



ŻYWNOŚĆ

Nauka Technologia Jakość

FOOD
Science Technology Quality

Nr 3 (116)

Kraków 2018

Rok 25

Redaktor naczelny: prof. dr hab. Lesław Juszczak; 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; 609-800-458

Redaktorzy tematyczni: prof. dr hab. Grażyna Jaworska (żywność pochodzenia roślinnego), prof. dr hab. Danuta Kołozyn-Krajewska (mikrobiologia, bezpieczeństwo i higiena żywności), prof. dr hab. Krzysztof Krygier (technologia tłuszczy, 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 Koroleczuk (Francja), prof. dr hab. Andrzej Lenart, prof. dr hab. Zdzisława Libudzisz, prof. dr hab. Jan Oszmiański, prof. dr hab. Mariusz Piskuła, prof. dr Jan Pokorny (Czechy), prof. dr Roman Przybylski (Kanada), prof. dr hab. Piotr Przybyłowski, prof. dr hab. Zdzisław E. Sikorski, dr Andrzej Sośnicki (USA), prof. dr hab. Krzysztof Surówka, prof. dr hab. Tadeusz Trziszka, prof. dr hab. Stanisław Tyszkiewicz, prof. dr hab. Erwin Wąsowicz, prof. dr hab. Dorota Witrowa-Rajchert, dr John Wojciak (Kanada).

WYDAWCA: POLSKIE TOWARZYSTWO TECHNOLOGÓW ŻYWNOŚCI WYDAWNICTWO NAUKOWE PTTŻ

W latach 1994-1999 wydawcą czasopisma był Oddział Małopolski PTTŻ

© Copyright by Polskie Towarzystwo Technologów Żywności, Kraków 2018
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 3 (116)

Kraków 2018

Rok 25

SPIS TREŚCI

Od Redakcji.....	3
PIOTR KOŁODZIEJCZYK, JAN MICHNIEWICZ: Ziarno zbóż i produkty zbożowe jako źródła białnika pokarmowego	5
MAŁGORZATA DULA, JAN MATRAS, EUGENIUSZ R. GRELA, IGNACY NIEDZIÓŁKA: Przeciwutleniające i inne prozdrowe właściwości ziół.....	23
MONIKA MICHALAK-MAJEWSKA, PIOTR STANIOWSKI, WALENTYN GUSTAW, ANETA SŁAWIŃSKA, WOJCIECH RADZKI, KATARZYNA SKRZYPczAK, EWA JABŁOŃSKA-RYS: Technologia sous-vide – innowacyjny sposób obróbki cieplnej żywności	34
ADAM FLORKIEWICZ: Metoda sous-vide jako alternatywa dla tradycyjnych metod gotowania warzyw kapustnych w kontekście ograniczania strat zawartości składników odżywczych i białnika pokarmowego	45
ROBERT DULIŃSKI, ŁUKASZ BYCZYŃSKI, ADRIAN KARBOWSKI: Określenie zawartości wybranych kwasów fenolowych i witamin z grupy B w pieczywie żytnim wzbogaconym w algi oraz oszacowanie biodostępności tych związków <i>in vitro</i>	58
ANETA OCIECZEK, MILLENA RUSZKOWSKA: Porównanie właściwości sorpcyjnych ziarna wybranych odmian komosy ryżowej (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.)	71
ZUZANNA MAŁYSZEK, JACEK LEWANDOWICZ: Wpływ stopnia podstawienia skrobi E1422 na właściwości reologiczne w układach zawierających chlorek sodu	89
ANNA BANAŚ, ANNA KORUS, JAROSŁAW KORUS: Wpływ warunków przechowywania na parametry tekstury i jakość sensoryczną dżemów wiśniowych z różnymi dodatkami roślinnymi	100
MARTIN KRÁL, MAREK ŠNIŘC, BOHUSLAVA TREMLOVÁ: Różnice pomiędzy parametrami technologicznymi i teksturalnymi mięsa jeleni (<i>Cervus elaphus</i>) hodowlanych i dziko żyjących określone metodą składowych głównych	116
HALINA MAKALA: Jakość i wartość żywieniowa modelowych konserw typu szynka blokowa wyprodukowanych z mięsa broilerów kurzych żywionych paszą bez dodatku oleju lnianego i z jego udziałem.....	126
JÓZEFKA KRAWCZYK, JOLANTA CALIK: Ocena jakości jaj kur objętych programem ochrony zasobów genetycznych zwierząt	140
AGATA WITCZAK, JACEK CYBULSKI, ANNA MITUNIEWICZ-MAŁEK, IZABELA DMYTRÓW: Zmiany zawartości PCB w mleku pochodząącym z mlekomatołów w okresie trzyletnim – próba oceny stopnia narażenia konsumentów	151
AGNIESZKA CHOLEWA-WÓJCIK, AGNIESZKA KAWECKA, TADEUSZ SIKORA: Wymagania prawne dotyczące materiałów przeznaczonych do kontaktu z żywnością	163
GRAŻYNA MORKIS: Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym	172
LESŁAW JUSZCZAK: Nowe książki	177
JACEK SŁUPSKI: XIII Konferencja Naukowa z Cyklu: Żywność XXI wieku	181
Technolog Żywości	187

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 3 (116)

Kraków 2018

Vol. 25

CONTENTS

From the Editor.....	3
PIOTR KOŁODZIEJCZYK, JAN MICHNIEWICZ: Cereal grains and cereal products as sources of dietary fibre	5
MAŁGORZATA DULA, JAN MATRAS, EUGENIUSZ R. GRELA, IGNACY NIEDZIÓŁKA: Antioxidant and other health promoting properties of herbs	23
MONIKA MICHALAK-MAJEWSKA, PIOTR STANIKOWSKI, WALDEMAR GUSTAW, ANETA SŁAWIŃSKA, WOJCIECH RADZKI, KATARZYNA SKRZYPCKA, EWA JABŁOŃSKA-RYŚ: Sous-vide cooking technology - innovative heat treatment method of food.....	34
ADAM FLORKIEWICZ: Sous-vide method as alternative to traditional cooking of cruciferous vegetables in the context of reducing losses of nutrients and dietary fibre.....	45
ROBERT DULIŃSKI, ŁUKASZ BYCZYŃSKI, ADRIAN KARBOWSKI: Determining contents of selected phenolic acids and vitamins of B group in rye breadstuffs enriched with algae and estimating their <i>in vitro</i> bioavailability.....	58
ANETA OCIECZEK, MILLENA RUSZKOWSKA: Comparing sorption properties of grains of selected quinoa varieties (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.)	71
ZUZANNA MAŁYSZEK, JACEK LEWANDOWICZ: Effect of degree of substitution of E1422 starch on rheological properties in systems containing sodium chloride	89
ANNA BANAŚ, ANNA KORUS, JAROSŁAW KORUS: The influence of storage conditions on texture parameters and sensory quality of sour cherry jams with various plant additives	100
MARTIN KRÁL, MAREK ŠNIRC, BOHUSLAVA TREMLOVÁ: Differences between technological and textural parameters of meat from farmed and wildlife red deer (<i>Cervus elaphus</i>) determined by PCA method	116
HALINA MAKALA: Quality and nutritional value of model canned products like block ham produced from meat of broiler chickens fed feed without and with linseed oil added.....	126
JÓZEFA KRAWCZYK, JOLANTA CALIK: Quality assessment of eggs laid by hens included in programmes for the conservation of animal genetic resources	140
AGATA WITCZAK, JACEK CYBULSKI, ANNA MITUNIEWICZ-MAŁEK, IZABELA DMYTRÓW: Changes in content of PCB in milk derived from milk vending machines during a 3-year period – attempt to assess consumer exposure	151
AGNIESZKA CHOLEWA-WÓJCIK, AGNIESZKA KAWECKA, TADEUSZ SIKORA: Legal requirements on food contact materials.....	163
GRAŻYNA MORKIS: Food problems in Polish and EU legislation	172
LESŁAW JUSZCZAK: Book reviews	177
JACEK SŁUPSKI: 13th Scientific Conference of the "Food of the 21st century" series	181
The Food Technologist	187

Only reviewed papers are published

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

OD REDAKCJI

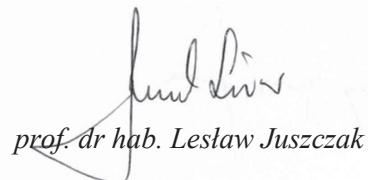
Szanowni Czytelnicy,

przekazujemy Państwu nr 3 (116) czasopisma *Żywłość. 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, w których zamieściliśmy m.in. informacje o wybranych konferencjach współorganizowanych przez Polskie Towarzystwo Technologów Żywności w 2018 roku.

W ramach zapewniania otwartego dostępu do publikacji naukowych na stronie internetowej Wydawnictwa znajdują się pełne zeszyty czasopisma *Żywłość. Nauka. Technologia. Jakość* oraz poszczególne artykuły opublikowane od 1994 roku. Ponadto utworzona została baza danych do wyszukiwania oraz zmodernizowana została wyszukiwarka, która umożliwia odszukanie interesujących Państwa artykułów według różnych kryteriów. Zapraszamy do odwiedzania strony internetowej Wydawnictwa: <http://wydawnictwo.pttz.org>

Kraków, wrzesień 2018 r.

Redaktor Naczelny



prof. dr hab. Lesław Juszczak

K O M U N I K A T

W roku 2018 Wydawnictwo Naukowe PTTŻ realizuje zadanie z zakresu upowszechniania publikacji naukowych, które ukazują się na łamach czasopisma *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* pt. „Digitalizacja publikacji naukowych wydanych w czasopiśmie *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* w 2018 roku w celu zapewnienia otwartego dostępu do nich przez sieć Internet”.



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

*Zadanie finansowane jest w ramach umowy nr
662/P-DUN/2018 ze środków Ministra Nauki
i Szkolnictwa Wyższego przeznaczonych na
działalność upowszechniającą naukę*

PIOTR KOŁODZIEJCZYK, JAN MICHNIEWICZ

ZIARNO ZBÓŻ I PRODUKTY ZBOŻOWE JAKO ŹRÓDŁA BŁONNIKA POKARMOWEGO

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

Na podstawie badań interdyscyplinarnych wykazano ścisły związek między poziomem spożycia błonnika pokarmowego a liczbą zachorowań na przewlekłe choroby niezakaźne. W pracy omówiono definicję błonnika pokarmowego oraz metody jego ilościowego oznaczania dostosowane do aktualnie obowiązującego pojęcia błonnika. Przedstawiono najnowsze dane dotyczące zalecanych dawek błonnika pokarmowego oraz wielkości spożycia błonnika i produktów, które zawierają ten składnik, przez przeciętnego Polaka. Dane GUS oraz najnowsza baza danych dotyczących zawartości składników odżywcznych w 7999 artykułach żywnościovych, opracowana przez Departament Rolnictwa USA, potwierdzają, że w Polsce produkty zbożowe stanowią główne źródło błonnika. Wykazano, że w naszym kraju w 2016 r. dzienne spożycie błonnika pokarmowego wynosiło 15,4 g na 1 osobę, a produkty zbożowe dostarczały prawie 43 % dobowej dawki tego składnika, z czego ponad 2/3 stanowiło pieczywo. Ponadto porównano zawartość błonnika pokarmowego w różnych rodzajach zboż oraz w 1494 produktach zbożowych. Koszyk tych produktów obejmował wiele nowych dotychczas nieuwzględnianych w krajowej literaturze o tematyce żywieniowej, a obecnie coraz częściej spożywanych przez konsumentów w Polsce. Z analizy tych danych wynika, że wszystkie produkty zbożowe nisko przetworzone, otrzymane z całych ziaren lub z ich dodatkiem oraz produkty pochodzące z zewnętrznych warstw ziarna są wielokrotnie bogatsze w błonnik pokarmowy niż produkty wysoko przetworzone i oczyszczone w procesie produkcyjnym.

Słowa kluczowe: błonnik pokarmowy, definicja, metody oznaczania, ziarno zbóż i produkty zbożowe, krajowe spożycie błonnika i produktów zbożowych

Wprowadzenie

W Polsce liczba chorych na przewlekłe choroby niezakaźne (*Non-Communicable Diseases* – NCDs), czyli tzw. choroby cywilizacyjne, stale utrzymuje się na wysokim poziomie [23, 28]. Zalicza się do nich takie schorzenia, jak: otyłość, choroby sercowo-naczyniowe (ChNS), cukrzycę i niektóre typy nowotworów. Z danych GUS i Narodo-

Mgr inż. P. Kołodziejczyk, prof. dr hab. J. Michniewicz, Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego, Wydz. Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań. Kontakt: jan.michniewicz@up.poznan.pl

wego Instytutu Zdrowia Publicznego wynika, że ChNS i nowotwory są odpowiedzialne za 70 % wszystkich zgonów, odpowiednio: 45,6 % i 24,8 % [23, 28]. Według danych GUS w ostatnich kilkunastu latach natężenie zgonów spowodowanych tymi chorobami nie zmieniło się istotnie [23]. Rozwojowi tzw. chorób XXI wieku sprzyjają przede wszystkim postęp współczesnej cywilizacji oraz czynniki związane z warunkami i stylem życia, na który składa się, obok niskiej aktywności fizycznej i palenia tytoniu, nieprawidłowa dieta obfitująca w tłuszcze zwierzęce, cukry proste i żywność wysoko przetworzoną, a uboga w produkty nisko przetworzone, bogate w błonnik pokarmowy (DF). Dlatego tak ważna jest edukacja w zakresie prawidłowego odżywiania i promocja produktów żywnościowych bogatych w ten składnik żywności. W Polsce opublikowano szereg prac przeglądowych poświęconych błonnikowi i jego funkcji w organizmie człowieka, ale tylko nieliczne w całości dotyczą produktów zbożowych, mimo że są one głównym źródłem tego składnika w codziennej diecie Polaków [2, 19]. Uznano zatem za celowe przygotowanie kompleksowego opracowania zawierającego aktualne dane dotyczące wielkości spożycia produktów zbożowych i błonnika pokarmowego w Polsce oraz jego zawartości w zróżnicowanej grupie tych produktów, obejmującej wiele nowych, coraz częściej spożywanych przez konsumentów, z uwzględnieniem aktualnej definicji błonnika, krytycznej oceny metod jego ilościowego oznaczania oraz roli w organizmie człowieka.

Definicja błonnika pokarmowego

Pojęcie „błonnik pokarmowy” (ang. *dietary fibre*, DF) jako pierwszy wprowadził Hipsley w 1953 r. [14], który zaobserwował, że ryzyko toksemii ciążowej występuje rzadziej u kobiet stosujących dietę bogatą w nieprzyswajalne węglowodany. Do początku lat 70. ubiegłego wieku w literaturze o tematyce żywieniowej spotyka się tylko nieliczne wzmianki o tym, że nieprzyswajalne węglowodany opóźniają proces trawienia oraz ułatwiają wypróżnianie. Wówczas ten składnik żywności był określany i ilościowo oznaczany jako błonnik surowy (ang. *crude fibre*, CF). Dopiero w 1972 r. termin ten został bliżej zdefiniowany przez Trowella [26]. Zgodnie z zaproponowaną definicją „błonnik pokarmowy to pozostałość ścian komórkowych produktów roślinnych, która nie ulega hydrolizie pod wpływem enzymów trawiennych w przewodzie pokarmowym człowieka”. Definicja ta została przyjęta i powszechnie funkcjonowała aż do końca pierwszej dekady XXI wieku. W 2008 roku Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) wraz z Komisją Kodeksu Żywnościowego (CAC) zaproponowali nową definicję błonnika pokarmowego, która została zaakceptowana przez Komisję Europejską [14]. Aktualnie obowiązująca definicja składa się z trzech części: określenia ogólnego błonnika, części opisującej możliwe jego składniki w zależności od źródła ich pochodzenia oraz części dotyczącej oddziaływanego fizjologicznego danego składnika. Zgodnie z tą definicją błonnik pokarmowy to mieszanina sacharydów

o stopniu polimeryzacji większym niż trzy, które nie są trawione i wchłaniane w jelicie cienkim człowieka. Polimery sacharydów należą do następujących grup: jadalne, naturalnie występujące w żywności gotowej do spożycia, otrzymane z surowców roślinnych przy użyciu metod fizycznych, enzymatycznych lub chemicznych, których korzystne efekty fizjologiczne zostały naukowo udowodnione oraz syntetyczne, których korzystne efekty na organizm człowieka zostały również naukowo udokumentowane przez kompetentne autorytety. Obok polimerów sacharydów do DF zalicza się ligninę oraz inne składniki towarzyszące im w ścianach komórkowych produktów roślinnych, które są ilościowo oznaczane za pomocą powszechnie obowiązujących metod. Do tych składników zalicza się: związki fenolowe, fityniany, woski, saponiny, fitosterole, kutynę itd., a także białka oporne na działanie enzymów trawiennych oraz różne rodzaje skrobi opornej (RS) [14, 25].

Metody oznaczania błonnika pokarmowego

Różnorodność składników DF sprawia, że zarówno w badaniach naukowych, jak i w przemysłowych laboratoriach kontroli jakości żywności stosuje się różne metody jego ilościowego oznaczania. W wielu przypadkach porównywanie wyników oznaczeń między nimi jest nieuprawnione metodologicznie. W 2011 r. Komitet ds. Metod Analitycznych i Pobierania Próbek CAC (CCMAS) określił listę metod oznaczania DF, zmodyfikowaną w 2014 r., i wydał dokument o charakterze przewodnika (Codex Procedural Manual) [5, 30]. W dokumencie tym wymienia się 4 rodzaje metod (tab. 1). Pierwszy rodzaj obejmuje grupę 9 metod ogólnych. Sześć z nich pozwala na ilościowe oznaczanie tylko frakcji wysokocząsteczkowych (HMW) polisacharydów > 9 monomerów, a trzy zarówno frakcji HMW, jak i frakcji niskocząsteczkowych (LMW) ≤ 9 monomerów. Drugi rodzaj zawiera grupę pięciu metod „referencyjnych”, a trzeci – jedną metodę „alternatywną” formalnie zatwierdzoną. Metody należące do drugiego i trzeciego rodzaju umożliwiają ilościowe oznaczanie specyficznych składników DF w pełnym zakresie liczby jednostek monomerów. Oznaczona ilość DF przy użyciu metod należących do pierwszego rodzaju jest determinowana rodzajem przyjętej procedury. Z kolei metody drugiego rodzaju pozwalają na rozstrzyganie sporów między stronami, dotyczących rzeczywistego poziomu składników DF, natomiast nie można ich rozwiązać za pomocą metody trzeciego rodzaju. Ostatni, czwarty rodzaj, obejmuje grupę pięciu metod. Są to metody „niewiążące”, które można zaliczyć do każdego z trzech wyżej wymienionych rodzajów. Tej grupy metod nie zweryfikowano jednak w badaniach międzylaboratoryjnych zgodnych z międzynarodowymi wytycznymi, co nie pozwala na ich formalne zatwierdzenie [30].

