem żywności prozdrowotnej. Wzbogacanie pieczywa nasionami roślin oleistych zawierających cenne pod względem żywieniowym mikro- i makroelementy, witaminy, niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (NNKT) oraz antyoksydanty (tokoferole, związki polifenolowe, karotenoidy) jest uzasadnione ze względów żywieniowych. Dodatkowo nasiona oleiste zwiększają atrakcyjność sensoryczną wyrobów piekarskich [30]. Zainteresowanie nasionami roślin oleistych (słonecznika, dyni i lnu) wynika z ich wartości odżywczej. Są one naturalnym, bogatym źródłem białka roślinnego, wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, składników mineralnych (fosforu, żelaza, magnezu), witamin oraz fitoestrogenów. Nasiona słonecznika zawierają znaczną ilość witaminy E (37,8 mg/100 g s.m.), o wiele większą niż nasiona lnu (3 mg/100 g s.m.). W nasionach słonecznika obecne są tokole (tokoferole oraz tokotrienole) wykazujące aktywność witaminy E [13, 29]. W odpowiedzi na wymagania konsumentów dotyczące wartości odżywczej pieczywa poszukuje się także nowych surowców do jego wytwarzania. Mąka pszenna jest podstawowym surowcem do produkcji chleba od tysięcy lat [7]. Jednak obecnie podejmowane są udane próby zastosowania mąki pszenżytniej do tego celu [4, 6, 8].

Pszenżyto jest zbożem wyhodowanym przez człowieka w wyniku skrzyżowania pszenicy (*Triticum*) oraz żyta (*Scale*). Od nazw zbóż macierzystych pochodzi jego łacińska nazwa (*Triticale*) [18]. Pszenżyto przez lata miało status jedynie ziarna paszowego, jednak, jak dowodzą badania, mąka z niego otrzymana może być z powo-

dzeniem stosowana do wypieku chleba [1, 4, 5]. Pod względem żywieniowym ziarno pszenżyta jest cennym źródłem aminokwasów, gdyż zawiera o ok. 25 % więcej lizyny w porównaniu z ziarnem pszenicy. Jest to istotna cecha, gdyż zarówno lizyna, jak i treonina są głównymi aminokwasami egzogennymi, odpowiedzialnymi za ograniczoną wartość odżywczą białek zbóż. Mimo to mąka pszenżytnia jest nadal mało popularnym surowcem w branży piekarskiej. Mąka ta charakteryzuje się dużą wodochłonnością oraz krótkim czasem rozwoju i stałością ciasta. Ciasto pszenżytnie, w przeciwieństwie do ciasta pszennego, wykazuje znaczną lepkość oraz odznacza się niewielką rozciągliwością i elastycznością. Jego struktura i właściwości zbliżone są do ciasta pszennego. Z kolei pod względem czasu rozwoju i stałości oraz lepkości przypomina ciasto żytnie [1, 6, 8].

Celem pracy było określenie wpływu dodatku wybranych nasion oleistych na jakość pieczywa wypieczonego z mąki pszenżytniej, w tym jego wartość odżywczą oraz właściwości sensoryczne.

Materiał i metody badań

Materiałem doświadczalnym był chleb wypieczony z mąki z ziarna pszenżyta odmiany 'Panteon' (Hodowla Roślin Strzelce, grupa IHAR, zbiór 2016 r.) z udziałem wybranych nasion roślin oleistych, takich jak dynia, len (barwa nasion ciemnobrązowa) oraz słonecznik (Kresto, Polska). Mąkę otrzymano w wyniku przemiału laboratoryjnego w młynie Quadrumat Junior (Brabender, Niemcy) ziarna pszenżyta uprzednio kondycjonowanego do wilgotności 15 %. Nasiona roślin oleistych zostały rozdrobnione w młynku Cemotec (Foss, Szwecja). Udział zmielonych nasion dyni, lnu oraz słonecznika wyniósł 10 % masy mąki wynikającej z receptury pieczywa. Prowadzenie ciasta i wypiek pieczywa pszenżytniego, kontrolnego (bez nasion) i z dodatkami wykonywano według metody bezpośredniej z zastosowaniem drożdży [11]. Z mąki pszenżytniej o znanej wodochłonności, drożdży (3 % w stosunku do masy mąki), soli (1 % w stosunku do masy mąki), wody oraz zmielonych nasion dyni, lnu oraz słonecznika wytworzono ciasto przy użyciu mieszarki laboratoryjnej R4 (Mesko-AGD, Polska). Ciasto poddawano procesowi fermentacji trwającemu 60 min w temp. 30 °C, z przebicciem po upływie 30 min. Po wstępnej fermentacji kęsy ciasta o masie 250 g formowano, umieszczano w natłuszczonych foremkach i fermentowano do optymalnego rozrostu kęsów. Po zakończeniu fermentacji chleby wypiekano w elektrycznym piecu modułowym Classic (Sveba Dahlen, Szwecja) w temp. 230 °C przez 30 min [11].

W mące pszenżytniej oznaczano zawartość wilgotności przy użyciu wagosuszarki MAC-50 (Radwag, Polska), wodochłonność przy użyciu farinografu (Brabender, Niemcy) zgodnie z PN-EN ISO 5530-1:2015-01 [24], zawartość popiołu całkowitego przez spopielenie próbki mąki w piecu muflowym zgodnie z PN-EN ISO 2171:2010 [22]. Ponadto w mące pszenżytniej oznaczano ilość mokrego glutenu według PN-EN

ISO 21415-2:2015-12 [20] i ilość suchego glutenu zgodnie z PN-EN ISO 21415-4:2008 [21]. Oznaczano także liczbę opadania mąki pszenżytniej według PN-EN ISO 3093:2010 [23].

W otrzymanym pieczywie pszenżytnim po upływie 24 h od wypieku oznaczano wskaźniki jakościowe procesu wypiekowego, takie jak: wydajność ciasta, stratę piecową (upiek), stratę wypiekową całkowitą i wydajność pieczywa. Oznaczano również objętość pieczywa przy użyciu aparatu Sa-Wy (Sadkiewicz Instruments, Polska) i określano porowatość miękiszu według skali Dallmana [11]. Barwę miękiszu chleba oznaczano przy użyciu spektrofotometru (HunterLab, Stany Zjednoczone). Pomiary prowadzono w systemie CIE Lab (L^* , a^* , b^*), stosując typ obserwatora 10° oraz illuminant D65. Analizę tekstury miękiszu badanych chlebów wykonywano przy użyciu maszyny wytrzymałościowej Zwick Roell (Niemcy). Próbkę miękiszu ($n = 4$), pobieraną z różnych części chleba, w kształcie walca ($h = 27$ mm, $d = 27$ mm, $v = 22$ cm³) ściskano trzpieniem o średnicy 30 mm na głębokość 13 mm. Na podstawie wykresu przeprowadzonej analizy wytrzymałościowej określano następujące parametry: twardość [N], spójność, elastyczność, gumowatość [N], żujność [N].

Wartość odżywczą pieczywa określano na podstawie analizy zawartości głównych składników odżywczych, takich jak: białko ogółem (AOAC, metoda nr 950.36), tłuszcz surowy (AOAC, metoda nr 950.05), składniki mineralne w postaci popiołu całkowitego (AOAC, metoda nr 930.05) oraz błonnika surowego (AOAC, metoda nr 991.43) [2]. Zawartość skrobi w chlebie oznaczano metodą polarymetryczną według Lintnera [11] przy użyciu polarymetru cyfrowego AP-300 (Atago, Japonia).

W ekstraktach metanolowych uzyskanych z pieczywa oznaczano aktywność przeciwutleniającą względem kationorodnika ABTS^{•+} [26], rodnika DPPH [31] oraz metodą FRAP [3]. Dodatkowo oznaczano ogólną zawartość związków polifenolowych metodą spektrofotometryczną z użyciem odczynnika Folin-Ciocalteu'a [10]. Wyszuszony przy użyciu liofilizatora ALPHA 1-2 LD plus Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH, Niemcy). materiał ekstrahowano roztworem metanolu o stężeniu 80 %. Ekstrakcję prowadzono w łaźni ultradźwiękowej (Polsonic, Polska) przez 30 min w temp. 25 °C. Aktywność przeciwutleniającą oznaczoną metodami ABTS^{•+}, DPPH i FRAP wyrażano w μ molach TE/100 g s.m. (*Trolox Equivalent* – analog α - tokoferolu). Zawartość związków polifenolowych ogółem wyrażano w mg GAE/100 g s.m. (GAE – ekwiwalent kwasu galusowego). Wszystkie oznaczenia wykonano w trzech powtórzeniach.

Uzyskane wyniki badań poddano analizie statystycznej obejmującej jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA) przy użyciu programu Statistica 12.0 (StatSoft, USA). W celu określenia istotności różnic pomiędzy wartościami średnimi zastosowano test Duncana ($p < 0,05$).

Wyniki i dyskusja

Mąka otrzymana z laboratoryjnego przemiału ziarna pszenżyta odmiany ‘Panton’ charakteryzowała się dobrą wartością wypiekową (tab. 1).

Tabela 1. Parametry jakości mąki pszenżytniej

Table 1. Quality parameters of triticale flour

Wskaźniki / Indicators	Mąka pszenżytnia Triticale flour
Wilgotność / Moisture content [%]	12,3 ± 0,3
Wodochłonność mąki / Water absorption of flour [%]	62,0 ± 0,1
Zawartość glutenu mokrego / Wet gluten content [%]	20,6 ± 0,2
Zawartość glutenu suchego / Dry gluten content [%]	6,1 ± 0,1
Zawartość popiołu w mące / Ash content in flour [% s.m. / % d.m.]	0,57 ± 0,02
Liczba opadania / Falling number [s]	264 ± 4

Objaśnienia / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations.

Wskaźnikiem jakości mąki pszennej jest zawartość glutenu mokrego, kompleksu białkowego nadającego ciastu elastyczność i odpowiedzialnego za retencję gazów fermentacyjnych, a w pieczywie tworzącego strukturę miękkiszu. Zawartość glutenu mokrego w badanej mące pszenżytniej wynosiła ok. 20,6 %. Mąka charakteryzowała się odpowiednią aktywnością amylolityczną, o czym świadczy wartość liczby opadania (tab. 1). Omawiane wyniki są zgodne z wynikami badań innych autorów [1, 6, 8].

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że dodatek do mąki zmielonych nasion dyni, lnu oraz słonecznika wpłynął na wzrost wydajności ciasta pszenżytniego (tab. 2). Wartość tego parametru była wyższa średnio o 14 % w stosunku do wydajności ciasta kontrolnego. Jednocześnie nie wykazano statystycznie istotnego wpływu dodatku nasion oraz ich rodzaju na wartość straty piecowej (upieku) chleba pszenżytniego, ale dodatek nasion dyni, słonecznika oraz lnu wpłynął na istotne zmniejszenie całkowitej straty piecowej. Wartość całkowitej straty piecowej oznaczona w badaniach własnych była zbliżona do wyników innych autorów [12], którzy wykazali, że wzrastający dodatek mąki łubinowej do mąki typu 750 z ziarna pszenżyta odmiany ‘Krakowiak’ skutkował statystycznie istotnym ($p < 0,05$) zmniejszeniem wartości omawianego parametru. Ponadto w niniejszych badaniach zaobserwowano, że wydajność pieczywa wzrastała istotnie na skutek dodatku nasion dyni, lnu i słonecznika do mąki pszenżytniej. Najmniejszą wydajnością pieczywa charakteryzował się chleb kontrolny (128,0 %), a wskutek wprowadzenia rozdrobnionych nasion oleistych wydajność pieczywa wzrosła średnio o 15,1 % (tab. 2).

Tabela 2. Wskaźniki laboratoryjnego wypieku pieczywa pszenżytniego z udziałem zmielonych nasion roślin oleistych

Table 2. Laboratory baking indicators of triticale bread with ground oilseeds addition

Próba chleba Bread sample	Wydajność ciasta Dough yield [%]	Strata piecowa (upiek) Oven loss [%]	Strata piecowa całkowita Total oven loss [%]	Wydajność pieczywa Bread yield [%]
Próba kontrolna Control sample	151,56 ^a	9,44 ^a ± 0,19	15,55 ^b ± 0,61	128,00 ^a ± 0,93
Z nasionami dyni With pumpkin seeds	173,54 ^b	9,24 ^a ± 0,17	14,27 ^a ± 0,08	148,78 ^b ± 0,14
Z nasionami lnu With flax seeds	172,84 ^b	9,57 ^a ± 0,51	14,87 ^a ± 0,30	146,97 ^b ± 0,76
Z nasionami słonecznika With sunflower seeds	172,50 ^b	9,11 ^a ± 0,49	14,86 ^a ± 0,32	146,53 ^b ± 0,54

Objaśnienia / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; Wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$) / Mean values in columns and denoted by different letters differ statistically significantly ($p < 0.05$).

Tabela 3. Parametry fizykochemiczne pieczywa pszenżytniego z udziałem zmielonych nasion roślin oleistych

Table 3. Physical and chemical parameters of triticale bread with ground oilseeds addition

Próba chleba Bread sample	Objętość pieczywa Volume of bread [cm ³]	Objętość pie- czywa ze 100 g mąki Volume of bread made of 100 g flour [cm ³]	Współczynnik porowatości miękkiszu według Dallmana Crumb porosity by Dallman scale	Wilgotność miękkiszu Crumb moisture [%]
Próba kontrolna Control sample	510 ^a ± 14	340,14 ^b ± 9,81	70 ^a	55,91 ^{ab} ± 0,74
Z nasionami dyni With pumpkin seeds	490 ^a ± 14	338,85 ^b ± 5,11	80 ^b	57,69 ^b ± 0,16
Z nasionami lnu With flax seeds	510 ^a ± 5	354,02 ^b ± 2,02	70 ^a	54,98 ^a ± 1,01
Z nasionami słonecznika With sunflower seeds	455 ^b ± 7	315,84 ^a ± 2,12	90 ^c	56,23 ^{ab} ± 0,75

Objaśnienia jak pod tab. 2. / Explanatory notes as in Tab. 2.

Chleb pszenżytni kontrolny i wzbogacony nasionami roślin oleistych poddano analizie parametrów fizykochemicznych (tab. 3). Wykazano istotny wpływ wprowa-

dzanych dodatków na objętość chleba pszenżytniego. Chleb kontrolny oraz chleby z dodatkiem nasion dyni i lnu charakteryzowały się zbliżoną objętością, wynoszącą średnio 503 cm³. Natomiast najmniejszą objętością wyróżniał się chleb wzbogacony 10-procentowym udziałem nasion słonecznika (455 cm³). We wcześniejszych badaniach nad wzbogacaniem mąki pszenżytniej Kopeć i Bać [12] wykazali, że 12-procentowy dodatek mąki łubinowej do mąki pszenżytniej powodował zmniejszenie objętości pieczywa o 18 % w stosunku do próby kontrolnej. Zmniejszenie objętości pieczywa pszenżytniego pod wpływem dodatku mąki z nasion lnianki, będącej bogatym źródłem tłuszczu (40 % s.m.) oraz białka (25 % s.m.), odnotowali także Zgórska i wsp. [32]. Nwosu i wsp. [16] w badaniach jakości pieczywa pszennego również zauważyli zmniejszenie objętości chleba pod wpływem dodatku mąki z nasion fasoli oleistej. Zdaniem Czubaszek [6] oraz Zgórskiej i wsp. [32] objętość chleba pszenżytniego w głównej mierze determinowana jest zawartością białka ogółem w mące. Zmniejszona objętość chlebów z dodatkiem nasion roślin oleistych może wynikać ze zmian zawartości białka glutenowego w wytworzonym cieście pszenżytnim, odpowiedzialnego za zatrzymywanie gazów wytwarzanych w czasie fermentacji. Obniżenie jakości trójwymiarowej siatki glutenu hamuje retencję ditlenku węgla [16]. Stwierdzona w niniejszych badaniach mniejsza objętość pieczywa z dodatkiem zmielonych nasion może być spowodowana zwiększoną ilością tłuszczu. Zdaniem Sharma i Chauhan [27] powstawanie kompleksu białkowo-lipidowego na skutek dużej podaży tłuszczu w układzie utrudnia powstawanie oraz zatrzymywanie gazu, co powoduje zmniejszoną objętość chleba. Pomeranz i wsp. [25] tłumaczą ponadto zmniejszenie objętości chleba wprowadzaniem do układu produktów bezglutenowych oraz bogatych w błonnik, co utrudnia retencję gazów. Znaczny udział błonnika w cieście negatywnie wpływa na formowanie i właściwości glutenu, a to zmniejsza jego zdolność do zatrzymywania gazów [15].

Pod względem objętości pieczywa ze 100 g mąki w badaniach własnych najniżej oceniono chleb z udziałem nasion słonecznika. Chleb ten, mimo mniejszej objętości w porównaniu z próbą kontrolną i próbami z dodatkiem innych nasion, wyróżniał się największą porowatością miękiszu. Pory w miękiszu były cienkościenne i równomiernie rozłożone. Z kolei najniżej oceniono porowatość miękiszu chleba kontrolnego i z dodatkiem nasion lnu (tab. 3).

Wilgotność miękiszu badanych chlebów była istotnie zróżnicowana, gdyż wahała się od 55,91 % (próba kontrolna) do 57,69 % (próba z dodatkiem nasion dyni). Otrzymane w badaniach wartości są wyższe o ok. 10 % w porównaniu z wilgotnością miękiszu chleba pszenżytniego z dodatkiem nasion lnianki [32]. Według PN-A-74103:1993 [19] wilgotność miękiszu chleba mieszanego nie powinna przekraczać 47 %.

W kolejnym etapie badań określono parametry tekstury chlebów pszenżytnich wzbogaconych nasionami roślin oleistych (tab. 4). Stwierdzono, że udział nasion

wpłynął na wzrost twardości miękiszu chleba, przy czym rodzaj dodawanych nasion nie miał statystycznie istotnego wpływu na wartość omawianego parametru. Podobnie nie wykazano statystycznego wpływu obecności zmielonych nasion dyni, słonecznika oraz lnu na spójność oraz elastyczność miękiszu. Natomiast największą gumowatością oraz żujnością w porównaniu z pozostałymi charakteryzował się miękisz chleba z dodatkiem nasion dyni (tab. 4).

Tabela 4. Wartości parametrów tekstury pieczywa pszenżytniego z udziałem zmielonych nasion roślin oleistych

Table 4. Values of texture parameters of triticale bread with ground oil-bearing plant seeds added

Próba chleba Bread sample	Parametr tekstury Texture parameter				
	Twardość Hardness [N]	Spójność Cohesiveness	Elastyczność Resilience	Gumowatość Gumminess [N]	Żujność Chewiness [N]
Próba kontrolna Control sample	9,99 ^a ± 0,76	0,37 ^a ± 0,01	0,73 ^a ± 0,03	3,88 ^a ± 0,14	2,76 ^a ± 0,16
Z nasionami dyni With pumpkin seeds	14,57 ^b ± 2,30	0,38 ^a ± 0,02	0,70 ^a ± 0,04	5,31 ^b ± 0,38	3,64 ^b ± 0,39
Z nasionami lnu With flax seeds	13,14 ^b ± 1,50	0,38 ^a ± 0,04	0,71 ^a ± 0,03	3,64 ^a ± 0,27	2,58 ^a ± 0,08
Z nasionami słonecznika With sunflower seeds	12,03 ^b ± 1,00	0,35 ^a ± 0,01	0,67 ^a ± 0,03	3,88 ^a ± 0,67	2,68 ^a ± 0,31

Objaśnienia jak pod tab. 2. / Explanatory notes as in Tab. 2.

Tabela 5. Parametry barwy pieczywa pszenżytniego z udziałem zmielonych nasion roślin oleistych

Table 5. Colour parameters of triticale bread with ground oil-bearing plant seeds added

Próba chleba / Bread sample	Parametry barwy / Colour parameters		
	L*	a*	b*
Próba kontrolna / Control sample	70,68 ^c ± 0,04	1,55 ^a ± 0,08	20,81 ^c ± 0,09
Z nasionami dyni / With pumpkin seeds	69,47 ^a ± 0,30	2,25 ^b ± 0,05	22,95 ^d ± 0,18
Z nasionami lnu / With flax seeds	60,15 ^b ± 0,50	3,27 ^c ± 0,30	15,28 ^a ± 0,12
Z nasionami słonecznika / With sunflower seeds	69,65 ^a ± 0,20	3,16 ^c ± 0,06	21,87 ^b ± 0,11

Objaśnienia jak pod tab. 2. / Explanatory notes as in Tab. 2.

Wartości parametrów barwy (L*, a*, b*) chleba z dodatkiem nasion słonecznika, lnu oraz dyni przedstawiono w tab. 5. Wykazano, że chleby wzbogacone nasionami roślin oleistych charakteryzowały się ciemniejszym miękiszem w porównaniu z chle-

bem kontrolnym. Wartość parametru L^* (określającego składową barwy – jasność) chleba z udziałem nasion lnu była o ok. 15 % niższa niż chleba kontrolnego. Z kolei pomiędzy wartością parametru L^* miękiszu chleba z nasionami dyni oraz nasionami słonecznika nie stwierdzono zróżnicowania statystycznie istotnego. Zmianę barwy miękiszu pod wpływem dodatku nasion stwierdzili Coelho i wsp. [7], którzy zaobserwowali ciemnienie miękiszu chleba pszennego na skutek dodatku mąki z nasion chia. Ciemnienie miękiszu chleba może wynikać ze zwiększonej ilości błonnika oraz tłuszczu w układzie na skutek obecności zmielonych nasion roślin oleistych. W badaniach własnych wartość parametru a^* wzrosła statystycznie istotnie w miękiszach chlebów z udziałem nasion w porównaniu z próbą kontrolną. Natomiast najniższą wartość parametru b^* stwierdzono w przypadku chleba pszenżytniego z dodatkiem lnu.

Tabela 6. Wartość odżywcza pieczywa pszenżytniego z udziałem zmielonych nasion roślin oleistych
Table 6. Nutritional value of triticale bread with ground oil-bearing plant seeds added

Próbka chleba Bread sample	Zawartość [% s.m.] / Content [% d.m.]				
	Białko ogółem Total protein	Tłuszcz surowy Crude fat	Skrobia Starch	Związki mineralne w postaci popiołu całkowitego Mineral compounds in the form of total ash	Błonnik surowy Crude fibre
Próba kontrolna Control sample	12,20 ^a ± 0,01	1,15 ^a ± 0,02	61,65 ^b ± 0,13	1,21 ^a ± 0,06	0,30 ^b ± 0,00
Z nasionami dyni With pumpkin seeds	14,66 ^d ± 0,05	4,35 ^b ± 0,03	55,55 ^a ± 0,32	1,91 ^d ± 0,08	0,20 ^a ± 0,00
Z nasionami lnu With flax seeds	13,64 ^c ± 0,02	4,73 ^c ± 0,05	55,37 ^a ± 0,79	1,76 ^c ± 0,14	0,18 ^a ± 0,04
Z nasionami słonecznika With sunflower seeds	13,19 ^b ± 0,00	5,82 ^d ± 0,04	55,62 ^a ± 0,68	1,52 ^b ± 0,11	0,33 ^b ± 0,04

Objaśnienia jak pod tab. 2. / Explanatory notes as in Tab. 2.

Badania składu chemicznego umożliwiły określenie wartości odżywczej pieczywa pszenżytniego z udziałem nasion roślin oleistych. Dodatek nasion wpłynął na zwiększenie zawartości większości składników odżywczych (tab. 6). Stwierdzono, że w stosunku do chleba kontrolnego w pieczywie z udziałem nasion wystąpił istotny wzrost zawartości: białka – o ok. 20 % (dynia), tłuszczu – o ok. 400 % (słonecznik), składników mineralnych – o 36 % (dynia) oraz istotne zmniejszenie zawartości skrobi – o 11 %. Zwiększona zawartość tłuszczu w chlebie związana jest z wyższą podażą cennych żywieniowo NNKT oraz substancji przeciwutleniających, takich jak tokoferole, karotenoidy, polifenole. W przypadku pieczywa z dodatkiem nasion roślin oleistych

wątpliwość może jednak budzić jakość obecnego w nim tłuszczu. Wysoka temperatura panująca podczas wypieku chleba może być przyczyną utleniania tłuszczu, co prowadzi do strat wartości żywieniowej produktu. Zachodzący proces utleniania prowadzi do zmniejszenia zawartości NNKT, zwiększając przy tym udział kwasów nasyconych, którym przypisuje się podwyższenie ryzyka wystąpienia nowotworów i choroby niedokrwiennej serca. Z kolei powstałe na skutek utleniania wolne rodniki są przyczyną wielu schorzeń ustrojowych [30]. Spośród badanych chlebów największą zawartością błonnika surowego charakteryzował się chleb z nasionami słonecznika. Pastuszka i wsp. [17] stwierdzili wzrost zawartości białka, tłuszczu, składników mineralnych oraz błonnika pokarmowego w bułkach bezglutenowych na skutek dodatku nasion lnu oleistego. Skrbic i Filipcev [29] również potwierdziły korzystny wpływ dodatku nasion słonecznika na wartość odżywczą chleba pszennego.

Wykazano także, że dodatek zmielonych nasion roślin oleistych do mąki pszenżytniej wpłynął istotnie na aktywność przeciwutleniającą otrzymanego chleba (tab. 7).