Tabela 1. Klasifikacja metod oznaczania błonnika pokarmowego
Table 1. Classification of dietary fibre determining methods

Rodzaj Type	Grupa metod Group of methods	Oznaczany składnik, zastosowanie metody Component to be determined, application of method	Metoda Method	Zasada metody Method principle
I	Oznaczanie tylko frakcji HMW polisacharydów (> 9 monomerów) Methods that determine only HMW fraction of polysaccharides (> 9 monomeric units)	Błonnik pokarmowy ogółem Total dietary fibre	AOAC 985.29 AACCI 32-05.01	E-G
		Frakcje rozpuszczalne i nierozpuszczalne błonnika pokarmowego / Soluble and insoluble fractions of dietary fibre	AOAC 991.43 AACCI 32-07.01	E-G
	Uwzględnia skład cukrów powstających > 10 % błonnika pokarmowego i < 2 % skrobi / In the case of products containing > 10 % of dietary fibre and < 2 % of starch	W przypadku produktów zawierających > 10 % błonnika pokarmowego i < 2 % skrobi / In the case of products containing > 10 % of dietary fibre and < 2 % of starch	AOAC 993.21	G
		Uwzględniająca składową pochodzącą z polisacharydów oraz zawartość ligniny oznaczanej według Klasona / Provides sugar residue composition of fibre polysaccharides and content of Kason lignin	AOAC 994.13 AACCI 32-25.01	E, GC, COL, G
		Frakcja nietrozpuszczalna błonnika pokarmowego Insoluble fraction of dietary fibre	AOAC 991.42 AACCI 32-20.01	E-G
	Oznaczanie zarówno frakcji HMW (> 9 monomerów), jak i LMW polisacharydów (< 9 monomerów) Methods that determine both the HMW fractions (> 9 monomeric units) and the LMW fractions of polysaccharides (< 9 monomeric units)	Frakcja rozpuszczalna błonnika pokarmowego Soluble fraction of dietary fibre	AOAC 994.19	E-G
		W przypadku produktów, które nie zawierają skrobi opornych In the case of products that do not contain resistant starches	AOAC 2001.03 AACCI 32-41.01	E-G i / and LC
		W przypadku produktów, które mogą, ale nie muszą zawierać skrobi opornych / In the case of products that may, or may not contain resistant starches	AACCI 32-45.01	E-G i / and HPLC
		W przypadku produktów, które mogą, ale nie muszą zawierać skrobi opornych In the case of products that may, or may not contain resistant starches	AACCI 32-50.01	E-G i / and HPLC

	1,3;1,4- β -D-glukany 1,3;1,4- β -D-glucans	AOAC 995.16 AACCI 32-23.01	E
II	Oznaczanie pojedynczych specyficznych składników błonnika w pełnym zakresie liczby jednostek monomerów Determining individual specific components of fibre within the full range of monomeric units	Frukty (polifruktozy, oligofruktozy, inulina, fruktooligosacharydy) – metoda przydatna do oznaczania fruktanów dodawanych do żywności / Fructans (polyfructoses, oligofructoses, inulin, fructooligosaccharides) – method useful for determining fructans added to food Polidekstroza Polydextrose Trans-galactooligosacharydy Trans-galactooligosaccharides Skrobia oporna – metoda zalecana dla RS3 Resistance starch – method recommended for RS3	AOAC 997.08 AACCI 32-31.01 E i / and HPAEC-PAD AOAC 2000.11 AACCI 32-28.01 AOAC 2001.02 AACCI 32-33.01 AOAC 2002.02 AACCI 32-40.01
III		Frukty (polifruktozy, oligofruktozy, inulina, fruktooligosacharydy) – metoda nieprzydatna do oznaczania wysoko zdeponowanych fruktanów Fructans (polyfructoses, oligofructoses, inulin, fructooligosaccharides) – method useless when determining highly depolymerised fructans	AOAC 999.03 AACCI 32-32.01 E i / and COL
IV	Metody niepoddane ocenie badań międzynarodowych według wskaźwek AOAC Methods not subjected to interlaboratory evaluation according to AOAC international guidelines	Nierozpuszczalne glukany i mannany zawarte w ścianach komórkowych drożdży (tylko dla ścian komórkowych drożdży) / Insoluble glucans andmannans in yeast cell walls (for yeast cell walls only) Fruktooligosacharydy (< 5 monomerów) Fructooligosaccharides (< 5 monomeric units) Rozpuszczalne i nierozpuszczalne polysacharydy nieskrobiowe (NSP) Soluble and insoluble non-starch polysaccharides (NSP) Oznaczanie zarówno frakcji HMW, jak i LMW polysacharydów w produktach, które mogą, ale nie muszą zawierać skrobi opornych / Determining both the HMW and the LMW fractions of polysaccharides in products that may, or may not contain resistant starches	EURASYP, 2004 ¹ Ozarné i wsp., 1999 ² Englyst i wsp., 1994 ³ AOAC 2009.01 Ch i / and HPAEC-PAD HPAEC-PAD GC-IC E-G i / and HPLC

	Oznaczanie zarówno frakcji HMW, jak i LMW polisacharydów w produktach, które mogą, ale nie muszą zawierać skrobi opornych / Determining both the HMW and the LMW fractions of polysaccharides in products that may, or may not contain resistant starches	AOAC 2011.25	E-G i / and HPLC
--	---	--------------	------------------

Źródło / Source:

¹ European Association for Specialty Yeast Products [on line]. Dostęp w Internecie [6.08.2018]; <http://www.yeastextract.info/public.technique.home.screen>

² Ouarné F., Guibert A., Brown D., Bonnet F.: A sensitive and reproducible analytical method to measure fructooligosaccharides in food products. In: Complex Carbohydrates in Foods. Eds. S. Sungsoo Cho, L. Proskey, M. Dreher. Marcel Dekker Inc., New York City 1999, pp. 197-207.

³ Englyst H.N., Quigley M.E., Hudson G.: Determination of dietary fibre as non-starch polysaccharides with gas-liquid chromatographic high performance liquid chromatographic or spectrophotometric measurement of constituent sugars. Analyst, 1994, 119, 1497-1509.

Skróty / Abbreviations:

AACCI – American Association of Cereal Chemists International; AOAC – Association of Analytical Communities; EURASYP – European Association for Specialty Yeast Products; HMW – frakcja wysokozastęzkowa / high molecular weight fraction; LMW – frakcja niskozastęzkowa / low molecular weight fraction; E – enzymatyczna / enzymatic; G – graviometryczna / gravimetric; E - G – enzymatyczno-graviometryczna / enzymatic-gravimetric; COL – kolorymetryczna / colorimetric; Ch – chemiczna / chemical; LC – chromatografia cieczowa / liquid chromatography; GC – chromatografia gazowa / gas chromatography; HPLC – wysokosprawna chromatografia cieczowa / high-performance liquid chromatography; HPAEC-PAD – wysokosprawna chromatografia anionowaymienna z pulsacyjnym detektorem amperometrycznym / high-performance anion exchange chromatography with pulsed amperometric detection.

Najszerze zastosowanie w oznaczaniu zawartości DF w ziarnie zbóż i jego produktach znalazły klasyczne metody enzymatyczno-grawimetryczne AACCI 32-05.01 (AOAC 985.29) oraz AACCI 32-07.01 (AOAC 991.43). Obie należą do pierwszego rodzaju metod i pozwalają na oznaczanie tylko polisacharydów HMW wraz z niektórymi rodzajami RS. Pierwsza z metod umożliwia oznaczanie ilości DF ogółem (TDF), natomiast w drugiej oznaczenie przebiega z podziałem na frakcje nierozpuszczalną błonnika (IDF) i rozpuszczalną (SDF) wytrącaną w 78-procentowym etanolu. Metody te nie pozwalają natomiast na ilościowe oznaczenie części opornych na trawienie maltodekstryn, fruktanów, arabinogalaktanów i pektyn oraz całkowitej ilości ligniny i niektórych typów RS oraz rozpuszczalnych frakcji LMW, takich jak: galakto- frukto-malto-, arabinoksylo- i ksylooligosacharydy. Ilości TDF, jak i frakcji IDF oraz SDF, w ziarnie zbóż i ich produktach oznaczone tymi metodami są z reguły niedoszacowane. Z tego powodu w praktyce stosuje się metody, które stanowią kombinację metod grawimetrycznych, enzymatyczno-grawimetrycznych, chromatograficznych czy enzymatycznych w fuzji z detekcją kolorymetryczną. Przykładem takich kombinacji jest sprzągnięcie grawimetrycznej metody Klasona oznaczania zawartości ligniny z metodą chromatografii gazowej i kolorymetryczną metodą oznaczania cukrów prostych powstały z polisacharydów nieskrobiowych (NSP). Kolejnym przykładem są takie, które łączą metody oznaczania NSP z enzymatyczno-spektrofotometrycznymi lub enzymatyczno-chromatograficznymi metodami oznaczania różnych typów RS [30]. Fuzje tych metod stwarzają jednak niebezpieczeństwo przeszacowania zawartości DF w badanych produktach, ponieważ trudno jest określić, jaką część ogólnej ilości badanego składnika stanowi frakcja HMW, a jaką frakcja LMW. Metodami najbardziej uniwersalnymi i wiarygodnymi, które w pełni uwzględniają różnorodność składników DF, są dwie niedawno opracowane metody: AACCI 32-45.01 i AACCI 32-50.01. Należą one do pierwszego rodzaju i są określane mianem metod enzymatyczno-grawimetrycznych z zastosowaniem wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC) [30]. Obie metody umożliwiają oznaczenie wszystkich składników DF, w pełnym zakresie liczby jednostek monomerów, bez ryzyka ich podwójnego liczenia. W Polsce, przed 20 laty, opracowano normę ilościowego oznaczania DF, która funkcjonuje do dzisiaj. Aktualnie jest ona niedostosowana do obecnie obowiązującej definicji tego składnika żywności [20]. Wyniki oznaczeń DF przy użyciu tej metody są trudne do porównania z wyżej opisanymi metodami. Z jednej strony są one przeszacowane, ponieważ obowiązująca procedura nie uwzględnia poziomu zawartości niestrawionego białka w błonniku, z drugiej natomiast zaniżone, gdyż wynik końcowy oznaczenia nie obejmuje frakcji LMW sacharydów oraz różnych rodzajów RS.

Rola błonnika pokarmowego w profilaktyce i wspomaganiu leczenia przewlekłych chorób niezakaźnych (NCDs)

Już w II wieku n.e. zaobserwowano, że biały chleb blokuje jelita i spowalnia pozostałą treścią pokarmową, natomiast ciemny chleb jest dobry dla zdrowia jelit [14]. Przez 18 stuleci nie przywiązywano wagi do roli DF w żywieniu człowieka i dopiero na przełomie lat 60. i 70. XX w. brytyjscy lekarze zaobserwowali, że u rdzennych mieszkańców Afryki rzadko występują choroby, które rozprzestrzeniają się w krajach Europy Zachodniej i USA. W ich opinii różnice te były powodowane różnym stopniem oczyszczania składników codziennej diety mieszkańców Afryki i Europy. W konkluzji swoich badań stwierdzili, że polisacharydy niestrawione w przewodzie pokarmowym mogą zapobiegać niektórym przewlekłym chorobom cywilizacyjnym [4]. Od tego czasu podjęto liczne wielokierunkowe badania nad wpływem DF zbóż na zdrowie człowieka, które stopniowo potwierdzały tezę sformułowaną przed 50 laty. Już pod koniec ubiegłego stulecia wykazano, w badaniach prowadzonych na grupie 38 470 kobiet w wieku 55 \div 69 lat, że konsumpcja 1 porcji całodziarnowych produktów zbożowych dziennie w istotny sposób przyczynia się do wydłużenia życia [13]. W krajach rozwiniętych, jak i w Polsce, jedną z najczęściej występujących przyczyn zgonów są choroby sercowo-naczyniowe [23, 28]. W celu weryfikacji istotnego wpływu wielkości spożycia błonnika na ryzyko zachorowania na ChNS przeprowadzono wiele badań klinicznych i epidemiologicznych. Slavin [24] przytacza badania grupy 21 930 fińskich mężczyzn w wieku 50 \div 69 lat, w których wykazano ścisły związek między ryzykiem zapadnięcia na ChNS a poziomem spożycia wysokobłonnikowych produktów zbożowych. Z kolei w USA w badaniach populacji liczącej 43 757 pracowników służby zdrowia w wieku 40 \div 75 lat udokumentowano, że błonnik zbożowy istotnie obniża ryzyko zawału serca, które maleje wraz ze zwiększeniem porcji tego składnika pochodzącej z produktów całodziarnowych o każde 10 g [22]. Jedną z głównych przyczyn zachorowalności na ChNS jest nieprawidłowa gospodarka lipidowa człowieka, a zwłaszcza wysoki poziom cholesterolu ogółem i nieodpowiedni stosunek lipoprotein o wysokiej gęstości (HDL) do lipoprotein o niskiej gęstości (LDL). W wielu badaniach klinicznych udowodniono, że duży udział produktów zbożowych w diecie przyczynia się do istotnego obniżenia poziomu cholesterolu ogółem we krwi oraz poprawy wartości stosunku HDL do LDL [24, 25]. Jedna z wielu hipotez zakłada, że niestrawione w jelcie cienkim NSP docierając do okrężnicy, ulegają częściowej lub pełnej fermentacji do krótkołańcuchowych kwasów tłuszczykowych: octowego, propionowego i masłowego, które w skomplikowanych, nie do końca wyjaśnionych procesach metabolicznych oddziałują na gospodarkę lipidową człowieka [24, 25, 29]. Ponadto kwasy te obniżają pH w okrężnicy oraz zmniejszają ryzyko powstawania polipów i zachorowania na raka jelita grubego, jak również wpływają na ogólną poprawę stanu zdrowia jelit [29]. McIntosch i wsp. [18] porównali wpływ diety bogatej w wysokobłonnikowe pro-

produkty pszenne oraz żytnie i wykazali, że 4-tygodniowa interwencja żywieniowa powoduje zwiększenie masy kału o 1/3 i obniżenie w nim poziomu β -glukuronidazy oraz podwyższenie ilości kwasu masłowego i maślanów. Udokumentowano także wpływ produktów całodziarnowych na obniżenie masy ciała osób otyłych oraz zwiększenie uczucia sytości [24, 25]. Wysokobłonnikowe produkty zbożowe spowalniają trawienie pokarmu, co sprawia, że oddziałują również na poziom glikemii i insulinemii popośiłkowej [24]. Charakteryzują się one istotnie niższym indeksem glikemicznym, zwłaszcza produkty jęczmienne i owsiane bogate w β -glukany, w porównaniu z wysoko oczyszczonymi produktami, np. jasnym pieczywem pszennym [24]. W badaniach klinicznych udowodniono, że spożywanie produktów całodziarnowych istotnie redukuje ryzyko gwałtownego wzrostu stężenia glukozy we krwi oraz wyrzutu insuliny [15, 24, 25]. W badaniach epidemiologicznych przeprowadzonych na grupie 90 000 kobiet i 45 000 mężczyzn udowodniono, że konsumpcja całodziarnowych produktów zmniejsza o 30 % ryzyko zachorowania na cukrzycę typu 2 w porównaniu z osobami niestosującymi diety bogatej w DF [24]. Reasumując, należy stwierdzić, że wszystkie badania epidemiologiczne i kliniczne potwierdzają tezę, że istnieje ścisły związek między wielkością spożycia produktów zbożowych bogatych w DF a poziomem zachorowań na przewlekłe choroby niezakaźne, jak i ogólnym stanem zdrowia społeczeństw w bogatych, wysoko rozwiniętych krajach.

Zalecane dawki błonnika pokarmowego a jego spożycie

Na podstawie dotychczasowej wiedzy na temat wpływu DF na zdrowie człowieka lekarze i eksperci żywieniowi opracowali zalecenia dotyczące minimalnej dawki dziennego spożycia tego składnika żywności. W różnych krajach wielkość ta waha się w przedziale 18 \div 38 g/dzień dla osoby dorosłej [14]. Według zaleceń FAO, WHO oraz EFSA i Amerykańskiej Agencji Żywności i Leków (US FDA), rekomendowana wielkość spożycia DF wynosi 25 g/dzień [6, 14]. Jednocześnie wielkość tej dawki określa się w przeliczeniu na jednostkę dostarczanej energii. Zgodnie z rekomendacjami EFSA i FDA codzienna dawka DF powinna kształtować się na poziomie co najmniej 3 g na 1 MJ energii zawartej w diecie [6]. W Polsce zalecenia spożycia tego składnika nie są jeszcze precyzyjnie określone, ale sugeruje się dawkę DF na poziomie 20 \div 40 g, wskazując jednocześnie, że większe ilości są bardziej pożądane [19]. Analiza wielkości dziennego spożycia DF w sześciu najbardziej rozwiniętych gospodarczo krajach świata (we Francji, Japonii, Niemczech, Wielkiej Brytanii, Włoszech i USA) wskazuje, że zawiera się ona w granicach od 12 g dla kobiet w USA do 24 g dla mężczyzn w Niemczech [14]. W większości tych krajów wielkości te istotnie odbiegają od zalecanych norm. Na przykład w USA średnie spożycie DF kształtuje się na poziomie 15 g/dzień [14]. Spożycie DF w Polsce jest również mniejsze niż dawka zalecana przez EFSA [17]. Według obliczeń Laskowskiego [16] średnia ilość DF, która znajdowała

się w codziennej diecie Polaka w 2011 r., wynosiła 19 g, przy medianie 17 g. Bardziej optymistyczne dane podają Górecka i wsp. [9], którzy na podstawie podobnych danych wykazali, że przeciętne spożycie DF w latach 2000 – 2009 wynosiło 27,8 g/dzień i wskazali na wyraźną tendencję malejącą tej wielkości od 29,5 g w 2000 r. do 25,4 g w 2009 r. W Polsce, obok niekorzystnej malejącej tendencji spożycia DF, również wiedza na temat tego składnika żywności oraz jego wpływu na organizm człowieka jest niezadowalająca. Potwierdzają to m.in. badania przeprowadzone w 2016 r. na 206-osobowej grupie studentów warszawskich uczelni medycznych i pozamedycznych [15].

Ziarno zbóż i jego produkty jako źródła błonnika pokarmowego

W większości krajów świata, w tym w Polsce, głównym źródłem DF w codziennej diecie są przetwory zbożowe, a zwłaszcza pieczywo. Z danych statystycznych dotyczących wielkości spożycia produktów żywnościowych, które zawierają DF, wynika, że w 2016 r. przeciętny Polak spożył 231 kg produktów pochodzenia roślinnego, czyli 630 g/dzień (tab. 2) [23]. W obliczeniach tych uwzględniono roczne spożycie produktów żywnościowych będących źródłem DF, które sklasyfikowano w siedmiu grupach: produkty zbożowe ogółem, produkty zbożowe z podziałem na pieczywo i inne przetwory zbożowe, nasiona roślin strączkowych, owoce, warzywa, ziemniaki oraz soki owocowo-warzywne. Podana wielkość spożycia pieczywa jest zaniedzona, gdyż ze względu na brak wiarygodnych danych statystycznych w bilansie tym nie uwzględniono pieczywa chrupkiego, tostowego i cukierniczego. Z tabeli tej wynika, że dominującymi ilościowo składnikami tego segmentu żywności w diecie Polaków są produkty zbożowe i warzywa. Ich udział w spożyciu całego wolumenu produktów, które zawierają DF jest zbliżony (30,7 i 26,7 %) i wraz z ziemniakami wynosi 76 %.

Podaż DF w codziennej diecie jest wypadkową poziomu tego składnika w poszczególnych produktach żywnościowych wchodzących w jej skład oraz wielkości udziału tych produktów w diecie. Ilość DF w dziennej racji pokarmowej przeciętnego Polaka w 2016 r. oszacowano na podstawie zawartości składników odżywczych w produktach żywnościowych ujętych w bazie danych SR 28 z 2018 r., opracowanej przez Departament Rolnictwa USA [27] oraz wielkości dobowego spożycia poszczególnych produktów na osobę [23]. W pierwszym kroku z bazy obejmującej 7999 produktów żywnościowych wyselekcjonowano 4612, które zawierają DF. Z tej liczby wybrano 2966 produktów lub ich odpowiedników, które spożywa się w Polsce. Każdy z nich przypisano do jednej z siedmiu ww. grup żywności, a następnie oszacowano średnią zawartość DF w poszczególnych produktach tworzących pojedynczą grupę. W ostatnim kroku na podstawie średnich zawartości tego składnika w produktach oraz ich udziału w wielkości spożycia obliczono wartości średnich ważonych zawartości DF

Tabela 2. Krajowa wielkość spożycia produktów żywnościowych zawierających błonnik pokarmowy oraz spożycie błonnika na 1 osobę w gospodarstwach domowych według danych GUS z 2016 r. oraz bazy SR 28 składników odżywcznych opracowanej przez Departament Rolnictwa USA (USDA)

Table 2. Consumption of food products containing dietary fibre and its intake per capita in households in Poland according to GUS data of 2016 and to USDA National Nutrient Database SR 28

Produkty żywnościowe Food products	Roczne spożycie [kg/osobę] Annual consumption [kg per capita]	Dzienne spożycie [g/osobę] Daily consumption [g per capita]		Udział procentowy w ogólnej ilości Percentage of total amount [%]	
		produkt product	błonnik fibre	produkt product	błonnik fibre
Produkty zbożowe ogółem, w tym: Total cereal products, including:	71	194	6,6	30,7	42,7
- pieczywo* / bread*	43	116	4,6	18,4	30,0
- inne produkty / other products	28	78	2,0	12,3	12,7
Strączkowe / Legumes	1	2	0,1	0,3	0,9
Owoce / Fruits	44	120	3,1	19,1	20,3
Warzywa / Vegetables	61	168	3,4	26,7	21,8
Ziemniaki / Potatoes	42	114	2,1	18,2	13,4
Soki owocowo-warzywne Fruit and vegetable juices	12	32	0,2	5,1	1,0
Razem produkty / Products in total	231	630	15,4	100	100

Objaśnienia / Explanatory notes:

* – z wyłączeniem pieczywa chrupkiego, tostowego i cukierniczego (brak danych) / excluding crispbread, toasted breads, and pastry (no data)

Źródło / Source: opracowanie własne na podstawie [23, 27] / the author's own study based on [23, 27]

w poszczególnych grupach. Do obliczeń przyjęto, że średnia zawartość DF w g na 100 g produktu wynosi: pieczywo – 4,0 g (n = 64), inne produkty zbożowe – 2,5 g (n = 1430), strączkowe – 7,0 g (n = 356), owoce – 2,6 g (n = 278), warzywa – 2,0 g (n = 726), ziemniaki – 1,8 g (n = 66) i soki owocowe – 0,5 g (n = 46). Taka metoda obliczeń wydaje się być uprawniona, ponieważ, mimo istotnych różnic między asortymentem produktów żywnościowych znajdujących się na rynkach USA i Polski oraz różnic między zwyczajami i tradycjami żywieniowymi, duży segment produktów wytworzonych przez międzynarodowe koncerny znajduje się zarówno na tamtejszym, jak i krajowym rynku. Ponadto część z nich jest importowana, zarówno do USA, jak i do Polski, i zawiera identyczną lub zbliżoną ilość DF. Dodatkową zaletą przyjętego sposobu jest czerpanie danych pochodzących tylko z jednego zasobu danych, a nie z wielu różnych źródeł, często trudnych do porównania. Na podstawie analizy danych zawartych w tab. 2. potwierdzono, że pieczywo i inne produkty zbożowe są głównym źródłem DF w diecie Polaków. Dostarczają one 43 % dziennej dawki DF, z czego ponad

2/3 stanowi pieczywo, podczas gdy warzywa wraz ziemniakami – 35 %, natomiast owoce – 20 %. Udział nasion strączkowych i soków w dziennej podaży DF jest marginalny i kształtuje się na poziomie 2 %. Z analizy tej wynika, że w Polsce w 2016 r. dzienne spożycie DF wynosiło 15,4 g na 1 osobę. Wynik ten jest zbliżony do tego, który podaje Laskowski [16] i o ok. 60 % niższy niż ten, który obliczyli Górecka i wsp. [9].

W tab. 3. podano zawartość DF w ziarnie różnych rodzajów zbóż chlebowych i niechlebowych oraz w orzeszkach gryki w g na 100 g ziarna [27]. Dane te, pobrane z bazy danych SR 28, pozwalają na podział zbóż pod względem zawartości DF w ziarnie na trzy grupy. Pierwsza obejmuje żyto, pszenżyto i pszenicę zwyczajną o zawartości DF $12 \div 16$ g/100 g.

Tabela 3. Zawartość błonnika pokarmowego w ziarnie zbóż [g/100 g]

Table 3. Content of dietary fibre in cereal grains [g/100 g]

Ziarno zbóż / Cereal grains	Błonnik Dietary fibre	Ziarno zbóż / Cereal grains	Błonnik Dietary fibre
Pszenica twarda czerwona/biała Hard red/white wheat	12,2/12,2	Pszenżyto Triticale	14,6
Pszenica miękka czerwona/biała Soft red/white wheat	12,5/12,7	Ryż brązowy (długi/średni) Rice brown (long/medium)	3,4/3,6
Żyto / Rye	15,1	Ryż biały / Rice white	2,8
Jęczmień obłuszczony Pearled barley	10,1	Ryż dziki Rice wild	6,2
Owies obłuszczony Pearled oats	10,2	Sorgo Sorghum	6,8
Kukurydza żółta/biała Sweet yellow/white corn	10,6/10,6	Proso Millet	8,5
Kukurydza niebieska / Corn blue	7,3	Gryka / Buckwheat	10,0

Źródło / Source:

opracowanie własne na podstawie [27] / the author's own study based on [27]

Te trzy rodzaje zbóż są powszechnie uprawiane w Polsce i stanowią ok. 60 % krajowej produkcji ogółem [23]. Druga grupa to obłuszczone ziarno jęczmienia i owsa oraz proso i różne gatunki kukurydzy, które zawierają $7 \div 12$ g DF w 100 g oraz trzecia, która obejmuje różne gatunki ryżu i sorgo o zawartości DF $2 \div 7$ g/100 g. Ilości tego składnika w jęczmieniu i owsie podano w ziarnie odplewionym i obłuszczonym, ponieważ w przetwórstwie tych zbóż tylko takie ziarno jest surowcem do produkcji wyrobów jęczmiennych i owsianych, np. całego ziarna, kasz, płatków czy otrąb owsianych. Oddzielnie potraktowano grykę, ponieważ nie należy ona do rodziny traw, a do rodziny rdestowatych. W tab. 4. zestawiono zawartość DF w grupie 1494 produktów

Tabela 4. Zawartość błonnika pokarmowego w wybranych produktach zbożowych [g/100 g produktu]
 Table 4. Content of dietary fibre in some cereal products [g/100 g of product]

Produkty zbożowe Cereal products	Zawartość błonnika Content of dietary fibre	Produkty zbożowe Cereal products	Zawartość błon- nika Content of dieta- ry fibre
Chleb całoziarnowy pszenny* Wholemeal wheat bread*	6,0 ÷ 7,5*	Mufinki/otręby pszenne** Muffins/wheat bran **	1,1 ÷ 4,2/8,2**
Chleb jasny pszenny White wheat bread	2,0 ÷ 2,9	Ciasteczka /owsiane* Cookies/oat *	0,5 ÷ 3,2/16,1*
Chleb chrupki pszenny Wheat crispbread	11,8	Krakersy/całoziarnowe* Crackers/whole-grain*	1,9 ÷ 3,6/10,9*
Chleb całoziarnowy żytni* Wholemeal rye bread*	6,5 ÷ 12,0*	Makaron gotowany/całoziarnowy* Cooked pasta/whole-grain*	1,4 ÷ 1,8/4,6*
Chleb jasny żytni White rye bread	5,8 ÷ 6,4	Ryż biały gotowany Cooked white rice	0,4 ÷ 0,9
Chleb chrupki żytni Wheat crispbread	16,5	Ryż brązowy gotowany Cooked brown rice	1,6 ÷ 1,8
Chleb pumpernickiel Pumpernickel bread	6,5 ÷ 7,1	Ryż dziki gotowany Cooked wild rice	1,8
Chleb owsiany Oat bread	4,0 ÷ 4,9	Kasza gryczana prażona gotowana Cooked roasted buckwheat	2,7
Chleb bezglutenowy Gluten-free bread	3,5 ÷ 5,5	Płatki kukurydziane Cornflakes	1,2 ÷ 3,4
Chleb „pita”/całoziarnowy* Pita bread/whole-grain *	2,2/6,1*	Bulgur gotowany Cooked bulgur	4,5
Bułki/całoziarnowe* Rolls/whole-grains*	1,3 ÷ 2,1/7,5*	Ziarno gotowe do spożycia** Cereals ready to eat**	0,4 ÷ 21,7/46,2**
Obwarzanki/całoziarnowe* Bagels/whole-grains *	2,3 ÷ 4,1/6,2*	Popcorn zwykły/pękanie*** Popcorn/low fat popping popcorn***	2,5/15,1***
McD burger Burger McD	1,0 ÷ 1,7	Otręby pszenne Wheat bran	42,8
Tortilla/caloziarnowa* Tortilla/whole-grains *	2,4 ÷ 5,3/9,8*	Otręby owsiane Oat bran	15,4
Pizze z Pizza Hut Pizza Hut pizzas	1,7 ÷ 2,4/4,3*	Otręby kukurydziane Corn bran	79,0
Musli / Muesli	2,1 ÷ 3,1	Zarodki pszenne / Wheat germs	13,2

Objaśnienia / Explanatory notes:

* – produkty wytworzzone z mąki całoziarnowej / products produced from whole-grain flour; ** – produkty wzboagacone dodatkiem otrąb / products enriched with bran; *** – kukurydza pękaną o obniżonej zawartości tłuszczu / low fat popping popcorn.

Źródło / Source: opracowanie własne na podstawie [27] / the author's own study based on [27]

zbożowych, obejmującej pieczywo zwykłe, specjalne i cukiernicze, ziarna gotowe do spożycia, otreby, całe ziarna, kasze i makarony gotowane, płatki, musli, przekąski, popcorn i produkty określane jako tzw. fast food – pizze i burgery [27]. Ilości DF w porównywanych produktach są bardzo zróżnicowane i zawierają się w przedziale od 0,4 g/100 g, np. w gotowanym białym ryżu, do 79,0 g/100 g w otrębach kukurydzianych. Z danych tych wynika podstawowy wniosek. Wszystkie nisko przetworzone produkty zbożowe otrzymane z całych ziaren oraz pochodzące z ich peryferyjnych warstw są wielokrotnie bogatsze w DF niż produkty wysoko przetworzone i oczyszczone w coraz bardziej złożonych procesach technologicznych. Na przykład produkty z jasnych mąk chlebowych i niechlebowych, jak np. chleb, bułki, pita, tortilla, krakersy czy makaron gotowany zawierają 2÷30 razy mniej DF niż te same produkty wytworzzone z mąki całodziarnowej czy z dodatkiem całych ziaren. Produktami najbardziej zasobnymi w ten składnik są otreby różnych rodzajów zbóż. Udowodniono, że DF jest nierównomiernie rozłożony w różnych częściach anatomicznych ziarniaków zbóż [10]. Najbogatsze w ten składnik są zewnętrzne warstwy ziarna, które obejmują tkanki okrywy owocowej, nasiennej oraz warstwy aleuronowej. Zawierają one ok. 2/3 ilości DF całego ziarna, a różnice pod względem zawartości tego składnika między peryferyjnymi a wewnętrznymi częściami ziarna sięgają nawet 70 g/100 g [10]. Błonnik zawarty w okrywie owocowo-nasiennej prawie w całości stanowi frakcja IDF, podczas gdy w bielmie środkowym istotną jego część stanowi frakcja SDF. Najbardziej zasobne w SDF jest ziarno żyta i pszenicy, następnie owsa i jęczmienia, natomiast najuboższe jest ziarno pszenicy. Podstawowymi ilościowo składnikami DF ziarna zbóż są arabinoksyly, β -glukany, fruktany, celuloza i lignina. W mniejszej ilości występują arabinogalaktany, oligosacharydy, skrobia oporna oraz kwasy fenolowe i uronowe związane NSP. Każdy z tych składników charakteryzuje się odmiennymi właściwościami funkcjonalnymi i zróżnicowanym zachowaniem w przewodzie pokarmowym, a zatem różnym oddziaływaniem na organizm człowieka.

W tab. 5. podano zawartość trzech głównych składników DF w czterech rodzajach podstawowych zbóż oraz w pszenicy według różnych autorów [1, 3, 7, 8, 11, 12, 21].

Dominującym ilościowo składnikiem DF w ziarnie żyta, pszenicy i pszenicy są arabinoksyly, natomiast w ziarnie jęczmienia i owsa – β -glukany. Uwagę zwraca duża zawartość w pełni rozpuszczalnych w wodzie fruktanów w ziarnie żyta, co istotnie wpływa na zwiększenie zawartości ważnej żywieniowo frakcji SDF. Podobnie β -glukany zawarte w ziarnie jęczmienia i owsa są w przeważającej części rozpuszczalne i również zwiększą zawartość tej frakcji DF w produktach owsianych i jęczmiennych. Szczególną rolę fizjologiczną w organizmie człowieka przypisuje się β -glukanom i fruktanom oraz w mniejszym stopniu rozpuszczalnym LMW arabinoksyly [29]. β -glukany są przede wszystkim odpowiedzialne za efekt hipoglikemiczny i hipocholesterolemiczny,

Tabela 5. Zawartość składników błonnika pokarmowego w ziarnie zbóż

Table 5. Content of dietary fibre components in cereal grains

Zboże (n) Cereal (n)	Arabinoksylyny Arabinoxylans		β -glukany β -glucans		Fruktany Fructans	
	[% s.m.] [% d.m.]	Lit. Ref.	[% s.m.] [% d.m.]	Lit. Ref.	[% s.m.] [% d.m.]	Lit. Ref.
Pszenica (n = 26/10*) Wheat (n = 26/10*)	4,4 ÷ 6,9	[8]	0,5 ÷ 1,0	[8]	0,9 ÷ 1,6*	[7]*
Żyto (n = 45) Rye (n = 45)	8,0 ÷ 12,1	[3]	1,6 ÷ 2,2	[3]	4,6 ÷ 6,3	[3]
Jęczmień (n = 3/39*) Barley (n = 3/39*)	4,9 ÷ 5,2	[12]	2,4 ÷ 8,3	[11]*	1,6	[11]*
Owies (n = 3*/121**) Oat (n = 3*/121**)	1,6 ÷ 1,9	[3]*	1,8 ÷ 5,5	[1]**	0,1	[1]**
Pszenzyto (n = 16) Triticale (n = 16)	5,9 ÷ 7,5	[21]	0,5 ÷ 1,0	[21]	1,6 ÷ 2,9	[21]

Objaśnienia / Explanatory notes:

*/** – liczba próbek według różnych autorów / number of samples according to different authors

podczas gdy fruktany i frukto-oligosacharydy, zwłaszcza krótkołańcuchowe, oraz niektóre LMW frakcje arabinoksylianów i β -glukanów – za efekt probiotyczny [29]. Naukowo udowodniono, że dla osiągnięcia efektu hipoglikemicznego i hipocholesterolemicznego minimalna dzienna dawka β -glukanów powinna wynosić 3 g/dzień [6]. Nie unormowano natomiast minimalnego dobowego spożycia fruktanów, jednak dla uzyskania oczekiwanej efektu probiotycznego najczęściej wymienia się dawki ok. 15 g/dzień [17].

Podsumowanie

W ostatnich latach daje się zauważać wyraźny postęp w badaniach nad błonniakiem pokarmowym (DF) oraz w pracach legislacyjnych dotyczących zaleceń odnoszących się do zdrowego odżywiania. Do najważniejszych osiągnięć należy ujednolicenie definicji DF zgodnej z aktualnym stanem wiedzy oraz opracowanie nowych metod referencyjnych ilościowego oznaczania tego składnika, dostosowanych do aktualnie obowiązującej definicji. W Polsce należałoby podjąć działania zmierzające do zastąpienia 20-letniej normy ilościowego oznaczania DF nową procedurą, która odpowiadałaby współczesnym wymogom. Wskazane byłoby ponadto sprecyzowanie przez lekarzy i ekspertów żywieniowych wielkości dawek dziennego spożycia tego składnika, z uwzględnieniem płci oraz różnych przedziałów wieku. Na podstawie najnowszych danych wykazano, że produkty zbożowe stanowią podstawowe źródło DF w codziennej diecie Polaków. W celu utrzymania czołowej pozycji produktów zbożowych pożą-

dane byłoby opracowanie nowych i atrakcyjnych sensorycznie produktów całoziarnowych, jak i wzbogaconych wysokobłoniowymi dodatkami pochodząymi z zewnętrznych części ziarna. Dotyczy to zwłaszcza produktów żytnich, owsianych i jęczmiennych bogatych w rozpuszczalne składniki błonnika. Równolegle należy prowadzić intensywne działania edukacyjne, zwłaszcza wśród dzieci i młodzieży, promujące spożycie wysokobłoniowych produktów zbożowych ze szczególnym uwzględnieniem ich prozdrowotnych funkcji oraz roli w profilaktyce przewlekłych chorób niezakaźnych (NCDs).

Literatura

- [1] Åman P.: The variation in chemical composition of Swedish oats. *Acta Agriculturae Scandinavica* 1987, 3 (37), 347-352.
- [2] Bienkiewicz M., Bator E., Bonkowska M: Błonnik pokarmowy i jego znaczenie w profilaktyce zdrowotnej. *Problemy Hig. Epidem.*, 2015, 1 (96), 57-63.
- [3] Boskov Hansen H., Rasmussen C.V., Bach Knudsen K.E., Hansen A.: Effects of genotype and harvest year on contents and composition of dietary fibre in rye (*Secale cereale* L) grain. *J. Sci. Food Agric.*, 2003, 1 (83), 76-85.
- [4] Burkitt D.P., Trowell H.C.: *Refined Carbohydrate Foods and Disease: Some Implications of Dietary Fibre*. Academic Press, London 1975.
- [5] Codex Alimentarius Commission. Procedural Manual. 20th ed. FAO, Rome 2011.
- [6] EFSA: Scientific opinion – scientific opinion on dietary reference values for carbohydrates and dietary fibre. *EFSA J.*, 2010, 8, 1462-1477.
- [7] Fretzdorff B., Welge N.: Fructan- und Raffinosegehalte im Vollkorn einiger Getreidearten und Pseudo-Ceralien. *Getreide, Mehl und Brot*, 2003, 1 (57), 3-8.
- [8] Gebruers K., Dornez E., Bedö Z., Rakszegi M., Frás A., Boros D., Courtin C.M., Delcour J.A.: Environment and genotype effects on the content of dietary fiber and its components in wheat in the HEALTHGRAIN diversity screen. *J. Agric. Food Chem.*, 2010, 17 (58), 9353-9361.
- [9] Górecka D., Janus P., Borysiak-Marzec P., Dziedzic K.: Analiza spożycia błonnika pokarmowego i jego frakcji w Polsce w ostatnim dziesięcioleciu w oparciu o dane GUS. *Problemy Hig. Epidem.*, 2011, 4 (92), 705-708.
- [10] Hemery Y., Rouau X., Lullien-Pellerin V., Barron C., Abecassis J.: Dry process to develop wheat fraction and products with enhanced nutritional quality. *J. Cereal Sci.*, 2007, 3 (46), 327-347.
- [11] Holtekjølen A.K., Uhlen A.K., Bråthen E., Sahlstrøm S., Knutsen, S.H.: Contents of starch and non-starch polysaccharides in barley varieties of different origin. *Food Chem.*, 2006, 3 (94), 348-358.
- [12] Izydorczyk M.S., McMillan T., Bazin S., KletkeB., Dushnicky L., Dexter J., Chepurna A., Rossnagel B.: Milling of Canadian oats and barley for functional food ingredients: Oat bran and barley fibre-rich fractions. *Can. J. Plant Sci.*, 2014, 3 (94), 573-586.
- [13] Jacobs D.R., Meyer K.A., Kushi L.H., Folsom A.R.: Is whole-grain intake associated with reduced total and cause-specific death rates in older women? The Iowa Women's Health Study. *Am. J. Public Health*, 1999, 89, 322-329.
- [14] Jones M.J.: CODEX-aligned dietary fiber definitions help to bridge the "fiber gap". *Nutr. J.*, 2014, 1 (13), 34-43.
- [15] Kowalczyk M., Zegan M., Michota-Katulska E.: Wiedza na temat prozdrowotnej roli błonnika pokarmowego wśród studentów uczelni medycznych i pozamedycznych. *Bromatol. Chemia Toksyk.*, 2017, 2 (50), 99-105.
- [16] Laskowski W.: Wartość odżywcza diety Polaków i jej zmiany. W: *Współczesne kierunki działań prozdrowotnych*. Red. A. Wolska-Adamczyk. Wyd. WSiZ, Warszawa 2017, ss. 57-72.