Tabela 7. Aktywność przeciwutleniająca i całkowita zawartość związków polifenolowych w chlebach pszenżytnich z udziałem zmielonych nasion roślin oleistych

Table 7. Antioxidant activity and total content of polyphenol compounds in triticale bread with ground oil-bearing plant seeds added

Próba chleba Bread sample	ABTS ⁺⁺	DPPH	FRAP	Związki polifenolowe Polyphenol compounds
	[μmol Trolox/100 g s.m.] [μmol Trolox/100 g d.m.]			[mg GAE/100 g]
Próba kontrolna Control sample	276,00 ^a ± 4,61	83,14 ^a ± 1,12	65,10 ^a ± 1,11	34,60 ^a ± 1,62
Z nasionami dyni With pumpkin seeds	307,00 ^b ± 5,35	93,80 ^b ± 1,23	67,40 ^b ± 1,21	39,10 ^b ± 1,76
Z nasionami lnu With flax seeds	425,20 ^c ± 4,98	111,70 ^c ± 1,44	171,20 ^c ± 2,89	55,60 ^c ± 1,89
Z nasionami słonecznika With sunflower seeds	796,80 ^a ± 5,69	564,04 ^d ± 1,98	631,2 ^d ± 3,19	179,30 ^d ± 3,03

Objaśnienia jak pod tab. 2. / Explanatory notes as in Tab. 2.

Potencjał przeciwutleniający chlebów wzbogaconych był wyższy w porównaniu z chlebem kontrolnym. Udział zmielonych nasion słonecznika wpłynął najkorzystniej na omawianą właściwość, gdyż aktywność przeciwutleniająca tego chleba oznaczona metodami ABTS⁺⁺, DPPH oraz FRAP była wyższa od wartości tych parametrów w chlebie kontrolnym odpowiednio o [%]: 188, 579 i 870. Co więcej, ogólna zawartość związków polifenolowych także wzrosła na skutek wprowadzenia nasion do ciasta. Wartość omawianego parametru wahała się od 34,60 mg GAE/100 g (w próbie kon-

trolnej) do 179,30 mg GAE/100 g (w chlebie z udziałem nasion słonecznika). Uzyskane wyniki znajdują potwierdzenie w badaniach innych autorów [33], w których aktywność przeciwutleniająca chleba była skorelowana z rodzajem nasion dodanych do niego. W badaniach można wykazać związek pomiędzy zawartością związków polifenolowych ogółem oraz aktywnością przeciwutleniającą a zawartością tłuszczu w dodawanych nasionach. Najmniejszą zawartością tłuszczu charakteryzowały się nasiona dyni (19 % – dane producenta). W nasionach lnu oraz słonecznika tłuszcz stanowił odpowiednio: ok. 36 i 50 % masy nasion.

Wnioski

1. Zastosowanie 10-procentowego udziału zmielonych nasion dyni, lnu i słonecznika w mieszance z mąką pszenżytnią wpłynęło korzystnie na właściwości fizykochemiczne i wartość odżywczą otrzymanych chlebów.
2. Wydajność ciasta, wydajność pieczywa oraz wilgotność miękiszu były istotnie większe w chlebach z udziałem nasion w porównaniu z próbą kontrolną. Natomiast chleb z udziałem słonecznika charakteryzował się najmniejszą objętością.
3. Zastosowany udział nasion roślin oleistych wpłynął na istotne zwiększenie zawartości podstawowych składników odżywczych w chlebie pszenżytnim, tj. białka, tłuszczu, związków mineralnych. Zmniejszeniu uległa przy tym zawartość frakcji węglowodanowej.
4. Obecność zmielonych nasion roślin oleistych w chlebie przyczyniła się do wzrostu jego potencjału przeciwutleniającego oraz ogólnej zawartości polifenoli. Najkorzystniejszy okazał się udział nasion słonecznika.
5. Wzbogacanie pieczywa pszenżytniego nasionami roślin oleistych jest uzasadnionym zabiegiem z punktu widzenia jakości otrzymanego chleba oraz jego właściwości prozdrowotnych.

Badania sfinansowane w ramach dotacji Uniwersytetu Rzeszowskiego na prowadzenie badań służących rozwojowi młodych naukowców w 2016 roku.

Literatura

- [1] Achremowicz B., Ceglińska A., Gambuś H., Haber T., Obiedziński M.: Technologiczne wykorzystanie ziarna pszenżyta. *Post. Techn. Przetw. Spoż.*, 2013, 1, 113-120.
- [2] AOAC: *Official Methods of Analysis*. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists International, Gaithersburg 2006.
- [3] Benzie I.F.F., Strain J.J.: The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay. *Anal. Biochem.*, 1996, 239, 70-76.
- [4] Ceglińska A., Cacak-Pietrzak G., Haber T.: Porównanie jakości pieczywa pszenżytniego, pszennego i żytniego. *Przegl. Piek. Cukier.*, 2003, 51 (11), 4-5.

- [5] Ceglińska A., Cichy H., Cacak-Pietrzak G., Haber T., Smuga W.: Wykorzystanie pszenżyta jarego do produkcji pieczywa. *Fol. Univ. Agric. Stetin. Agric.*, 2006, 247 (100), 39-44.
- [6] Ceglińska A., Haber T.: Wartość technologiczna wybranych odmian pszenżyta ozimego. *Biul. IHAR*, 2001, 218/219, 315-332.
- [7] Coelho M.S., Sallas-Mellado M.: Effects of substituting chia (*Salvia hispanica* L.) flour or seeds for wheat flour on the quality of the bread. *LWT – Food Sci. Technol.*, 2015, 60, 729-736.
- [8] Czubaszek A.: Charakterystyka technologiczna pszenżyta hodowli polskiej na podstawie metod pośrednich i wypieku laboratoryjnego. Cz. III. Wartość wypiekowa odmian pszenżyta. *Hod. Rośl. Aklim. Nasien.*, 1995, 39 (3), 95-109.
- [9] Fik M.: Czerstwienie pieczywa i sposoby przedłużania jego trwałości. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, 2 (39), 5-22.
- [10] Gao X., Ohlander M., Jeppson N., Björk L., Trajkovski V.: Changes in antioxidant effects and their relationship to phytonutrients in fruits of sea buckthorn during maturation. *J. Agric. Food Chem.*, 2000, 48, 1485-1490.
- [11] Jakubczyk T., Haber T. (Red.): *Analiza zbóż i przetworów zbożowych*. Wyd. SGGW, Warszawa 1983.
- [12] Kopeć A., Bać A.: Wpływ dodatku mąki łubinowej na jakość pieczywa pszenżytnego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2013, 5 (90), 142-153.
- [13] McKevith B.: Nutritional aspects of oilseeds. *Nutr. Bull. BNF*, 2005, 30, 13-26.
- [14] Mierzejewska S., Bać A., Kopeć A., Jaroszewicz E., Piepiórka-Stepuk J.: Badanie przydatności mąki i śruty pszenżytniej jako surowców do produkcji chleba. *Inż. Przetw. Spoż.*, 2015, 2 (14), 21-23.
- [15] Noort M.W., van Haaster D., Hemery Y., Schols H.A., Hamer R.J.: The effect of particle size of wheat bran fractions on bread quality – Evidence for fibre – protein interactions. *J. Cereal Sci.*, 2010, 52 (1), 59-64.
- [16] Nwosu U.L., Elochukwu C.U., Onwurah C.O.: Physical characteristics and quality of bread produced from wheat African oil bean flour blends. *Afr. J. Food Sci.*, 2014, 8 (6), 351-355.
- [17] Pastuszka D., Gambuś H., Sikora M.: Wartość odżywcza i dietetyczna pieczywa bezglutenowego z dodatkiem nasion lnu oleistego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, 3 (82), 155-167.
- [18] Pena R.J.: Food uses of triticale. In: *Triticale Improvement and Production*. FAO Plant Production and Protection Paper No. 179. Eds. M. Mergoum and H. Gomez-Macpherson. Food and Agriculture Organization of United Nations, Rome 2004, pp. 37-48.
- [19] PN-A-74103:1993. *Pieczywo mieszane*.
- [20] PN-EN ISO 21415-2:2015-12. *Pszenica i mąka pszenna. Ilość glutenu. Część 2: Oznaczanie glutenu mokrego i indeksu glutenu za pomocą urządzeń mechanicznych*.
- [21] PN-EN ISO 21415-4:2008. *Pszenica i mąka pszenna. Ilość glutenu. Część 4: Oznaczanie glutenu suchego z glutenu mokrego metodą szybkiego suszenia*.
- [22] PN-EN ISO 2171:2010. *Ziarno zbóż, nasiona roślin strączkowych i ich przetwory. Oznaczanie zawartości popiołu metodą spalania*.
- [23] PN-EN ISO 3093:2010. *Pszenica, żyto i mąki z nich uzyskane, pszenica durum i semolina. Oznaczanie liczby opadania metodą Hagberga-Pertena*.
- [24] PN-EN ISO 5530-1:2015-01. *Mąka pszenna. Fizyczne właściwości ciasta. Część 1: Oznaczanie wodochłonności i właściwości reologicznych za pomocą farinografu*.
- [25] Pomeranz Y., Shorgen M., Finney K.F., Bechtel D.B.: Fiber in bread making-effects on functional properties. *Cereal Chem.*, 1977, 54, 25-41.
- [26] Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C.: Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.*, 1999, 26, 1231-1237.

- [27] Sharma H.R., Chauhan G.S.: Physicochemical and rheological quality characteristics of fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.) supplemented wheat flour. *J. Food Sci. Technol.*, 2000, 37 (1), 87-90.
- [28] Sicińska E.: Produkty zbożowe u podstaw piramidy zdrowego żywienia. *Przem. Spoż.*, 2010, 11 (64), 18-20.
- [29] Skrbic B., Filipcev B.: Nutritional and sensory evaluation of wheat breads supplemented with oleic-rich sunflower seed. *Food Chem.*, 2008, 108, 119-128.
- [30] Tańska M., Rotkiewicz D.: Jakość tłuszczu nasion oleistych zastosowanych do produkcji wybranych rodzajów pieczywa. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, 5 (78), 62-74.
- [31] Yen G.C., Chen H.Y.: Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity. *J. Agric. Food Chem.*, 1995, 43, 27-32.
- [32] Zgórska K., Plawgo A., Wojtasik-Kalinowska I., Dymkowska-Malesa M.: Wpływ dodatku nasion lnianki na jakość pieczywa z pszenżyta. *Post. Techn. Przetw. Spoż.*, 2010, 1 (10/36), 23-25.
- [33] Zieliński H., Michalska A., Ceglińska A.: Antioxidant properties of spelt bread. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2008, 58 (2), 217-222.

EFFECT OF SELECTED OIL-BEARING PLANT SEEDS CONTAINED IN TRITICALE BREAD ON ITS QUALITY

S u m m a r y

The objective of the research study was to assess the effect of oil-bearing plant seeds contained in the flour blend with triticale flour on the quality of breads made thereof. The content of pumpkin, flax, and sunflower seeds in the flour blend was 10 % per weight of the flour. Breads were made using a straight dough method with yeast added. The following was calculated: yield of dough, oven loss, total baking loss, and yield of bread. The volume of the breads produced was measured and the porosity of their crumb, colour (CIE L* a* b*), and texture were assessed. In addition, the content of basic nutrients (total protein, crude fat, starch, crude fibre, and mineral compounds in the form of total ash) was determined. Antioxidant properties (using ABTS^{•+}, DPPH, and FRAP methods) were determined as was the content of total polyphenols.

It was found that the content of oil-bearing plant seeds in bread had an effect on its physicochemical properties and nutritional value. An increase was reported in the yield of dough and bread as well as a decrease in the value of oven loss compared to the bread without seeds added. The triticale bread with sunflower seeds added was characterized by the smallest volume and, at the same time, it was distinguished by the best porosity of its crumb. Moreover, it was found that the presence of oil-bearing plant seeds in the experimental material caused the nutritional value, antioxidant properties, and content of total polyphenols to increase.

Key words: triticale, bread quality, bread enrichment, oil-bearing plant seed, antioxidant properties ☒

MONIKA WESOŁOWSKA, MAŁGORZATA DŻUGAN

AKTYWNOŚĆ I STABILNOŚĆ TERMICZNA DIASTAZY WYSTĘPUJĄCEJ W PODKARPACKICH MIODACH ODMIANOWYCH

Streszczenie

Celem pracy było porównanie aktywności diastazy w miodach odmianowych, a także ocena stabilności termicznej enzymu podczas rozpuszczania i długotrwałego przechowywania miodu. Materiał do badań stanowiło 25 miodów odmianowych pozyskanych z pasiek działających na terenie Podkarpacia, w tym wielokwiatowy, nawłociowy, rzepakowy, lipowy i spadziowy. Liczbę diastazową (DN) określono w miodach świeżych, długotrwałe przechowywanych i poddanych ogrzewaniu za pomocą testu Phadebas Honey Diastase test. Najwyższą aktywność α -amylazy stwierdzono w miodach nawłociowych i lipowych (odpowiednio: 32,65 i 31,47 DN), a najniższą – w miodach rzepakowych (15,32 DN), przy czym wszystkie badane próbki spełniały limit określony w obowiązujących przepisach. Miody ciemne charakteryzowały się wyższą aktywnością diastazy, współczynnik korelacji Pearsona (r) pomiędzy barwą (mierzoną w jednostkach absorbancji przy $\lambda = 450$ nm) a liczbą diastazową miodu wyniósł 0,75. Podczas przechowywania próbek miodu w temp. 20 ± 2 °C przez 24 miesiące obserwowano obniżenie aktywności diastazy o $17 \div 42$ % w zależności od odmiany. Aktywność diastazy malała ze wzrostem temperatury rozpuszczalnika użytego do rozcieńczania miodu, przy czym enzym był stabilny w zakresie $20 \div 40$ °C, a po przekroczeniu temp. 60 °C stwierdzono drastyczną inhibicję jego aktywności. Ponadto roztwór miodu przechowywany w temp. 20 ± 2 °C przez 24 h nie tracił aktywności enzymatycznej. Wykazano, że stosowanie miodu do słodzenia ciepłych (poniżej 60 °C) napojów nie powoduje całkowitej dezaktywacji diastazy.

Słowa kluczowe: miód, aktywność enzymatyczna, liczba diastazowa, podgrzewanie miodu

Wprowadzenie

Miód jest naturalną słodką substancją stosowaną od wieków nie tylko jako produkt spożywczy, ale także jako środek leczniczy wykazujący właściwości przeciwtle-

Mgr inż. M. Wesółowska, dr hab. inż. M. Dżugan, prof. nadzw., Katedra Chemii i Toksykologii Żywności, Wydz. Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Ćwiklińskiej 1a, 35-601 Rzeszów. Mgr inż. M. Wesółowska, Slovenská Poľnohospodárska Univerzita v Nitre, Tr. A Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovakia. Kontakt: mwesolowska@ur.edu.pl

niające [16, 28], przeciwbakteryjne [12, 23] oraz przeciwzapalne [8]. Miód jest wytwarzany przez pszczoły (*Apis mellifera*) z nektaru roślin, wydzielin roślinnych i wydzielin owadów ssących. Ze względu na rodzaj pożytku pszczelego wyróżnia się miód nektarowy (wytwarzany z nektaru kwiatów), spadziowy (wytwarzany z wydzielin owadów ssących soki żywych części roślin lub wydzielin żywych części roślin) oraz miód nektarowo-spadziowy [19]. W składzie chemicznym miodu dominują głównie cukry proste: fruktoza i glukoza (ok. 80 %) i woda (ok. 17 %). O wartości biologicznej miodu decyduje jednak zawartość pozostałych składników (ok. 3 %), takich jak: białka, enzymy, aminokwasy, kwasy fenolowe, witaminy, oraz makro- i mikroelementy [13]. Skład miodu jest zmienny i zależy przede wszystkim od jego pochodzenia botanicznego [9, 11], ale także wielu czynników sezonowych i środowiskowych [24]. Ciemne miody zawierają więcej korzystnych składników i wykazują silniejszą aktywność przeciwutleniającą niż miody jasne [5, 28]. Powszechnie przyjmuje się, że składniki roślin leczniczych mogą być przenoszone do miodu, co nadaje miodom odmianowym specyficznych właściwości leczniczych [15, 2].

Enzymy w miodzie pszczelim występują w ilościach minimalnych, ale są jego bardzo ważnymi składnikami, ponieważ decydują o procesach dojrzewania i aktywności biologicznej tego produktu. Enzymy występujące w miodzie pochodzą głównie z wydzielin gruczołów ślinowych pszczół, jednak niewielkie ilości mogą pochodzić również z ziaren pyłków lub spadzi [20]. Pszczoły zbieraczki zaczynają wzbogacać nektar lub spadź w enzymy już w trakcie lotu z terenów pożytkowych do ula. Kolejnym etapem wzbogacania miodu w enzymy jest proces jego dojrzewania, kiedy pszczoły ulowe przenoszą go do coraz wyższych części plastra [15]. Ilość enzymów dodanych przez pszczoły do miodu jest zależna nie tylko od stanu zdrowia i wieku pszczół, ale również od plonowania roślin [7]. Zawartość enzymów w miodzie może być mniejsza podczas intensywnego okresu pożytkowego, gdy pszczoły robotnice nie nadążają z wytwarzaniem miodu [3]. Obecność enzymów, takich jak α - i β -amylaza, katalaza, inwertaza, maltaza, glukooksydaza, kwaśna fosfataza i lizozym została potwierdzona w miodach odmianowych [13]. Są one uznawane za najmniej stabilne termicznie składniki wykorzystywane do kontroli jakości miodu. Uznany wskaźnikiem jakości, uwzględnionym w polskich i międzynarodowych wymaganiach prawnych dotyczących miodu, jest α -amylaza (diastaza), enzym odpowiedzialny za proces hydrolizy cukrów złożonych. Miód naturalny nie zawiera cukrów złożonych, obecność amylazy została jednak potwierdzona w większości badanych miodów, a funkcja tego enzymu w miodzie nie jest do końca poznana [29]. Prawdopodobnie występowanie tego enzymu w miodzie, który pszczoły gromadzą w plastrach jako pokarm dla rodziny pszczelej, jest niezbędne przede wszystkim dla rozwoju młodych pszczół, a nie w procesie dojrzewania miodu [29]. Niemniej jednak aktywność diastazy jest ważnym pa-

rametrem jakości miodu, stosowanym w celu wykrycia przegrzania, fałszowania lub innych zabronionych zabiegów [18].

Aktywność diastazy (α -amylaza, EC 3.2.1.1) mierzona w skali Schade'a jako liczba diastazowa (DN, *diastase number*) jest definiowana jako ilość enzymu, która przekształca 0,01 grama skrobi w ciągu jednej godziny w temp. 40 °C [19]. Ostatnio wdrożono alternatywną procedurę z użyciem testu Phadebas® test tablets, wykorzystującą nierozpuszczalny zabarwiony substrat skrobiowy [17]. Test został zaakceptowany jako bardziej skuteczny do kontroli zafałszowania miodu amylazami obcego pochodzenia [26]. Liczba diastazowa w świeżym nieogrzewanym miodzie jest bardzo zróżnicowana również w obrębie tej samej odmiany, ale zgodnie z Dyrektywą UE [10] oraz Rozporządzeniem Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w sprawie jakości handlowej miodu nie może być mniejsza niż 8 DN [19]. Przyjmuje się, że aktywność amylazy drastycznie obniża się podczas podgrzewania miodu powyżej 45 °C, w związku z czym liczba diastazowa miodu może być wykorzystywana jako parametr jego jakości [14].

Celem pracy było określenie liczby diastazowej różnych odmian miodu, a także ocena wpływu termicznego przetwarzania i przechowywania miodu na aktywność diastazy.

Materiał i metody badań

Materiał do badań stanowiło 25 próbek miodów, w tym: wielokwiatowy (5), nawłociowy (5), rzepakowy (5), lipowy (5) i spadziowy (5). Miody pobrano bezpośrednio od pszczelarzy działających na terenie województwa podkarpackiego w sezonie pszczelarskim 2014 i przechowywano w temp. 20 ± 2 °C z ograniczonym dostępem światła do czasu analiz. Klasyfikacja odmian miodu została dokonana przez pszczelarzy na podstawie barwy i dostępności poszczególnych pożytków. Liczbę diastazową oznaczano według metody uwzględnionej w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi [19] za pomocą testu Phadebas Honey Diastase test (© Magle AB Lund, Sweden 2010) zgodnie z załączoną procedurą. W tym celu 1 g miodu rozcieńczano w kolbie miarowej o poj. 100 cm³ 0,1 M buforem octanowym o pH 5,2. Następnie 5 ml roztworu miodu podgrzewano w łaźni wodnej do temp. 40 °C i dodawano tabletkę testową. Całość inkubowano w łaźni wodnej w temp. 40 °C przez 30 min. Po tym czasie zatrzymywano reakcję enzymatyczną, dodając 1 ml 0,5 M NaOH. Roztwór sączonego przez sączone bibułowy i mierzono absorbancję przesączonego względem próby zerowej w spektrofotometrze (Biomate 3, ThermoScientific Inc., Waltham, MA, USA) przy długości fali $\lambda = 620$ nm. Wyniki wyrażone jako DN (*diastase number*) odczytywano z tabeli przeliczeniowej dołączonej do testu. Oznaczenie powtórzone w miodach przechowywanych w temp. 20 ± 2 °C przez 24 miesiące. W celu określenia stabilności termicznej diastazy wybrane próbki miodu (z każdej odmiany o najwyższej aktywności wyjściowej badanego enzymu) rozpuszczano w 0,1 M buforze octanowym (pH 5,2)

o wzrastającej temperaturze (20, 40, 60, 70, 80 i 100 °C), po czym roztwory schładzano do temp. 20 ± 2 °C i oznaczano liczbę diastazową według standardowej procedury. Dodatkowo, w celu sprawdzenia stabilności diastazy po 100-krotnym rozcieńczeniu miodu buforem o optymalnym pH i temp. 20 °C, roztwory przechowywano przez 24 h w temp. 20 ± 2 °C, a następnie powtarzano oznaczanie liczby diastazowej. Intensywność barwy badanych miodów analizowano metodą spektrofotometryczną na podstawie pomiaru absorbancji 50-procentowych (m/v) wodnych roztworów miodu (odwirowanych przy $14000 \times g$, 10 min) przy długości fali $\lambda = 450$ nm (A_{450}). Wszystkie analizy wykonano w dwóch powtórzeniach, a współczynnik powtarzalności wyliczony zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi [19] nie przekraczał wartości 0,063. Liczbę diastazową miodów korelowano z ich barwą (A_{450}), wyznaczając współczynnik korelacji liniowej Pearsona (r). Istotność różnic między wartościami średnimi parametrów poszczególnych odmian miodu oraz będących wynikiem przechowywania miodów zweryfikowano jednoczynnikową analizą wariancji (ANOVA) z testem Tukeya ($p < 0,05$). Analizy statystyczne wykonano w programie Statistica 13 (StatSoft Polska, 2013).

Wyniki i dyskusja

W analizowanych próbkach miodów odmianowych pochodzących z terenu Podkarpacia oznaczono wartość liczby diastazowej bezpośrednio po pobraniu w pasiece oraz po 24 miesiącach przechowywania w temp. 20 ± 2 °C (tab. 1). Wszystkie badane miody spełniały limity określone w obowiązujących regulacjach prawnych [10, 19]. Spośród badanych odmian miody nawłociowe, lipowe i spadziowe charakteryzowały się największą aktywnością α -amylazy ($p < 0,05$) odpowiednio [DN]: 32,65, 31,47 i 27,92. Najniższą liczbę diastazową stwierdzono w miodach rzepakowych (15,32 DN). Ponadto wykazano, że ciemne miody charakteryzowały się wyższą aktywnością diastazową niż miody jasne, o czym świadczy współczynnik korelacji ($r = 0,75$) pomiędzy barwą miodu (A_{450}) a jego liczbą diastazową.

Uzyskane wyniki są porównywalne do podawanych przez innych autorów badających miody o różnym pochodzeniu geograficznym. Kowalski i wsp. [14] wykazali w polskich miodach spadziowych liczbę diastazową na poziomie $18,0 \div 23,2$ DN. Vorlov i Pridal [27] uzyskali niższe wyniki w czeskich miodach kwiatowych ($11,24 \div 30,3$ DN), a wyższe w miodach spadziowych ($13,6 \div 45,4$ DN). Tosi i wsp. [25] stwierdzili w argentyńskich miodach wielokwiatowych liczbę diastazową na poziomie $11,2 \div 25,8$ DN. Wpływ odmiany miodu na aktywność diastazy potwierdzają również badania innych autorów [3, 17].

Przechowywanie próbek miodu w temp. 20 ± 2 °C przez 24 miesiące spowodowało nieznaczne zmniejszenie aktywności diastazy, średnio o ok. 31 % (tab. 1). Największe, statystycznie istotne ($p < 0,05$) obniżenie aktywności amylazy zaobserwowano

w przypadku miodów lipowych i nawłociowych (o 42 i 37 %), najmniejsze zaś – w przypadku miodów rzepakowych (17 %). Odmiana miodu istotnie wpływała na stabilność diastazy, co zostało potwierdzone w badaniach własnych. Sancho i wsp. [21] zaobserwowali, że przechowywanie hiszpańskiego miodu przez 28 miesięcy w temp. 20 ± 2 °C spowodowało obniżenie aktywności amylazy w miodach wrzosowych o $72,7 \pm 9,8$ %, w miodach koniczynowych o $56,3 \pm 11,6$ %, podczas gdy w miodach eukaliptusowych o $34,3 \pm 13,6$ %. W badaniach leśnego miodu nepalskiego wykazano dużo większe straty diastazy podczas 8-miesięcznego przechowywania miodów, obniżenie liczby diastazowej wyniosło ok. 65 % [22].