- [17] Maziarz M.P.: Role of fructans and resistant starch in diabetes care. *Diabetes Spectrum*, 2013, 1 (26), 35-39.
- [18] McIntosh G.H., Noakes M., Royle P.J., Foster P.R.: Whole-grain rye and wheat foods and markers of bowel health in overweight middle-aged men. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2003, 4 (77), 967-974.
- [19] Paczkowska M., Kunachowicz H., Rutkowska U.: Jakość zdrowotna krajowych racji pokarmowych – badania analityczne i ocena teoretyczna. Cz. IV. Błonnik pokarmowy. *Żyw. Człow. Metab.*, 2000, 27, 9-12.
- [20] PN-A-79011-15:1998. Koncentraty spożywcze. Metody badań. Oznaczanie zawartości błonnika pokarmowego.
- [21] Rakha A., Åman P., Andersson R.: Dietary fibre in triticale grain: Variation in content, composition, and molecular weight distribution of extractable components. *J. Cereal Sci.*, 2011, 3 (54), 324-331.
- [22] Rimm E.B., Ashero A., Giovannucci E., Spiegelman D., Stampfer M.J., Willet W.C.: Vegetable, fruit and cereal fiber intake and risk of coronary heart disease among men. *J. Am. Medical Association*, 1996, 275, 447-451.
- [23] Mały rocznik statystyczny Polski / Rocznik Statystyczny Rolnictwa. Główny Urząd Statystyczny, Rok LX, Warszawa 2017.
- [24] Slavin J.L., Jacobs D., Marquart L., Wiemer K.: The role of whole grains in disease prevention. *J. Am. Dietetic Association*, 2001, 7 (101), 780-785.
- [25] Slavin J.L.: Why whole grains protective: Biological mechanisms. *Proc. Nutr. Soc.*, 2003, 1 (62), 129-134.
- [26] Trowell H.: Crude fibre, dietary fibre and atherosclerosis. *Atherosclerosis*, 1972, 2 (16), 138-140.
- [27] USDA: National Nutrient Database 28 SR for Standard Reference. United States Department of Agriculture, Washington 2018.
- [28] Wojtyniak B., Goryński P., Moskalewicz B.: Sytuacja zdrowotna ludności Polski i jej uwarunkowania. Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – PZH, Warszawa 2012, s. 339.
- [29] Zhang G., Hamaker B.R.: Cereal carbohydrates and colon health. *Cereal Chem.*, 2010, 4 (87), 331-341.
- [30] Zielinski G., DeVries J.W., Craig S.A., Bridges A.R.: Dietary fiber in CODEX Alimentarius: Current status and ongoing discussions. *Cereal Foods World*, 2013, 3 (58), 148-152.

CEREAL GRAINS AND CEREAL PRODUCTS AS SOURCES OF DIETARY FIBRE

S u m m a r y

Based on the interdisciplinary research, a close relationship was demonstrated between the dietary fibre intake and the number of new cases of non-communicable diseases. In the research study, there were discussed a dietary fibre definition and those dietary fibre quantifying methods, which were concordant with the currently applicable concept of fibre. The most recent data were presented with respect to the recommended dietary fibre intake as were the data on what was the level of consumption, by the average Pole, of fibre and food products containing that component. It is confirmed by the statistical data derived from the Central Statistical Office in Poland (referred to as GUS) and by the latest data derived from the USDA National Nutrient Database 28 SR on the contents of nutrients in 7,999 food products that in Poland cereal products constitute the main source of dietary fibre. It was shown that in 2016, in our country the average daily consumption of DF was 15.4 g/persons and about 43 % of the DF daily intake came from cereal products, of which two-thirds were bread products. Moreover, the dietary fibre content in various types of cereals was compared with that in 1,494 cereal products. The basket of those products includes many new items, which, now, are more and more eaten by consumers in Poland and which are not taken into account in the national reference literature pertaining to nutrition. The data analysis showed that all the low-processed cereal products produced from the whole grains or with the whole grains added were

many times richer in dietary fibre than those highly-refined and cleaned during technological processes as were the products originating from peripheral layers of kernel.

Key words: dietary fibre, definition, determination methods, cereal grains and cereal products, consumption of fibre and cereal products in Poland 

MAŁGORZATA DULA, JAN MATRAS, EUGENIUSZ R. GRELA,
IGNACY NIEDZIÓŁKA

ANTIOXIDANT AND OTHER HEALTH PROMOTING PROPERTIES OF HERBS

S u m m a r y

Many component contained in the plants we usually eat are characterized by antioxidant properties, for example polyphenols effectively neutralize free radicals and other reactive oxygen species. The antioxidant potential of some herbal plants is many times higher than that of fruits and vegetables and therefore there has been a growing interest in the active substances contained therein. An improper diet, such as the one rich in lipids, adversely affects the level of free radicals in the body; so it is very important to choose to eat foods with a high antioxidant potential. The oxidation reactions that occur in food products have a detrimental impact on their nutritional value and sensory properties, such as taste, smell, color and texture. Antioxidants added to food can effectively counteract those changes, therefore there are sought natural food ingredients with antioxidant properties to replace synthetic antioxidants, such as BHA, BHT, which are often used in food. Some herbal spices have an anti-inflammatory and antibacterial effect. Moreover, they can stimulate appetite, increase the secretion of digestive juices and improve the absorption of nutrients. A diet enriched with suitable herbs or preparations obtained from them, mainly owing to the antioxidants contained therein, improves the functioning of the organism and prevents the development of certain diseases, such as cancer or atherosclerosis of blood vessels.

Key words: herbs, antioxidants, properties, effects, health

Introduction

The increased consumption of foods rich in substances having antioxidant properties has a beneficial effect on the organism, as evidenced by numerous scientific reports [30, 46, 24]. Herbs play a special role in the human and animal nutrition for they contain biologically active substances, such as phenolic compounds, including phenol-

Mgr M. Dula, prof. dr hab. J. Matras, prof. dr hab. E. R. Grela, Instytut Żywienia Zwierząt i Bromatologii, Wydz. Biologii, Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin, dr hab. I. Niedziółka, prof. nadzw., Katedra Maszyn Rolniczych, Leśnych i Transportowych, Wydz. Inżynierii Produkcji, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Głęboka 28, 20-612 Lublin. Kontakt: malgorzata.dula@up.lublin.pl

ic acids, flavonoids, carotenoids and vitamin C; owing to their properties, those substances enhance, among other things, appetite, immunity and cancer prevention [13]. Also they best interact with the circulatory and nervous systems [17], fight diabetes, cataracts, rheumatoid arthritis, Alzheimer's disease, allergy, liver and kidney diseases, and have antibacterial, antifungal, antipyretic, antispasmodic, anti-inflammatory as well as expectorant and antitussive properties [9]. Herbs, their parts (seeds, leaves, flowers, roots, rhizomes) contain active secondary metabolites that can affect the organism of people and animals [10]. Beside the classical herbs with the aforementioned properties, spice herbs are used in human and animal nutrition [25, 40]. They are dried parts of plants and include roots (e.g. ginger), bark (e.g. cinnamon), stems, leaves (e.g. savory, marjoram or tarragon), flowers or their parts (carnations, saffron), fruits (e.g. pepper, allspice) or seeds (e.g. nutmeg, mustard, cardamom). The properties of spice herbs result from the occurrence of specific, biologically active substances therein. Those compounds are responsible for the flavoring properties of spices; that is why they are used as food additives. Spices are also considered to be functional ingredients that have a beneficial effect on the human organism. There are nearly 130 species of herbal plants cultivated in Europe on an area of 70.000 hectares and the main EU producers include Germany, France and Spain. Poland belongs to the main European producers of herbs too. Most of the herbal raw materials is utilized by the pharmaceutical industry [14]. Except for the cultivated herbal plants, some herb material is derived from wild-growing plants. Among the countries that are leaders in producing herbs of natural origin are: Bulgaria, Albania and Turkey [31]. The value of the herbs and spices market in the EU has been on the rise since 2004 and the demand for herbal material has grown sharply. One of the greatest values of herbs is their therapeutic effect on the processes occurring in human body and the fact that they facilitate the absorption of nutrients [28]. The objective of the paper was to present the most current knowledge concerning, mainly the action of antioxidative substances contained in herbs and preparations thereof on the human organism.

Antioxidants and their role

Antioxidant is defined as a substance that is much less concentrated than an oxidized substrate; it significantly delays or prevents the oxidation of that substrate [12, 30]. A mixture of two or more antioxidants is sometimes more effective than the same amount of only one of them, therefore using the properly compiled herbal mixtures is much more effective than applying just a single herb [37]. The mechanism of antioxidant action consists in the fact that it interacts with primary oxidation products (mainly lipids) and forms poorly-reactive radicals and thus the formation is prevented of toxic alcohols, ketones, aldehydes, and acids. It is important to prevent the oxidation of polyunsaturated fatty acids (PUFAs), which are very vulnerable to the oxidizing effects of

oxygen-free radicals (FR) and other reactive oxygen species (ROS). The reactive oxygen species easily react with cellular components, such as lipids, proteins or DNA and the effect of their action may be the damage of biological membrane associated with the loss of their activity and of functions or the inactivation of cellular enzymes. Also they can generate the inappropriate activity or inactivation of all the enzymes [36].

Free radicals are molecules with one or more unpaired electrons on the outer orbit. In order to join the electron, they exhibit a high chemical activity and oxidize each compound they contact. Most often, free radicals in the body attack the compounds with double bonds in the molecules, i.e. proteins, DNA, PUFAs in cell membranes and polysaccharides. The following radicals and other ROS occur in the biological systems: superoxide O_2^- , hydroxyl OH^- , perhydroxyl radical HO_2^{\cdot} , peroxide ROO^{\cdot} , alkoxy RO^{\cdot} , hydrogen peroxide H_2O_2 , singlet oxygen 1O_2 , hydroxyl radical HO^{\cdot} , nitric oxide NO , acids: peroxonitrous ($HONO_3$) and hypochlorous ($HClO$) [7]. Free radicals are dangerous in the diseases of diabetes, atherosclerosis, polyneuropathy and cancer [35]; they also contribute to degenerative cellular changes, which, in turn, can lead to human death [8].

Free radicals are formed in the body both during the initiation of peroxidation of PUFAs in the mucous membranes and in the processes of homolytic tearing of bonds or as a result of electron transfer between the molecules of chemical compounds. Lipid peroxidation is a very undesirable phenomenon because during this process new radicals are again produced, which manifests itself in the loss of cell membrane function. Lipid peroxidation is a cause of inhibited enzyme activity in cell membranes as well as of impaired transport of protein, such as Ca^{2+} ATPase and Mg^{2+} ATPase. As a result of those undesirable processes, plasmatic and lysosomal membranes lose their natural functions. Free radicals appear owing to both the external and the internal factors. The external factors include: ionizing radiation, being in a polluted environment, intense visible and thermal radiation, prolonged sunbathing and nicotine smoke. As regards the internal factors, they include biological oxidation in the respiratory chain, autoxidation reactions, and enzymatic metabolism of arachidonic acid [2]. Oxygen is essential for life in biological oxidation processes and on the other hand its molecule takes part in the formation of free radicals. In a normally functioning organism, approx. 5 % of oxygen is converted to free radicals, the number of which in the body is variable as it depends on many sources of their origin. Therefore one of the most radical-friendly elements is oxygen, wherein the free radicals are reactive oxygen species (ROS) [4].

For the proper functioning of the body, it is very important to maintain a balance between the number of free radicals in the body and antioxidant mechanisms because, as a result of an excess of free radicals and inadequate antioxidant protection, that balance could possibly be disrupted and this would cause an oxidative stress (oxygen shock), which in turn causes a damage at the cellular level and thus it contributes to the

formation of various degenerative diseases. A consequence of oxidative stress is the lipid peroxidation, protein degradation, DNA damage, increased catabolism of adenine nucleotides, damage of mitochondria, NADH synthesis reduction, lowering the concentration of ATP in a cell, increase of cell membrane permeability and low concentrations of both the enzymatic and the non-enzymatic antioxidants [23]. The natural anti-oxidants contained in herbal spices help reduce oxidative stress [44].

Diseases caused by the action of ROS

Reactive oxygen species play different roles in the development of many diseases and they are also important in the aging process of cells and their apoptosis. The consequences of free radical action are the following diseases: atherosclerosis, diabetes, rheumatism, pancreatitis, cancer, myocardial infarction, stroke, neurodegenerative diseases (Alzheimer's and Parkinson's diseases) [39, 43] and aging. Another negative effect of free radicals is DNA damage, which leads to cancer [15].

Enzymatic and non-enzymatic cell defense mechanisms consist in maintaining proper homeostasis, i.e. the balance between the formation of reactive oxygen species and their biological deactivation (the so-called pro-oxidant-antioxidant homeostasis). They can be presented in the following order: anti-generating oxygen reduction products and singlet oxygen by removing catalysts of the reactions, which are the source of their origin, slowing down both the formation of free radicals and the reactions, which are non-radical but generate reactive oxygen species, removal of reaction products of reactive oxygen species from the cell and repair of damage generated by free radicals. Human body produces defense mechanisms that enable the proper functioning of cells in the presence of active oxygen species. The protection from harmful effects of free radicals is provided by cellular enzymes, which are part of the internal system consisting of proteins and their mineral co-enzymes as well as of enzymatic reaction products, which include: superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), peroxidase (GSH-Px). Another defense mechanism includes non-enzymatic antioxidants belonging to an external system composed of nutrients or obtained in the form of: supplements, vitamins, minerals and trace elements. It has been reported that some antioxidants of plant origin raise the level of endogenous antioxidants owing to the impact on the expression of genes encoding the above-mentioned enzymes. Therefore we should enrich our diet with the plant-derived antioxidants, whose main role is to support the intra-systemic antioxidant defense [23].

Antioxidant and medicinal properties of herbs

It has been reported that the extracts of herbs, for example damask rose (*Rosa Damascena*) oil or ginkgo biloba (*Ginkgo biloba*) leaves, have antioxidant properties. In his studies, Papageorgiou [33] reported that rosemary, marjoram and peppermint

showed the highest antioxidant properties. A large number of natural compounds supplied with food have antioxidant properties, for example polyphenols (flavonoids, phenolic acids, caffeic acid) from mistletoe (*Viscum album*) are effective scavengers of free radicals and this means that they neutralize FR and reactive oxygen or nitrogen species. Curcumin (*Curcuma longa*) has strong antioxidant properties. It prevents peroxidation of membrane lipids and protects it against loss of integrity. Products of metabolism or degradation reaction of curcumin, i.e. vanillin and ferulic acid, have strong antioxidant properties, whereby it has become a potential drug for treating Alzheimer's disease by inhibiting the formation of amyloid deposits in the body [7]. Curcumin prevents venous thrombosis and protects against myocardial infarction. It shows very strong therapeutic and pharmacological properties (anti-inflammatory, antimicrobial, anticancer) [26] at diabetic complications, such as neuropathy, nephropathy, retinopathy or cardiomyopathy, which are the major causes of diseases and mortality [20].

Polyphenols, mainly flavonoids, form a very broad spectrum of antioxidants, because they mainly act as donors of electron or hydrogen, they can stabilize or relocate unpaired electrons by the conjugated double bonds, they chelate metal ions, inhibit breakdown of oxidases, they chain radical reactions and also they stabilize free radicals by their complexity or hydrogenation [42]. Epidemiological studies suggest that the consumption of flavonoids can reduce the risk of cancer, such as mouth and throat cancer, stomach, pancreas, intestines, liver, prostate, ovary, breast and lungs cancers [29].

The antioxidant properties of polyphenols depend, to a great extent, on their molecular structure and above all on the number and distribution of hydroxyl groups. Polyphenols play a very important role in protecting the skin against harmful UV rays as they act as natural filters through neutralizing, as early as on the level of initiation, free radicals that damage the epidermal lipid layer. Based on that action, the chances to reduce the risk of cancer are increased [34]. An important source of polyphenols are rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and sage (*Salvia officinalis* L.) and compounds responsible for those properties are carnosol and carnosic acids, which are up to 90 % responsible for the antioxidant properties of herbal preparations. They also play an important role in inhibiting lipid peroxidation. They exhibit antibacterial, antiallergic, antiviral and analgesic effects. They also reduce the risk of cancer, atherosclerosis, diabetes, which can result from the action of free radicals [46]. Polyphenols also play an important role in the removal of ROS, which are the initiators of platelet activation processes leading to thrombosis. The latter severely shortens the life expectancy. Anticoagulant properties are shown by ginkgo (*Ginkgo biloba*) leaves as they are rich in flavonol substances and biflavonoids [22].

Very important is the occurrence of caffeic, ferulic and p-coumaric acids in lemon balm (*Melissa officinalis* L.); they are compounds with strong antioxidant and anti-

tumor activities [6]. Soodi et al. [41] have studied its effect on memory – the cholinergic properties of the extract can help improve memory. Garlic (*Allium sativum*) is particularly noteworthy as it has the highest ability to bind superoxide and hydroxyl radicals. High natural antioxidant properties found in garlic are ascribed to allicin and phytoncides. This herb increases the secretion of bile, digestive juices, it lowers blood pressure, antithrombotic and antiatherogenic activity and it negatively impacts on Gram-positive and Gram-negative bacteria. Also it has been reported that it helps in the eradication of *Helicobacter pylori*, it inhibits the development of tuberculosis bacilli and it has an anti-parasitic effect. [16].

Green tea leaves are one of the richest sources of polyphenols. Antioxidants, especially catechins in green tea (*Camellia sinensis*), form complexes with cholesterol and thereby they reduce its absorption from the digestive system. They demonstrate strong antioxidant properties since they prevent oxidation of low density lipoprotein cholesterol (LDL), a source of free radicals, and thus they protect against oxidation of the high density lipoprotein (HDL), which prevents atherosclerosis [3, 32]. Of all the tested teas, the green, white and black teas had the highest antioxidant activity compared to chamomile herbal teas, peppermint and Pu-erh tea, which exhibited lower antioxidant activity [38].

According to Ahmad [1] and Kumar & Pandey [21], flavonoids (quercetin, naringenin) are a very important group of polyphenolic antioxidants contained in plants; they possess anti-inflammatory, anti-atherogenic, antidiabetic, antiemetic, spasmolytic, and diuretic properties. They are characterized by a very high antioxidant action manifested in the extinguishing of free oxygen radicals and their reactive forms. They also stimulate the absorption of vitamin C from the gastrointestinal tract and also favorably impact human metabolism. They exhibit antimicrobial properties against a wide range of microorganisms, including *Enterobacter spp.*, *Helicobacter pylori*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, *Vibrio cholerae*. Flavonoids are capable of neutralizing certain endotoxins and exotoxins produced by pathogenic bacteria, such as *Clostridium botulinum*, *Helicobacter pylori*, *Staphylococcus aureus* and *Vibrio cholerae*.

Extremely strong antioxidant properties exhibit some vitamins: vitamin A, carotenes, vitamin C and vitamin E. Carotenoids can participate in the protection of the body from damage caused by the action of reactive oxygen species, thereby reducing the risk of cancer incidence. They enhance the proper functioning of immune system, they also influence gene expression. By providing the body with those compounds, we aim at preventing certain diseases caused by free radicals, such as metabolic system diseases, heart and nervous system diseases, diseases of digestive system, lung and skin diseases, heart failure, cerebral embolism, senile dementia, premature aging of human body, apoptosis or cataract [18].

Herbs in the human diet

The oxidation reactions that occur in food products are detrimental to their nutritive value and sensory properties, such as taste, smell, color and texture. Adding antioxidants can effectively counteract those changes, therefore natural ingredients are searched with antioxidant properties to replace synthetic antioxidants applied in food, for example BHA or BHT. An improper diet, rich in lipids, adversely affects the level of free radicals in the body, so it is very important to choose foods with high antioxidant potential. Spices as the ingredients added to almost any meal, no matter which form, can be an excellent source of antioxidants [27]. Spice plants are a very important part of cooking art because they are an indispensable addition to their flavor and aroma and their valuable properties are linked with their biologically active substances, such as essential oils, phenolic compounds, tannins, bitter, organic acids, vitamins, phytoncides and other substances [18]. Oregano and mint oils [19] inhibit the growth of *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Salmonella typhmuriuum*, whereas Moroccan marjoram inhibits the growth of yeast-like fungi: *Candida utilis*, *C. tropicalis*, *C. lipolytic* and baker yeast *Saccharomyces cerevisiae*. Epidemiological studies show health effects of polyphenol-rich foods. Polyphenol compounds occurring both in the spices and the herbs are excellent antioxidants to significantly protect human body from oxidative stress together with ascorbic acid, tocopherols and carotenoids.

According to Markowska et al. [25] the major health properties of herbal spices include the following: improving digestive processes, increasing appetite, increasing secretion of gastric juices, beneficially impacting the nervous system and heart rhythm. Their antineoplastic effects (garlic, ginger) have also been proved (Tab. 1).

Herbs are widely recognized as natural and safe products and they are quite commonly used to enhance the effectiveness of official pharmacotherapy or to replace drugs [11]. However in people taking medications those supplements can cause complications associated with their pharmacotherapy as interactions can develop between the ingredients contained in the supplements (vitamins, mineral salts, plant extracts) and the commonly used drugs [45]. Drug interactions with plant extracts are associated with the components contained therein, such as: flavonoids, furanocumarin, alkaloids, terpenes, glycosides, anthocyanins, catechins, biogenic amines, anthraquinones, anthranols and others. Herbs or other plants with the content, for example of anthraquinones or antanols, can affect the absorption of certain drugs since they increase intestinal peristalsis. Such herbs as aloe (*Aloe*), Sennae folium (*Frangulae cortex*), Sennae leaf (*Sennae folium*) are rich in the above mentioned substances and they are often used in mixtures of herbs applied in slimming diets. Other plants or herbs containing

Table 1. Biologically active compounds contained in some spices and herbs and their therapeutic properties

Tabela 1. Związki biologicznie aktywne zawarte w niektórych przyprawach i ziołach oraz ich właściwości terapeutyczne

Biologically active compounds Związki aktywne biologicznie	Action / Działanie	Spices and herbs Przyprawy i zioła
Alkaloids Alkaloidy	analgesic, antitussive, they stimulate the secretion of digestive juices / przeciwbólowe, przeciwkaszowe, pobudzają wydzielanie soków trawiennych	pepper, fenugreek, black cumin pieprz, kozieradka, czarny kminek
Anthocyanins Antocyjany	they improve visual acuity and participate in oxidative-reducing transformations / wpływają na poprawę ostrości wzroku, uczestniczą w przemianach utleniająco-redukujących	basil, thyme, sage, mint bazylia, tymianek, szalwia, mięta
Tannins Taniny	pickling and bactericidal, anti-diarrhoeal, aseptic and detoxifying / ściagajace i bakteriobójcze, przeciwbiegunkowe, aseptyczne i odtruwające	basil, marjoram, tarragon, bay leaf bazylia, majeranek, estragon, liść laurowy
Coumarin Kumaryna	antibacterial and anticoagulant antybakterijne i antykoagulacyjne	anise, tarragon anyż, estragon
Flavonoids Flawonoidy	diuretic, antiseptic, antispasmodic, anti-inflammatory and antioxidant / moczopędne, antyseptyczne, przeciwskurczowe, przeciwzapalne i przeciwutleniające	nettle, thyme, marjoram, anise, basil, cumin / pokrzywa, tymianek, majeranek, anyż, bazylia, kminek
Polyphenols Polifenole	antibacterial, antiviral, anti-inflammatory, antiallergic, antitumor, antineoplastic przeciwbakteryjne, przeciwvirusowe, przeciwzapalne, przeciwalergiczne, przeciwmutagenne, przeciwnowotworowe	cinnamon, oregano, turmeric, cumin, basil, ginger, rosemary, thyme, marjoram / cynamon, oregano, kurkuma, kminek, bazylia, imbir, rozmaryn, tymianek, majeranek
Bitters Gorycze	enhances digestion, antiseptic and anesthetics properties / wpływają na poprawę trawienia, mają właściwości antyseptyczne i znieczulające	yarrow, St. John's wort, nuns, wormwood, melissa, thyme, salvia / krwawnik, ziele dziurawca, mniszek, piołun, melisa, tymianek, szalwia
Glucosinolates Glukozynolany	they stimulate digestion, they lower blood sugar and cholesterol levels / pobudzają trawienie, obniżają poziom cukru we krwi i poziom cholesterolu	mustard / gorcezyca
Diastolic and protective mucous compounds Rozkurczowe i ochronne związki śluzowe	diastolic and protective (e.g. in the case of ulcer disease), they counteract constipation, they facilitate the expulsion / rozkurczające i osłaniające (np. w przypadku choroby wrzodowej), przeciwdziałają zaparciom, ułatwiają odkrzuszanie	flax seed, fenugreek, cinnamon siemię lniane, kozieradka, cynamon

cd. tab. 1

Phytoncides Fitoncydy	bacteriostatic / bakteriostatyczne	garlic, onion, rosemary, mint, dill czosnek, cebula, rozmaryn, mięta, koperek
Saponins Saponiny	anti-inflammatory in peptic ulcer przeciwzapalne w chorobie wrzodowej	liquorice, ginseng, turmeric lukrecja, żeń-szeń, kurkuma
Aromatic essential oils / Aromatyczne olejki eteryczne	excitatory / pobudzające	cinnamon, thyme, sage, rosemary, ginger / cynamon, tymianek, szalwia, rozmaryn, imbir

mucous membranes can also reduce the drug absorption, e.g common flax (*Linum usitatissimum*), marshmallow (*Althaea officinalis*) or plantain (*Plantago lanceolata L.*) for they reduce the access of drugs to mucosa [45].

Conclusions

A properly formulated diet with herbs or preparations thereof in its composition is able to improve, mainly owing to the antioxidants, the functioning of the body and to prevent the development of certain diseases, such as cancer or atherosclerosis. Spice and herbs used in the diet significantly affect both the taste and the smell of dishes. They can stimulate appetite, increase the secretion of digestive juices, improve the absorption of nutrients and they also have an anti-inflammatory and antibacterial effect. In addition some of them show beneficial effects on the cardiovascular system. The skillful use of herbal spices has a beneficial impact on health especially when consuming hard to digest foods. However, possible interactions between the herbs or preparations thereof and the commonly used drugs can occur.

References

- [1] Ahmad A., Kaleema M., Ahmedb Z., Shafiq H.: Therapeutic potential of flavonoids and their mechanism of action against microbial and viral infections – A review. *Food Res. Int.*, 2015, **77**, 221-235.
- [2] Błach-Olszewska Z., Długosz A., Kowal-Gierczak B., Lamer-Zarawska E., Niedworok J.: Fitoterapia i leki roślinne. Wyd. Lek. PZWL, Warszawa 2007.
- [3] Chung S., Chung L.Y., Young G., Chhabra S.K., Lee M.: Tea and tea polyphenols in cancer prevention. *J. Nutr.*, 2000, **130**, 472-478.
- [4] Czerwiecki L.: Współczesne poglądy na rolę przeciutleniaczy roślinnych w profilaktyce chorób cywilizacyjnych. *Roczn. PZH*, 2009, **60** (3), 201-206.
- [5] Departament Analizy Rynku UOKiK: Raport z badania rynku przypraw w Polsce. Urząd Ochrony Konkurencji i Konsumentów, Warszawa 2007.
- [6] Dikbas N., Bagc E., Kotan R., Cakmakci R., Ozer H., Mete E., Erdogan G.: Comparative antibacterial activities and chemical composition of some plants oils against *Salmonella enteritidis*. *Res. Crops.*, 2010, **11** (1), 118-124.
- [7] Dudkowska M., Kucharewicz K.: Związki pochodzenia naturalnego modulujące starzenie i śmierć komórek. *Postępy Biochemii*, 2014, **60** (2), 207-220.

- [8] Głód B., Kiersztyń I., Piszcza P.: Total antioxidant potential assay with cyclic voltammetry and/or differential pulse voltammetry measurements. *J. Electroanal. Chem.*, 2014, 719, 24-29.
- [9] Górnicka J.: Leki z ogrodu. AWM Agencja Wydawnicza, Warszawa 2011.
- [10] Grela E.R., Kowalczyk E.: Herbs in animal feeding. *Herba Polonica*, 2007, 53 (3), 361-366.
- [11] Habior A.: Zioła i suplementy diety a ryzyko uszkodzenia wątroby. *Gastroenterologia Kliniczna*, 2012, 4 (2), 59-68.
- [12] Halliwell B.: Antioxidant characterization, methodology and mechanism. *Biochem. Pharmacol.*, 1995, 49, 1341-1348.
- [13] Hashemi S.R., Davoodi H.: Herbal plants as a new immune-stimulator in poultry industry. *Asian J. Anim. Veter. Adv.*, 2012, 7 (2), 105-116.
- [14] Jambor J.: Zielarstwo w Polsce – stan obecny i perspektywy rozwoju. *Herba Polonica*, 2007, 5 (2), 22-26.
- [15] Kalisz O., Wolski T., Gerkowicz M., Morawski M.: Reaktywne formy tlenu oraz ich rola w patogenezie niektórych chorób. *Ann. UMCS Sect. DD*, 2007, 62 (1), 87-99.
- [16] Kardas M., Toczyńska K., Grochowska-Niedworok E.: Naturalne przyprawy roślinne, skład chemiczny i właściwości prozdrowotne. *Charakterystyka przypraw. Przem. Spoż.*, 2016, 70 (12), 36-40.
- [17] Kazimierczak R., Hallmann E., Kazimierczyk M., Rembiałkowska E.: Antioxidants content in chosen spice plants from organic and conventional cultivation. *J. Res. Applic. Agric. Eng.*, 2010, 3 (55), 164-170.
- [18] Kazimierczak R., Hallmann E., Sokołowska O., Rembiałkowska E.: Bioactive substances in selected species of medical plants from organic and conventional production. *J. Res. Applic. Agric. Eng.*, 2011, 3 (56), 200-205.
- [19] Kozłowska M., Ścibisz I.: Właściwości przeciwitleniące oraz zawartość związków fenolowych w ekstraktach przypraw i ziół z rodziny *Lamiaceae*. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, 2011, 558, 131-140.
- [20] Kumar Jeenger M., Shrivastava S., Yerra G.V., Naidu V.G.M., Ramakrishna S., Kumar A.: Curcumin: A pleiotropic phytonutrient in diabetic complications. *Nutrition*, 2015, 31, 276-282.
- [21] Kumar S., Pandey A.K.: Chemistry and biological activities of flavonoids: An overview. *Sci. World J.*, 2013, #162750, 1-16.
- [22] Lamer-Zarawska E., Kowal-Gierczak B., Niedworok J.: Roślinne antyoksydanty fenolowe w profilaktyce i terapii chorób miażdżycowo-zatorowych. *Fitoterapia i leki roślinne*. Wyd. Lek. PZWL, Warszawa 2007.
- [23] Le Cren F.: Aby żyć dłużej i zdrowiej. *Przeciwitleniacze, rewolucja w medycynie XXI wieku*. Klub Dla Ciebie, Warszawa 2006.
- [24] Majewska M., Czeczoł H.: Flavonoidy w profilaktyce i terapii. *Farm. Pol.*, 2009, 656, 369-377.
- [25] Markowska J., Polak E., Kasprzyk I.: Ziołowe surowce przyprawowe w przetwórstwie żywności. *Przem. Spoż.*, 2015, 69 (11), 21-25.
- [26] Naksuriya O., Okonogi S., Schiffeler R.M., Hennink W.E.: Curcumin nanoformulations: A review of pharmaceutical properties and preclinical studies and clinical data related to cancer treatment. *Biomateriały*, 2014, 35, 3365-3383.
- [27] Newerli-Guz J.: Właściwości przeciwitleniące przypraw na przykładzie pieprzu czarnego *Piper Nigrum L.* *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2012, XLV (3), 887-891.
- [28] Nurzyńska-Wierdak R.: *Ocimum basilicum L.* – wartośćowa roślina przyprawowa, lecznicza i olejkodajna. *Ann. UMCS*, 2012, XXII (1), 20-30.
- [29] Nurzyńska-Wierdak R.: Wybrane aspekty aktywności biologicznej flawonoidów. *Ann. UMCS*, 2016, XXVI (4), 67-78.
- [30] Ognik K., Cholewińska E., Sembratowicz I., Grela E.R., Czech A.: The potential of using plant antioxidants to stimulate oxidant mechanisms in poultry. *World's Poultry Sci. J.*, 2016, 72, 291-298.
- [31] Olewnicki D., Jabłońska L., Orliński P., Gontar Ł.: Zmiany w krajowej produkcji zielarskiej i wybranych rodzajach przetwórstwa roślin zielarskich w kontekście globalnego wzrostu popytu na te produkty. *Zesz. Nauk. SGGW w Warszawie. Problemy Rolnictwa Światowego*, 2015, 1 (15), 68-76.
- [32] Oszmiański J.: Prozdrowotne polifenole w chorobach serca i naczyń krwionośnych. *Przem. Ferm. Owoc.-Warz.*, 2007, 7 (8), 42-43.

- [33] Papageorgiou V., Mallouchos A., Komaitis M.: Investigation of the antioxidant behavior of air-and freeze-dried aromatic plant materials in relation to their phenolic content and vegetative cycle. *J. Agric. Food Chem.*, 2008, 56, 5743-5752.
- [34] Potargowicz E., Szerszenowicz E.: Polifenole roślinne w kosmetyce. *Pol. J. Cosmetol.*, 2006, 9, 70-76.
- [35] Ramos B., Pilawa B.: Effect of UV irradiation on *Echinaceae purpureae* interactions with free radicals examined by an X-band (9.3 GHz) EPR spectroscopy. *Med. Chem. Res.*, 2015, 24, 645-651.
- [36] Rao P.S., Kalva S., Yerramilli A., Mamidi S.: Free radicals and tissue damage: Role of antioxidants. *Free Radicals Antiox.*, 2011, 1, 2-7.
- [37] Rausch A., Lotz B.: Zioła. Leksykon. Wyd. Elipsa, Warszawa 2006.
- [38] Rusaczonek A., Świderski F., Waszkiewicz-Robak B.: Antioxidant properties of tea and herbal infusions – A short report. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2010, 60 (1), 33-35.
- [39] Singh R.P., Sharad S., Kapur S.: Free radicals and oxidative stress in neurodegenerative diseases: Relevance of dietary antioxidants. *J. Indian Acad. Clin. Med.*, 2004, 5, 218-225.
- [40] Sobczak P., Źukiewicz-Sobczak W., Kozak M.: Zioła – najzdrowszy dodatek do produktów mięsnego. *Gospodarka Mięsna*, 2017, 69 (1), 16-19.
- [41] Soodi M., Naghdi N., Hajimehdipoor H., Choopani S., Sahraei E.: Memory – improving activity of *Melissa officinalis* extract in native and scopolamine-treated rats. *Res Pharm Sci.*, 2014, 9 (2), 107-114.
- [42] Tarko T.: Występowanie i biodostępność związków polifenolowych oraz możliwości ich wykorzystania w suplementacji żywności. *Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Rozprawy*, 2014, 401, 12-14.
- [43] Valko M., Leibfritz D., Moncol J., Cronin M.T., Mazur M., Telser J.: Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *Int. J. Biochem. Cell Biol.*, 2007, 39, 44-84.
- [44] Yashin A., Yashin Y., Xia X., Nemzer B.: Antioxidant activity of spices and their impact on human health. A review. *Antioxidants*, 2017, 6 (70), 1-18.
- [45] Wolnicka K.: Suplementy diety zawierające składniki roślinne – Ryzyko interakcji z lekami. *Żyw. Człow. Metab.*, 2011, XXXVIII (3), 216-222.
- [46] Woźniak M., Ostrowska K., Szymański Ł., Wybierska K., Zieliński R.: Aktywność przeciwdrobnikowa ekstraktów szalwii i rozmarynu. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2009, 4 (65), 133-141.

PRZECIWUTLENIAJĄCE I INNE PROZDROWONE WŁAŚCIWOŚCI ZIÓŁ

Streszczenie

Wiele składników zawartych w spożywanych roślinach charakteryzuje się właściwościami przeciwitleniającymi, np. polifenole aktywnie neutralizują wolne rodniki i inne reaktywne formy tlenu. Potencjał przeciwitleniający niektórych roślin zielarskich wielokrotnie przewyższa potencjał owoców i warzyw, dlatego też wzrasta zainteresowanie zawartymi w nich substancjami. Niewłaściwa dieta, np. bogata w lipidy, wpływa niekorzystnie na poziom wolnych rodników w organizmie, dlatego ważne jest, aby wybierać żywność o wysokim potencjale przeciwitleniającym. Reakcje utleniania, jakie zachodzą w produktach żywnościowych są niekorzystne dla ich wartości żywieniowej oraz walorów sensorycznych, takich jak: smak, zapach, barwa, tekstura. Dodatek substancji przeciwitleniających może skutecznie przeciwdziałać tym zmianom, dlatego też poszukuje się naturalnych składników żywności o właściwościami przeciwitleniającymi, umożliwiającymi zastąpienie przeciwitleniaczy syntetycznych, takich jak BHA, BHT, które są stosowane w żywności. Działanie przeciwzapalne i antybakterialne mają niektóre przyprawy ziołowe. Mogą one ponadto stymulować wydzielanie soków trawiennych i podwyższać absorpcję składników pokarmowych. Dieta wzbogacona odpowiednimi ziołami lub uzyskanymi z nich preparatami głównie dzięki zawartym w nich przeciwitleniaczom polepsza funkcjonowanie organizmu i zapobiega rozwojowi niektórych chorób, takich jak nowotwory czy miażdżycą naczyń krwionośnych.

Słowa kluczowe: zioła, przeciwitleniacze, właściwości, oddziaływanie, zdrowie 

MONIKA MICHALAK-MAJEWSKA, PIOTR STANIKOWSKI,
WALDEMAR GUSTAW, ANETA ŚLAWIŃSKA, WOJCIECH RADZKI,
KATARZYNA SKRZYPczAK, EWA JABŁOŃSKA-RYŚ

TECHNOLOGIA SOUS-VIDE – INNOWACYJNY SPOSÓB OBRÓBKI CIEPLNEJ ŻYWNOŚCI

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

Technologia sous-vide została opracowana w 1974 roku przez francuskiego kucharza Georgesego Pralusza, ale dopiero w ostatnich latach zyskała miano nowoczesnego sposobu obróbki cieplej surowców pochodenia roślinnego i zwierzęcego. Jest to proces gotowania w ścisłe kontrolowanej temperaturze i w określonym czasie surowców spożywczych zapakowanych próżniowo. Istotne jest użycie surowców najwyższej jakości. Po zakończeniu gotowania żywność poddaje się szybkiemu schłodzeniu i przechowuje w niskiej temperaturze. Przed ekspedycją produkty chłodzone i mrożone poddaje się restytucji. Temperatura procesu odgrzewania powinna być podobna lub niższa od użytej w trakcie procesu pasteryzacji. Jednoczesne zastosowanie kilku czynników utrwalających, tj. modyfikowanej atmosfery przechowywania, pasteryzacji oraz przechowywania w warunkach chłodniczych umożliwia działanie addytywnie i znaczaco wpływa na jakość produktu w trakcie przechowywania. Warunki panujące podczas poszczególnych etapów (pakowanie próżniowe surowców, niska temperatura procesu) pozwalają na ograniczenie strat składników bioaktywnych i zmniejszenie zmian struktury, co w konsekwencji pozwala na uzyskanie produktów o wysokiej jakości sensorycznej i odżywczej. Dodatkowo obserwuje się zmniejszone straty objętości i gramatury przygotowywanych potraw. Technologia sous-vide jest obecnie szeroko stosowana przez restauratorów oraz do produkcji żywności wygodnej. Do wad tej technologii należy zaliczyć: wydłużony czas trwania obróbki termicznej, wysokie koszty zakupu specjalistycznego wyposażenia, konieczność przeszkolenia personelu i bezwzględną konieczność przestrzegania reżimu technologicznego.

Celem pracy była charakterystyka systemu technologicznego sous-vide, wskazanie niezbędnych urządzeń, jak również przedstawienie korzyści i zagrożeń związanych ze stosowaniem tej metody.

Słowa kluczowe: metoda sous-vide, pakowanie próżniowe, metody kombinowane, technologia gastronomiczna

*Dr inż. M. Michałak-Majewska, mgr P. Stanikowski, prof. dr hab. W. Gustaw, dr A. Ślawińska, dr W. Radzki, dr inż. K. Skrzypczak, dr inż. E. Jabłońska-Ryś, Zakład Technologii Owoców, Warzyw i Grzybów, Katedra Technologii Surowców Pochodzenia Roślinnego i Gastronomii, Wydz. Nauk o Żywieniach i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Skromna 8, 20-704 Lublin.
Kontakt: monika.michalak@up.lublin.pl*

Wprowadzenie

Rosnące oczekiwania konsumentów w stosunku do produktów żywnościowych, jak również wzrost społecznej świadomości żywieniowej, skłoniły producentów żywności do większego zainteresowania tzw. kombinowanymi metodami produkcji. Metody te nazywane są również zintegrowanymi i spełniają wymagania teorii tzw. płatków, opracowanej przez Leistnera [38]. Teoria ta przewiduje użycie kilku przeszkód w celu uniemożliwienia rozwoju mikroorganizmów. Najważniejszymi „płatkami” są: temperatura (niska lub wysoka), aktywność wody (a_w), pH, potencjał oksydoredukcyjny (Eh), dodatki do żywności, bakterie wytwarzające kwas mlekowy [18]. Technologia sous-vide łączy kilka równoległych czynników utrwalających: warunki próżni, podwyższoną oraz niską temperaturę. Czynniki te działają addytywnie, dzięki czemu ograniczają niekorzystne zmiany skuteczniej, niż gdyby działały pojedynczo [6].