Tabela 1. Aktywność diastazowa miodów świeżych i przechowywanych 24 miesiące [DN]

Table 1. Diastatic activity of fresh and 24 month stored honey samples [DN]

Odmiana miodu Variety of honey	Miody świeże Fresh honey	Miody przechowywane przez 24 miesiące Honey stored for 24 months	
Wielokwiatowy Multifloral	$22,15 \pm 8,20$	$15,45 \pm 6,95$	↓ 30 %
Lipowy Tilia	$31,99^a \pm 9,60$	$18,53^b \pm 3,03$	↓ 42 %
Nawłociowy Goldenrod	$33,08^a \pm 3,34$	$20,92^b \pm 5,98$	↓ 37 %
Rzepakowy Rape	$15,35 \pm 1,58$	$12,75 \pm 2,86$	↓ 17 %
Spadziowy Honeydew	$27,92^a \pm 5,41$	$19,50^b \pm 3,34$	↓ 30 %

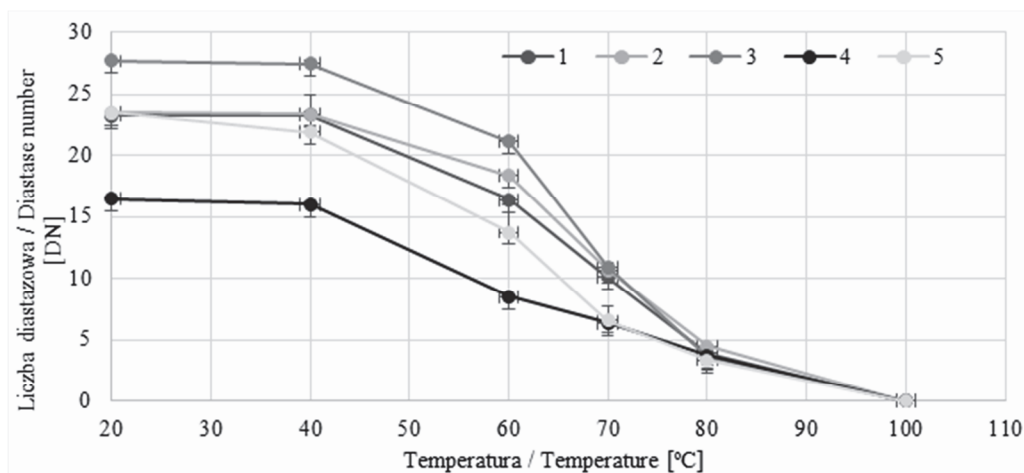
Objaśnienia / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie $\pm$ odchylenia standardowe / Table shows mean values $\pm$ standard deviations; a, b – wartości średnie oznaczone różnymi literami różną się statystycznie istotnie ($p < 0,05$) / mean values denoted by different letters differ statistically significantly ($p < 0.05$);

↓ – obniżenie aktywności diastazowej / decrease in diastatic activity.

Stabilność termiczna diastazy podczas rozpuszczania miodu w podwyższonych temperaturach ($40 \div 100$ °C) była podobna we wszystkich analizowanych odmianach miodu (rys. 1). Brak zmian aktywności diastazy obserwowano w temperaturze rozpuszczania nieprzekraczającej 40 °C, podczas gdy wyższe temperatury powodowały inhibicję enzymu. Największą inhibicję aktywności α -amylazy w temp. 60 °C obserwowano w miodzie lipowym (o ok. 20 %), a miód rzepakowy był najbardziej wrażliwy na działanie wysokiej temperatury, w temp. 60 °C aktywność amylazy obniżała się o ok. 50 %. Zastosowanie wyższych temperatur (powyżej 80 °C) powodowało całkowitą dezaktywację enzymu we wszystkich badanych próbkach miodów. Analogiczne wyniki uzyskali Tosi i wsp. [25], którzy stwierdzili obniżenie aktywności diastazy o ok. 20 % podczas podgrzewania miodu wielokwiatowego do 60 °C i niemal całkowi-

tą dezaktywację amylazy przy podgrzaniu miodów do 90 °C. Dodatkowo cytowani autorzy wykazali, że wydłużenie czasu ogrzewania próbki (od 120 do 1200 s) wpływa nieznacznie ujemnie na aktywność amylolityczną miodu i zasugerowali, że największy ubytek tego enzymu następuje na początku ogrzewania. Kowalski i wsp. [14] dowiedli, że podgrzanie miodu za pomocą promieniowania mikrofalowego do temp ok. 80 °C powoduje zmniejszenie liczby diastazowej o ok. 35 %. Ramirez Cervantes i wsp. [18] stwierdzili obniżenie tej liczby o 6,8 i 2,5 DN w dwóch miodach ogrzewanych w temp. 55 °C przez 15 min. Bogdanov [6] wykazał, że obróbka cieplna miodu nie powinna przekraczać 31 dni w temp. 40 °C, jednak może ona zostać skrócona do 2 h w temp. 80 °C bez znaczącego zmniejszenia aktywności diastazy. Z drugiej strony wykazano, że skrócenie czasu upłynniania miodu przez podwyższanie temperatury procesu powoduje powstawanie niepożądanego 5-hydroksymetylofurfuralu [1, 4, 14].



Objaśnienia / Explanatory notes:

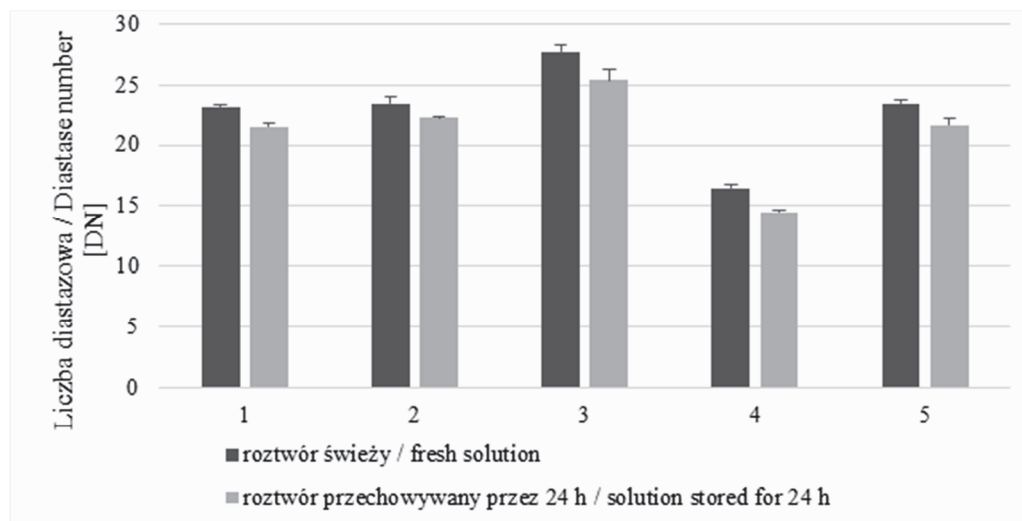
1 – miód wielokwiatowy / multifloral honey, 2 – miód lipowy / tilia honey, 3 – miód nawłociowy / goldenrod honey, 4 – miód rzepakowy / rape honey, 5 – miód spadziowy / honeydew honey

Rys. 1. Stabilność termiczna diastazy występującej w miodach odmianowych podczas rozpuszczania w buforze octanowym (pH 5,2) o różnej temperaturze

Fig. 1. Thermal stability of diastase present in varietal honey while dissolving it in acetate buffer (pH 5.2) at different temperatures

Na podstawie analizy aktywności diastazy w roztworze miodu (100-krotnie rozcieńczonym), w optymalnym pH, po 24-godzinym przechowywaniu w temp. 20 ± 2 °C wykazano nieznaczne obniżenie aktywności enzymu niezależne od odmiany miodu ($p < 0,05$) (rys. 2). Kędzia i Hołderna-Kędzia [13] dowiedli, że rozcieńczenie miodu wodą pozwala na uzyskanie znacznie większej aktywności przeciwbakteryjnej w po-

równaniu z tą wynikającą z dużego stężenia cukrów w miodzie. Spostrzeżenia te zwróciły uwagę badaczy na antybiotyczne składniki enzymatyczne, do których zalicza się: oksydazę glukozy i lizozym. Z badań własnych wynika, że amylaza nie jest składnikiem miodu, którego zawartość wzrasta podczas rozcieńczania miodu.



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

Rys. 2. Wpływ przechowywania 100-krotnie rozcieńczonego roztworu miodu na jego aktywność diastazową – w temp. 20 ± 2 °C przez 24 h

Fig. 2. Effect of storing hundredfold diluted honey solution at temperature 20 ± 2 °C for 24 h on its diastatic activity

Liczba diastazowa jest ważnym parametrem jakości miodu, będącym wskaźnikiem jego enzymatycznej aktywności. Zgodnie z obowiązującymi przepisami powinna być ona wyższa od 8 [10, 19]. Krajowe miody dobrej jakości w zależności od odmiany charakteryzują się wysoką aktywnością enzymatyczną, a ich liczba diastazowa jest często wyższa od 20. Ustalenie granicznych wartości tego parametru w krajowych miodach odmianowych jest szczególnie istotne dla kontroli jakości produktów obecnych na polskim rynku, a obniżenie liczby diastazowej miodu powinno być traktowane jako jego zafałszowanie. Niska wartość liczby diastazowej może wskazywać na niewłaściwie przeprowadzoną dekrystalizację miodu, ale także świadczyć o celowym dodaniu do miodu syropów cukrowych lub podkarmianiu nimi pszczoł [30]. W badaniach własnych wykazano, że nie tylko aktywność, ale i stabilność termiczna diastazy jest zróżnicowana odmianowo, co może ograniczać przydatność tego parametru do identyfikacji miodów poddanych obróbce termicznej.

Wnioski

1. Aktywność diastazy była zróżnicowana i zależna od odmiany miodu, przy czym miody ciemne wykazywały wyższą liczbę diastazową niż miody jasne.
2. Świeże miody podkarpackie charakteryzowały się wysoką liczbą diastazową, która zmniejszała się podczas długotrwałego przechowywania miodów, ale w żadnym przypadku nie stwierdzono przekroczeń limitu ustalonego w regulacjach prawnych.
3. Diastaza (α -amylaza EC 3.2.1.1) miodu wykazuje bardzo dobrą stabilność termiczną w zakresie temperatur $20 \div 40$ °C. Drastyczna inhibicja aktywności zachodzi w wyższych temperaturach, powyżej 60 °C, co potwierdza możliwość użycia miodu do słodzenia ciepłych, ale nie gorących napojów z zachowaniem jego aktywności diastazowej.

Źródło finansowania: PB KChTŻ/2016

Literatura

- [1] Al-Diab D., Jarkas B.: Effect of storage and thermal treatment on the quality of some local brands of honey from Latakia markets. *J. Ent. Zoology Stud.*, 2015, 3 (3), 328-334.
- [2] Alvarez-Suarez J.M., Gasparrini M., Forbes-Hernández T.Y., Mazzoni L., Giampieri F.: The composition and biological activity of honey: A focus on Manuka honey. *Foods*, 2014, 3, 420-432.
- [3] Amri A., Ladjama A.: Enzymes activities, hydroxymethylfurfural content and pollen spectrum of some Algerian honey. *Afr. J. Agric. Res.*, 2015, 10 (7), 613-622.
- [4] Amsiejus A., Danilcenko H., Jariene E., Jeznach M., Kulaitiene J.: Consumer assessment of varietal honeys and effect of thermal liquefaction of the product on some of its qualitative parameters. *J. Apic. Sci.*, 2012, 55 (1), 5-13.
- [5] Bertonecjl J., Dobersek U., Jamnik M., Golob T.: Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. *Food Chem.*, 2007, 105, 822-828.
- [6] Bogdanov S.: Liquefaction of honey. *Apiacta*, 1993, XXVIII, 4-10.
- [7] Da Silva P.M., Gauche C., Gonzaga L.V., Costa A.C.O., Fett R.: Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chem.*, 2016, 196, 309-323.
- [8] Devasvaran K., Yong Y.K.: Anti-inflammatory and wound healing properties of Malaysia Tualang honey. *Curr. Sci.*, 2013, 110 (1), 47-51.
- [9] Dezmirean G.I., Mărghițaș L.A., Bobiș O., Dezmirean D.S., Bonta V., Erler S.: Botanical origin causes changes in nutritional profile and antioxidant activity of fermented products obtained from honey. *J. Agric. Food Chem.*, 2012, 60, 8028-8035.
- [10] Dyrektywa Rady 2001/110/WE z dnia 20 grudnia 2001 r. odnosząca się do miodu. *Dz. Urz. UE L* 10, ss. 47-52, z 12.01.2002 z późn. zm.
- [11] Isnandia A.A., Tania M.S., Celso A.C., Neide Q., Marciane M.J., Luiz E.B., Edeltrudes O.L., Antonia L.S., Antonio G.S.: Phenolic profile, antioxidant activity and palynological analysis of stingless bee honey from Amazonas, northern Brazil. *Food Chem.*, 2013, 14, 3552-3558.

- [12] Kačániová M., Vukovic N., Bobková A., Fikselová M., Rovná K., Haščík P., Čuboň J., Hleba L., Bobko M.: Antimicrobial and antiradical activity of Slovakian honeydew honey samples. JMBFS, 2011, 1 (3), 354-368.
- [13] Kędzia B., Hołderna-Kędzia E.: Miód – skład i właściwości biologiczne. Przedsiębiorstwo Wydawnicze „Rzeczpospolita” S.A., Warszawa 2008.
- [14] Kowalski S., Lukaszewicz M., Bednarz Sz., Panuś M.: Diastase number changes during thermal and microwave processing of honey. Czech J. Food Sci., 2012, 30 (1), 21-26.
- [15] Krell R.: Value-added Products from Beekeeping. FAO Agricultural Services Bulletin No. 124. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome 1996.
- [16] Majewska E., Trzaneł J.: Właściwości przeciwutleniające miodów wielokwiatowych i innych produktów pszczelich. Bromat. Chem. Toksykol., 2009, XLII (4), 1089-1094.
- [17] Persano O.L., Pulcini P.: A scientific note on the Phadebas method for honeys with low enzyme content. Apidologie, 1999, 30, 347-348.
- [18] Ramírez Cervantes M.A., Gonzalez Novelo S.A., Sauri Duch E.: Effect of the temporary thermic treatment of honey on variation of the same during storage. Apiacta, 2000, 35 (4), 162-170.
- [19] 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.
- [20] Sakac N., Sak-Bosnar M.: A rapid method for the determination of honey diastase activity. Talanta, 2012, 93, 135-138.
- [21] Sancho M.T., Muniategui S., Huidobro J.F., Lozano J.S.: Aging of honey. J. Agric. Food Chem., 1992, 1002 (40), 134-138.
- [22] Shelear H.H.: Effect of storage and processing temperatures on honey quality. J. Babylon Univ. Pure Appl. Sci., 2012, 21 (6), 2244-2253.
- [23] Sowa P., Grabek-Lejko D., Wesołowska M., Swacha S., Dżugan M.: Hydrogen peroxide- dependent antibacterial action of *Melilotus albus* honey. Lett. App. Microbiol., 2017, 65, 82-89.
- [24] Sullivan A., Callaghan Y., Connor T., Brien N.: Comparison of the antioxidant activity of commercial honeys, before and after *in vitro* digestion. Pol. J. Food Nutr. Sci., 2013, 63, 167-171.
- [25] Tosi E., Martinet R., Ortega M., Lucero H., Re E.: Honey diastase activity modified by heating. Food Chem., 2008, 106, 883-887.
- [26] Voldrich M., Rajchl A., Čížková H., Cuhra P.: Detection of foreign enzyme addition into the adulterated honey, Czech J. Food Sci., 2009, 27, S280-S282.
- [27] Vorlov L., Piidal A.: Invertase and diastase activity in honeys of Czech provenience. Acta Univ. Agric. Silv. Mendelianae Brunensis, 2002, 8 (5), 57-65.
- [28] Wesołowska M., Dżugan M.: The use of the Photochem device in evaluation of antioxidant activity of Polish honey. Food Anal. Method., 2017, 10 (5), 1568-1574.
- [29] White J.W. Jr: Quality evaluation of honey: Role of HMF and diastase Assays. Am. Bee J., 1992, 132 (11), 737-743.
- [30] Zábrodská B., Vorlová L.: Adulteration of honey and available methods for detection – a review. Acta Vet. Brno, 2014, 83, S85-S102.

ACTIVITY AND THERMAL STABILITY OF DIASTASE PRESENT IN HONEY FROM PODKARPACIE REGION

S u m m a r y

The objective of the research study was to compare the activity of diastase in varietal honey as well as to evaluate the thermal stability of the enzyme during dissolving and long-term storing honey. The

study material consisted of 25 varietal honeys from apiaries located in the Podkarpacie region including multifloral, goldenrod, rape, tilia, and honeydew honeys. The diastase number (DN) was determined using a Phadebas Honey Diastase test in fresh, long-term stored and heated honeys. The highest activity of α -amylase was found for the goldenrod and tilia honeys (32.65 and 31.47 DN, respectively), the lowest for the rapeseed honey (15.32 DN). All the tested samples met the limits as specified in the regulations in force. The dark honeys were characterized by a higher diastatic number than the light honeys, and the Pearson's correlation coefficient between the colour (measured as an absorbance unit with $\lambda = 450$ nm) and the diastase number was 0.751. While storing the honey samples at a temperature of 20 ± 2 °C for a period of 24 months, a 17 to 42 % decrease in the diastase activity was reported depending on the variety. The diastase activity decreased with the increasing temperature of solvent used to dilute the honey, whereas the enzyme remained stable in the temperature range between 20 and 40 °C. As soon as the temperature of 60 °C was exceeded, a drastic inhibition of the enzyme activity was reported. In addition, the honey solution, stored at 20 ± 2 °C for 24 hours, did not lose enzymatic activity. It was proved that the honey used to sweeten warm (below 60 °C) beverages did not completely deactivate the diastase.

Key words: honey, enzymatic activity, diastase number, heating up honey ☒

MARTA SAJDAKOWSKA, MARZENA JEŻEWSKA-ZYCHOWICZ

POSTAWY KONSUMENTÓW WOBEC PIECZYWA A POSTRZEGANIE CHLEBA Z DODATKIEM BŁONNIKA

Streszczenie

Celem pracy była ocena związku między znaczeniem, które konsumenci przypisują wybranym cechom pieczywa w trakcie jego wyboru a ich postawami wobec pieczywa oraz postrzeganiem chleba z dodatkiem błonnika. Badanie konsumenckie z wykorzystaniem autorskiego kwestionariusza przeprowadzono metodą wywiadów bezpośrednich ze wspomaganie komputerowym (CAPI) w październiku 2014 roku w grupie ogólnopolskiej 1013 dorosłych konsumentów. Dobór próby z operatu adresowego GUS spełniał warunek reprezentatywności populacji generalnej Polski dla osób powyżej 21. roku życia pod względem wieku, płci oraz wielkości miejsca zamieszkania.

Do charakterystyki postaw wobec pieczywa wykorzystano opinie badanych na temat pięciu sformułowań zawartych w kwestionariuszu i metodę głównych składowych (PCA). Zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA oraz test post hoc Tukeya do porównania opinii badanych na temat znaczenia różnych cech pieczywa w trakcie podejmowania decyzji o jego zakupie po uwzględnieniu płci i postaw wobec pieczywa. W odniesieniu do czynników uwzględnianych przy zakupie pieczywa jako najważniejsze wskazano: smak, świeżość, termin przydatności do spożycia oraz wygląd ogólny, przy czym postawa prozdrowotna bardziej niż hedonistyczna predysponowała konsumentów do deklarowania wyższych ocen cech uwzględnianych podczas zakupu. Im bardziej prozdrowotną postawę konsumenci przejawiali wobec pieczywa, w tym większym stopniu zgadzali się z opinią, że chleb wzbogacony w błonnik charakteryzuje się bardziej korzystnymi walorami smakowymi i zdrowotnymi, większą zawartością składników odżywczych, jest mniej kaloryczny, ale droższy. Wraz z nasileniem się postawy hedonistycznej w większym stopniu podkreślano, że chleb z dodatkiem błonnika ma gorszy wygląd i jest trudniej dostępny.

Słowa kluczowe: pieczywo, błonnik, konsument, badania konsumenckie

Wprowadzenie

Oczekiwania konsumentów w odniesieniu do żywności i jej jakości (tzw. jakości oczekiwanej) uwzględniają wiele jej cech [11, 12]. Pierwsza grupa odnosi się do cech

Dr inż. M. Sajdakowska, prof. dr hab. M. Jeżewska-Zychowicz, Katedra Organizacji i Ekonomiki Konsumpcji, Wydz. Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa. Kontakt: marta_sajdakowska@sggw.pl

fizycznych produktu (np. do wyglądu), a druga – do pozostałych cech lub okoliczności zakupu np. ceny produktu, rodzaju sklepu, w którym dokonano zakupu, roszczeń lub żądań konsumentów dotyczących produktu. Po zakupie, w trakcie przygotowywania posiłku konsument ocenia tzw. jakość doświadczoną, która często różni się od oczekiwanej. Związek pomiędzy jakością oczekiwaną oraz doświadczoną jest uznawany za czynnik determinujący satysfakcję konsumenta z produktu i prawdopodobieństwo powtórzenia zakupu [11].

Wśród cech deklarowanych przez konsumentów jako decydujące o wyborze żywności znajdują się przede wszystkim jakość i smak [9, 26, 31]. W przypadku pieczywa konsumenci biorą pod uwagę także zapach, wygląd, teksturę [15], cechy użytkowe oraz wartość odżywczą [6]. Konsument oczekuje od żywności, aby była wysokiej jakości, w tym bezpieczna dla zdrowia, o odpowiedniej wartości odżywczej i atrakcyjności sensorycznej [3]. Badania potwierdzają, że aspekty zdrowotne żywności mają coraz większe znaczenie w jej wyborze [9, 16, 26, 31]. Jednym ze składników żywności, który może korzystnie oddziaływać na zdrowie człowieka, jest błonnik. W literaturze przedmiotu podkreśla się jego znaczenie w zapobieganiu rozwojowi tzw. chorób cywilizacyjnych [19, 21, 28]. Niektórzy konsumenci poszukują produktów zawierających błonnik ze względu na jego korzyści zdrowotne [14, 23, 25]. Badania wskazują również, że zwiększenie ilości błonnika poprzez dodawanie go do produktów, które naturalnie go zawierają, może zwiększyć poziom akceptacji tego produktu przez konsumentów [5]. Niemniej jednak dostępne są badania, w których wykazano sceptycyzm konsumentów względem dodawania błonnika do produktów niebędących jego naturalnym źródłem bądź produktów, które pozbawiono wcześniej tego składnika w procesie produkcji [2, 27].

Celem pracy była ocena związku między znaczeniem, które konsumenci przypisują wybranym cechom pieczywa w trakcie jego wyboru a ich postawami wobec pieczywa oraz postrzeganiem chleba z dodatkiem błonnika.

Materiał i metody badań

Badanie konsumenckie z wykorzystaniem autorskiego kwestionariusza przeprowadzono metodą wywiadów bezpośrednich ze wspomaganie komputerowym (CAPI) w październiku 2014 roku w grupie ogólnopolskiej 1013 dorosłych konsumentów. Dobór próby z operatu adresowego GUS spełniał warunek reprezentatywności populacji generalnej Polski dla osób powyżej 21. roku życia pod względem wieku, płci oraz wielkości miejsca zamieszkania.

Strukturę badanej próby z uwzględnieniem wybranych cech socjodemograficznych przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1. Charakterystyka respondentów

Table 1. Profile of respondents

Grupy respondentów / Groups of respondents	[N]	[%]
Płeć / Gender		
Kobiety / Female	541	53,4
Mężczyźni / Male	472	46,6
Wiek / Age		
Do 30 lat / To 30 years	212	20,9
31 - 40 lat / years	181	17,9
41 - 50 lat / years	162	16,0
51 - 60 lat / years	192	19,0
Powyżej 60 lat / More than 60 years	266	26,2
Wykształcenie / Education		
Zawodowe i poniżej / Vocational and lower	360	35,5
Średnie / Secondary	370	36,6
Wyższe / Higher	283	27,9
Miejsce zamieszkania / Place of residence		
Wieś / Rural area	389	38,4
Miasto poniżej 50 tys. mieszkańców / Town with less than 50 000 inhabitants	165	16,3
Miasto 50 - 100 tys. mieszkańców / City with 50 000 - 100 000 inhabitants	141	13,9
Miasto 101 - 300 tys. mieszkańców / City with 101 000 - 300 000 inhabitants	189	18,7
Powyżej 300 tys. mieszkańców / More than 300 000 inhabitants	129	12,7
Ocena dochodu / Assessment of income		
Dochód jest niewystarczający lub wystarczający tylko na podstawowe potrzeby / Income is insufficient or allows to cover only basic needs	329	32,5
Stać nas na niektóre, ale nie na wszystkie wydatki / Income allows to cover some outlays, but not all of them	542	53,5
Dochód jest wystarczający / Income is sufficient	142	14,0

Źródło: badanie własne / Source: the authors' own study

W kwestionariuszu, który wykorzystano w badaniu, zamieszczono pytania:

1. Dotyczące znaczenia wybranych cech pieczywa, tj. wyglądu ogólnego, składu, wartości kalorycznej, smaku, opakowania, terminu przydatności do spożycia, dodatków do pieczywa oraz informacji na opakowaniu, w trakcie podejmowania decyzji o jego zakupie. Respondenci oceniali znaczenie cech, podając ocenę na skali 5-punktowej, gdzie 1 oznaczało cechę w ogóle nieważną, a 5 – bardzo ważną;
2. Dotyczące opinii o chlebie z dodatkiem błonnika poprzez porównanie go z chlebem produkowanym w sposób konwencjonalny. Respondenci zaznaczali na 5-punktowej skali (od 1 – w ogóle się nie zgadzam do 5 – zgadzam się w bardzo dużym stopniu) swoją opinię na temat następujących stwierdzeń: ma lepszy smak, jest zdrowszy, ma gorszy wygląd, trudniej go znaleźć w sklepach, ma większą zawartość substancji odżywczych, jest droższy, jest mniej kaloryczny;
3. Dotyczące postaw wobec pieczywa wyrażonych w formie stwierdzeń: „Ważne jest, aby spożywać odpowiednio dużo pieczywa”, „Ważniejszy jest dla mnie smak

pieczywa niż jego walory zdrowotne”, „W celu poprawy walorów zdrowotnych można do pieczywa dodawać błonnik”, „Moim zdaniem pieczywo powinno być sprzedawane w opakowaniu”, „Kupuję pieczywo droższe, bo uważam, że cena idzie w parze z jakością”. Respondenci zaznaczali na 5-punktowej skali (od 1 – w ogóle się nie zgadzam do 5 – zgadzam się w bardzo dużym stopniu) swoje opinie w odniesieniu do poszczególnych stwierdzeń;

4. Dotyczące cech socjodemograficznych badanej populacji, w tym płci, wieku, wykształcenia, miejsca zamieszkania i opinii o sytuacji finansowej.