Szefowie kuchni najlepszych restauracji na świecie stosują gotowanie sous-vide już od lat 70. XX wieku. Dopiero od roku 2000 metoda ta staje się szerzej znana, a po roku 2010, oprócz restauracji, stosowana jest również w gospodarstwach domowych [1]. W roku 2011 technologia sous-vide była najważniejszym trendem wśród metod obróbki kulinarnej na liście National Restaurant Association w Stanach Zjednoczonych [22]. W rankingu z 2016 roku zajmowała czwarte miejsce, co świadczy o jej ciągłej popularności [23]. Coraz częściej technologię sous-vide wykorzystuje się w kuchniach szpitalnych i szkolnych [6]. Zastosowanie tej metody pozwala na przedłużenie terminu przydatności do spożycia potraw z ryb, mięsa oraz warzyw [19, 24, 32].

Metodą podobną do sous-vide jest cook-vide. W obydwu stosuje się temperaturę procesu obróbki termicznej poniżej 100 °C, a w trakcie trwania procesu obniża się zawartość tlenu. Istotne różnice technologii cook-vide dotyczą zapakowania próżniowego produktu (surowiec nie jest zapakowany), a proces gotowania zachodzi w warunkach obniżonego ciśnienia [9].

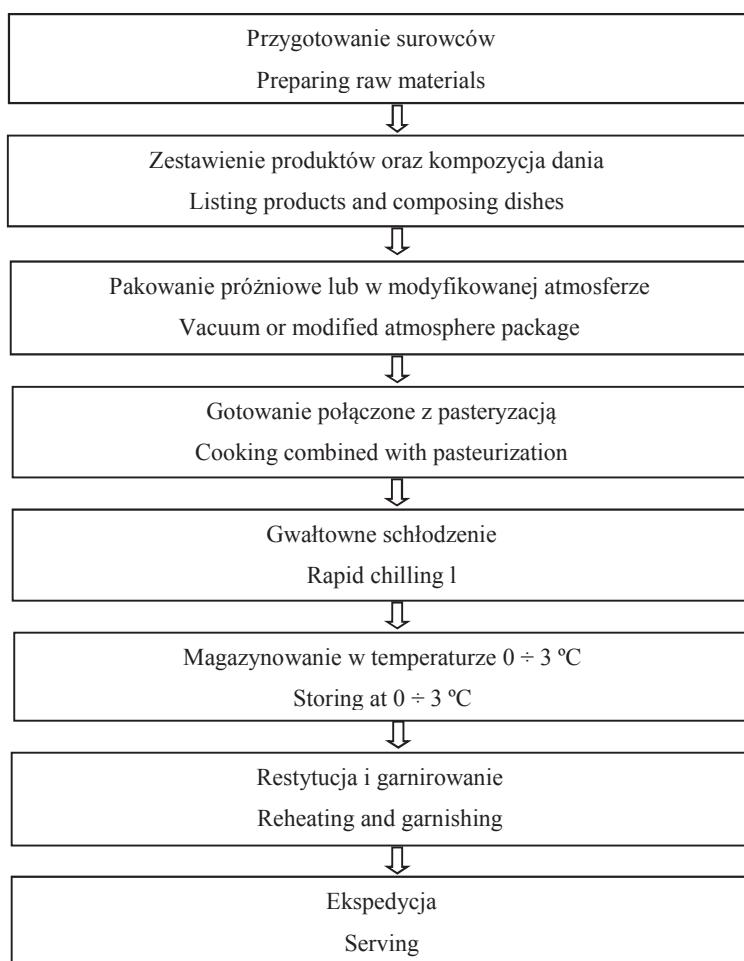
Celem pracy była charakterystyka systemu technologicznego sous-vide, wskazanie niezbędnych urządzeń, jak również przedstawienie korzyści i zagrożeń związanych ze stosowaniem tej metody.

Etapy produkcji potraw w technologii sous-vide

Technologia sous-vide polega na gotowaniu surowców spożywczych zapakowanych próżniowo w worki z wielowarstwowej folii barierowej PA/PE, w precyzyjnie kontrolowanej temperaturze i w określonym czasie. Następnie żywność szybko się schładza i przechowuje w niskiej temperaturze [31]. Istotnym warunkiem jest stosowanie surowców wysokiej jakości [10].

Początkowe etapy procesu produkcji potraw technologią sous-vide, tj. obróbka wstępna oraz właściwa surowców, są podobne jak w przypadku metod tradycyjnych

(rys. 1). Podczas tego etapu często stosuje się blanszowanie w temp. $85 \div 100$ °C zazwyczaj przez kilkadziesiąt sekund do kilku minut, co w przypadku delikatnych warzyw i owoców umożliwia zachowanie ich naturalnego wyglądu, natomiast w surowcach o mocno intensywnym aromacie – jego złagodzenie [37]. Twarde kawałki mięsa przygotowywane do obróbki metodą sous-vide są przed pakowaniem marynowane, rozbijane lub przechowywane w solance [21]. Często też obsmaża się je (soteruje) w celu wytworzenia pożądanego zapachu, smaku i atrakcyjnej skóry, czyli nadania cech, które są efektem reakcji Mailliarda (nieenzymatycznego brązowienia), ewentualnie zabieg ten przeprowadza się przed ekspedycją. W celu intensyfikacji reakcji



Rys. 1. Etapy procesu w technologii sous-vide

Fig. 1. Stages of process in sous-vide cooking technology

Źródło / Source: opracowanie własne na podstawie [10] / the authors' own study based on [10]

Maillarda stosuje się dodatek cukrów redukujących, zwiększa się pH lub temperaturę procesu [1, 37].

W wielu przypadkach za pomocą technologii sous-vide przygotowywane są całe dania obiadowe. Należy wtedy odpowiednio skomponować wszystkie elementy zestawu, np. pod względem wielkości, aby wybrane parametry obróbki termicznej oraz restytucji gwarantowały możliwość spożycia wszystkich części zestawu [1, 37].

Kolejnym etapem procesu w technologii sous-vide jest pakowanie próżniowe. Przy użyciu środków fizycznych lub mechanicznych usuwa się powietrze z wnętrza opakowania z produktem. Rodzaj opakowania dobierany jest pod względem bariero-wości w stosunku do gazów i temperatury późniejszego przechowywania. Istotnym problemem jest pakowanie produktów kruchych, które łatwo uszkadzają się pod wpływem ciśnienia. Problematyczne mogą się okazać również produkty o ostrych krawędziach, które przez ścisłe przyleganie do opakowania łatwo je niszczą [39]. Wytworzona podczas pakowania próżnia powinna wynosić przynajmniej 95 %, co umożliwia zachowanie dobrej jakości produktu przechowywanego przez określony czas przydatności do spożycia [5].

Według zaleceń dla praktyki opracowanych przez Australian Institute of Food Safety, w celu wykluczenia zagrożeń związanych z produkcją żywności za pomocą technologii sous-vide należy przestrzegać określonych praktyk produkcyjnych. Surowce powinny mieć kształt jak najcięniejszych plastrów, co pozwala na szybki wzrost temperatury i zapobiega wzrostowi bakterii [34].

Parametry obróbki termicznej (temperatura łazieni wodnej oraz czas trwania gotowania) dobierane są indywidualnie dla poszczególnych surowców [1]. Wartości te są optymalizowane przez dwie organizacje – SVAC (Sous Vide Advisory Committee) oraz ACMSF (Advisory Committee on the Microbiological Safety of Food) [6].

W zależności od procesu technologicznego wybranego po pasteryzacji może nastąpić bezpośrednia ekspedycja potraw lub chłodzenie/mrożenie i magazynowanie. Produkty powinny być chłodzone w kąpieli wodnej z lodem do temp. 0–3 °C w ciągu 90 min i mogą być przechowywane w warunkach chłodniczych (0–3 °C) nawet do 42 dni. Dopuszczalne jest również przechowywanie w temperaturze wyższej niż 10 °C, jednak przez proporcjonalnie krótszy okres [1, 37].

Produkty chłodzone i mrożone poddaje się restytucji przed ekspedycją. Temperatura procesu odgrzewania powinna być podobna do użytej w trakcie procesu pasteryzacji lub niższa od niej [1]. Według innych autorów zalecana temperatura ponownej obróbki termicznej powinna wynosić minimum 70 °C [35].

Wypożyczenie technologiczne

Zastosowanie technologii sous-vide wymaga zakupu specjalistycznych urządzeń i materiałów eksploatacyjnych. Do pakowania surowców w środowisku próżni lub w atmosferze gazów ochronnych stosowane są głównie pakowarki jednokomorowe i listwowe o różnej wydajności pomp. Zaletą tych ostatnich jest niska cena i duża mobilność. Konstrukcja pakowarek zapewnia utrzymanie odpowiednich warunków higienicznych (maszyny mają gładkie powierzchnie oraz są pozbawione ostrych krawędzi). Sterowanie jest w pełni automatyczne, a obsługa ogranicza się do umieszczenia w komorze zapakowanego w worek produktu i zamknięcia pokrywy [4, 15].

Do obróbki cieplnej w technologii sous-vide wykorzystuje się najczęściej łazienę wodną lub piec konwekcyjny z funkcją pary wodnej. Użycie tego ostatniego urządzenia umożliwia otrzymanie większej ilości gotowych produktów w jednym cyklu produkcyjnym, jednak nie pozwala na dokładne kontrolowanie temperatury procesu. W przypadku łazieni wodnej istnieje możliwość regulacji temperatury o 0,1 °C. Aby zapobiec zjawisku przegotowania, worki z zapakowaną próżniowo żywnością muszą być całkowicie zanurzone w wodzie. Niepożądane jest również zachodzenie ich na siebie. W przypadku zastosowania zbyt wysokiej temperatury w procesie sous-vide obserwuje się zjawisko wytwarzania „balonu”. Zapakowana próżniowo żywność wypływa wówczas na powierzchnię łazieni wodnej. W takim przypadku stosuje się ograniczniki, które wymuszają zanurzenie worków [1]. Dobrą jakość produktów sous-vide uzyskuje się także w przypadku obróbki termicznej z wykorzystaniem kuchenki mikrofalowej [20].

Należy zaznaczyć, że wszystkie urządzenia do gotowania sous-vide powinny wskazywać precyzyjnie temperaturę oraz przechodzić regularnie przeglądy techniczne [34]. Ze względu na istniejące zagrożenie rozwoju bakterii beztlenowych cały proces technologiczny wymaga stałego nadzoru i specjalnie przeszkolonego personelu [6, 33].

Zagrożenia mikrobiologiczne i chemiczne podczas procesu

Przetwarzanie żywności technologią sous-vide może stanowić potencjalne ryzyko namnażania się mikroorganizmów chorobotwórczych, a szczególnie rozwijających się w warunkach beztlenowych. Pakowanie próżniowe może sprzyjać wytwarzaniu ciepłoopornych toksyn przez *Staphylococcus aureus* oraz *Bacillus cereus*, które są odporne na ogrzewanie w temp. 100 i 121 °C odpowiednio w ciągu 31 i 10 min. Proces pakowania może również sprzyjać rozwojowi psychrofilnych przetrwalników lub względnie beztlenowych *Clostridium botulinum*, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica* i *Aeromonas hydrophila* w przypadku, gdy w opakowaniu jest za mało tlenu [10].

Stwierdzono, że niska temperatura przechowywania koreluje bezpośrednio z jakością mikrobiologiczną produktu. Paku czarny (*Colossoma macropomum*) przygото-

wany metodą sous-vide, przechowywany w temp. 1, 4 i 10 °C spełnia wymagania jakości mikrobiologicznej ICMSF (International Comission on Microbiological Specifications for Foods) przez – odpowiednio: 45, 45 i 27 dni [27]. Z kolei dorada (*Sparus aurata*) przygotowana metodą sous-vide z zastosowaniem przez 5 min wysokiego ciśnienia (300 i 600 MPa) zachowuje przydatność do spożycia powyżej 62 dni, chociaż nie jest całkowicie pozbawiona drobnoustrojów. Ponadto uzyskane produkty cechowały się wyższą jakością sensoryczną i mniejszą twardością [8].

Dodatkowe wydłużenie przydatności do spożycia artykułów sous-vide z ryb można uzyskać poprzez ich napromieniowanie (promieniami gamma, dawka 2,5 lub 5 kGy). Kombinacja taka pozwala również na zmniejszenie zawartości azotu i lotnych zasad amonowych w otrzymywanych produktach [7].

W analizie sensorycznej i mikrobiologicznej steków z polędwicy wołowej, pulpetów w sosie słodko-kwaśnym, marchwi julienne, kurcząt chasseur wykazano, że obróbka cieplna technologią sous-vide (w temp. 67–70 °C przez 2 min), pozwala przedłużyć okres ich przydatności do spożycia – w przypadku produktów przechowywanych w temp. 3 °C do 4 tygodni, a w niektórych przypadkach nawet do 5 tygodni, bez znaczącego wzrostu poziomu mikroorganizmów czy utraty zapachu i tekstury. Z uwagi na to, że produkty podobnego typu mają okres przydatności od 1 do 2 tygodni, artykuły wyprodukowane technologią sous-vide mogą być przez ten czas bezpiecznie sprzedawane. Należy jednak zwrócić uwagę na bezwzględną konieczność utrzymania łańcucha chłodniczego przez sprzedawców detalicznych [24].

Steki wołowe przygotowane metodą sous-vide zawierają znaczaco mniej heterocyklicznych amin aromatycznych (HCA) w porównaniu z próbami uzyskanymi przez smażenie na patelni. Prawdopodobnie jest to efektem braku reakcji Maillard, które nie zachodzą, gdyż obróbka metodą sous-vide jest procesem gotowania, ponadto zastosowanie niższej temperatury także przyczynia się do ograniczenia powstania tych niepożądanych związków. Autorzy uważają, że wysoka temperatura i długi czas obróbki termicznej mają większy wpływ na powstawanie HCA w produktach mięsnych niż zawartość w nich prekursorów (kreatyny, kreatyniny, cukrów i wolnych aminokwasów) [25].

Korzyści wynikające z zastosowania technologii sous-vide – retencja substancji aktywnych i zachowanie tekstury

Technologia sous-vide oferuje znaczące korzyści organoleptyczne i żywieniowe, które wynikają głównie z ograniczenia strat substancji lotnych, aktywnych biologicznie oraz wody podczas obróbki termicznej. Jest to możliwe dzięki pakowaniu próżniowemu surowców, niższej temperaturze procesu, ale także ograniczeniu prężności tlenu, co zmniejsza zmiany oksydacyjne [3]. Konsekwencją są niższe straty objętości i gramatury przygotowywanych potraw.

Twarde kawałki mięsa, które wymagają duszenia do uzyskania miękkości i atrakcyjności dla konsumenta, mogą uzyskać takie cechy dzięki zastosowaniu technologii sous-vide [1]. Steki wołowe przygotowywane tą metodą wykazują mniejszą twardość i gumowatość, co poprawia ich kruchość, ponadto większa jest retencja soków naturalnych. Za pożądaną cechę autorzy uznali również mniejsze zbrązowanie powierzchniowych warstw mięsa, co jest wynikiem braku produktów reakcji Maillard [2]. Inni autorzy wskazali, że dodatek koncentratu białek serwatkowych i solanki do mięsa w połączeniu z obróbką sous-vide pozwala na dodatkowe ograniczenie strat masy w trakcie obróbki cieplnej [36]. Obróbka termiczna ryb omawianą metodą pozwala na ograniczenie strat tłuszcza i składników mineralnych w porównaniu z klasycznym gotowaniem. Nie wykazano natomiast różnic pod względem zawartości białka w zależności od zastosowanej metody obróbki cieplnej [9].

Wyniki badań wskazują, że dobór parametrów procesu technologicznego ma istotny wpływ na jakość produktów. Stwierdzono, że niska temperatura obróbki cieplnej wołowiny (75°C) oraz jej wydłużony czas (36 h) zapewniają mniejsze straty masy gotowego produktu oraz większą retencję witaminy B_{12} w porównaniu z obróbką w temp. 100°C przez 2 h [29]. Najmniejsze straty masy policzków wieprzowych oraz wody otrzymano w próbkach gotowanych krócej (5 h zamiast 12 h) i w niższej temperaturze (60°C zamiast 80°C). Próbki uzyskane w temp. 60°C cechowały się większą jasnością (wyższe wartości parametru L^*) i były intensywniej czerwone (wyższe wartości parametru a^*). Im dłuższy był czas i im wyższa temperatura obróbki, tym mniejszą twardość mięsa uzyskiwano [26]. Zwiększenie temperatury obróbki mięsa jagnięcego z 60°C do 80°C redukowało powstawanie produktów oksydacji lipidów [30].

Stwierdzono, że parametry modyfikowanej atmosfery wpływają na wydłużenie trwałości gotowego wyrobu. W przypadku produktów z ryb najwyższą jakością mikrobiologiczną charakteryzowały się próbki pakowane w 98-procentowej próżni. Mniejsze efekty uzyskano w przypadku pakowania w środowisku N_2 i CO_2 w zmiennych proporcjach [12].

W odniesieniu do surowców roślinnych zdecydowana większość badań dotyczących wpływu technologii sous-vide na jakość dotyczy warzyw. Zwykle owoce spożywane są w stanie świeżym, natomiast sporadycznie takiej obróbce poddawane są jabłka i gruszki [1]. Analiza sposobu obróbki cieplnej warzyw wykazała, że gotowanie tradycyjne wywołuje większe zmiany w ich strukturze w porównaniu z metodami sous-vide oraz cook-vide. Wysoka temperatura gotowania destabilizuje homeostazę komórek i przyczynia się do strat ich zawartości. Zmienia się także grubość ścian komórkowych, co jest spowodowane prawdopodobnie depolimeryzacją i rozpuszczalnością związków pektynowych. W przypadku marchwi skutkuje to większą ekstrakcją β -karotenu z surowca w porównaniu z innymi metodami. Zżelowanie skrobi jest bardziej regularne

w przypadku produktów cook-vide w porównaniu z sous-vide, co autorzy tłumaczą większym uwodnieniem jej ziaren [15].

Wykorzystanie metody sous-vide pozwala na ograniczenie strat chlorofilu, karo-tenoidów, związków fenolowych, co wpływa również na zachowanie wyższej aktywności przeciwtłuczeniającej surowców roślinnych poddanych takiej obróbce w porównaniu z gotowaniem w wodzie [11]. Obserwacje te potwierdzili Kosewski i wsp. [17], którzy stwierdzili, że jarmuż, burak ćwikłowy, czerwona papryka, słodkie ziemniaki, marchew, kalafior i kalarepa wykazują wyższą aktywność przeciwtłuczeniającą po przetwarzaniu metodą sous-vide w porównaniu z surowymi warzywami. Natomiast czerwona cebula, szalotka, brokuły, pomidory, korzeń pietruszki i kalafior mają wyższe wartości tego potencjału w przypadku zastosowania technologii sous-vide niż przy użyciu klasycznego gotowania (100 °C).

Iborra-Bernad i wsp. [14] stwierdzili, że spośród zastosowanych metod obróbki termicznej (klasyczne gotowanie, gotowanie sous-vide, cook-vide), najmniejszą retencją antocyjanów charakteryzowały się próbki gotowane tradycyjnie. Zastosowanie metody sous-vide pozwoliło na ograniczenie strat tych związków i w konsekwencji na lepsze zachowanie barwy produktu oraz na mniejsze uszkodzenie komórek w porównaniu z pozostałymi metodami obróbki termicznej. Podobne wyniki uzyskano w przypadku czerwonej kapusty, która po poddaniu technologii sous-vide cechowała się prawie dwukrotnie większą zawartością antocyjanów w odniesieniu do próbek uzyskanych metodą gotowania w wodzie [16].