Do charakterystyki postaw wobec pieczywa wykorzystano opinie badanych na temat pięciu sformułowań zawartych w kwestionariuszu i metodę głównych składowych (PCA). Obliczono współczynnik adekwatności doboru próby KMO (0,591) oraz test sferyczności Bartletta (χ^2 – 496,949; df 10; $p < 0,001$). Po zastosowaniu metody rotacji Varimax z normalizacją Kaisera wyodrębniono dwie składowe główne, przy czym zbieżność osiągnięto w 3. iteracji. Główne składowe wyrażające specyfikę postaw wobec pieczywa (postawa prozdrowotna i hedonistyczna) wykorzystano do wydzielenia grup respondentów o różnicowanym nasileniu danej postawy przy użyciu rozkładu tercyłowego. Zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA oraz test post hoc Tukeya do porównania opinii badanych na temat znaczenia różnych cech pieczywa w trakcie podejmowania decyzji o jego zakupie po uwzględnieniu płci i postaw wobec pieczywa. Analizę statystyczną wykonano w programie IBM SPSS Statistics, wersja 23.

Wyniki i dyskusja

W wyniku zastosowania analizy głównych składowych (PCA) wyodrębnione zostały dwie składowe główne wyjaśniające 61,36 % wariancji zmiennych, przy czym pierwsza składowa wyjaśniała 34,38 %, a druga – 26,98 % wariancji zmiennych. Początkowe wartości własne głównych składowych wynosiły odpowiednio: 1,719 i 1,349. W odniesieniu do obydwu składowych określono ładunki czynnikowe wyrażające stopień nasycenia składowej daną zmienną. Pierwsza składowa odnosiła się do opinii związanych z walorami zdrowotnymi pieczywa, jakością oraz opakowaniem i została określona jako postawa prozdrowotna. Druga składowa, obejmująca opinie dotyczące smaku oraz ilości spożywanego pieczywa, została opisana jako postawa hedonistyczna. Wyniki analizy głównych składowych przedstawiono w tab. 2.

Rozkład tercyłowy populacji z uwzględnieniem postaw wobec pieczywa przedstawiono w tab. 3.

Za najważniejsze czynniki uwzględniane przy zakupie pieczywa respondenci uznali: smak, świeżość, termin przydatności do spożycia oraz wygląd ogólny (tab. 4).

Tabela 2. Główne składowe wyodrębnione na podstawie analizy głównych składowych PCA

Table 2. Principal components separated on the basis of Principal Component Analysis PCA

Opinie dotyczące pieczywa Opinions on bread	Główne składowe / Principal components	
	Składowa I Postawa prozdrowotna Component I Pro-health attitude	Składowa II Postawa hedonistyczna Component II Hedonistic attitude
Ważne jest aby spożywać odpowiednio dużo pieczywa It is important to eat enough bread	0,089*	0,822
Ważniejszy jest dla mnie smak pieczywa niż jego walory zdrowotne The taste of bread is more important to me than its health qualities	-0,037	0,835
W celu poprawy walorów zdrowotnych można do pieczywa dodawać błonnik In order to improve health qualities you can add fibre to the bread	0,701	-0,038
Moim zdaniem pieczywo powinno być sprzedawane w opakowaniu In my opinion the bread should be sold in a package	0,759	0,032
Kupuję pieczywo droższe, bo uważam, że cena idzie w parze z jakością I buy more expensive bread because I think the price goes hand in hand with quality	0,780	0,084

*Współczynniki korelacji między zmiennymi / Coefficients of correlation between variables.

Źródło: badanie własne / Source: the authors' own study

Tabela 3. Podział tercylowy badanej próby

Table 3. Tercile groups in the sample surveyed

Rodzaje postaw Types of attitudes	Składowa I Postawa prozdrowotna Component I Pro-health attitude		Składowa II Postawa hedonistyczna Component II Hedonistic attitude	
	[N]	[%]	[N]	[%]
Tercyl 1 – mała zgodność ze stwierdzeniami – małe nasilenie postawy / Tercile 1 – minor compliance with statements – low level of attitude	349	34,5	337	33,3
Tercyl 2 – średnia zgodność ze stwierdzeniami / Tercile 2 – average compliance with statements	319	31,5	342	33,8
Tercyl 3 – duża zgodność ze stwierdzeniami – duże nasilenie postawy / Tercile 3 – high compliance with statements – high level of attitude	345	34,1	334	33,0

Źródło: badanie własne / Source: the authors own study

Tabela 4. Znaczenie wybranych czynników podczas zakupu pieczywa z uwzględnieniem płci respondentów

Table 4. Importance of selected factors on purchasing bread with regard to gender of respondents

Wybrane czynniki wpływające na zakup pieczywa Selected factors of bread purchase	Ogółem Total	Płeć / Gender	
		Kobiety Female	Mężczyźni Male
Wygląd ogólny / Overall appearance	4,18 ± 0,83	4,23 ^a ± 0,80	4,12 ^a ± 0,87
Skład produktu / Composition of product	3,87 ± 1,00	3,98 ^a ± 0,94	3,74 ^a ± 1,05
Wartość kaloryczna / Caloric value	3,71 ± 1,13	3,85 ^a ± 1,07	3,55 ^a ± 1,17
Smak / Taste	4,38 ± 0,79	4,42 ^a ± 0,76	4,33 ^b ± 0,82
Świeżość / Freshness	4,38 ± 0,82	4,42 ^a ± 0,79	4,33 ^b ± 0,86
Opakowanie pieczywa / Package of bread	3,46 ± 1,09	3,53 ^a ± 1,09	3,38 ^a ± 1,08
Termin przydatności do spożycia / Shelf-life	4,31 ± 0,88	4,33 ^a ± 0,84	4,28 ^b ± 0,92
Dodatki do pieczywa (ziarna) Ingredients added to bread (grains)	3,77 ± 0,98	3,88 ^a ± 0,97	3,64 ^a ± 0,97
Informacja na opakowaniu Information on the label	3,70 ± 1,04	3,79 ^a ± 1,01	3,60 ^a ± 1,07

Objaśnienia / Explanatory notes:

Skala 5-punktowa / 5-point scale: 1 – w ogóle nieważny / not important at all, 5 – bardzo ważny / very important. W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations. a, b – wartości średnie oznaczone w wierszach tymi samymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) / mean values in rows and denoted by the same letters differ statistically significantly ($p \leq 0,05$).

Źródło: badanie własne / Source: the authors' own study

Wyniki badań dotyczące najważniejszych czynników decydujących o wyborze pieczywa (znaczenie świeżości i smaku) znajdują swoje potwierdzenie w badaniach innych autorów [7, 10].

W badaniach własnych odnotowano, że w trakcie zakupów pieczywa dla kobiet istotnie ważniejsze niż dla mężczyzn były: wygląd ogólny pieczywa, jego skład, wartość kaloryczna, dodatki do pieczywa, informacja na opakowaniu oraz opakowanie (tab. 4). Badania wśród konsumentów europejskich wskazują, że w odniesieniu do postrzegania jakości żywności kobiety zwracały większą uwagę na wartość kaloryczną oraz bezpieczeństwo żywności niż mężczyźni [1]. Inne badania potwierdzają, że kobiety jako osoby bardziej zainteresowane zdrowym trybem życia, w większym stopniu niż mężczyźni zwracały uwagę na informację na opakowaniu żywności [13].

Uzyskane wyniki wskazują, że postawa prozdrowotna (składowa I) bardziej niż postawa hedonistyczna (składowa II) różnicowała opinie w zakresie wyróżników jakości, które respondenci brali pod uwagę w trakcie zakupu pieczywa. Osoby reprezentujące postawę prozdrowotną, należące do tercyla 3., wskazywały istotnie wyższe oceny średnie w odniesieniu do wszystkich cech pieczywa uwzględnianych w trakcie zakupu.

W zakresie wyglądu ogólnego, smaku oraz świeżości kupowanego pieczywa stwierdzono istotnie większe znaczenie tych cech dla osób z tercyla 3. w porównaniu z pozostałymi tercylami. Postawa hedonistyczna (składowa II) nie różnicowała istotnie opinii na temat znaczenia wartości kalorycznej oraz opakowania pieczywa, przy czym im bardziej nasilała się ta postawa, tym większe znaczenie respondenci przypisywali tym wyróżnikom. Osoby reprezentujące 1. tercyl istotnie wyżej oceniały wszystkie pozostałe wskaźniki jakości w porównaniu z osobami z tercyla 2., a więc z postawą neutralną. Nie wykazano natomiast różnic statystycznie istotnych w postrzeganiu tych wyróżników między osobami wykazującymi postawę hedonistyczną (tercyl 3) i osobami o małym nasileniu tej postawy (tercyl 1), z wyjątkiem wyróżnika „dodatki do pieczywa” oraz „świeżość” (tab. 5).

Tabela 5. Opinie na temat znaczenia wybranych czynników jakościowych w trakcie zakupu pieczywa w grupach tercylowych

Table 5. Opinions on importance of selected qualitative factors on purchasing bread in tercile groups

Wybrane czynniki zakupu pieczywa Selected factors of bread purchase	Składowa I Postawa prozdrowotna Component I Pro-health attitude			Składowa II Postawa hedonistyczna Component II Hedonistic attitude		
	Tercyl 1 Tercile 1	Tercyl 2 Tercile 2	Tercyl 3 Tercile 3	Tercyl 1 Tercile 1	Tercyl 2 Tercile 2	Tercyl 3 Tercile 3
Wygląd ogólny Overall appearance	4,02 ^a ± 0,88	4,09 ^b ± 0,77	4,41 ^{ab} ± 0,79	4,26 ^a ± 0,94	4,07 ^a ± 0,79	4,19 ^b ± 0,76
Skład produktu Composition of product	3,56 ^a ± 1,04	3,77 ^a ± 0,90	4,28 ^a ± 0,90	3,97 ^a ± 1,10	3,79 ^a ± 0,92	3,86 ^b ± 0,97
Wartość kaloryczna Caloric value	3,33 ^a ± 1,20	3,64 ^a ± 0,99	4,15 ^a ± 1,03	3,66 ^a ± 1,23	3,70 ^b ± 1,02	3,76 ^c ± 1,13
Smak / Taste	4,30 ^a ± 0,81	4,26 ^b ± 0,83	4,57 ^{ab} ± 0,68	4,47 ^a ± 0,84	4,30 ^a ± 0,76	4,37 ^b ± 0,76
Świeżość / Freshness	4,22 ^a ± 0,92	4,30 ^b ± 0,82	4,60 ^{ab} ± 0,66	4,50 ^{ab} ± 0,82	4,29 ^a ± 0,83	4,34 ^b ± 0,80
Opakowanie pieczywa Package of bread	3,13 ^a ± 1,19	3,45 ^a ± 0,94	3,80 ^a ± 1,00	3,38 ^a ± 1,12	3,49 ^b ± 1,02	3,50 ^c ± 1,11
Termin przydatności do spożycia / Shelf-life	4,08 ^a ± 0,99	4,25 ^a ± 0,82	4,59 ^a ± 0,72	4,42 ^a ± 0,89	4,25 ^a ± 0,84	4,26 ^b ± 0,90
Dodatki do pieczywa (ziarna) Ingredients added to bread (grains)	3,37 ^a ± 1,01	3,67 ^a ± 0,84	4,27 ^a ± 0,84	3,95 ^{ab} ± 1,03	3,70 ^a ± 0,86	3,66 ^b ± 1,01
Informacja na opakowaniu Information on the label	3,28 ^a ± 1,08	3,65 ^a ± 0,92	4,17 ^a ± 0,91	3,84 ^a ± 1,05	3,57 ^a ± 1,01	3,69 ^b ± 1,06

Objaśnienia jak pod tab. 4. / Explanatory notes as in Tab. 4.

Źródło: badanie własne / Source: the authors' own study

Związek pomiędzy znaczeniem zdrowia, co w badaniach własnych reprezentowała postawa prozdrowotna, a wyborem żywności, w tym również pieczywa, wielokrotnie potwierdzono w innych badaniach [4, 20, 24, 29, 30]. Przywiązywanie przez konsumentów wagi do zdrowia oraz aspektów nawiązujących do bezpieczeństwa żywności jest uważane za ważny czynnik wpływający na akceptację produktów o korzystnych walorach zdrowotnych [18, 22]. Zdrowie i ogólna jakość jako motywy wyboru żywności zwiększały skłonność do spożycia produktów zbożowych wzbogaconych w błonnik w większym stopniu niż przyjemność z jedzenia, co wpływało na intencję spożycia ciastek wzbogaconych w błonnik [18].

W odniesieniu do chleba z dodatkiem błonnika, który porównywano z chlebem produkowanym w sposób konwencjonalny, respondenci twierdzili, że jest on zdrowszy oraz zawiera więcej substancji odżywczych, ale jednocześnie charakteryzuje się wyższą ceną. Uwzględniając płeć stwierdzono, że kobiety istotnie wyżej oceniały większość proponowanych w badaniach cech chleba z dodatkiem błonnika niż mężczyźni. Nie odnotowano istotnej różnicy w przypadku stwierdzeń wskazujących, że chleb z dodatkiem błonnika „ma gorszy wygląd” oraz „jest droższy” od chleba bez błonnika (tab. 6).

Tabela 6. Opinie na temat chleba wzbogaconego w błonnik z uwzględnieniem płci respondentów

Table 6. Opinions on fibre-enriched bread with gender of respondents taken into consideration

Cechy chleba wzbogaconego w błonnik Features of fibre-enriched bread	Ogółem Total	Płeć / Gender	
		Kobiety Female	Mężczyźni Male
Ma lepszy smak / It has better taste	3,36 ± 1,10	3,44 ^a ± 1,10	3,26 ^a ± 1,10
Jest zdrowszy / It is healthier	3,71 ± 1,01	3,82 ^a ± 1,01	3,59 ^a ± 0,10
Ma gorszy wygląd / It has worse appearance	2,91 ± 1,09	2,93 ^a ± 1,15	2,88 ^b ± 1,02
Trudniej znaleźć w sklepach It is more difficult to find it in shops	3,37 ± 1,03	3,45 ^a ± 1,03	3,28 ^a ± 1,03
Ma większą zawartość składników odżywczych It has a higher level of nutrients	3,62 ± 0,98	3,73 ^a ± 0,97	3,49 ^a ± 0,97
Jest droższy / It is more expensive	3,63 ± 1,03	3,68 ^a ± 1,00	3,57 ^b ± 1,06
Jest mniej kaloryczny / It is low-caloric	3,49 ± 1,02	3,56 ^a ± 1,03	3,41 ^a ± 1,01

Objaśnienia / Explanatory notes:

Skala 5-punktowa / 5-point scale: 1 – w ogóle się nie zgadzam / I definitely do not agree, 5 – zgadzam się w bardzo dużym stopniu / I agree to a very high degree. W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; a, b – wartości średnie oznaczone w wierszach tymi samymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) / mean values in rows and denoted by the same letters differ statistically significantly ($p \leq 0,05$).

Źródło: badanie własne / Source: the authors' own study

Inni autorzy wykazali, że kobiety mają większą wiedzę na temat walorów zdrowotnych żywności zawierającej błonnik w porównaniu z mężczyznami, podczas gdy mężczyźni wykazują większą wiedzę na temat źródeł błonnika [14]. Wykazano również, że kobiety w porównaniu z mężczyznami dostrzegają więcej korzyści ze wzbogacania produktów zbożowych, tj. pieczywa i makaronu w błonnik [8].

Im bardziej prozdrowotną postawę wobec pieczywa reprezentowali respondenci, tym bardziej zgadzali się ze stwierdzeniami porównującymi obydwa rodzaje pieczywa, z wyjątkiem opinii, że „chleb z dodatkiem błonnika ma gorszy wygląd w porównaniu z chlebem bez błonnika” oraz „trudniej znaleźć w sklepach”. Trudności w dostępności pieczywa z dodatkiem błonnika były zauważane istotnie częściej przez osoby reprezentujące postawę prozdrowotną (tercyl 3) w porównaniu z pozostałymi respondentami. Opinie osób z prozdrowotną postawą wobec pieczywa dotyczące gorszego wyglądu nie różniły się istotnie od opinii pozostałych osób, podczas gdy w przypadku tercyla 1. i 2. stwierdzono istotne różnice w prezentowanych opiniach. W przypadku postawy hedonistycznej nie odnotowano istotnych różnic pomiędzy tercylami w odniesieniu do opinii dotyczącej lepszego smaku chleba z dodatkiem błonnika. Respondenci reprezentujący tercyl 1. (małe nasilenie postawy hedonistycznej) wyrażali istotnie większą zgodność ze stwierdzeniami wskazującymi, że chleb z dodatkiem błonnika jest zdrowszy i zawiera więcej składników odżywczych. Respondenci z tercyla 3., dla których ilość spożywanego pieczywa i jego smak są ważne, bardziej niż pozostałe osoby zgadzali się ze stwierdzeniami, że chleb z dodatkiem błonnika ma gorszy wygląd, trudniej go znaleźć w sklepach oraz jest droższy (tab. 7).

W innych badaniach wykazano, że większa akceptacja dla dodawania błonnika do żywności, dostrzeganie korzyści z takiego wzbogacania pieczywa oraz znajomość i posiadanie doświadczeń z takimi produktami sprzyja większej akceptacji zwiększonej zawartości błonnika w jasnym pieczywie [17]. Informacja na temat wartości odżywczej wpływa na sposób postrzegania produktów zbożowych. W przypadku babeczek przygotowanych z jasnej mąki wzbogaconej w błonnik oraz z mąki razowej konsumenci nie zawsze byli przekonani, że zawartość błonnika może być na tyle duża, aby zachęcić ich do zakupu produktu wzbogaconego, wypiekanego z jasnej mąki w porównaniu z produktem z mąki razowej. W konsekwencji konsumenci oceniali takie produkty z dodatkiem błonnika niżej. Autorzy wskazują więc, że informacja na etykiecie i jej czytelność oraz działanie błonnika powinny być na tyle zrozumiałe dla konsumentów, aby podkreślić korzyści oraz zachęcić ich do wyboru produktu ze zwiększoną zawartością błonnika [2].

Tabela 7. Opinie na temat chleba wzbogaconego w błonnik w grupach tercylowych

Table 7. Opinions on fibre-enriched bread in tercile groups

Cechy chleba wzbogaconego w błonnik Features of fibre-enriched bread	Składowa I Postawa prozdrowotna Component I Pro-health attitude			Składowa II Postawa hedonistyczna Component II Hedonistic attitude		
	Tercyl 1 Tercile 1	Tercyl 2 Tercile 2	Tercyl 3 Tercile 3	Tercyl 1 Tercile 1	Tercyl 2 Tercile 2	Tercyl 3 Tercile 3
Ma lepszy smak It has better taste	2,92 ^a ± 1,01	3,34 ^a ± 1,01	3,83 ^a ± 1,09	3,32 ^a ± 1,07	3,31 ^b ± 1,03	3,46 ^c ± 1,20
Jest zdrowszy It is healthier	3,38 ^a ± 0,95	3,61 ^a ± 1,00	4,14 ^a ± 0,93	3,90 ^{ab} ± 1,04	3,58 ^a ± 0,98	3,66 ^b ± 1,00
Ma gorszy wygląd It has worse appearance	2,79 ^a ± 0,95	3,01 ^a ± 1,04	2,94 ^b ± 1,26	2,55 ^a ± 1,11	2,96 ^a ± 1,00	3,22 ^a ± 1,07
Trudniej znaleźć w sklepach It is more difficult to find in shops	3,21 ^a ± 1,00	3,27 ^b ± 0,97	3,63 ^{ab} ± 1,08	3,24 ^a ± 1,13	3,30 ^b ± 0,97	3,57 ^{ab} ± 0,96
Ma większą zawartość składników odżywczych It has a higher level of nutrients	3,30 ^a ± 0,91	3,50 ^a ± 0,94	4,06 ^a ± 0,92	3,74 ^a ± 0,99	3,51 ^a ± 0,93	3,62 ^b ± 1,01
Jest droższy It is more expensive	3,39 ^a ± 1,03	3,59 ^a ± 1,10	3,90 ^a ± 1,10	3,56 ^a ± 0,98	3,51 ^b ± 1,04	3,81 ^{ab} ± 1,05
Jest mniej kaloryczny It is low-caloric	3,15 ^a ± 0,93	3,35 ^a ± 0,98	3,96 ^a ± 0,98	3,63 ^a ± 1,01	3,30 ^{ab} ± 0,98	3,54 ^b ± 1,06

Objaśnienia jak pod tab. 6. / Explanatory notes as in Tab. 6.

Wnioski

1. W odniesieniu do czynników uwzględnianych przy zakupie pieczywa jako najważniejsze wskazano: smak, świeżość, termin przydatności do spożycia oraz wygląd ogólny, przy czym postawa prozdrowotna bardziej niż hedonistyczna predysponowała konsumentów do deklarowania wyższych ocen cechom brany pod uwagę podczas zakupu.
2. Im bardziej prozdrowotną postawę przejawiali konsumenci wobec pieczywa, tym w większym stopniu zgadzali się z opinią, że chleb wzbogacany w błonnik ma wyższe walory smakowe, zdrowotne, większą zawartość składników odżywczych, jest mniej kaloryczny, ale również jest droższy. Wraz z nasilaniem się postawy hedonistycznej w większym stopniu podkreślano natomiast, że chleb z dodatkiem błonnika ma gorszy wygląd i jest trudniej dostępny.
3. Uzyskane wyniki badań mogą zostać wykorzystane w trakcie projektowania oraz wprowadzania nowych produktów, jako jedna ze wskazówek przyczyniających się do sukcesu rynkowego żywności o szczególnych walorach zdrowotnych.

Badania zrealizowano w ramach projektu „BIOPRODUKTY, innowacyjne technologie wytwarzania prozdrowotnych produktów piekarskich i makaronu o obniżonej kaloryczności” współfinansowanego z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007-2013.

Literatura

- [1] Baiardi D., Puglisi R., Scabrosetti S.: Individual attitudes on food quality and safety: Empirical evidence on EU countries. *Food Qual. Prefer.*, 2016, 49, 70-74.
- [2] Baixauli R., Salvador A., Hough G., Fiszman S.M.: How information about fibre (traditional and resistant starch) influences consumer acceptance of muffins. *Food Qual. Prefer.*, 2008, 19, 628-635.
- [3] Baryłko-Pikielna N.: Analiza sensoryczna w zapewnieniu jakości żywności. *Przem. Spoż.*, 1998, 12, 25-28.
- [4] Büyükkaragöz A., Bas M., Sağlam D., Cengiz Ş.E.: Consumers' awareness, acceptance and attitudes towards functional foods in Turkey. *Int. J. Consum. Stud.*, 2014, 38, 628-635.
- [5] Carrillo E., Varela P., Fiszman S.: Effects of food package information and sensory characteristics on the perception of healthiness and the acceptability of enriched biscuits. *Food Res. Int.*, 2012, 48, 209-216.
- [6] Carrillo E., Varela P., Salvador A., Fiszman S.: Main factors underlying consumers' food choice: A first step for the understanding of attitudes toward "healthy eating". *J. Sens. Stud.*, 2011, 26, 85-95.
- [7] Ceglińska A.: Stosowane technologie wypieku pieczywa a jakość mąki. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2004, 9, 28-30.
- [8] Dean M., Shepherd R., Arvola A., Vassallo M., Winkelmann M., Claupein E., Lahteenmaki L., Raats M.M., Saba A.: Consumer perceptions of healthy cereal products and production methods. *J. Cereal Sci.*, 2007, 46, 188-196.
- [9] Gellynck X., Kühne B., van Bockstaele F., van de Walle D., Dewettinck K.: Consumer perception of bread quality. *Appetite*, 2009, 53, 16-23.
- [10] Goryńska-Goldmann E., Sznajder M.: Wybrane zachowania i zwyczaje konsumentów na rynku pieczywa. Wyd. UP, Poznań 2012.
- [11] Grunert K.G.: Current issues in the understanding of consumer food choice. *Trends Food Sci Technol.*, 2002, 13, 275-285.
- [12] Grunert K.G., Bredahl L., Brunso K.: Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector – a review. *Meat Sci.* 2003, 66, 259-272.
- [13] Grunert K.G., Wills J.M., Fernández-Celemín L.: Nutrition knowledge, and use and understanding of nutrition information on food labels among consumers in UK. *Appetite*, 2010, 55, 177-189.
- [14] Guiné R.P. F., Duarte J., Ferreira M., Correia P., Leal M., Rumbak I., Barić I.C., Komes D., Satalić Z., Sarić M.M., Tarcea M., Fazakas Z., Jovanoska D., Vanevski D., Vittadini E., Pellegrini N., Szucs V., Harangozó J., El-Kenawy A., El-Shenawy O., Yalçın E., Kösemeci C., Klava D., Straumite E.: Knowledge about sources of dietary fibres and health effects using a validated scale: A cross-country study. *Public Health*, 2016, 141, 100-112.
- [15] Heenan S.P., Dufour J.P., Hamid N., Harvey W., Delahunty C.M.: The sensory quality of fresh bread: Descriptive attributes and consumer perceptions. *Food Res. Int.*, 2008, 41, 989-997.
- [16] Hoefkens C., Verbeke W., van Camp J.: European consumers' perceived importance of qualifying and disqualifying nutrients in food choices. *Food Qual. Prefer.*, 2011, 22, 550-558.
- [17] Jeżewska-Zychowicz M.: Uwarunkowania akceptacji konsumenckiej pieczywa jasnego wzbogaczonego w błonnik. *Handel Wewnętrzny*, 2013, 4, 61-70.

- [18] Jeżewska-Zychowicz M., Królak M.: Do Consumers' attitudes towards food technologies and motives of food choice influence willingness to eat cereal products fortified with fibre? *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2015, 65 (4), 281-291.
- [19] Kim Y., Je Y.: Dietary fibre intake and mortality from cardiovascular disease and all cancers: A meta-analysis of prospective cohort studies. *Arch. Cardiovasc. Dis.*, 2016, 109, 39-54.
- [20] Kraus A.: Development of functional food with the participation of the consumer. Motivators for consumption of functional products. *Int. J. Consum. Stud.*, 2014, 39, 2-11.
- [21] Kristensen M., Jensen M.G.: Dietary fibres in the regulation of appetite and food intake. Importance of viscosity. *Appetite*, 2011, 56, 65-70.
- [22] Kühne B., Vanhonacker F., Gellynck X., Verbeke W.: Innovation in traditional food products in Europe: Do sector innovation activities match consumers' acceptance? *Food Qual. Prefer.*, 2010, 21, 629-638.
- [23] Lyly M., Soini K., Rauramo U., Lähteenmäki L.: Perceived role of fibre in a healthy diet among Finnish consumers. *J. Hum. Nutr. Diet.*, 2004, 17, 231-239.
- [24] Martin P.: Controlling the bread making process: The role of bubbles in bread. *Cereal Food World*, 2004, 49, 72-75.
- [25] Mialon V.S., Clark M.R., Leppard P.I., Cox D.N.: The effect of dietary fibre information on consumer responses to breads and "English" muffins: A cross-cultural study. *Food Qual. Prefer.*, 2002, 13(1), 1-12.
- [26] Morais E.C., Pinheiro A.C.M., Nunes C.A., Bolini, H.M.A.: Influence of functional and diet/light claims on chocolate dairy dessert consumers' evaluations: Bilinear and multilinear decomposition methods. *J. Sens. Stud.*, 2015, 30, 349-359.
- [27] Sajdakowska M.: Opinie konsumentów na temat innowacyjnego pieczywa w świetle badań jakościowych. *Handel Wewnętrzny*, 2014, 6, 116-130.
- [28] Schulze M.B., Schulz M., Heidemann C., Schienkiewicz A., Hoffmann K., Boeing H.: Fiber and magnesium intake and incidence of type 2 diabetes. A prospective study and meta-analysis. *Arch. Inter. Med.*, 2007, 167, 956-965.
- [29] Vassallo M., Saba A., Arvola A., Dean M., Messina F., Winkelmann M., Claupein E., Lähteenmäki L., Shepherd R.: Willingness to use functional breads: Applying the health belief model across four European countries. *Appetite*, 2009, 52, 452-460.
- [30] Verbeke W.: Consumer acceptance of functional foods: Sociodemographic, cognitive and attitudinal determinants. *Food Qual. Prefer.*, 2005, 16, 45-57.
- [31] Wądołowska L., Babicz-Zielińska E., Czarnocińska J.: Food choice models and their relation with food preferences and eating frequency in the Polish population: POFPRES study. *Food Policy*, 2008, 33, 122-134.

CONSUMER ATTITUDES TOWARDS BREAD AND PERCEPTION OF BREAD WITH ADDED FIBRE

S u m m a r y

The objective of the study was to assess the correlation between the importance attributed to some selected bread characteristics by consumers making their choices, and their attitudes towards and perception of fibre-enriched bread. A consumer survey was conducted in October 2014 with the use of the authors' own questionnaire and a computer assisted personal interview (CAPI) method; the survey comprised a Polish nationwide group of 1013 adult consumers. The procedure of selecting a sample from the GUS

(Central Statistical Office in Poland) sampling frame fulfilled the requirement for representativeness of the general population of Poland for people over 21 years of age, sex, and size of place of residence.

To characterize the attitudes towards bread, there were used the respondents' opinions on the five expressions in the questionnaire and a Principal Component Analysis (PCA). A one-factor analysis of ANOVA variance and Tukey's post hoc test were applied to compare the opinions on the importance of different bread characteristics in the decision-making process of buying bread; the gender of the respondents and their attitudes towards bread were taken into account. Regarding the factors under consideration on purchasing bread, the following was pointed out as the most important: taste, freshness, shelf-life, and overall appearance. More than the hedonistic attitude, the pro-health attitude inclined the consumers to give higher scores to the characteristics considered on the purchase. The more the consumers showed a pro-health attitude towards bread, the more they shared the view that the fibre-enriched bread was characterized by a more advantageous taste and better health qualities, a higher content of nutrients; according to them, it had less calories, but, at the same time, it was more expensive. As hedonistic attitudes intensified, more emphasis was put on the fact that the fibre-enriched bread had a worse appearance and was available with difficulty.

Key words: bread, fibre, consumer, consumer surveys 

MARIA JEZNACH, BEATA BILSKA, AGNIESZKA TUL-KRZYSZCZUK,
ARTUR PAWLAK

ROLA OPAKOWAŃ AKTYWNYCH W OGRANICZANIU MARNOTRAWSTWA MIĘSA W GOSPODARSTWACH DOMOWYCH

Streszczenie

Opakowanie produktu nie tylko zabezpiecza jego zawartość przed zepsuciem, ale też promuje wyrób, umożliwia identyfikowanie i odróżnianie produktów, transport oraz użytkowanie. Oprócz wymienionych funkcji opakowania aktywne mogą przyczyniać się do ograniczenia marnotrawstwa żywności. Szacuje się, że w Unii Europejskiej generowane są rocznie straty żywności na poziomie 89 mln ton, przy czym w gospodarstwach domowych marnotrawstwo szacowane jest na 38 mln ton na rok. Celem badań było określenie roli opakowań aktywnych w ograniczeniu marnotrawstwa mięsa mielonego w gospodarstwach domowych. Badanie przeprowadzono metodą zogniskowanego wywiadu grupowego bezpośredniego. Wynika z niego, że opakowanie aktywne zastosowane do mięsa mielonego miało niewielkie znaczenie w decyzjach nabywczych konsumentów. Ważniejszym czynnikiem wpływającym na decyzję o zakupie okazały się: cena i jakość produktu. Badani twierdzili, że opakowania aktywne nie zagrażają zdrowiu konsumentów, a zastosowane techniki przedłużania okresu trwałości nie wpływają niekorzystnie na jakość samego produktu i nie czynią go jednocześnie zagrożeniem dla zdrowia. Zaobserwowano brak akceptacji wśród badanych dla znaczącego wzrostu ceny mięsa w opakowaniu z modyfikowaną atmosferą w stosunku do mięsa sprzedawanego „na wagę”. Opakowanie aktywne, mimo że wygląda atrakcyjnie i spełnia swoją funkcję, nie jest obiektem zainteresowania respondentów w momencie zakupu produktów mięsnych. Ze względu na wydłużanie terminu przydatności do spożycia zapakowanego produktu może się jednak przyczyniać do ograniczania strat żywności zarówno na poziomie gospodarstw domowych, jak i całego procesu dystrybucji.

Słowa kluczowe: marnotrawstwo żywności, opakowanie aktywne, gospodarstwa domowe, mięso mielone

Dr hab. inż. M. Jeznach, dr inż. A. Tul-Krzyszczuk, mgr inż. A. Pawlak, Katedra Organizacji i Ekonomiki Konsumpcji, dr inż. B. Bilka, Katedra Technologii Gastronomicznej i Higieny Żywności, Wydz. Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa. Kontakt: maria_jeznach@sggw.pl

Wprowadzenie

Zdaniem Halesa [11] opakowanie jest elementem zintegrowanym z produktem, zabezpieczającym jego zawartość przed zepsuciem (a tym samym przed obniżeniem wartości użytkowej), promującym wyrób oraz umożliwiającym identyfikowanie i odróżnianie produktów, ich przemieszczanie i składowanie oraz użytkowanie. Wśród licznych funkcji, które pełnią opakowania do żywności, na szczególną uwagę zasługuje funkcja ochronna zawartości przed czynnikami zewnętrznymi, które mogą mieć niekorzystny wpływ na zapakowany produkt. Opakowanie to również zabezpieczenie przed uszkodzeniami mechanicznymi, zniszczeniem czy utratą świeżości, które mogą wykluczyć produkt z obrotu handlowego. Opakowanie musi zatem spełniać szereg wymagań związanych z wytrzymałością i szczelnością [5]. Funkcja marketingowo-informacyjna jest istotna przede wszystkim ze względu na konieczność komunikacji producenta z konsumentem. W okresie dominacji sklepów wielkopowierzchniowych samoobsługowych i dyskontów opakowanie staje się często jedynym nośnikiem informacji. Kształt, barwa, grafika i wielkość opakowania sprawiają, że konsument jest w stanie rozróżnić poszczególne marki i szybko podjąć decyzję [14, 17, 20, 30].

Ważną zaletą opakowań jest dostarczenie finalnemu nabywcy informacji o składzie produktu, jego pochodzeniu i wartości odżywczej. Zaspokojenie potrzeby konsumenta dotyczącej otrzymania wystarczających informacji jest kluczem do porównań między konkurującymi produktami [11]. Funkcja logistyczna jest silnie związana z funkcją ochronną. Odpowiednio skonstruowane, wytrzymałe opakowania zbiorcze o odpowiednich kształtach i rozmiarach usprawniają magazynowanie, kompletowanie i dystrybucję towarów [5].

Funkcja ekologiczna związana jest z procesem decyzyjnym konsumentów dotyczącym obciążenia dla środowiska w wyniku wytworzenia produktu i usuwania jego niewykorzystanych pozostałości, również opakowań. Podejście do ekologii nie może skupiać się na samym gospodarowaniu odpadami, recyklingu czy wykorzystaniu mniej niebezpiecznych dla środowiska materiałów. Bardzo istotne jest podejście do procesu produkcyjnego i wybieranie technologii niskoodpadowych lub bezodpadowych oraz zarządzanie w sposób pozwalający na ograniczenie lub wyeliminowanie nadmiarów, które mogą pozostać niewykorzystane [24].

Robertson [30] zwraca uwagę na jeszcze jedną funkcję współczesnych opakowań – wygodę. Dla komfortu użytkowania i lepszego wykorzystania produktu, a następnie ponownego wykorzystania opakowania bardzo ważne są jego rozmiary, kształt i sposób otwierania. Optymalny rozmiar opakowania należy zapewnić zwłaszcza produktom, które po otwarciu w krótkim czasie mogą ulec zepsuciu. Konsument oczekuje, że zakupiony wyrób spożyje w całości, a w przypadku gdy opakowanie jest zbyt duże, jego część prawdopodobnie się zmarnuje [11].

Konsumenci XXI wieku są coraz bardziej świadomi i wymagający. Oczekują żywności świeżej, wysokiej jakości, bez dodatku konserwantów, o atrakcyjnym wyglądzie i o jak najniższym stopniu przetworzenia [17, 18]. Tradycyjne opakowania mają zapewnić produktom pasywną ochronę przed uszkodzeniem i zagwarantować możliwie długą trwałość. Opakowania aktywne pozwalają podtrzymać maksymalnie długo świeżość, zachować niezmiennie walory jakościowe, zagwarantować bezpieczeństwo produktu i jego wartość odżywczą [24, 28]. Opakowania aktywne zdefiniowano jako „systemy, które (w wyniku działań chemicznych, fizycznych i biologicznych) aktywnie zmieniają warunki środowiska panujące wewnątrz opakowania w celu przedłużenia terminu przydatności do spożycia oraz zachowania wyjściowej jakości i właściwości sensorycznych żywności” [28]. Do tego typu pakowania używane są materiały, które ze względu na swój specyficzny skład mogą pochłaniać substancje wydzielane przez żywność lub emitować związki pozwalające zachować niezmienną świeżość i wydłużyć trwałość produktu.

Marnotrawstwo żywności – skala, przyczyny

Według raportu FAO [8], na świecie marnuje się ok. 1,3 mld ton żywności rocznie. Całkowita produkcja rolna (na cele żywnościowe i nieżywnościowe) wynosi natomiast 6 mld ton, zatem straty wynoszą ponad 20 %. Straty żywności w Polsce oszacowano na 9 mln ton rocznie, z czego ponad 2 mln ton marnuje się w gospodarstwach domowych. Więcej żywności w Europie marnuje się tylko we Francji, w Wielkiej Brytanii, Niemczech i w Holandii. Najczęściej marnowanymi produktami są: nabiał, owoce, warzywa, pieczywo i mięso. Kraje członkowskie UE generują rocznie straty na poziomie 89 mln ton żywności. Gospodarstwa domowe odpowiadają za marnotrawstwo 38 mln ton żywności i są źródłem 42 % strat w całym łańcuchu żywnościowym w UE (produkcja – 39 %, usługi żywieniowe – 14 %, sprzedaż detaliczna i hurtowa – 5 %). Polskie gospodarstwa domowe marnują 22,8 % żywności [13].

W badaniach przeprowadzonych przez Millward Brown w 2013 r. [7] na zlecenie Federacji Polskich Banków Żywności 39 % respondentów przyznało, że zdarza im się wyrzucać żywność, najczęściej z powodu przeoczenia terminu przydatności do spożycia lub zbyt dużych porcji posiłków. Ponadto ankietowani często marnują żywność ze względu na zakup złego jakościowo produktu, niewłaściwe przechowywanie, brak pomysłu na wykorzystanie składników czy zakup zbyt dużej ilości produktów. Najczęściej wyrzucanymi przez badaną grupę produktami były: owoce, warzywa, wędliny, pieczywo i jogurty, a więc produkty, które najszybciej ulegają zepsuciu [7].

W badaniach przeprowadzonym przez Bilską i wsp. [2] wśród 209 osób w wieku 18 - 55 lat, zamieszkających w województwie mazowieckim, ponad połowa ankietowanych (62 %) przyznała, że zdarza im się wyrzucać żywność. Najczęstszym powodem jej wyrzucania było przeoczenie terminu przydatności do spożycia (68 % odpowiedzi).

Ponad 10 % jako powód podało niewłaściwe przechowywanie żywności oraz zbyt duże zakupy (odpowiednio: 15 i 13 %). Ponad połowa ankietowanych najczęściej wyrzucała pieczywo, a ponad 1/3 – warzywa, jogurty i owoce. Co dziesiąty ankietowany przyznał, że wyrzucał mięso. Ponad połowa ankietowanych (52 %) deklarowała, że przygotowuje listę zakupów, a ponad 1/3 (35 %) robi to czasami. Blisko 3/4 osób (72 %) odpowiedziało, że zawsze odpowiednio planuje porcje podczas przygotowania posiłków, a niemal 1/4 ankietowanych (23 %) deklarowała, że czasami planuje odpowiednią ilość. Jedynie 5 % ankietowanych twierdziło, że nie myśli o odpowiednim porcjowaniu żywności. Niemal połowa ankietowanych (41 %) deklarowała przygotowywanie z niespożytej żywności innych potraw. Prawie 1/3 ankietowanych (27 %) taką żywność wyrzuca, jedna czwarta osób – mrozi, a 5 % zadeklarowało dokarmianie zwierząt.

Zdaniem Beretta i wsp. [1] właściwe zaplanowanie zakupów pozwala uniknąć kupowania zbyt dużych ilości żywności oraz ogranicza korzystanie z promocji, które często powodują, że konsumenci sięgają po niepotrzebne produkty. Jak twierdzą Clement i wsp. [6], większość decyzji o zakupie produktów konsumenci podejmują dopiero w sklepie pod wpływem różnych impulsów. Skutkiem takich niezaplanowanych i dużych zakupów w wielu przypadkach może być marnotrawstwo żywności. Niedostosowanie zakupów do potrzeb konsumenta, nieodpowiednie przechowywanie, przygotowywanie i porcjowanie potraw wskazali konsumenci jako istotne powody marnowania żywności w gospodarstwach domowych [27].

Badania przeprowadzone w Finlandii w 2010 roku wśród 380 gospodarstw domowych wykazały, że 7 % z zakupionego mięsa, ryb i jaj jest marnowane. Do najczęstszych przyczyn wyrzucania należało: spleśnienie (29 %), przekroczenie terminu przydatności do spożycia (19 %), przygotowywanie w ilości przekraczającej potrzeby (13 %) [16].

Według badań zrealizowanych przez Waste & Resources Action Programme [35] w Wielkiej Brytanii ponad 22 % żywności zakupionej przez gospodarstwa domowe zostaje zmarnowane, z czego przynajmniej 14 % nadawałoby się do spożycia, a roczna finansowa strata przypadająca na gospodarstwo domowe wynosi ok. 480 funtów.

Na podstawie badań przeprowadzonych w USA w 2008 r. stwierdzono, że największe straty w handlu i w gospodarstwach domowych dotyczyły: mięsa, drobiu, ryb (łącznie 41 %), warzyw (17 %), produktów mlecznych (14 %) [4]. Buzby i wsp. [3] oszacowali straty w handlu na poziomie 10 %. Zdaniem badaczy główną przyczyną strat było magazynowanie zbyt dużych ilości towaru. Inne dane amerykańskie są potwierdzeniem, że ponad 10 % żywności przeznaczonej do handlu zostaje wyrzucone [10].

Wśród podstawowych czynników wpływających na marnowanie żywności w handlu należy wymienić: nieefektywny łańcuch dystrybucji, nieracjonalne zarządza-

nie zapasami, normy handlowe i strategie marketingowe. Utrzymywanie zbyt wysokich stanów magazynowych może skutkować upływem terminu przydatności do spożycia i koniecznością utylizacji takich produktów. Kolejnym czynnikiem mającym pośredni wpływ na marnowanie żywności są strategie marketingowe przekonujące konsumenta do zakupu większej liczby sztuk za niższą cenę. Sprawiają, że kupuje on więcej produktów niż w danym momencie potrzebuje. Sprzedaż wyrobów z bliskim terminem przydatności do spożycia działa podobnie – konsument zachęcony niższą ceną nabywa więcej dóbr niż faktycznie potrzebuje i zazwyczaj nie jest w stanie ich wykorzystać [29].

Celem pracy było określenie roli opakowań aktywnych w ograniczeniu marnotrawstwa mięsa mielonego w gospodarstwach domowych.

Materiał i metody badań

Do zrealizowania celu badań wykorzystano technikę zogniskowanego wywiadu grupowego bezpośredniego (FGI – z ang. *Focus Group Interviews*), w którym wzięło udział 10 osób. Wywiad ten odróżnia się wysokim stopniem koncentracji uwagi respondentów na ustalonym problemie (w tym przypadku – ograniczenie marnotrawstwa żywności). Badania tego typu są szczególnie użyteczne przy rozwiązywaniu problemów diagnostycznych, wskazujących przyczyny zjawisk [9, 31]. Podstawowym kryterium doboru uczestników było spożywanie przez nich mielonego mięsa wieprzowego. Dyskusja odbyła się pod kierownictwem moderatora i przebiegała zgodnie z opracowanym scenariuszem, zawierającym główne zagadnienia do dyskusji. W badanej grupie przeważali mężczyźni (6 osób) oraz osoby z wyższym wykształceniem (9 osób), z czego 5 osób posiadało wykształcenie związane z rynkiem żywności. Uczestnicy reprezentowali dwie grupy wiekowe: 19 - 24 lata (5) oraz 25 - 35 lat (5).

Wyniki i dyskusja

Badani zadeklarowali, że średnio 2 - 3 razy w tygodniu spożywają mięso wieprzowe w różnej postaci. Zwykle dokonują zakupów w sklepach samoobsługowych. Wśród najczęściej kupowanych produktów spożywczych respondenci wymienili: pieczywo, nabiał, mięso surowe i przetworzone, owoce i warzywa, sery żółte i białe. Są to produkty, które z natury mają niedługi termin przydatności do spożycia i zazwyczaj sprawiają problemy z przechowywaniem, szczególnie jeśli porcje są zbyt duże. Zdaniem badanych najtrudniejsze w przechowywaniu są owoce i warzywa, nabiał, a w szczególności mięso, niezależnie od gatunku i stopnia przetworzenia.

Bardzo ważna dla badanych była funkcjonalność opakowań. Zwracali oni uwagę na możliwość wielokrotnego otwierania i zamykania, materiały z jakich wykonane jest opakowanie i z czego wynika jego lepsza użyteczność i wytrzymałość. Uczestnicy podkreślali cechy opakowań, które niewątpliwie są determinantą zakupu produktów.

Najważniejsza była wygoda użytkowania i ochrona produktu. Niektórzy z badanych zwracali uwagę na prezentację produktu, grafikę opakowania oraz możliwość ponownego wykorzystania. W badaniach ankietowych przeprowadzonych w 2011 roku w grupie ponad 300 respondentów wykazano, że wpływ wyglądu opakowania jest istotny lub bardzo istotny w każdej grupie wiekowej [25]. Uważa się, że opakowanie stało się obecnie „niemym” sprzedawcą, pełniącym oprócz funkcji informacyjnej także istotne funkcje promocyjne [17].

Warto odnotować, że kobiety biorące udział w badaniu wskazały, że projekt graficzny opakowania jest bardzo istotny. Jak wynika z udzielonych wypowiedzi, w przypadku niektórych produktów jest on czynnikiem mającym największy wpływ na decyzję o zakupie. Odpowiedzi uczestników dyskusji potwierdzają wyniki polskich i zagranicznych badań, w których autorzy zwracają uwagę na szczególną rolę koloru i grafiki w decyzjach nabywczych konsumentów. Stoma i Kapusta [32] stwierdzili, że kolor służy do wyróżnienia produktu i stworzenia wizerunku marki.

Niektórzy z badanych uznali, że opakowanie jest mało istotnym czynnikiem w momencie podejmowania decyzji o zakupie, wskazując, że największą rolę przy wyborze odgrywa cena i skład produktu, jakość oraz wielkość porcji. Podobne wyniki uzyskali Popowicz i Lesiów [28] w badaniu przeprowadzonym w 2012 roku, podczas którego ankietowani jako główne determinanty wyboru produktu wskazali jakość (45 %), cenę (25 %) i skład produktu (19 %).

Wśród uczestników badania 4 osoby zadeklarowały, że znają pojęcie „opakowanie aktywne”. Należy zaznaczyć, że są to osoby z wykształceniem w dziedzinie nauk o żywności, a więc wiedzę na ten temat zdobyli w toku studiów.

Wiedza przeciętnych konsumentów na temat opakowań aktywnych jest niewielka. W badaniach przeprowadzonych w 2012 roku na grupie 100 respondentów wykazano, że z terminem „opakowanie aktywne” nie spotkało się 62 % respondentów [26]. Niemal identyczne wyniki dotyczące znajomości omawianych opakowań wśród konsumentów otrzymano w badaniach przeprowadzonych w 2012 roku, w których 61 % respondentów stwierdziło, że nigdy nie spotkało się z terminem „opakowanie aktywne”. Co więcej w toku tych samych badań wykazano, że 40 % ankietowanych zdobyło wiedzę o innowacyjnych opakowaniach na studiach lub w szkole [28]. Uczestnicy dyskusji poproszeni o wskazanie przykładów produktów, do których można zastosować opakowania aktywne, wymieniali w większości trafnie owoce i warzywa, mięso świeże, ryby.