Podeczas porównania zawartości lotnych substancji zapachowych w marchwi i brukselce gotowanych sous-vide oraz na parze, ich większą zawartością cechowały się produkty przygotowane tą pierwszą metodą. Produkty gotowane na parze zawierały więcej tiocyanianów i izocyanianów, natomiast produkty sous-vide – więcej nitryli i terpenów. Nie wykazano istotnych różnic pod względem barwy marchwi w zależności od zastosowanej metody obróbki termicznej [28]. Różnice w barwie tego warzywa wykazano natomiast w innym badaniu, w którym próbki przygotowywane technologią sous-vide charakteryzowały się ciemniejszą barwą (niższe wartości składowej L*) w porównaniu z próbками przygotowanymi tradycyjnie (gotowanie w wodzie i obróbka w piecu konwekcyjno-parowym). Stwierdzono, że bezpośredni kontakt czynnika ogrzewającego z surowcem (woda/para wodna) ma istotny wpływ na zróżnicowanie próbek pod względem ich jasności. Wykazano również, że wraz z upływem czasu przechowywania próbek przygotowanych technologią sous-vide wzrastały wartości parametru L*, czyli następowało jaśnienie produktu [38].

Podsumowanie

Metoda sous-vide jest techniką przygotowywania potraw znaną od ponad 40 lat, ale wciąż uznawaną za nowoczesną, wyznaczającą nowe trendy w technologii gastro-

nomicznej. Jej nazwa pochodzi z języka francuskiego i w dosłownym tłumaczeniu oznacza „w próżni”. Wyróżnia się kilka wariantów metody różniących się parametrami obróbki, a tym samym także trwałością przechowalniczą produktu finalnego. Do korzyści płynących ze stosowania obróbki żywności metodą sous-vide zalicza się głównie cechy sensoryczne i żywieniowo-zdrowotne. W szczególności istotne jest uwypuklenie walorów potraw przy jednoczesnym zachowaniu ich właściwości odżywczych – dzięki retencji witamin, barwników i innych składników prozdrowotnych. Ponadto dzięki wykorzystaniu gotowania metodą sous-vide potrawy tracą zaledwie ok. 10 % objętości i masy, co oznacza mniejsze straty produktów.

W literaturze przedmiotu publikowane są równocześnie doniesienia o możliwości namnażania się w tak przygotowanej żywności mikroorganizmów chorobotwórczych, zwłaszcza rozwijających się w warunkach beztlenowych. Ponadto za istotne utrudnienia podczas stosowania omawianej metody uznaje się czasochlonność, konieczność stosowania specjalistycznych urządzeń, jak również wymog stałego nadzoru przeszkołonego personelu.

Nie można jednoznacznie określić, czy metoda sous-vide jest najkorzystniejszą metodą obróbki termicznej surowców pochodzenia roślinnego i zwierzęcego. Metodę obróbki cieplnej należy dobierać indywidualnie do gatunku warzywa czy rodzaju mięsa, mając również na uwadze to, że obróbka tą metodą nie pozwala na uzyskanie chrupkiej i rumianej skóry, jak ma to miejsce w przypadku wyrobów poddanych smażeniu. Potrawy, których przygotowanie w technologii sous-vide uwydatni ich wszystkie walory, to potrawy mięsne w sosach oraz warzywne mieszanki. Należy się spodziewać, że nadal będzie się zwiększał zakres stosowania omawianej metody (określonej też techniką przygotowywania potraw w niskich temperaturach) z uwagi na stale wzrastające oczekiwania konsumentów w stosunku do jakości żywności i potraw.

Literatura

- [1] Baldwin D.E.: Sous vide cooking: A review. *Int. J. Gastr. Food Sci.*, 2012, 1 (1), 15-30.
- [2] Botinestean C., Keenan D.F., Kerry J.P., Hamill R.M.: The effect of thermal treatments including sous-vide, blast freezing and their combinations on beef tenderness of *M. semitendinosus* steaks targeted at elderly consumers. *LWT- Food Sci. Technol.*, 2016, 74, 154-159.
- [3] Church I.J., Parsons A.L.: The sensory quality of chicken and potato products prepared using cook-chill and sous vide methods. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2000, 35, 155-162.
- [4] Chwastowska-Siwiecka I., Skiepko N., Kubiak M. S.: Pakowanie żywności – przykładowe rozwiązania. *Przem. Spoż.*, 2015, 1 (69), 25-29.
- [5] Cierach M., Bilicka A.: Nowe techniki pakowania mięsa i przetworów mięsnych. *Przem. Spoż.*, 2010, 7-8 (64), 62-67.
- [6] Czarniecka-Skubina E. (Red.): *Technologia gastronomiczna*. Wyd. SGGW, Warszawa 2016.
- [7] Dogruyol H., Mol S.: Effect of irradiation on shelflife and microbial quality of cold-stored sous-vide mackerel fillets. *J. Food Proc. Preserv.*, 2017, 2 (41), 1-8.
- [8] Espinosa M.C., Diaz P., Linares B., Teruel M., Garrido M.: Quality characteristics of sous vide ready to eat seabream processed by high pressure. *LWT - Food Sci. Technol.*, 2015, 64, 657-662.

- [9] Garcia-Linares M.C., Gonzalez-Fandos E., Garcia-Fernandez M.C., Garcia-Arias M.T.: Microbiological and nutritional quality of sous vide or traditionally processed fish: Influence of fat content. *J. Food Qual.*, 2004, 27, 371-387.
- [10] Grzesińska W., Tomaszewska M.: Technologia sous-vide a jakość potraw. *Tajniki sous-vide. Przegl. Gastr.*, 2013, 3 (67), 6-11.
- [11] Guillén S., Mir-Bel J., Oria R., Salvador M.L.: Influence of cooking conditions on organoleptic and health-related properties of artichokes, green beans, broccoli and carrots. *Food Chem.*, 2017, 217, 209-216.
- [12] Hernández E.J.G.P., Carvalho Jr R.N., Joele M.R.S.P., Silva Araújo C., de Fátima Henriques Lourenço L.: Effects of modified atmosphere packing over the shelf life of *sous vide* from captive pirarucu (*Arapaima gigas*). *Inn. Food Sci. Emerg. Technol.*, 2017, 39, 94-100.
- [13] Pakowarki próżniowe [on line]. Dostęp w Internecie [05.07.2018]: pakowarkiprozniowe.pl
- [14] Iborra-Bernad C., García-Segovia P., Martínez-Monzó J.: Effect of vacuum cooking treatment on physicochemical and structural characteristics of purple-flesh potato. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2014, 49, 943-951.
- [15] Iborra-Bernad C., García-Segovia P., Martínez-Monzó J.: Physico-chemical and structural characteristics of vegetables cooked under sous-vide, cook-vide, and conventional boiling. *J. Food Sci.*, 2015, 8 (80), 1725-1734.
- [16] Iborra-Bernad C., Tárrega A., García-Segovia P., Martínez-Monzó J.: Advantages of sous-vide cooked red cabbage: Structural, nutritional and sensory aspects. *LWT - Food Sci. Technol.*, 2014, 56, 451-460.
- [17] Kosewski G., Górná I., Bolesławska I., Kowalówka M., Więckowska B., Główka A.K., Morawska A., Jakubowski K., Dobrzańska M., Miszcuk P., Przysławski J.: Comparision of antioxidative properties of raw vegetables and thermally processed ones using the conventional and sous-vide methods. *Food Chem.*, 2018, 240, 1092-1096.
- [18] Leistner L.: Basic aspects of food preservation by hurdle technology. *Int. J. Food Microbiol.*, 2000, 55, 181-186.
- [19] Levkane V., Muizniece-Brasava S., Dukalska L.: Sous vide packaging technology application for salad with meat in mayonnaise shelf life extension. *Int. J. Nutr. Food Eng.*, 2010, 4 (5), 345-349.
- [20] Martínez-Hernández G.B., Artés-Hernández F., Gómez P.A., Artés F.: Quality changes after vacuum-based and conventional industrial cooking of kailan-hybrid broccoli throughout retail cold storage. *LWT - Food Sci. Technol.*, 2013, 50 (2), 707-714.
- [21] Myhrvold N., Young C., Bilet M.: Modernist Cuisine: Techniques and Equipment. The Cooking Lab, Bellevue 2011.
- [22] National Restaurant Association: Chef survey – What's hot in 2011. [on line]. Dostęp w Internecie [02.07.2017]: http://www.restaurant.org/Downloads/PDFs/News-Research/whats_hot_2011.pdf
- [23] National Restaurant Association: What's hot 2016 culinary forecast. [on line]. Dostęp w Internecie [02.07.2017]: <http://www.netzwerkgruppe.at/fileadmin/daten/News/WhatsHot2016.pdf>
- [24] Nyati H.: An evaluation of the effect of storage and processing temperatures on the microbiological status of sous vide extended shelf-life products. *Food Control*, 2000, 11, 471-476.
- [25] Oz F., Zikirov E.: The effects of sous-vide cooking method on the formation of heterocyclic aromatic amines in beef chops. *LWT - Food Sci. Technol.*, 2015, 64, 120-125.
- [26] Pulgar J.S., Gazquez A., Ruiz-Carrascal J.: Physico-chemical, textural and structural characteristics of sous-vide cooked pork cheeks as affected by vacuum, cooking temperature, and cooking time. *Meat Sci.*, 2012, 90, 828-835.
- [27] Ramos F.C.P., Ribeiro S.C.A., Peixoto Joele M.R.S., Sousa C.L., Lourenco L.F.H.: Kinetic modeling to study the quality of tambaqui (*Colossoma macropomum*) sous vide during storage at different temperatures. *J. Food Sci. Technol.*, 2017, 54 (8), 2452-2463.
- [28] Rinaldi M., Dall'Asta C., Paciulli M., Cirlini M., Manzi C., Chiavaro M.: Physicochemical and microbiological quality of sous-vide-processed carrots and brussels sprouts. *Food Bioprocess Technol.*, 2013, 6, 3076-3087.
- [29] Rinaldi M., Dall'Asta C., Paciulli M., Cirlini M., Manzi C., Chiavaro M.: A novel time/temperature approach to sous vide cooking of beef muscle. *Food Bioprocess Technol.*, 2014, 7, 2969-2977.

- [30] Roldan M., Antequera T., Armenteros M., Ruiz J.: Effect of different temperature-time combinations on lipid and protein oxidation of sous-vide cooked lamb loins. *Food Chem.*, 2014, 149, 129-136.
- [31] Sebastiá C., Soriano J.M., Iranzo M., Rico H.: Microbiological quality of sous vide cook-chill preserved food at different shelf life. *J. Food Proc. Preserv.*, 2010, 34, 964-974.
- [32] Singh C.B., Kumari N., Senapati S.R., Lekshmi M., Nagalakshmi K., Balange A.K., Chouksey M.K., Venkateshwarlu G., Xavier K.A.M.: Sous vide processed ready-to-cook sea fish steaks: Process optimization by response surface methodology and its quality evaluation. *LWT - Food Sci. Technol.*, 2016, 74, 62-69.
- [33] Starek A., Blicharz-Kania A.: Przygotowanie mięsa metodą sous-vide. *Ogólnopolski Informator Masarski*, 2016, 10 (254), 40-44.
- [34] Stewart M.: The Australian Government Releases Sous Vide Cooking Rules [on line]. Australian Institute of Food Safety. Dostęp w Internecie [06.02.2018]: <https://www.foodsafety.com.au/news/the-australian-government-releases-sous-vide-cooking-rules>
- [35] Sun D.-W.: *Handbook of Food Safety Engineering*. Wiley-Blackwell, Chichester 2012.
- [36] Szerman N., Gonzalez C.B., Sancho A.M., Grigioni G., Carduza F., Vaudagna S.R.: Effect of whey protein concentrate and sodium chloride addition plus tumbling procedures on technological parameters, physical properties and visual appearance of sous vide cooked beef. *Meat Sci.*, 2007, 76, 463-473.
- [37] Tomaszewska M.: Technologia sous vide. *Gospodarka Mięsna*, 2010, 12 (62), 26-29.
- [38] Tomaszewska M., Zalewska M., Gomulska I.: Ocena właściwości fizycznych marchwi przygotowanej technologią sous vide oraz tradycyjnie. *Post. Techn. Przetw. Spoż.*, 2012, 1 (22), 33-38.
- [39] Yam K.L.: *Encyclopedia of Packaging Technology*. 3rd ed. John Wiley & Sons, Hoboken 2009.

SOUS-VIDE COOKING TECHNOLOGY – INNOVATIVE HEAT TREATMENT METHOD OF FOOD

S u m m a r y

The sous-vide technology was developed in 1974 by Georges Pralus, a French cook; however, it is only in recent years it has been recognized as a modern heat treatment method of raw materials of plant and animal origin. It is a process of cooking vacuum packed raw food materials at a strictly controlled temperature and within a specified time period. It is essential to use the highest quality raw materials. As soon as the product has been cooked, it is quickly cooled down and stored at a low temperature. Prior to being served, the chilled and frozen products are restored to its previous state. The temperature of the reheating process should be similar to or lower than that used during the pasteurization process. The simultaneous use of several preserving agents, i.e. modified storage atmosphere, pasteurization, and refrigerated storage has an additive effect and significantly impacts the quality of the product during storage. The conditions prevailing during the individual stages (vacuum packaging of raw materials, low process temperature) make it possible to limit the loss of bioactive ingredients and to reduce structural changes; as a consequence, there are produced products of high sensory and nutritive quality. In addition, reduced volume and weight losses in dishes being prepared are reported. The sous-vide technology is now widely used by restaurateurs and in the production of convenience food. There are the following disadvantages of that technology: extended duration of thermal treatment, high costs of specialist equipment, the need to train personnel and the absolute necessity to comply with the technological regime.

The objective of the research study was to characterize the technological system of sous-vide, to specify necessary devices, as well as to present benefits and risks associated with the use of this method.

Key words: sous-vide, vacuum packaging, combined methods, gastronomic technology 

ADAM FLORKIEWICZ

**METODA SOUS-VIDE JAKO ALTERNatyWA DLA TRADYCYJNYCH
METOD GOTOWANIA WARZYW KAPUSTNYCH W KONTEKŚCIE
OGRAŃCZANIA STRAT ZAWARTOŚCI SKŁADNIKÓW ODŻYWCZYCH
I BŁONNIKA POKARMOWEGO**

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

Przykładem obróbki hydrotermicznej korzystnej w aspekcie zachowania wartości odżywczej i jakości sensorycznej warzyw kapustnych jest metoda sous-vide. Obejmuje ona pakowanie próżniowe, obróbkę cieplną, a następnie natychmiastowe schłodzenie produktu. Zastosowanie hermetycznego opakowania zapewnia wiele korzyści nie tylko podczas gotowania, ale również w trakcie przechowywania oraz ewentualnego transportu. Z uwagi na wzrastającą popularność metody sous-vide, wiedza o jej wpływie na wartość odżywczą produktów spożywcznych jest niezbędna z żywieniowego punktu widzenia.

Celem pracy było porównanie wpływu gotowania metodą sous-vide z innymi tradycyjnie stosowanymi metodami obróbki termicznej warzyw kapustnych, takich jak: kalafior biały, brukselka, kalafior zielony typu Romanesco i brokuły, na zawartość wybranych składników odżywcznych i błonnika pokarmowego. Bezpośrednio po obróbce termicznej warzywa schładzano i przechowywano przez 5 dni w kontrolowanej temp. $2 \div 3^{\circ}\text{C}$ w zamkniętych opakowaniach. W warzywach oznaczono zawartość suchej masy, białka, tłuszczy, popiołu, błonnika pokarmowego ogółem oraz jego frakcji rozpuszczalnej. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że zastosowane metody obróbki termicznej warzyw kapustnych znacząco wpłyńęły na ich wartość odżywczą. Gotowanie metodą sous-vide, podobnie jak gotowanie na parze, było korzystniejszą formą obróbki, w kontekście zachowania wartości odżywcznej warzyw, w stosunku do tradycyjnego gotowania w wodzie. Ponadto metoda sous-vide pozwalała na zachowanie największej ilości włókna pokarmowego, w tym jego frakcji rozpuszczalnej, w porównaniu z pozostałymi technikami.

Słowa kluczowe: metoda sous-vide, warzywa kapustne, gotowanie, składniki odżywczne, błonnik

Wprowadzenie

Obróbka cieplna to, zgodnie z definicją zaproponowaną przez Konarzewską [19], proces poddania półproduktów działaniu wysokiej temperatury i przetworzeniu ich

*Dr inż. A. Florkiewicz, Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności, Wydz. Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków.
Kontakt: adam.florkiewicz@urk.edu.pl*

w gotowe potrawy. Rodzaj metody obróbki dobiera się ze względu na wybrane środowisko przewodzące ciepło (woda, tłuszcz, para), zdolność nagrzewania oraz sposób przenoszenia energii cieplnej (przewodzenie, konwekcja, promieniowanie). Podstawowe metody obróbki cieplnej wykorzystywane w gastronomii to gotowanie tradycyjne i na parze, smażenie, duszenie oraz pieczenie. Coraz popularniejsza staje się również metoda "gotowania w próżni", tzw. metoda sous-vide. Obejmuje ona pakowanie próżniowe, obróbkę cieplną, a następnie natychmiastowe schłodzenie produktu i jest uznawana za jedną z najskuteczniejszych metod utrwalania żywności. Pozwala ona na zachowanie walorów smakowych i ograniczenie strat wartości odżywczej. Produkty „gotowane w próżni” zyskały dużą aprobatę ze względu na zachowanie intensywnego smaku i aromatu określano jako „naturalny”, a także ograniczenie zmian barwy w porównaniu z surowcem. Właściwości sensoryczne gotowych potraw są cenione głównie z powodu ograniczenia utraty wody, co sprawia, że potrawy pozostają soczyste, jak również dzięki zminimalizowaniu rozkładu składników odpowiedzialnych za smak i zapach [14]. Zamknięcie żywności w hermetycznym opakowaniu zapewnia wiele korzyści nie tylko w trakcie procesu gotowania, ale również podczas przechowywania i ewentualnego transportu. Trwałe i szczelne opakowanie uniemożliwia podczas gotowania stratę składników lotnych i związków rozpuszczalnych, takich jak: chlorek sodowy, aminokwasy, kwasy organiczne i nukleinowe, co w rezultacie przyczynia się do większego zachowania smaku, aromatu, jak i tekstury gotowego produktu. Warzywa powinno się przygotowywać w temperaturze powyżej 80 °C [3].

Warzywa kapustowe należą do rodziny roślin krzyżowych (*Cruciferae*). Najczęściej uprawiane są: kapusta głowiasta, kalafior, brukselka, kalarepa, brokuł i jarzmuż. Charakterystycznymi częściami jadalnymi tych warzyw są liście i łodygi oraz nierozwinięte kwiatostany (w przypadku brokułu i kalafiora). Warzywa te charakteryzują się dużą zawartością składników odżywcznych (z wyjątkiem tłuszcza i cukrów prostych), dzięki czemu mają niską wartość energetyczną i są dobrym źródłem błonnika pokarmowego [27]. Obecnie obserwuje się większe zainteresowanie spożywaniem warzyw kapustnych, co jest związane z wartością prozdrowotną tych roślin. Oprócz wymienionego już błonnika (w tym β-glukanów) zawierają one także karotenoidy, związki polifenolowe, glukozynolany oraz witaminę C [4, 6]. Według Institute of Medicine, Food and Nutrition Board [15] spożycie błonnika może zmniejszyć ryzyko choroby wieńcowej i raka. Światowa Organizacja Zdrowia zaleca spożywanie co najmniej 400 g owoców i warzyw dziennie (z wyjątkiem ziemniaków i innych bulw bogatych w skrobię) w celu zapobiegania przewlekłym chorobom, zapobiegania i łagodzenia niedoborów wielu mikroskładników, szczególnie w krajach słabiej rozwiniętych.

Z uwagi na rosnącą popularność metody sous-vide, wiedza o jej wpływie na wartość odżywczą ważnych elementów diety jest niezbędna z żywieniowego punktu widzenia.

Celem badań było porównanie wpływu obróbki warzyw kapustnych metodą sous-vide z innymi tradycyjnie stosowanymi metodami gotowania na zawartość wybranych składników odżywczych i błonnika pokarmowego.