Badani twierdzili, że opakowania aktywne nie zagrażają zdrowiu konsumentów. Uważali również, że zastosowane techniki przedłużania okresu trwałości nie wpływają niekorzystnie na jakość samego produktu, nie czyniąc go jednocześnie zagrożeniem dla zdrowia. Wydaje się, że opinia konsumentów o bezpieczeństwie produktów spożywczych pakowanych z wykorzystaniem opakowań aktywnych jest silnie uzależniona

od wykształcenia i doświadczeń zawodowych. W badaniach przeprowadzonych wśród losowo dobranych respondentów z województwa pomorskiego w 2012 roku zaledwie 24 % ankietowanych uznało opakowania aktywne za bezpieczne dla zdrowia [26]. Bardziej zbliżone do badania autorskiego wyniki uzyskała Lisińska-Kuśnierz [21]. W tym przypadku grupa ankietowanych składała się z 48 przedstawicieli podmiotów związanych z branżą opakowań. Jedynie 12 % respondentów uznało aktywne systemy pakowania za niebezpieczne dla zdrowia. W omawianym zogniskowanym wywiadzie grupowym tylko 1 osoba wskazała, że ma wątpliwości co do obojętności tego typu opakowań dla zdrowia konsumentów.

Zaledwie jedna z badanych osób zwróciła uwagę na bardzo ważny problem marnotrawstwa żywności. Zauważyła, że stosowanie opakowań aktywnych jest niezbędne, aby minimalizować straty żywności na poziomie łańcucha dystrybucji, szczególnie w miastach o dużej liczbie ludności, gdzie sklepy samoobsługowe wypierają z rynku małe sklepy osiedlowe. Warto zauważyć, że sieci detaliczne mają długi łańcuch dystrybucji ze względu na dużą liczbę placówek w różnych lokalizacjach. I tak od momentu wyprodukowania do momentu ekspozycji w szafach chłodniczych w sklepie upływa kilka dni. Możliwość wydłużenia okresu trwałości mięsa bez konieczności mrożenia od kilku do kilkunastu dni, dzięki zastosowaniu opakowań aktywnych, wydaje się rozwiązaniem bardzo ważnym i pożytecznym, ograniczającym straty i sprawiającym, że produkt trafia do konsumenta z zachowaniem odpowiedniej jakości [28].

Badani w toku dyskusji stwierdzili, że w przypadku punktów sprzedaży, w których produkt można nabyć zarówno „na wagę” jak i paczkowany, prawdopodobnie jego sprzedaż w opakowaniach aktywnych byłaby nieduża z powodu wyższej ceny. Pięć osób deklarowało, że nie zamierza płacić wyższej ceny za produkt jedynie ze względu na dłuższy termin przydatności. W uzasadnieniu podali możliwość zamrożenia produktu, co ich zdaniem nie wpływa na jego smak po obróbce termicznej, a co najważniejsze, pozwala zatrzymać rozwój mikroflory patogennej. Jak podają Jędrzejczyk i Świderski [15], produkty zamrożone i prawidłowo przechowywane są trwałe pod względem mikrobiologicznym. Ponadto w przypadku wielu produktów spożywczych zamrażanie umożliwia zachowanie w znacznym stopniu naturalnych właściwości i wartości odżywczej produktu.

Niektórzy z badanych zadeklarowali jednak, że są w stanie zapłacić więcej za opakowanie aktywne, wiedząc, że wydłuży ono okres przydatności do spożycia. Zaznaczyli w czasie dyskusji, że cena nie powinna być dużo wyższa. Jednak Popowicz i Lesiów [28] podają, że zastosowanie aktywnego systemu pakowania zwiększa jednak cenę opakowania nawet o 100 %.

Zaledwie jedna osoba zwróciła uwagę na to, że takie opakowanie zapewnia wysoką jakość. W tym miejscu należy zauważyć, że w przypadku mięsa mielonego zapakowanego u producenta w atmosferze ochronnej, konsument ma pewność, że produkt

aż do momentu zakupu i otwarcia opakowania znajduje się w kontrolowanych warunkach, oczywiście przy zachowaniu odpowiednich zaleceń, tj. utrzymania łańcucha chłodniczego i szczelności opakowań. Szczelność opakowania konsument może ocenić w momencie zakupu, natomiast co do zachowania warunków chłodniczych może jedynie bazować na zaufaniu do oferenta produktu.

Wszyscy badani stwierdzili, że najważniejsze dla nich w przypadku zakupu mięsa paczkowanego są takie informacje, jak: data pakowania lub przydatności do spożycia oraz zawartość substancji konserwujących. Dokładnie te dwie informacje powtarzają się w wypowiedziach każdego z uczestników dyskusji. Podobnie w badaniach przeprowadzonych przez Krasnowską i Salejdę [19] w 2009 roku najważniejszą dla konsumentów informacją była data minimalnej trwałości lub przydatności do spożycia. Taką odpowiedź niezależnie od miejsca zamieszkania wskazało średnio 20 % ankietowanych. Również w innych badaniach ankietowych przeprowadzonych w grupie 712 respondentów w 2011 roku wykazano, że termin przydatności do spożycia jest bardzo ważną informacją w momencie dokonywania zakupów dla 93 % ankietowanych [23].

Wilson i wsp. [33] stwierdzili, że przeoczenie przez konsumentów terminu przydatności do spożycia w dużym stopniu jest związane z marnowaniem żywności. W badaniach Bilskiej i wsp. [2] zdecydowana większość respondentów (92,4 %) deklaruje, że zwraca uwagę na termin przydatności do spożycia podczas dokonywania zakupów. Jednocześnie należy zwrócić uwagę na to, że niemal 2/3 respondentów wskazało jako powód marnotrawstwa żywności w domu przeoczenie terminu przydatności do spożycia. Powodem tego mogą być zbyt duże zakupy, w wyniku których konsumenci nie są w stanie spożyć produktów żywnościowych w zalecany przez producenta terminie, jak również zakup żywności o zbyt krótkim terminie przydatności. Natomiast Mena i wsp. [22] zauważyli, że sześć z siedmiu produktów należących do najczęściej marnowanych ma okres przydatności do spożycia krótszy niż dwa tygodnie. Zdaniem Halloran i wsp. [12] zmniejszenie marnotrawstwa żywności w gospodarstwach domowych można uzyskać dzięki projektowaniu inteligentnych opakowań do przechowywania świeżej żywności przez dłuższy czas przy jednoczesnym zaspokojeniu różnych potrzeb konsumentów dotyczących np. wielkości porcji.

Wnioski

1. Dokonany przegląd literatury wskazuje na wiele różnych funkcji opakowania produktu. Jako element zintegrowany z produktem, często niezbędny, dający możliwość dostarczenia wyrobu do finalnego nabywcy, jest bardzo istotnym ogniwem w transporcie, magazynowaniu i dystrybucji. Wraz z rozwojem handlu samoobsługowego konieczne stało się poszukiwanie nowych rozwiązań pozwalających na wydłużenie okresu trwałości produktów świeżych i ograniczanie ich strat. Odpowiedzią przemysłu opakowaniowego było wprowadzenie opakowań aktywnych,

które przez swoje specyficzne właściwości sprawiają, że termin przydatności do spożycia znacznie się wydłuża. Do rozpoznania zostało jednak postrzeganie tych działań przez konsumenta.

2. Przeprowadzone badanie wykazało, że wiedza badanych konsumentów na temat aktywnych opakowań żywności jest ograniczona. Opakowanie aktywne, mimo że wygląda atrakcyjnie i spełnia swoją rolę, nie jest obiektem zainteresowania respondentów w momencie zakupu produktów mięsnych. Ważniejszym czynnikiem wpływającym na ich decyzję o zakupie są: cena i jakość produktu. Najważniejszymi informacjami dla konsumentów są: skład produktu, obecność substancji dodatkowych oraz data przydatności do spożycia. Wydaje się zasadnym przeprowadzenie edukacji konsumentów w zakresie roli i znaczenia opakowań aktywnych w zachowaniu jakości produktu, a w szczególności wskazanie na aspekt ograniczania marnotrawstwa mięsa na poziomie gospodarstwa domowego.
3. Zaobserwowano brak akceptacji badanych dla znaczącego wzrostu ceny mięsa w opakowaniu z modyfikowaną atmosferą w stosunku do mięsa sprzedawanego „na wagę”. Dotychczasowe nawyki związane z przechowywaniem tego typu produktów sprowadzają się do mrożenia, które zapewnia najdłuższy okres przechowywania. Ponadto przy obecnej dostępności sklepów spożywczych, szczególnie w większych miastach, nie zauważają oni potrzeby dłuższego przechowywania mięsa.
4. Przedstawione powyżej czynniki pozwalają stwierdzić, że opakowania aktywne odgrywają niewielką rolę w decyzjach nabywczych gospodarstw domowych. W dystrybucji ich wykorzystanie jest niemal niezbędne dla zachowania dostępności mięsa różnego rodzaju, szczególnie w sklepach samoobsługowych. Ponadto, na co również zwrócili uwagę badani, stosowanie tych opakowań przy obecnych trendach w handlu detalicznym może w znaczny sposób ograniczać straty żywności wynikające z krótkiego terminu przydatności do spożycia.

Literatura

- [1] Beretta C., Stoessel F., Baier U., Hellweg S.: Quantifying food losses and the potential for reduction in Switzerland. *Waste Manage.*, 2013, 33, 764-773.
- [2] Bilska B., Grzesińska W., Tomaszewska M., Rudziński M.: Marnotrawstwo żywności jako przykład nieefektywnego zarządzania w gospodarstwach domowych. *Rocz. Nauk. Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*, 2015, XVII (4), 39-43.
- [3] Buzby J.C., Hyman J., Stewart H., Wells H.F.: The value of retail and consumer level fruit and vegetable losses in the United States. *J. Consum. Aff.*, 2011, 46 (3), 492-515.
- [4] Buzby J.C., Hyman J.: Total and per capita value of food loss in the United States. *Food Policy*, 2012, 37, 561-570.
- [5] Cąderek T.: Coraz większa rola opakowań do owoców i warzyw. *Opakowanie*, 2012, 9, 84-87.

- [6] Clement J., Kristensen T., Gronhaug K.: Understanding consumers' in-store visual perception: The influence of package design features on visual attention. *J. Retailing Consum. Serv.*, 2013, 20 (2), 234-239.
- [7] Dąbrowska A., Janoś-Kresło M.: Marnowanie żywności jako problem społeczny. *Handel Wewnętrzny*, 2013, 4 (345), 17-26.
- [8] Food wastage footprint. Impacts on natural resources. [online]. FAO, 2013. Dostęp w Internecie: [6.02.2017] <http://www.fao.org/docrep/018/i3347e/i3347e.pdf>
- [9] Flick U.: Projektowanie badania jakościowego. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2012.
- [10] Gunders D.: Wasted: How America is losing up to 40 percent of its food from farm to fork to Land-fill. [online]. Natural Resources Defense Council, 2012. Dostęp w Internecie: [6.02.2017] <http://large.stanford.edu/courses/2012/ph240/briggs1/docs/wasted-food-ip.pdf>
- [11] Hales C.F.: Opakowanie jako instrument marketingu. PWE, Warszawa 1999.
- [12] Halloran A., Clement J., Kornum N., Bucatariu C., Magid J.: Addressing food waste reduction in Denmark. *Food Policy*, 2014, 49, 294-301.
- [13] Impact assessment on measures addressing food waste to complete SWD (2014) 207 regarding the review of EU waste management targets. [online]. Brussels, 2014. Dostęp w Internecie: [6.03.2017] http://ec.europa.eu/environment/archives/eusd/pdf/Annexes_1-11.PDF
- [14] Jakowski S.: Opakowania w działaniach marketingowych. *Opakowanie*, 2011, 12, 56-58.
- [15] Jędrzejczyk H., Świderski F.: Żywność utrwalana w niskich i wysokich temperaturach. W: *Towaroznawstwo żywności przetworzonej z elementami technologii*. Red. F. Świderski, B. Waszkiewicz-Robak. Wyd. SGGW, Warszawa 2010.
- [16] Katajajuuri J.-M., Silvennoinen K., Hartikainen H., Heikkilä, L.: Food waste in the Finnish food chain. *J. Clean. Prod.*, 2014, 73, 322-329.
- [17] Kosicka-Gębska M., Tul-Krzyszczuk A., Gębski J.: *Handel detaliczny żywnością w Polsce*. Wyd. II. Wyd. SGGW, Warszawa 2011.
- [18] Kozak W., Biegańska M.: Integratory TTI jako innowacyjny element opakowania. *Opakowanie*, 2012, 9, 88-93.
- [19] Krasnowska G., Salejda A.M.: Ocena wiedzy konsumentów na temat znakowania żywności. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, 1 (74), 173-189.
- [20] Kuzincow J.: Opakowanie jako element marketingu mix. *Opakowanie*, 2013, 3, 76-79.
- [21] Lisińska-Kuśnierz M.: Problem bezpieczeństwa materiałów opakowaniowych i opakowań w ocenie podmiotów łańcucha dostaw. *Opakowanie*, 2012, 8, 67-72.
- [22] Mena C., Adenso-Diaz B., Oznur Y.: The causes of food waste in the supplier-retailer interface: Evidences from the UK and Spain. *Resour Conserv. Recy.*, 2011, 55 (6), 648-658.
- [23] Niewczas M.: Kryteria wyboru żywności. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2013, 6 (91), 204-219.
- [24] Ostrowska E.: Aktywny i inteligentny jak opakowania. *Opakowanie*, 2013, 9, 24-28.
- [25] Osuch M., Izdebska J., Podsiadło H.: Opakowanie produktu a decyzja konsumenta o zakupie. *Opakowanie*, 2011, 12, 63-67.
- [26] Pałkowska A., Steinka I.: Opakowania aktywne i inteligentne w świadomości konsumentów. *Zesz. Nauk. Akademii Morskiej w Gdyni*, 2013, 80, 35-42.
- [27] Papargyropoulou E., Lozano R., Steinberger J.K., Wright N., Ujang Z.: The food waste hierarchy as a framework for the management of food surplus and food waste. *J. Clean. Prod.*, 2014, 76, 106-115.
- [28] Popowicz R., Lesiów T.: Innowacyjne opakowania aktywne w przemyśle żywnościowym. *Nauki Inż. Technol.*, 2014, 1 (12), 82-100.
- [29] Raport Federacji Polskich Banków Żywności. Zapobieganie marnowaniu żywności z korzyścią dla społeczeństwa. [online]. Federacja Polskich Banków Żywności, 2013. Dostęp w Internecie [6.03.2017]: http://www.niemarnuje.pl/files/raport-marnowanie-zywnosci_2013.pdf

- [30] Robertson G.: Food Packaging: Principles and Practice. 3rd ed. CRC Press, Brisbane, Australia, 2013, pp. 2-4.
- [31] Sobocińska M.: Zogniskowane wywiady grupowe. W: Badania marketingowe. Metody, techniki i obszary aplikacji na współczesnym rynku. Red. K. Mazurek-Łopacińska. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2016, ss. 179-184.
- [32] Stoma M., Kapusta M.: Selected function of packaging and their impact on product perception and consumers' decisions. *Logistyka*, 2014, 6, 348-352.
- [33] Wilson N.L.W., Bradley J.R., Saputo R., Shuay-Tsyr H.: Food waste: The role of date labels, package size, and product category. *Food Qual. Prefer.*, 2017, 55, 35-44.
- [34] Witek L.: Wpływ ekologicznych funkcji opakowań na zachowania konsumentów. *Zesz. Nauk. Uniw. Szczecińskiego. Ekonomiczne Problemy Usług*, 2011, 74, 759-770.
- [35] WRAP: Household food and drink waste in the UK. Final report. [online]. WRAP, 2009. Dostęp w Internecie: [6.03.2017]
<http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Household%20food%20and%20drink%20waste%20in%20the%20UK%20-%20report.pdf>

THE ROLE OF ACTIVE PACKAGES IN RESTRICTING WASTE OF MEAT IN HOUSEHOLDS

S u m m a r y

Product packaging not only protects its utility value against deterioration but it also promotes the product, allows the identification and differentiation of products, transport and use. Additionally to those functions, the active packaging may contribute to reducing food waste. It is estimated that annually losses of food generated in the European Union are at a level of 89 million tonnes, while the household waste is estimated to be 38 million tonnes per year. The objective of the study was to determine the role of active packaging in reducing minced meat waste in households. The study was conducted using a focus group direct interview. The study showed that the active packaging used for minced meat was of little relevance to consumers taking purchasing decisions. More important factors to impact the purchasing decision were the price and the quality of the product. The respondents interviewed say the active packages do not endanger consumer health, and the techniques applied to prolong shelf-life of food do not negatively impact the quality of the product and, at the same time, do not render it dangerous to health. It was reported that the interviewed did not accept any substantial increase in the prices of meat packed in modified atmosphere packages compared to the prices of meat sold 'by weight'. Although the active meat package has an attractive appearance and serves its purpose, respondents are not interested in it at the moment of purchasing meat products. However, because of a longer shelf life of the packaged product, the active package may contribute to reducing food loss both at the level of household and the entire distribution process.

Key words: food waste, active packaging, households, minced meat 

GRAŻYNA MORKIS

PROBLEMATYKA ŻYWNOŚCIOWA 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 grudnia 2017 r.

Polskie akty prawne

1. Ustawa z dnia 11 marca 2004 r. o ochronie zdrowia zwierząt oraz zwalczaniu chorób zakaźnych zwierząt (Dz. U. 2017 r., poz. 1855).
Ogłoszono jednolity tekst ustawy z dn. 11 marca 2004 r. o ochronie zdrowia zwierząt oraz zwalczaniu chorób zakaźnych zwierząt. Ustawa określa wymagania weterynaryjne przy podejmowania i prowadzenia działalności.
2. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 2 października 2017 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych wymagań w zakresie jakości handlowej džemów, konfitur, galaretek, marmolad, powideł śliwkowych oraz słodzonego przecieru z kasztanów jadalnych (Dz. U. 2017 r., poz. 1944).
W rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 29 lipca 2003 r. w sprawie szczegółowych wymagań w zakresie jakości handlowej džemów, konfitur, galaretek, marmolad, powideł śliwkowych oraz słodzonego przecieru z kasztanów jadalnych (Dz. U. 2003, poz. 1398 oraz z 2004 r. poz. 662) wprowadza się następujące zmiany:
 - przepisy niniejszego rozporządzenia wdrażają dyrektywę Rady 2001/113/WE z 20 grudnia 2001 r. i odnoszącą się do džemów owocowych, galaretek i marmolady oraz słodzonego przecieru z kasztanów przeznaczonych do spożycia przez ludzi (Dz. Urz. WE L 10 z 12.01.2002, str. 67, z późn. zm. - Dz. Urz. UE Polskie wydanie specjalne, rozdz. 13, t. 27, str. 190),

- marmolady twardej lub miękkiej z owoców innych niż cytrusowe, których nazwie towarzyszy oświadczenie żywieniowe "o obniżonej zawartości cukrów" lub inne oświadczenie żywieniowe o takim samym znaczeniu dla konsumenta w rozumieniu przepisów rozporządzenia (WE) nr 1924/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 20 grudnia 2006 r. w sprawie oświadczeń żywieniowych i zdrowotnych dotyczących żywności (Dz. Urz. UE L 404 z 30.12.2006, str. 9, z późn. zm.) można dodać substancje aromatyczne, naturalne substancje aromatyczne i preparaty aromatyczne w rozumieniu art. 3 ust. 2 lit. b - d rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1334/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie środków aromatyzujących i niektórych składników żywności o właściwościach aromatyzujących do użycia w oraz na środkach spożywczych oraz zmieniającego rozporządzenie Rady (EWG) nr 1601/91, rozporządzenia (WE) nr 2232/96 oraz (WE) nr 110/2008 oraz dyrektywę 2000/13/WE (Dz. Urz. UE L 354 z 31.12.2008, str. 34, z późn. zm.).
- 3. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 5 października 2017 r. w sprawie opłat za czynności wykonywane przez organy Państwowej Inspekcji Sanitarnej w ramach urzędowych kontroli żywności (Dz. U. 2017 r., poz. 2012).

W rozporządzeniu zostały określone nowe wysokości opłat mających na celu pokrycie kosztów ponoszonych przez organy Państwowej Inspekcji Sanitarnej za czynności wykonywane w ramach urzędowych kontroli żywności, w tym metody obliczania niektórych opłat, stawki opłat oraz sposób wnoszenia opłat.
- 4. Ustawa z dnia 25 listopada 2010 r. o Centralnym Ośrodku Badania Odmian Roślin Uprawnych (Dz. U. 2017 r., poz. 2109).

Ogłoszono jednolity tekst ustawy z dnia 25 listopada 2010 r. o Centralnym Ośrodku Badania Odmian Roślin Uprawnych.

Centralny Ośrodek realizuje zadania państwa w zakresie:

 - badania i rejestracji odmian roślin,
 - porejestrowego doświadczalnictwa odmianowego,
 - ochrony prawnej odmian roślin.
- 5. Ustawa z dnia 29 czerwca 2007 r. o organizacji hodowli i rozrodzie zwierząt gospodarskich (Dz. U. 2017 r., poz. 2132).

Ogłoszono jednolity tekst ustawy z dnia 29 czerwca 2007 r. o organizacji hodowli i rozrodzie zwierząt gospodarskich. Ustawa reguluje sprawy z zakresu hodowli oraz zachowania zasobów genetycznych, oceny wartości użytkowej i hodowlanej, prowadzenia ksiąg hodowlanych i rejestrów, a także nadzoru nad hodowlą i rozrodem zwierząt gospodarskich.
- 6. Ustawa z dnia 22 czerwca 2001 r. o mikroorganizmach i organizmach genetycznie zmodyfikowanych (Dz. U. 2017 r., poz. 2134).

Ogłoszono jednolity tekst ustawy z dnia 22 czerwca 2001 r. o mikroorganizmach i organizmach genetycznie zmodyfikowanych.

Ustawa określa zasady:

- zamkniętego użycia mikroorganizmów genetycznie zmodyfikowanych,
- zamkniętego użycia organizmów genetycznie zmodyfikowanych,
- zamierzonego uwalniania organizmów genetycznie zmodyfikowanych do środowiska,
- wprowadzania do obrotu produktów genetycznie zmodyfikowanych.

7. Ustawa z dnia 18 grudnia 2003 r. o ochronie roślin (Dz. U. 2017 r., poz. 2138).

Ogłoszono jednolity tekst ustawy z dnia 18 grudnia 2003 r. o ochronie roślin. Ustawa reguluje sprawy ochrony roślin przed organizmami szkodliwymi oraz organizacji Państwowej Inspekcji Ochrony Roślin i Nasiennictwa.

8. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 9 listopada 2017 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie znakowania poszczególnych rodzajów środków spożywczych (Dz. U. 2017 r., poz. 2150).

W rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 23 grudnia 2014 r. w sprawie znakowania poszczególnych rodzajów środków spożywczych (Dz. U. z 2015 r. poz. 29 oraz z 2016 r. poz. 2019) wprowadza się zmiany dotyczące znakowania fermentowanych wyrobów winiarskich.

9. Ustawa z dnia 21 grudnia 2000 r. o jakości handlowej artykułów rolno-spożywczych (Dz. U. 2017 r., poz. 2212).

Ogłoszono jednolity tekst ustawy z dnia 21 grudnia 2000 r. o jakości handlowej artykułów rolno-spożywczych.

Ustawa reguluje sprawy jakości handlowej artykułów rolno-spożywczych oraz organizację i zasady działania Inspekcji Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych. Przepisy ustawy nie dotyczą: artykułów rolno-spożywczych wytwarzanych na własny użytek; materiału siewnego roślin rolniczych, ogrodniczych i zielarskich w rozumieniu przepisów o nasiennictwie oraz jakości handlowej owoców i warzyw w zakresie uregulowanym w przepisach Unii Europejskiej.

10. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 listopada 2017 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie składu oraz oznakowania suplementów diety (Dz. U. 2017 r., poz. 2212).

W rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 9 października 2007 r. w sprawie składu oraz oznakowania suplementów diety (Dz. U. z 2015 r., poz. 2032 oraz z 2017 r., poz. 979) w załączniku nr 2 do rozporządzenia wprowadzono zmiany dotyczące soli wapniowych fosforylowanych oligosacharydów oraz krzemu organicznego (monometylosilanetriol).

11. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 grudnia 2017 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie znakowania poszczególnych rodzajów środków spożywczych (Dz. U. 2017 r., poz. 2461).

W rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 23 grudnia 2014 r. w sprawie znakowania poszczególnych rodzajów środków spożywczych (Dz. U. z 2015 r., poz. 29, z 2016 r., poz. 2019 oraz z 2017 r., poz. 2150) wprowadzono zmiany dotyczące znakowania takich produktów spożywczych, jak: jaja, mięso, przetwory mleczne i ocet.

Unijne akty prawne

1. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2017/1898 z dnia 18 października 2017 r. rejestrujące w rejestrze gwarantowanych tradycyjnych specjalności nazwy [Półtorak staropolski tradycyjny (GTS), Dwójniak staropolski tradycyjny (GTS), Trójniak staropolski tradycyjny (GTS), Czwórniak staropolski tradycyjny (GTS), Kielbasa jałowcowa staropolska (GTS), Kielbasa myśliwska staropolska (GTS) i Olej rydzowy tradycyjny (GTS)] (Dz. Urz. UE L 2017 r., 269, s. 3).

Na wniosek Polski zostały zarejestrowane w rejestrze nazwy „Półtorak staropolski tradycyjny” (GTS), „Dwójniak staropolski tradycyjny” (GTS), „Trójniak staropolski tradycyjny” (GTS), „Czwórniak staropolski tradycyjny” (GTS), „Kielbasa jałowcowa staropolska” (GTS), „Kielbasa myśliwska staropolska” (GTS) i „Olej rydzowy tradycyjny” (GTS) z zastrzeżeniem nazwy.

Specyfikację produktu GTS „Półtorak”, GTS „Dwójniak”, GTS „Trójniak”, GTS „Czwórniak”, GTS „Kielbasa jałowcowa”, GTS „Kielbasa myśliwska” oraz GTS „Olej rydzowy” uznaje się za specyfikację, o której mowa w art. 19 rozporządzenia (UE) nr 1151/2012, z zastrzeżeniem nazwy odpowiednio w odniesieniu do: GTS „Półtorak staropolski tradycyjny”, GTS „Dwójniak staropolski tradycyjny”, GTS „Trójniak staropolski tradycyjny”, GTS „Czwórniak staropolski tradycyjny”, GTS „Kielbasa jałowcowa staropolska”, GTS „Kielbasa myśliwska staropolska” i GTS „Olej rydzowy tradycyjny”.

„Półtorak staropolski tradycyjny” (GTS), „Dwójniak staropolski tradycyjny” (GTS), „Trójniak staropolski tradycyjny” (GTS) i „Czwórniak staropolski tradycyjny” (GTS) oznaczają produkty należące do klasy 1.8. Inne produkty, zgodnie z załącznikiem I do Traktatu (przyprawy itd.), zgodnie z załącznikiem XI do rozporządzenia wykonawczego Komisji (UE) nr 668/2014; „Kielbasa jałowcowa staropolska” (GTS) i „Kielbasa myśliwska staropolska” (GTS) oznaczają produkty należące do klasy 1.2. Produkty wytworzone na bazie mięsa (podgotowanego, solonego, wędzonego itd.), zgodnie z tym załącznikiem. „Olej rydzowy” (GTS)

oznacza produkt należący do klasy 1.5. Oleje i tłuszcze (masło, margaryna, oleje itd.), zgodnie z tym samym załącznikiem.

2. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2017/2272 z dnia 8 grudnia 2017 r. rejestrujące w rejestrze gwarantowanych tradycyjnych specjalności nazwę „Kabanosy staropolskie” (GTS) (Dz. Urz. UE L 2017 r., 326, s. 40).

Na wniosek Polski została zarejestrowana nazwa „Kabanosy staropolskie” (GTS). Specyfikację produktu GTS „Kabanosy” uznaje się za specyfikację, o której mowa w art. 19 rozporządzenia (UE) nr 1151/2012 w odniesieniu do GTS „Kabanosy staropolskie” z zastrzeżeniem nazwy. Nazwa „Kabanosy staropolskie” (GTS) oznacza produkt należący do klasy 1.2. Produkty wytworzone na bazie mięsa (podgotowanego, solonego, wędzonego itd.), zgodnie z załącznikiem XI do rozporządzenia wykonawczego Komisji (UE) nr 668/2014. Nazwa „Kabanosy staropolskie” (GTS) jest chroniona jako całość. Termin „Kabanosy” może nadal być stosowany – również w tłumaczeniach i wariantach językowych – w całej Unii Europejskiej, pod warunkiem przestrzegania zasad i przepisów mających zastosowanie w porządku prawnym Unii Europejskiej. ☒

NOWE KSIĄŻKI

Nowe trendy w żywieniu i suplementacji osób aktywnych fizycznie

Grzegorz Zydek, Małgorzata Michalczyk, Adam Zając

Wydawnictwo: Wyd. AWF, Katowice 2017, ISBN 978-83-64036-81-1,

liczba stron 410, cena 130,00 zł

Zamówienia: <http://www.ksiazki.awf.katowice.pl/index.php>

W opracowaniu przedstawiono zarówno zagadnienia podstawowe, związane z ewolucją żywienia człowieka, jak również aktualne problemy zagrożeń żywieniowych XXI wieku. Opisano szczegółowo metabolizm wysiłkowy oraz przemiany związane z przyswajaniem mikro- i makroskładników pokarmowych oraz z ich wykorzystywaniem. Scharakteryzowano podstawowe składniki odżywcze, takie jak węglowodany, białka i tłuszcze, wskazując na ich pochodzenie oraz wartość odżywczą oraz funkcje metaboliczne w organizmie człowieka. Omówiono znaczenie wody, witamin i składników mineralnych w diecie człowieka. Przedstawiono najnowsze informacje dotyczące stresu oksydacyjnego i suplementacji antyoksydacyjnej. Poruszono zagadnienia związane z projektowaniem i produkcją suplementów diety oraz kontrolą ich jakości, zwracając szczególną uwagę na suplementację diety sportowców i osób aktywnych fizycznie. Przedstawiono sposoby analizy i opracowywania diety dla potrzeb sportu wyczynowego, odchudzania i walki z różnymi chorobami metabolicznymi. Podano także szereg przykładów programowania diet, uwzględniając specyfikę poszczególnych dyscyplin pod względem wydatku energetycznego, metabolizmu wysiłkowego i wspomagania suplementacyjnego. Rozwinięto również zagadnienia dotyczące mikrobiomu, psychodietetyki oraz nutrigenetyki i nutrigenomiki. Podręcznik ten stanowi cenne źródło wiedzy dla sportowców, trenerów personalnych, dietetyków, osób aktywnych fizycznie oraz osób z chorobami metabolicznymi.

Żywnienie człowieka i analiza żywności. Wybrane zagadnienia

Halina Grajeta

Wydawnictwo: Wyd. UM, Wrocław 2017, ISBN 978-83-7055-279-4,

liczba stron 202, cena 40,00 zł

Zamówienia: <http://www.wydawnictwo.umed.wroc.pl>

W opracowaniu przedstawiono wybrane zagadnienia z zakresu bromatologii, w tym jakości odżywczej i zdrowotnej żywności. Scharakteryzowano najważniejsze metody ilościowe i jakościowe stosowane w analizie i ocenie jakości żywności do oznaczania zawartości podstawowych składników odżywczych i zanieczyszczeń, a także do oceny sposobu żywienia człowieka. Omówiono rolę i znaczenie analizy sensorycznej w ocenie jakości żywności. Opisano zasady prawidłowego żywienia oraz zagadnienia związane z interakcją leków z pożywieniem. Podręcznik przeznaczony jest dla studentów farmacji i dietetyki, a także innych kierunków związanych z szeroko pojętą nauką o żywności.

Adhesion in Foods: Fundamental Principles and Applications

[Adhezja w żywności: Podstawowe zasady i znaczenie]

Amos Nussinovitch

Wydawnictwo: Wiley-Blackwell, 2016, ISBN 978-1-118-85161-6,

liczba stron 240, cena 138,00 EUR

Zamówienia: <http://eu.wiley.com>

Adhezja wydaje się prostym zjawiskiem związanym z przyczepnością do siebie dwóch różnych materiałów, a pomiar tej właściwości wskazuje na wielkość siły wymaganej do ich rozdzielenia. Jednak bardziej szczegółowe spojrzenie na adhezję dowodzi, że jest to bardzo ważna cecha żywności w trakcie jej wytwarzania, pakowania i przechowywania. W opracowaniu uwzględniono zagadnienia związane z definicją i terminologią adhezji, mechanizmami odpowiedzialnymi za adhezję oraz jej pomiarami. Opisano elektrostatyczną adhezję w żywności. Omówiono różne aspekty lepkości w zróżnicowanych produktach spożywczych i jej związek z procesami technologicznymi. Scharakteryzowano sensoryczną percepcję lepkości. Przedstawiono rolę i znaczenie hydrokoloidów w kształtowaniu zjawiska lepkości żywności. Wskazano na aplikacyjny charakter tego zjawiska związany z otrzymywaniem produktów wielowarstwowych, w tym powlekanych i panierowanych smażonych. Opisano także adhezję żywności do urządzeń i wyposażenia technologicznego, naczyń kuchennych oraz opakowań.

Enzymes in Food and Beverage Processing

[Enzymy w przetwórstwie żywności i napojów]

Muthusamy Chandrasekaran (Ed.)

Wydawnictwo: CRC Press, 2017, ISBN 9781138894174, liczba stron 556, cena: 75,00 GBP

Zamówienia: <http://www.crcpress.com>

Biotechnologia, w szczególności ekologiczne technologie enzymatyczne, ma ogromny potencjał w zakresie zwiększania różnorodności produktów spożywczych, wykorzystu-

jąc różnicowanie biologiczne oraz rozwiązywanie problemów środowiskowych spowodowanych usuwaniem odpadów z przemysłu spożywczego. Poza wprowadzeniem podstawowych pojęć związanych z enzymami spożywczymi, w opracowaniu dokonano przeglądu enzymów stosowanych w produkcji żywności i napojów. Omówiono wykorzystanie enzymów jako narzędzi do monitorowania bioprocessów i oceny jakości odżywczej żywności i napojów. Przedstawiono możliwości zastosowania enzymów do syntezy nowych składników żywności o cechach funkcjonalnych, prebiotyków, dodatków do żywności czy nutraceutyków. Przeanalizowano najnowsze technologie enzymatyczne i zastosowanie enzymów w przetwarzaniu różnych produktów i napojów oraz w opracowywaniu nowych produktów spożywczych. Opisano możliwości wykorzystania enzymów do utylizacji odpadów spożywczych. Przedstawiono nowe technologie enzymatyczne i techniki inżynierii enzymatycznej. Omówiono również opracowanie nowych enzymów o pożądanych właściwościach i funkcjach do zastosowania w przemyśle spożywczym w celu poprawy i zwiększenia wydajności procesów przetwórczych oraz wykorzystania ich jako narzędzi analitycznych do monitorowania żywności i napojów.

Spectroscopic Methods in Food Analysis

[Metody spektroskopowe w analizie żywności]

Adriana S. Franca, Leo M.L. Nollet (Eds.)

Wydawnictwo: CRC Press, 2017, ISBN 9781498754613, liczba stron 650, cena 174,99 GBP

Zamówienia: <http://www.crcpress.com>

W książce przedstawiono podstawowe pojęcia dotyczące metod spektroskopowych i omówiono najważniejsze zastosowania tych technik w analizie żywności. Określenie jakości i autentyczności produktu oraz wykrywanie jego zafałszowania są głównymi zagadnieniami w przemyśle spożywczym wzbudzającymi obawy wśród konsumentów i skupiającymi uwagę producentów żywności. W związku z tym autorzy wyjaśniają, dlaczego metody spektroskopowe znajdują szerokie zastosowanie w analizie produktów spożywczych i wskazują, że często wymagają one minimalnego lub nie wymagają przygotowania próbki, zapewniają szybką i bezpośrednią analizę oraz mają potencjał do przeprowadzenia wielu testów na pojedynczej próbce (tzw. analizy nieniszczące). W podręczniku scharakteryzowano metody spektroskopowe wykorzystywane do analizy takich produktów, jak: napoje, ryby, mięso, produkty zbożowe oraz owoce i warzywa. Opisano również zastosowanie metod spektroskopowych zarówno do analizy laboratoryjnej jak i do pomiarów produkcyjnych in-line.

Opracował: Lesław Juszczał



**ZAKŁAD HIGIENY I ZARZĄDZANIA JAKOŚCIĄ
ŻYWNOŚCI WYDZIAŁU NAUK O ŻYWIENIU
CZŁOWIEKA I KONSUMPCJI SGGW**



**POLSKIE TOWARZYSTWO TECHNOLOGÓW
ŻYWNOŚCI – ZARZĄD GŁÓWNY**



**SEKCJA BEZPIECZEŃSTWA ŻYWNOŚCI KOMITETU
NAUK O ŻYWNOŚCI I ŻYWIENIU PAN**

zapraszają na

III SYMPOZJUM NAUKOWE

z cyklu

„BEZPIECZEŃSTWO ŻYWNOŚCIOWE I ŻYWNOŚCI”

Kiry k. Zakopanego, 16 - 18. 04. 2018 r.

Kontakt: dr inż. Beata Bilaska; tel. (22) 593-70-75;
e-mail: symposium_bezpieczenstwo@sggw.pl



**ZAKŁAD HIGIENY I ZARZĄDZANIA JAKOŚCIĄ
ŻYWNOŚCI WYDZIAŁU NAUK O ŻYWIENIU
CZŁOWIEKA I KONSUMPCJI SGGW**



**POLSKIE TOWARZYSTWO TECHNOLOGÓW
ŻYWNOŚCI – ZARZĄD GŁÓWNY**



**SEKCJA MIKROBIOLOGII I BIOTECHNOLOGII
ŻYWNOŚCI KOMITETU NAUK O ŻYWNOŚCI I
ŻYWIENIU PAN**

zapraszają na

KROKUSOWE IX SYMPOZJUM NAUKOWE

z cyklu

„PROBIOTYKI W ŻYWNOŚCI”

Kiry k. Zakopanego, 18 - 20. 04. 2018 r.

Kontakt: dr inż. Monika Trząskowska; tel. (22) 593-70-68
e-mail: symposiumprobiotyki@gmail.com

**Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności
Katedra Technologii Rolnej i Przechowywania**

**Polskie Towarzystwo Technologów Żywności
Sekcja Technologii Węglowodanów**

Komitet Nauk o Żywności i Żywieniu PAN

zapraszają na

**X Jubileuszową Konferencję Naukową
z cyklu „Ziemniak spożywczy i przemysłowy
oraz jego przetwarzanie”
nt. „Innowacyjność i optymalizacja procesów
w produkcji i przetwarzaniu
ziemniaka”**

Polanica Zdrój, 8 - 10.05.2018

Informacje: <http://www.binoz.upwr.edu.pl/ziemniak/>
Kontakt: Sekretarz konferencji: dr inż. Joanna Miedzianka
e-mail: ziemniak@wnoz.up.wroc.pl
tel. (71) 320-77-68

**STAŁY KOMITET TECHNOLOGII CHEMICZNEJ
ORAZ WYDZIAŁ CHEMICZNY POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ**

zapraszają na

**IX KONGRES TECHNOLOGII CHEMICZNEJ
TECHEM 2018**

Gdańsk, 3 - 7 września 2018

Informacje: <http://techem9.pg.edu.pl>
Kontakt: dr hab. inż. Agnieszka Pladzyk
tel.: (58) 347-23-29; e-mail: techem9@pg.edu.pl

**POLSKIE TOWARZYSTWO TECHNOLOGÓW ŻYWNOŚCI
ODDZIAŁ MAŁOPOLSKI**



**WYDZIAŁ TECHNOLOGII ŻYWNOŚCI
UNIwersYTETU ROLNICZEGO IM. HUGONA KOŁŁATAJA
W KRAKOWIE**

zapraszają na

XIII Konferencję Naukową

z cyklu

„Żywność XXI wieku”

pod patronatem
Komitetu Nauk o Żywności i Żywieniu PAN

ŻYWNOŚĆ A SKŁADNIKI BIOAKTYWNE

Kraków, 24 - 25 września 2018

Kontakt: Sekretarz Komitetu Organizacyjnego – dr Iwona Drożdż
Tel. (12) 662-47-93; e-mail: zywnoscxxi@ptzm.org
Informacje: <http://www.ptzm.org>

TECHNOLOG ŻYWNOSCI

INFORMATOR POLSKIEGO TOWARZYSTWA TECHNOLOGÓW ŻYWNOSCI

Rok 27 Nr 4

grudzień 2017

WAŻNIEJSZE MIĘDZYNARODOWE I KRAJOWE KONFERENCJE NAUKOWE W 2018 r.

Marzec

- 22 - 23 **PIEŠT'ANY, Slovakia = XV Scientific Conference with International Participation "Food Safety and Control"**
Organizatorzy: Faculty of Biotechnology and Food Sciences of the Slovak University of Agriculture in Nitra, Department of Food Hygiene and Safety 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, dr., Department of Food Hygiene and Safety, FBP SPU Nitra. e-mail: Jozef.Golian@uniag.sk

Kwiecień

- 16 - 18 **KIRY k. ZAKOPANEGO = III Sympozjum Naukowe z cyklu "Bezpieczeństwo żywnościowe i żywności"**
Organizatorzy: Zakład Higieny i Zarządzania Jakością Żywności Wydziału Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji SGGW, Zarząd Główny Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, Sekcja Bezpieczeństwa Żywności Komitetu Nauk o Żywności i Żywieniu PAN
Kontakt: dr inż. Beata Bil ska
e-mail: symposium_bezpieczenstwo@sggw.pl; tel. (22) 593-70-75
- 18 - 20 **KIRY k. ZAKOPANEGO = Krokusowe IX Sympozjum Naukowe z cyklu "Probiotyki w żywności"**
Organizatorzy: Zakład Higieny i Zarządzania Jakością Żywności Wydziału Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji SGGW, Zarząd Główny Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, Sekcja Mikrobiologii i Biotechnologii PAN

Kontakt: dr inż. Monika Trząskowska
e-mail: sympozjumprobiotyki@gmail.com; tel. (22) 593-70-68

Maj

8 - 10 WROCŁAW = X Konferencja Naukowa z cyklu „Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie” nt. „Innowacyjność i optymalizacja procesów w produkcji i przetwarzaniu ziemniaka”

Organizatorzy: Katedra Technologii Rolnej i Przechowywania Wydziału Nauk o Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Sekcja Technologii Węglowodanów Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, Komitet Nauk o Żywności i Żywieniu PAN

Informacje: <http://www.binoz.upwr.edu.pl/ziemniak>

Kontakt: dr inż. Joanna Miedzianka; tel. (71) 320-77-16

e-mail: ziemniak@wnoz.up.wroc.pl

15 WARSZAWA = Ogólnopolska Konferencja Naukowa nt. „Nowe trendy w dietetyce”

Organizator: Wyższa Szkoła Inżynierii i Zdrowia w Warszawie

Informacje: www.wsiiz.pl

Kontakt: nauka@wsiiz.pl

24 - 25 LUBLIN = XXIII Sesja Naukowa Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ nt. „Żywność – tradycja i nowoczesność”

Organizatorzy: Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, Oddział Lubelski PTTŻ, Sekcja Młodej Kadry Naukowej PTTŻ, Sekcja Chemii Żywności PTCh

Informacje: www.mkn.ultra.edu.pl

Kontakt: e-mail: smknlublin@up.lublin.pl; Tel. (81) 462-33-41

Czerwiec

13 - 14 OLSZTYN = I Krajowa Konferencja Naukowa Polskiego Towarzystwa Nauk Żywnościowych z cyklu „Dylematy nauki o żywieniu człowieka – dziś i jutro” pt. „Żywność i nowotwory”

Organizatorzy: Katedra Żywności Człowieka, Centrum Gastronomii z Dietetyką i Biooceną Żywności Wydziału Nauki o Żywności Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, Polskie Towarzystwo Nauk Żywnościowych (PTNŻ), Oddział Olsztyńsko-Gdański Polskiego Towarzystwa Nauk Żywnościowych, Komitet Nauki o Żywieniu Człowieka Wydziału V Nauk Medycznych Polskiej Akademii Nauk

Kontakt: dr inż. Małgorzata A. Słowińska

e-mail: katedra.zywienia.czlowieka@uwm.edu.pl; tel. (89) 523-36-73

- 20 - 21 WROCŁAW = International Scientific Conference “Biotechnology – Research and Industrial Applications BRIA”**
 Organizator: Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu
 Informacje: <http://www.binoz.upwr.edu.pl/bria>
 Kontakt: bria.conference@wnoz.up.wroc.pl
- 20 - 21 WROCŁAW = The 8th International Conference on the Quality and Safety in Food Production Chain**
 Organizator: Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu
 Informacje: <http://www.binoz.upwr.edu.pl/quality>
 Kontakt: quality@wnoz.up.wroc.pl
- 26 - 27 WARSZAWA = VI Sympozjum Inżynierii Żywności połączone z Jubileuszem 40-lecia utworzenia Katedry Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji SGGW**
 Organizator: Wydział Nauk o Żywności SGGW, Komitet Nauk o Żywności i Żywieniu PAN, Oddział Warszawski Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, Oddział Warszawski Polskiego Towarzystwa Agrofizycznego
 Informacje: <http://kizop.sggw.pl/siz2018>
 Kontakt: dr hab. inż. Ewa Gondek
 e-mail: kizopsiz@sggw.pl; tel. (22) 593-75-63
- 27 - 29 TARNOWO PODGÓRNE k. POZNANIA = V Międzynarodowa Konferencja Naukowa z cyklu “Meat in Technology and Human Nutrition” nt. „Meat as a Functional and Pro-healthy Part of our Diet”**
 Organizatorzy: Polskie Towarzystwo Technologów Żywności, Katedra Technologii Mięsa Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.
 Informacje: www.up.poznan.pl/meat2018
 Kontakt: dr inż. Mirosława Krzywdzińska-Bartkowiak
 e-mail: meat2018@up.poznan.pl; tel. (61) 848-72-54

Wrzesień

- 3 - 7 GDAŃSK = IX Kongres Technologii Chemicznej TECHEM 2018**
 Organizatorzy: Stały Komitet Technologii Chemicznej, Wydział Chemiczny Politechniki Gdańskiej
 Informacje: <http://techem9.pg.edu.pl>
 Kontakt: dr hab. inż. Agnieszka Pladzyk
 e-mail: techem9@pg.edu.pl; tel. (58) 347-23-29

- 24 - 25 KRAKÓW = XIII Konferencja Naukowa z cyklu „Żywność XXI wieku“ nt. „Żywność a składniki bioaktywne”**
Organizatorzy: Oddział Małopolski Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności,
Wydział Technologii Żywności Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie
Informacje: <http://www.pttzm.org/zywxxi18.php>
Kontakt: dr hab. inż. Jacek Słupski
e-mail: zywnoscxxi@pttzm.org; tel. (12) 662-47-54

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 nowej stronie internetowej **<http://www.wydawnictwo.pttz.org>**

Przypominamy Państwu o nowym adresie internetowym Wydawnictwa – e-mail: **redakcja@pttz.org**

SPIS TREŚCI
CZASOPISMA „ŻYWNOŚĆ”
NR 110–113

Wykaz opublikowanych materiałów

Nr 110

Od Redakcji	3
IRENA OZIMEK, NATALIA PRZEŹDZIECKA-CZYŻEWSKA: Oświadczenia żywieniowe i zdrowotne w regulacjach prawnych i opinii konsumentów	5
JOANNA GŁAZOWSKA, URSZULA STANKIEWICZ, AGNIESZKA BARTOSZEK: Absorpcja, metabolizm i rola biologiczna kwasów nukleinowych obecnych w żywności	18
ANETA BRODZIAK, JOLANTA KRÓL, ANNA NOWACZEK: Naturalne substancje pochodzenia roślinnego negatywnie oddziałujące na zdrowie krów oraz jakość mleka	33
MICHAŁ PAŁYS, ZDZISŁAW TARGOŃSKI, ELWIRA KOMOŃ-JANCZARA, AGNIESZKA GLIBOWSKA: Selekcja nowo wyizolowanych szczepów <i>Rhizopus oryzae</i> do wydajnej produkcji kwasu L(+) mlekowego.....	48
AGATA FABISZEWSKA, AGNIESZKA PIELIŃSKA, PATRYCJA MAZURCZAK, BARTŁOMIEJ ZIENIUK, MAŁGORZATA WOŁOSZYNOWSKA: Wpływ wybranych czynników na wydajność ekstrakcji i skład kwasów tłuszczowych oleju mikrobiologicznego otrzymanego z komórek drożdży <i>Yarrowia lipolytica</i>	59
JULIA OLECHNOWICZ, HALINA STANIEK: Ocena zawartości wybranych pierwiastków w różnych rodzajach czekolad	70
TERESA WITCZAK, ANNA STĘPIEŃ, KAROLINA PYCIA, MARIUSZ WITCZAK, AGATA BEDNARZ, MIROSLAW GRZESIK: Wpływ modyfikacji chemicznej skrobi i stopnia hydrolizy na izotermę sorpcji pary wodnej hydrolizatów.....	78
MAŁGORZATA PIECYK, ELWIRA WOROBIJ, JUSTYNA TUROS, EWA OSTROWSKA-LIGĘZA: Właściwości i strawność <i>in vitro</i> skrobi gryczanej w porównaniu ze skrobią pszenną	89
ANNA SOBCZYK, RAFAŁ WIŚNIEWSKI, SABINA LACHOWICZ, GRAŻYNA JAWORSKA, TOMASZ PIECHOWIAK: Wpływ serwatki sojowej na właściwości fermentacyjne mąki pszennej i żytniej.....	101
IZABELLA KWAŚNIEWSKA-KAROLAK: Wpływ zamrażalniczego przechowywania na zawartość witaminy C i wybrane cechy fizykochemiczne owoców papryki słodkiej (<i>Capsicum annuum</i> L.)	112
KATARZYNA DYJAK, EWA MICHOTA-KATULSKA, MAGDALENA ZEGAN: Pilotażowe badania pozostałości pestycydów w wybranych świeżych ziołach i warzywach przyprawowych zakupionych w krajowych supermarketach	126
JOANNA TRAFIAŁEK, FRIEDRICH-KARL LÜCKE, DANUTA KOŁOŻYN-KRAJEWSKA, BEATA BILSKA, MARZENA TOMASZEWSKA, WIESŁAWA GRZESIŃSKA: Ocena dostawców w sektorze żywnościowym: czy jest metoda szacowania ryzyka?.....	139
GRAŻYNA MORKIS: Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym	155
LESŁAW JUSZCZAK: Nowe książki	160
Z żałobnej karty: Prof. dr hab. Henryk Leszek Kostyra, 1945 - 2016.....	163
Z żałobnej karty: Prof. dr hab. Anna Leokadia Międzobrodzka 1927 - 2017	167

Technolog Żywności	171
--------------------------	-----

Nr 111

Od Redakcji	3
AGATA ANTONIEWSKA, JAROSŁAWA RUTKOWSKA, AGATA ADAMSKA: Charakterystyka owoców pigwowca japońskiego oraz ich zastosowanie w przemyśle spożywczym	5
MARTA WILK: Soja źródłem cennych składników żywieniowych	16
DOROTA KOWALSKA: Zawartość chloropropanodioli w kwasowych hydrolizatach białek roślinnych i sosach sojowych	26
NATALIA KRZEMINSKA, GRAŻYNA BORTNOWSKA: Wpływ skrobi natywnej z kukurydzy woskowej na właściwości fizykochemiczne modelowych sosów przygotowanych z udziałem mięsa drobiowego	40
TERESA WITCZAK: Temperatura przejścia szklistego i krytyczne parametry przechowywania skrobi ziemniaczanej i jej pochodnych	51
ALICJA ZACHARA, DOROTA GAŁKOWSKA, LESŁAW JUSZCZAK: Występowanie wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w wybranych produktach zbożowych	67
ANNA MIKULEC, STANISŁAW KOWALSKI, GABRIELA ZIĘĆ: Wpływ dodatku mąki jaglanej na jakość pieczywa	78
KAROLINA MICHALSKA, ROBERT KLEWICKI, MACIEJ WOJTCZAK: Odwadnianie osmotyczne mrożonych gruszek w roztworach sacharozy z dodatkiem wybranych soli wapnia	88
ALEKSANDRA M. KOCOT, MONIKA S. MRUK, MAGDALENA A. OLSZEWSKA: Fluorescencyjna hybrydyzacja <i>in situ</i> w identyfikacji i ocenie aktywności fizjologicznej <i>Lactobacillus</i> spp. w soku z jagód goji	106
IZABELA PODGÓRSKA, EWA SOLARSKA: Ocena jakości mikrobiologicznej herbat ziołowych w saszetkach	120
MAGDALENA OLEKSY, ELŻBIETA KLEWICKA: Selekcja bakterii z rodzaju <i>Lactobacillus</i> sp. wydajnych w syntezie egzopolisacharydów	130
MAŁGORZATA WRZOSEK, BEATA BILSKA, DANUTA KOŁOŻYN-KRAJEWSKA, KAROL KRAJEWSKI: Zastosowanie analizy ryzyka do opracowania innowacyjnego systemu ograniczania strat i marnowania żywności w handlu detalicznym (system MOST)	140
GRAŻYNA MORKIS: Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym	156
LESŁAW JUSZCZAK: Nowe książki	160
Twórcy polskiej nauki o żywności: Prof. dr hab. inż. Bronisław Drozdowski (1928 - 2017)	164
XXII Sesja Naukowa Sekcji Młodej Kadry Naukowej „Żywność – dzisiaj i jutro”	168
Technolog Żywności	171

Nr 112

Od Redakcji	3
ANNA ŻBIKOWSKA, MIŁENA KUPIEC, KATARZYNA MARCINIAK-ŁUKASIAK, MAŁGORZATA KOWALSKA: Oleożele – perspektywy ich wykorzystania w żywności	5
DOROTA KOWALSKA, ELIZA GRUCZYŃSKA, MAGDALENA MASZEWSKA: Procesy technologiczne i chemiczne odśluzowywania olejów roślinnych	14
JOANNA SZULC, KATARZYNA CZACZYK, GRAŻYNA GOZDECKA: Metody otrzymywania kielków – od upraw domowych do produkcji przemysłowej	27
MAGDALENA MICHALCZYK, RYSZARD MACURA, GRZEGORZ FIUTAK: Wpływ warunków przechowywania na zawartość składników bioaktywnych w nieutralnych termicznie sokach owocowych i warzywnych	41
MAGDALENA GAJEWSKA, ANNA GŁOWACKA: Ocena zanieczyszczenia grzybami pleśniowymi suszonych ziół i przypraw dostępnych w sklepach ekologicznych i hipermarketach	51

ELWIRA WOROBIJ, MAŁGORZATA PIECYK, GRZEGORZ PERZYNA, JUSTYNA TUROS: Wpływ przetwarzania ziarniaków gryki i obróbki termicznej na składniki odżywcze.....	60
PIOTR JANISZEWSKI, KAROL BORZUTA, DARIUSZ LISIAK, EUGENIA GRZEŚKOWIAK, KRZYSZTOF POWAŁOWSKI, BEATA LISIAK, ŁUKASZ SAMARDAKIEWICZ: Jakość mięsa krów w poszczególnych klasach uformowania i otluszczenia tusz ocenianych według systemu EUROP.....	74
PRZEMYSŁAW KOWALCZEWSKI, GRAŻYNA LEWANDOWICZ, MICHAŁ PIĄTEK, MIROŚLAWA KRZYWDZIŃSKA-BARTKOWIAK, ANNA MAŁECKA, WOJCIECH BIAŁAS: Wpływ postaci dodatku bioaktywnych składników soku z ziemniaka na jakość pasztetów.....	84
PIOTR SZYMAŃSKI, DANUTA KOŁOŻYN-KRAJEWSKA, URSZULA SIEKIERKO, ANETA KERN-JĘDRYCHOWSKA: Efektywność bakterii <i>Staphylococcus carnosus</i> w redukcji azotanu(III) sodu w układzie modelowym.....	97
AGATA ZNAMIROWSKA, PRZEMYSŁAW ROŻEK, MAGDALENA BUNIEWSKA, DOROTA KALICKA: Dynamika fermentacji serwatki niskolaktazowej przez <i>Saccharomyces</i> <i>bayanus</i> (Bayanus G995) oraz jakość napojów serwatkowych.....	109
DOROTA MARTYSIAK-ŻUROWSKA, MAŁGORZATA PUTA, ANNA RODZIK, EDYTA MALINOWSKA-PAŃCZYK: Wpływ liofilizacji mleka ludzkiego na wybrane biologicznie aktywne składniki (witamina C, katalaza, lizozym), ogólną zdolność przeciwutleniającą oraz utlenianie lipidów	121
MILENA LIPIŃSKA, MARZENA TOMASZEWSKA, DANUTA KOŁOŻYN-KRAJEWSKA: Analiza skali marnotrawstwa żywności i możliwości jej ograniczania na etapie transportu produktów mleczarskich z wykorzystaniem metody „muda”.....	129
AGNIESZKA KAWECKA, AGNIESZKA CHOLEWA-WÓJCIK: Jakość opakowania jako determinanta bezpieczeństwa żywności w kontekście wymagań społecznych konsumentów.....	138
GRAŻYNA MORKIS: Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym	156
LESŁAW JUSZCZAK: Nowe książki	160
XLIII Sesja Naukowa Komitetu Nauk o Żywności i Żywieniu PAN.....	155
Z żałobnej karty: Prof. dr hab. Maciej Stanisław Fiedorowicz 1952 - 2017	168
Technolog Żywności	162

Nr 113

Od Redakcji	3
AGNIESZKA PLUTA-KUBICA, JACEK DOMAGAŁA, ROBERT GAŚSIOR, KRZYSZTOF WOJTYCZA: Związki kształtujące bukiet zapachowy sera ementalskiego	5
KRZYSZTOF KUCHARCZYK, TADEUSZ TUSZYŃSKI: Obecność diacetylu i 2,3-pentanodionu w piwie	17
PAWEŁ SATORA, DAGMARA CELEJ, MAGDALENA SKOTNICZNY, NINA TROJAN: Identyfikacja drożdży obecnych w kiszzonej kapuście komercyjnej i otrzymywanej w gospodarstwach rolnych.....	27
MICHAŁ ŚWIECA, MONIKA KORDOWSKA-WIATER, MONIKA PYTKA, ŁUKASZ SĘCZYK, URSZULA GAWLIK-DZIKI: Zastosowanie kielków wybranych roślin strączkowych jako nośnika dla <i>Lactobacillus rhamnosus</i> gg – badania przesiewowe	37
ALEKSANDRA SZYDŁOWSKA, DOROTA ZIELIŃSKA: wpływ dodatku przyprawy z suszonej kory cynamonowca na przeżywalność potencjalnie probiotycznych szczepów bakterii w musach dyniowo-jabłkowych i ich jakość sensoryczną.....	48
ANNA SADOWSKA, EWA DYBKOWSKA, RITA RAKOWSKA, EWELINA HALLMANN, FRANCISZEK ŚWIDERSKI: Ocena zawartości składników bioaktywnych i właściwości przeciwutleniających proszków wyprodukowanych metodą liofilizacji z wybranych surowców roślinnych	59

DOROTA LITWINEK, KRZYSZTOF BUKSA, HALINA GAMBUŚ, MAGDALENA KOWALCZYK, JAKUB BORECZEK: Ocena jakości handlowych mąk całościarnowych – pszennej orkiszowej, pszennej zwyczajnej i żytniej oraz uzyskanych z nich zakwasów spontanicznych.....	76
JOANNA KASZUBA, KAROLINA PYCIA, RAFAŁ WIŚNIEWSKI, GRAŻYNA JAWORSKA, PIOTR KUŹNIAR: Wpływ udziału nasion wybranych roślin oleistych na jakość chleba pszenżytniego .	90
MONIKA WESOŁOWSKA, MAŁGORZATA DŻUGAN: Aktywność i stabilność termiczna diastazy występującej w podkarpackich miodach odmianowych	103
MARTA SAJDAKOWSKA, MARZENA JEŻEWSKA-ZYCHOWICZ: Postawy konsumentów wobec pieczywa a postrzeganie chleba z dodatkiem błonnika.....	113
MARIA JEZNACH, BEATA BILSKA, AGNIESZKA TUL-KRZYSZCZUK, ARTUR PAWLAK: Rola opakowań aktywnych w ograniczaniu marnotrawstwa mięsa w gospodarstwach domowych.....	126
GRAŻYNA MORKIS: Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym	137
LESŁAW JUSZCZAK: Nowe książki	142
Technolog Żywności	149
Spis treści czasopisma „Żywność” Nr 110 - 113.....	153
Wykaz nazwisk Autorów w 2017 roku.....	157
Wykaz nazwisk Recenzentów w 2017 roku	159

WYKAZ NAZWISK AUTORÓW W 2017 ROKU

- Adamska A.* 111/5
Antoniewska A. 111/5
Bartoszek A. 110/18
Bednarz A. 110/78
Białas W. 112/84
Bilska B. 110/139, 111/140, 113/126
Boreczek J. 113/76
Bortnowska G. 111/40
Borzuta K. 112/74
Brodziak A. 110/33
Buksa K. 113/76
Buniowska M. 112/109
Celej D. 113/27
Cholewa-Wójcik A. 112/138
Czaczek K. 112/27
Domagała J. 113/5
Dybkowska E. 113/59
Dyjak K. 110/126
Dżugan M. 113/103
Fabiszewska A. 110/59
Fiutak G. 112/41
Gajewska M. 112/51
Gałkowska D. 111/67
Gambuś H. 113/76
Gawlik-Dziki U. 113/37
Gąsior R. 113/5
Glibowska A. 110/48
Głazowska J. 110/18
Głowacka A. 112/51
Gozdecka G. 112/27
Gruczyńska E. 112/14
Grzesik M. 110/78
Grzebińska W. 110/139
Grześkowiak E. 112/74
Hallmann E. 113/59
Janiszewski P. 112/74
Jaworska G. 110/101, 113/90
Jeznach M. 113/126
Jeżewska-Zychowicz M. 113/113
Juszczak L. 110/160, 111/67, 111/160, 112/160
Kalicka D. 112/109
Kaszuba J. 113/90
Kawecka A. 112/138
Kern-Jędrychowska A. 112/97
Klewicka E. 111/130
Klewicki R. 111/88
Kocot A.M. 111/106
Kołozyn-Krajewska D. 110/139, 111/140, 112/97, 112/129
Komoń-Janczara E. 110/48
Kordowska-Wiater M. 113/37
Kowalczewski P. 112/84
Kowalczyk M. 113/76
Kowska D. 111/26, 112/14
Kowski S. 111/78
Krajewski K. 111/140
Król J. 110/33
Krzemińska N. 111/40
Krzywdzińska-Bartkowiak M. 112/84
Kucharczyk K. 113/17
Kupiec M. 112/5
Kuźniar P. 113/90
Kwaśniewska-Karolak I. 110/112
Lachowicz S. 110/101
Lewandowicz G. 112/84
Lipińska M. 112/129
Lisiak B. 112/74
Lisiak D. 112/74
Litwinek D. 113/76
Lücke F.-K. 110/139
Macura R. 112/41
Malinowska-Pańczyk E. 112/121
Malecka A. 112/84
Marciniak-Łukasiak K. 112/5
Martysiak-Żurowska D. 112/121
Maszevska M. 112/14
Mazurczak P. 110/59
Michalczyk M. 112/41
Michalska K. 111/88
Michota-Katuls E. 110/126
Mikulec A. 111/78
Morkis G. 110/155, 111/156, 112/156, 113/137
Mruk M.S. 111/106
Nowaczek A. 110/33
Olechnowicz J. 110/70
Oleksy M. 111/130

- Olszewska M.A. 111/106
Ostrowska-Ligeza E. 110/89
Ozimek I. 110/5
Pałys M. 110/48
Pawlak A. 113/126
Perzyna G. 112/60
Piątek M. 112/84
Piechowiak T. 110/101
Piecnyk M. 110/89, 112/60
Pielnińska A. 110/59
Pluta-Kubica A. 113/5
Podgórska I. 111/120
Powałowski K. 112/74
Przeździecka-Czyżewska N. 110/5
Putra M. 112/121
Pycia K. 110/78, 113/90
Pytko M. 113/37
Rakowska R. 113/59
Rodzik A. 112/121
Rożek P. 112/109
Rutkowska J. 111/5
Sadowska A. 113/59
Sajdakowska M. 113/113
Samardakiewicz Ł. 112/74
Satora P. 113/27
Sęczyk Ł. 113/37
Siekierko U. 112/97
Skotniczny M. 113/27
Sobczyk A. 110/101
Solarz E. 111/120
Staniek H. 110/70
Stankiewicz U. 110/18
Stępień A. 110/78
Szulc J. 112/27
Szydłowska A. 113/48
Szymański P. 112/97
Świderski F. 113/59
Świeca M. 113/37
Targoński Z. 110/48
Tomaszewska M. 110/139, 112/129
Trafiałek J. 110/139
Trojan N. 113/27
Tul-Krzyszczuk A. 113/126
Turosz J. 110/89, 112/60
Tuszyński T. 113/17
Wesołowska M. 113/103
Wilk M. 111/16
Wiśniewski R. 110/101, 113/90
Witczak M. 110/78
Witczak T. 110/78, 111/51
Wojtczak M. 111/88
Wojtyczka K. 113/5
Wołoszynowska M. 110/59
Worobiej E. 110/89, 112/60
Wrzosek M. 111/140
Zachara A. 111/67
Zegan M. 110/126
Zielińska D. 113/48
Zieniuk B. 110/59
Zięć G. 111/78
Znamiorska A. 112/109
Żbikowska M. 112/5

WYKAZ NAZWISK RECENZENTÓW W 2017 ROKU

Zamykamy kolejny rok wydawania czasopisma Żywność. Nauka. Technologia Jakość. Redakcja pragnie przekazać PT Recenzentom wyrazy wdzięczności i szacunku za tegoroczną, społeczną pracę na rzecz naszego czasopisma. Opinie Państwa – Recenzentów są niezmiernie ważne w pracy nad kształtowaniem odpowiedniego poziomu naukowego czasopisma. Serdecznie za nie dziękujemy.

1. Prof. dr hab. Ewa Babicz-Zielińska, Akademia Morska w Gdyni
2. Prof. dr hab. Barbara Baraniak, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
3. Prof. dr hab. Joanna Barłowska, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
4. Dr hab. inż. Agnieszka Bartoszek, prof. nadzw., Politechnika Gdańska w Gdańsku
5. Dr hab. inż. Józef Błazewicz, prof. nadzw., Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
6. Dr hab. inż. Dorota Cais-Sokolińska, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
7. Dr hab. Aneta Cegiełka, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
8. Prof. dr hab. Alicja Ceglińska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
9. Prof. dr hab. Józefa Chrzanowska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
10. Dr hab. inż. Artur Ciemniak, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
11. Prof. dr hab. inż. Ryszard Cierpiszewski Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu
12. Prof. dr hab. Janusz Czapski, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
13. Dr hab. Ewa Czarniecka-Skubina, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
14. Dr hab. Anna Czubaszek, prof. nadzw., Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
15. Prof. dr hab. inż. Małgorzata Darewicz, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
16. Dr hab. inż. Anna Diowks, Politechnika Łódzka w Łodzi
17. Dr hab. Elżbieta Dłużewska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
18. Dr hab. inż. Izabela Dmytrów, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
19. Prof. dr hab. Zbigniew J. Dolatowski, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
20. Prof. dr hab. inż. Jacek Domagała, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
21. Dr hab. Aleksandra Duda-Chodak, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
22. Dr hab. inż. Małgorzata Dżugan, prof. nadzw., Uniwersytet Rzeszowski w Rzeszowie

23. Prof. dr hab. Ewa Flaczyk, Uniwersytet Przyrodnicze w Poznaniu
24. Prof. dr hab. Teresa Fortuna, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
25. Prof. dr hab. inż. Halina Gambuś, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
26. Dr hab. Urszula Gawlik-Dziki, prof. nadzw. Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
27. Dr hab. inż. Piotr Gębczyński, prof. nadzw., Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
28. Dr hab. Renata Grochowska, prof. nadzw., Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej – PIB w Warszawie
29. Prof. dr hab. Waldemar Gustaw, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
30. Prof. dr hab. Henryk Jeleń, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
31. Dr hab. Monika Janowicz, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
32. Prof. dr hab. inż. Grażyna Jaworska, Uniwersytet Rzeszowski w Rzeszowie
33. Prof. dr hab. inż. Lesław Juszcak, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
34. Dr hab. Stanisław Kalisz, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
35. Dr hab. inż. Małgorzata Karwowska, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
36. Prof. dr hab. Władysław Kędzior, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie
37. Dr hab. inż. Elżbieta Klewicka, Politechnika Łódzka w Łodzi
38. Dr hab. Wojciech Kolanowski, prof. nadzw., Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach
39. Prof. dr hab. Danuta Kołożyn-Krajewska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
40. Prof. dr hab. Jacek Kondratowicz, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
41. Dr hab. inż. Aneta Kopeć, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
42. Dr hab. Iwona Kowalczuk, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
43. Dr hab. Grażyna Krasnowska, prof. nadzw., Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
44. Dr hab. Ewa Lange, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
45. Prof. dr hab. inż. Tomasz Lesiów, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
46. Prof. dr hab. inż. Teresa Leszczyńska, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
47. Dr hab. Grzegorz Leśniewski, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
48. Prof. dr hab. Zdzisława Libudzisz, Politechnika Łódzka w Łodzi
49. Dr hab. Edyta Lipińska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
50. Prof. dr hab. Łucja Łaniewska-Trokenheim, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
51. Dr hab. Ewa Majewska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
52. Prof. dr hab. inż. Katarzyna Majewska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
53. Dr hab. inż. Magdalena Michalczyk, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
54. Dr Anna Michalska, IRZiBŻ, Oddział Nauki o Żywności PAN w Olsztynie
55. Prof. dr hab. Jan Miciński, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
56. Dr hab. inż. Karol Mińkowski, prof. nadzw., Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego w Warszawie

57. Prof. dr hab. Marta Mitek, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
58. Prof. dr hab. Stanisław Mleko, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
59. Dr hab. inż. Wacław Mozolewski, prof. nadzw., Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
60. Dr hab. Agnieszka Nawirska-Olszańska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
61. Prof. dr hab. inż. Ewa Nebesny, Politechnika Łódzka w Łodzi
62. Prof. dr hab. Małgorzata Nogala-Kałucka, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
63. Prof. dr hab. Jacek Nowak, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
64. Prof. dr hab. Jan Oszmiański, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
65. Prof. dr hab. Irena Ozimek, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
66. Dr hab. Dorota Piasecka-Kwiatkowska, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
67. Dr hab. Dorota Pietrzak, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
68. Dr hab. inż. Sławomir Pietrzyk, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
69. Prof. dr hab. Edward Pospiech, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
70. Dr hab. Anita Rywińska, prof. nadzw., Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
71. Prof. dr hab. Elżbieta Sikora, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
72. Prof. dr hab. Tadeusz Sikora, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie
73. Dr hab. inż. Anna Sip, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
74. Prof. dr hab. inż. Stefan Smoczyński, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
75. Dr hab. inż. Zofia Sokołowicz, prof. nadzw., Uniwersytet Rzeszowski w Rzeszowie
76. Dr hab. Anna Sokół-Lętowska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
77. Dr hab. inż. Bartosz Sołowiej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
78. Prof. dr hab. Maria Soral-Śmietana, IRZiBŻ, Oddział Nauki o Żywności PAN w Olsztynie
79. Dr hab. inż. Barbara Stachowiak, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
80. Prof. dr hab. inż. Bogusław Staniewski, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
81. Dr hab. inż. Hanna Staroszczyk Politechnika Gdańska w Gdańsku
82. Prof. dr hab. Izabela Steinka, Akademia Morska w Gdyni
83. Prof. dr hab. inż. Krzysztof Surówka, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
84. Prof. dr hab. Mirosław Słowiński, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
85. Prof. dr hab. Maria Śmiechowska, Akademia Morska w Gdyni
86. Dr hab. inż. Dominik Sz wajgier, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
87. Dr hab. Michał Świeca, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
88. Dr hab. inż. Anna S. Tarczyńska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
89. Dr hab. inż. Tomasz Tarko, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
90. Prof. dr hab. Tomasz Twardowski, Politechnika Łódzka w Łodzi
91. Prof. dr hab. Zygmunt Usydus, Morski Instytut Rybacki w Gdyni

-
92. Dr hab. inż. Dorota Walkowiak-Tomczak, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
 93. Prof. dr hab. Danuta Witkowska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
 94. Prof. dr hab. Dorota Witrowa-Rajchert, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
 95. Prof. dr hab. Barbara Wójcik-Stopczyńska, prof. nadzw., Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
 96. Dr hab. Barbara Wróblewska, prof. nadzw., IRZiBŻ, Oddział Nauki o Żywności PAN w Olsztynie
 97. Prof. dr hab. inż. Lidia Zander, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
 98. Dr hab. Renata Zawirska-Wojtasiak, prof. nadzw., Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
 99. Dr hab. Małgorzata Ziarno, prof. nadzw., Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
 100. Dr hab. Barbara Żarowska, prof. nadzw., Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

**Adresy Zarządu Głównego, Oddziałów i Sekcji
Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności**

PREZES / ODDZIAŁ	ADRES
Prof. dr hab. inż. Agnieszka Kita Prezes PTTŻ	UP, ul. Chełmońskiego 37/41, 51-630 WROCŁAW Tel.: 71 320 77 62; e-mail: agnieszka.kita@upwr.edu.pl
Dr hab. inż., prof. nadzw. Joanna Kawa-Rygielska Sekretarz PTTŻ	UP, ul. Chełmońskiego 37/41, 51-630 WROCŁAW Tel.: 71 320 77 64; 71 320 52 04 e-mail: joanna.kawa-rygielska@upwr.edu.pl
Dr hab. inż., prof. nadzw. Aleksandra Wilczyńska, Oddział Gdański	AM, ul. Morska 81-87, 81-225 GDYNIA Tel.: 58 690 15 62; e-mail: a.wilczynska@wpit.am.gdynia.pl
Dr hab. inż. Małgorzata Karwowska Oddział Lubelski	UP, ul. Skromna 8, 20-704 LUBLIN; Tel.: 81 462 33 41; e-mail: malgorzata.karwowska@up.lublin.pl
Dr hab. inż. Joanna Leszczyńska Oddział Łódzki	PŁ, ul. Stefanowskiego 4/10, 90-924 ŁÓDŹ e-mail: joanna.leszczynska@p.lodz.pl
Prof. dr hab. Lesław Juszcak Oddział Małopolski	UR, ul. Balicka 122, 30-149 KRAKÓW Tel. 12 662 47 78; e-mail: rrjuszcz@cyf-kr.edu.pl
Dr inż. Janusz Pomianowski Oddział Olsztyński	UWM, Pl. Cieszyński 1, 10-957 OLSZTYN Tel.: 89 523 36 17; e-mail: Pomian@uwm.edu.pl
Dr hab. inż., prof. nadzw. 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. Izabela Dmytrów Oddział Szczeciński	ZUT, ul. Kazimierza Królewicza 4, 71-550 SZCZECIN Tel.: 507 104 101; e-mail: izabela.dmytrow@gmail.com
Dr hab. inż. 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. Dorota Piasecka-Kwiatkowska Oddział Wielkopolski	UP, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 POZNAŃ Tel.: 61 848 73 47; e-mail: dorotapk@up.poznan.pl
Dr hab. inż., prof. nadzw. Joanna Kawa-Rygielska Oddział Wrocławski	UP, ul. Chełmońskiego 37/41, 51-630 WROCŁAW Tel.: 71 320 54 77; e-mail: pttz_ow@wnoz.up.wroc.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. 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. Antoni Gołachowski Technologii Węglowodanów	UP, ul. Chełmońskiego 37/41, 51-630 WROCŁAW Tel.: 71 320 77 68; e-mail: antoni.golachowski@upwr.edu.pl
Dr hab., prof. nazw. Piotr Gębczyński Chemii i Technologii Owoców i Warzyw	UR, ul. Balicka 122, 30-149 KRAKÓW e-mail: rrgebczy@cyf-kr.edu.pl
Mgr inż. Monika Przeor Młodej Kadry Naukowej	UP, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 POZNAŃ e-mail: m.przeor@up.poznan.pl