Material i metody badań

Cztery popularne warzywa kapustne: kalafior biały, brukselkę, kalafior zielony typu Romanesco i brokuły kupiono w lokalnym supermarketie. Warzywa (po 5 kg świeżej masy zielonej) pocięto pionowo na cztery lub osiem kawałków. Warzywa surowe (kontrola) podzielono na cztery próbki laboratoryjne, z których trzy poddano obróbce metodą sous-vide, metodą tradycyjnego gotowania w wodzie oraz na parze, a czwartą zatrzymano jako próbę kontrolną. Bezpośrednio po obróbce termicznej warzywa schładzano, a połowę z nich przechowywano przez kolejne 5 dni w kontrolowanej temp. $2 \div 3^{\circ}\text{C}$ w zamkniętych opakowaniach. Gotowanie metodą sous-vide prowadzono po uprzednim zapakowaniu próżniowym (z użyciem pakowarki próżniowej VBN-4, RM Gastro, Czechy) w temp. 90°C przez ok. 45 - 50 min, z zastosowaniem systemu Sous-vide 225 448 (Hendi, Niemcy). Tradycyjne gotowanie prowadzono 10 - 15 min w wodzie destylowanej na kuchni indukcyjnej (Hendi, Niemcy) przy proporcji surowca do wody 1 : 3 (m : V). Gotowanie na parze prowadzono z wykorzystaniem pieca konwekcyjno parowego Retigo Orange Version 6 × GN1/1 | O 611 in (Retigo, Czechy). Po zakończeniu tej części doświadczenia wszystkie próbki zamrażano w temp. $-20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ w komorze szokowego schładzania RedFox SHS-511 (RM Gastro, Czechy). Po zamrożeniu warzywa natychmiast poddawano liofilizacji z użyciem liofilizatora Christ Alpha 1-4 (Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH, Niemcy) i mielono w młynku laboratoryjnym Tecator Knifetec 1095 (Foss Tecator, Szwecja) do uzyskania jednorodnego materiału, który przechowywano w warunkach chłodniczych w hermetyczne zamkniętych opakowaniach. Tak przygotowany materiał posłużył do wykonania analiz chemicznych.

Oznaczenie zawartości suchej masy wykonywano metodą wagową według PN-EN ISO 712:2012 [28] przy użyciu suszarki Venticell 55Plus (BMT, Czechy). Oznaczenie zawartości białka wykonywano metodą Dumasa według PN-EN ISO 16634-1:2008 [29] za pomocą urządzenia TruSpec N (LECO, USA). Do przeliczenia zawartości oznaczonego azotu na zawartość białka zastosowano współczynnik 5,9. Oznaczanie zawartości popiołu przeprowadzano zgodnie z PN-EN ISO 2171:2010 [30] za pomocą pieca muflowego (model LE6/11/B150, Nabertherm, Niemcy). Zawartość błonnika pokarmowego określano metodą enzymatyczno-grawimetryczną AOAC 991.43 (zestaw Megazyme, Megazyme, USA). Poprawność metody została zweryfikowana przy użyciu TDF Controls KIT (Megazyme, USA). Zawartości tłuszczu oznaczano według wewnętrznej procedury badawczej metodą ekstrakcyjno wagową. Poziom tego składnika we wszystkich próbach był bardzo niski i znajdował się poniżej

granicy oznaczalności metody ($LOQ = 0,2 \text{ g}/100 \text{ g}$). Z tego też względu wyników nie przedstawiono w niniejszej pracy. Wydajność obróbki termicznej (wyrażoną w procentach) obliczono jako stosunek masy materiału po obróbce do masy świeżego surowca. Stopień redukcji badanych składników (wyrażony w procentach) obliczano jako iloraz pomiędzy ich zawartością bezwzględną w materiale po procesie technologicznym a zawartością bezwzględną w surowcu świeżym, pomnożony przez względny współczynnik wydajności procesu. Wszystkie oznaczenia wykonano w trzech powtórzeniach.

Uzyskane wyniki zweryfikowano statystycznie przy użyciu jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA). Istotność różnic między wartościami średnimi szacowano testem Duncana przy $p \leq 0,05$. Do obliczeń zastosowano program Statistica 9 (StatSoft, Polska).

Wyniki i dyskusja

Wyniki uzyskane na wszystkich etapach doświadczenia zostały podane w przeliczeniu na świeżą masę surowca po uwzględnieniu wydajności procesu. Ta forma przedstawienia wyników pozwala na ustalenie, czy badane zmiany miały wpływ na retencję poszczególnych składników w materiale poddanym obróbce.

Początkowo obróbka termiczna indukuje ekspansję wewnętrzkomórkowych gazów, powodując mechaniczne zniszczenie komórek. Dalsze ogrzewanie prowadzi do depolimeryzacji pektyny, tworząc substancję pektynową o małej masie cząsteczkowej, która może łatwo rozпадać się, powodując utratę jadrności tkanki warzyw [4, 7, 9].

Zawartość suchej masy kalafiora surowego o róży białej była najmniejsza i wynosiła $8,42 \text{ g}/100 \text{ g}$ (tab. 1). Niższe wartości w granicach $6,96 \div 7,22 \%$ podają Rutkowska [31] oraz Gębczyński i wsp. [13] ($7,3 \text{ g}/100 \text{ g}$). Zawartość suchej substancji w kalafiorze typu Romanesco wynosiła $13,95 \text{ g}/100 \text{ g}$. Niższą średnią wartość wynoszącą $9,61 \text{ g}/100 \text{ g}$ świeżej masy kalafiora Romanesco otrzymali Osińska i wsp. [26]. W badaniach przeprowadzonych przez Gajewskiego [10] poziom suchej masy w kalafiorze o róży zielonej wynosił $9,1 \text{ g}/100 \text{ g}$. Zastosowane w badaniach procesy wodno-termiczne powodowały w większości przypadków istotne zmiany poziomu suchej masy. Niezależnie od rodzaju warzywa gotowanie w wodzie skutkowało statystycznie istotnym zmniejszeniem zawartości suchej masy (tab. 1). Przyczyną tego zjawiska była z jednej strony zapewne elucja związków rozpuszczalnych do roztworu, z drugiej – wchłaniane niewielkiej ilości wody przez tkanki, co potwierdzono analizą bilansu masy. Zmniejszenie zawartości suchej masy podczas obróbki hydrotermicznej warzyw stwierdzili także Gębczyński [12] oraz Lentas i Witrowa-Rajchert [22]. W przeprowadzonych badaniach straty zawartości suchej masy w warzywach gotowanych w wodzie wynosiły średnio $10,74 \%$, a wartość maksymalną odnotowano w przypadku kapusty brukselskiej – $14,57 \%$ (rys. 1). Porównywalne straty (na poziomie $12,5 \%$) podczas

Tabela 1. Zawartość wybranych składników w warzywach kapustnych poddanych różnym procesom termicznym [g/100 g ś.m.]

Table 1. Content of selected ingredients in cruciferous vegetables subjected to various thermal processes [g/100 g f.w.]

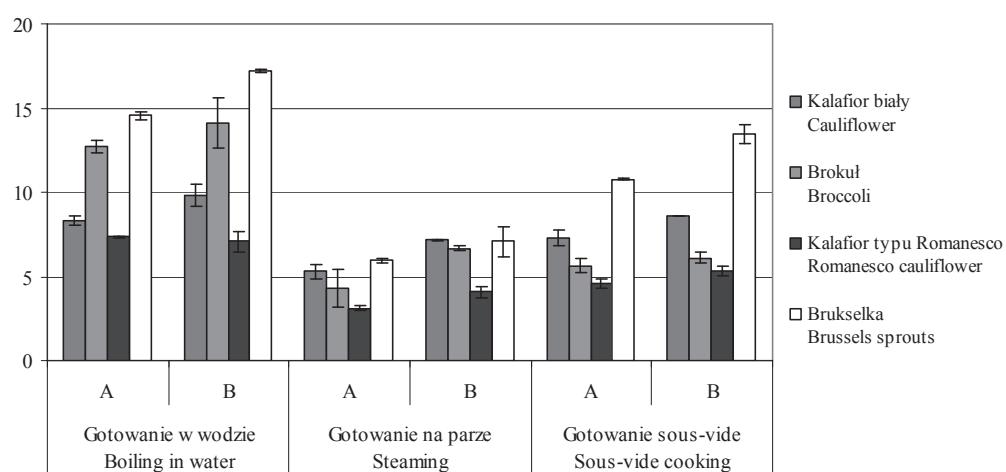
Proces termiczny Thermal process	Składnik Ingredient	Warzywa / Vegetable			
		Kalafior biały Cauliflower	Brokuł Broccoli	Kalafior typu Romanesco Romanesco cauliflower	Brukselka Brussels sprouts
Surowy / Raw	Sucha masa Dry matter	8,42 ^b ± 0,03	12,81 ^b ± 0,27	13,95 ^b ± 0,59	16,05 ^c ± 0,37
Gotowanie w wodzie Boiling in water		7,80 ^a ± 0,34	10,89 ^a ± 0,26	12,63 ^a ± 0,15	13,40 ^a ± 0,40
Gotowanie na parze Steaming		7,68 ^a ± 0,23	10,79 ^a ± 0,12	12,67 ^a ± 0,08	12,99 ^a ± 0,08
Gotowanie sous-vide Sous-vide cooking		8,67 ^b ± 0,43	14,25 ^c ± 0,39	14,89 ^c ± 0,61	15,40 ^c ± 0,14
Gotowanie sous-vide Sous-vide cooking		8,50 ^b ± 0,14	13,90 ^c ± 0,11	14,89 ^c ± 0,07	15,22 ^c ± 0,12
Surowy / Raw		8,22 ^b ± 0,03	12,85 ^b ± 0,51	14,01 ^c ± 0,39	14,25 ^b ± 0,09
Gotowanie sous-vide Sous-vide cooking		8,11 ^b ± 0,08	12,74 ^b ± 0,05	13,90 ^c ± 0,10	13,82 ^b ± 0,11
Surowy / Raw		2,95 ^f ± 0,05	5,52 ^f ± 0,02	4,96 ^e ± 0,04	3,95 ^g ± 0,05
Gotowanie w wodzie Boiling in water		2,56 ^c ± 0,01	3,51 ^a ± 0,00	3,85 ^a ± 0,01	3,14 ^b ± 0,05
Gotowanie na parze Steaming		2,33 ^a ± 0,03	3,79 ^b ± 0,07	3,89 ^a ± 0,08	2,84 ^a ± 0,01
Surowy / Raw	Białko Protein	2,78 ^e ± 0,00	5,30 ^e ± 0,07	4,49 ^c ± 0,06	3,69 ^f ± 0,00
Gotowanie w wodzie Boiling in water		2,67 ^d ± 0,04	5,20 ^e ± 0,06	4,68 ^d ± 0,02	3,50 ^e ± 0,02
Gotowanie na parze Steaming		2,61 ^{cd} ± 0,02	5,04 ^d ± 0,04	4,64 ^c ± 0,07	3,35 ^d ± 0,02
Gotowanie sous-vide Sous-vide cooking		2,41 ^b ± 0,01	4,71 ^c ± 0,01	4,57 ^{cd} ± 0,01	3,24 ^c ± 0,00
Surowy / Raw		0,94 ^e ± 0,00	1,22 ^e ± 0,00	1,36 ^e ± 0,01	1,43 ^f ± 0,00
Gotowanie w wodzie Boiling in water		0,84 ^d ± 0,01	0,78 ^a ± 0,01	0,88 ^a ± 0,00	1,05 ^b ± 0,01
Surowy / Raw	Popiół Ash	0,68 ^a ± 0,00	0,76 ^a ± 0,01	0,87 ^a ± 0,01	0,92 ^a ± 0,00
Gotowanie w wodzie Boiling in water		0,81 ^{cd} ± 0,01	1,12 ^{cd} ± 0,04	1,26 ^d ± 0,02	1,38 ^e ± 0,01
Gotowanie na parze Steaming		0,74 ^b ± 0,01	1,15 ^d ± 0,01	1,22 ^c ± 0,02	1,22 ^d ± 0,01
Gotowanie sous-vide Sous-vide cooking		0,78 ^c ± 0,02	1,10 ^e ± 0,01	1,19 ^c ± 0,00	1,16 ^c ± 0,02
Gotowanie sous-vide Sous-vide cooking		0,79 ^c ± 0,02	1,07 ^b ± 0,01	1,06 ^b ± 0,01	1,10 ^b ± 0,03
Surowy / Raw		3,78 ^f ± 0,05	4,96 ^c ± 0,03	5,01 ^{cd} ± 0,04	5,89 ^d ± 0,00
Gotowanie w wodzie Boiling in water	Błonnik pokarmowy ogółem Total dietary fibre	3,10 ^b ± 0,01	4,32 ^b ± 0,02	4,45 ^a ± 0,00	5,24 ^b ± 0,01
Gotowanie na parze Steaming		3,02 ^a ± 0,02	4,12 ^a ± 0,07	4,43 ^a ± 0,03	5,00 ^a ± 0,01
Gotowanie sous-vide Sous-vide cooking		3,19 ^c ± 0,02	5,47 ^f ± 0,06	5,16 ^d ± 0,01	5,87 ^d ± 0,01
Surowy / Raw		3,14 ^{bc} ± 0,00	5,19 ^e ± 0,01	5,07 ^{cd} ± 0,07	5,51 ^c ± 0,06
Gotowanie w wodzie Boiling in water		3,64 ^e ± 0,02	5,03 ^d ± 0,02	4,94 ^c ± 0,01	5,53 ^c ± 0,00
Gotowanie na parze Steaming		3,35 ^d ± 0,00	4,96 ^{cd} ± 0,01	4,79 ^b ± 0,02	5,27 ^b ± 0,03
Surowy / Raw	Błonnik pokarmowy rozpuszczalny Soluble dietary fibre	2,63 ^e ± 0,01	3,48 ^e ± 0,04	3,57 ^c ± 0,04	4,79 ^f ± 0,03
Gotowanie w wodzie Boiling in water		1,99 ^a ± 0,03	2,84 ^b ± 0,01	2,94 ^a ± 0,02	4,13 ^b ± 0,13
Gotowanie na parze Steaming		1,99 ^a ± 0,01	2,67 ^a ± 0,01	2,92 ^a ± 0,02	3,86 ^a ± 0,06
Gotowanie sous-vide Sous-vide cooking		2,18 ^b ± 0,05	3,77 ^g ± 0,02	3,53 ^{de} ± 0,03	4,71 ^{ef} ± 0,09
Gotowanie sous-vide Sous-vide cooking		2,04 ^a ± 0,04	3,52 ^f ± 0,02	3,43 ^{cd} ± 0,12	4,56 ^{de} ± 0,02
Gotowanie sous-vide Sous-vide cooking		2,57 ^d ± 0,02	3,37 ^d ± 0,02	3,31 ^c ± 0,02	4,56 ^{de} ± 0,03
Gotowanie sous-vide Sous-vide cooking		2,45 ^c ± 0,04	3,32 ^c ± 0,02	3,18 ^b ± 0,02	4,36 ^c ± 0,02

Objaśnienia / Explanatory notes:

A – materiał bezpośrednio po obróbce termicznej / material directly after heat treatment; B – materiał po obróbce termicznej przechowywany w temp. 2 ÷ 4 °C przez 5 dni / material after heat treatment and stored at 2 ÷ 4 °C for 5 days. W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows

mean values \pm standard deviation; a - g – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values in columns denoted by different letters differ statistically significantly at $p \leq 0.05$.

gotowania uzyskali Gebhardt i Thomas [11]. Na zmniejszenie zawartości suchej masy podczas gotowania brukselki w wodzie zwracają uwagę także Czarniecka-Skubina i Gołaszewska [5]. Z kolei Gębczyński i wsp. [12] wykazali wzrost zawartości suchej masy w warzywach podczas tego procesu. Porównano wpływ parowania oraz gotowania metodą sous-vide na zawartość suchej masy w warzywach i stwierdzono, że w przypadku kalafiora zarówno o róży białej, jak i typu Romanesco znajduje się ona na zbliżonym poziomie ($p > 0,05$). Parowany brokuł oraz kapusta brukselska zawierały, zarówno bezpośrednio po obróbce, jak i po pięciodniowym przechowywaniu, więcej suchej masy niż warzywa przygotowane metodą sous-vide. Jednocześnie należy wskazać, że brokuł ugotowany metodą sous-vide zawierał porównywalną zawartość suchej masy w stosunku do warzywa surowego. Na podstawie powyższych wyników można stwierdzić, że technika sous-vide dzięki ogrzewaniu przeponowemu (wcześniej pakowanie próżniowe) uniemożliwia bezpośredni kontakt surowca ze środowiskiem wodnym i charakteryzuje się niższym zakresem stosowanych temperatur, wobec czego jest korzystniejszą metodą gotowania warzyw niż metoda tradycyjna w wodzie. Ponadto może stanowić alternatywny sposób przygotowania warzyw w stosunku do parowania.

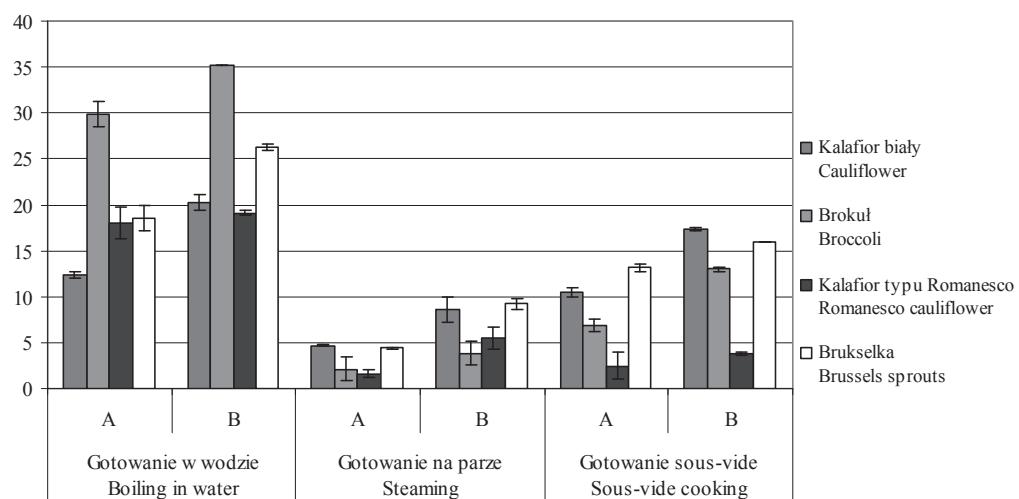


Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

Rys. 1. Redukcja zawartości suchej masy w warzywach kapustnych poddanych różnym procesom termicznym [%]

Fig. 1. Reduction of dry matter content in cruciferous vegetables subjected to various thermal processes [%]

Zawartość białka w surowych różach kalafiora białego była najmniejsza i wynosiła 0,94 g/100 g, natomiast największa była w brokułce – 5,52 g/100 g (tab. 1). Zawartość tego trudno rozpuszczalnego składnika w wodzie zmieniała się statystycznie istotnie pod wpływem zastosowanych procesów. Podobnie jak w przypadku suchej masy, gotowanie warzyw w wodzie zawsze prowadziło do istotnego zmniejszenia zawartości białka (średnio o 19,72 %). Najwyższe straty tego składnika stwierdzono w przypadku gotowanego w wodzie brokułu – 29,88 %. Także stosowanie parowania warzyw skutkowało istotnym zmniejszeniem zawartości białka, przy czym było ono istotnie mniejsze niż w przypadku warzyw gotowanych tradycyjnie i wynosiło średnio 3,19 % (rys. 2). Zaznaczyć należy, że zastosowana w badaniach własnych metoda parowania polegała na wykorzystaniu urządzenia z wymuszoną konwekcją, co umożliwia dodatkowe zwiększenie współczynnika wnikania ciepła, a tym samym możliwie szybki wzrost temperatury wewnętrz produktu. Zbliżonym poziomem tego składnika odznaczał się parowany i gotowany metodą sous-vide kalafior typu Romanesco (zarówno bezpośrednio po obróbce termicznej, jak i po pięciu dniach przechowywania). Pięciodniowe przechowywanie warzyw w większości przypadków w sposób istotny wpłynęło na zmniejszenie zawartości tego składnika. Wyjątek stanowiły parowany brokuł oraz kalafior typu Romanesco. Lisiewska i wsp. [24] badali zmiany zawartości białka w szpinaku i brokułce podczas obróbki termicznej i zauważali, że zmniejszenie zawartości pojawia się, gdy występuje on w surowcu w dużych ilościach. Natomiast, gdy jego zawartość jest stosunkowo mała, następuje wzrost zawartości składnika.

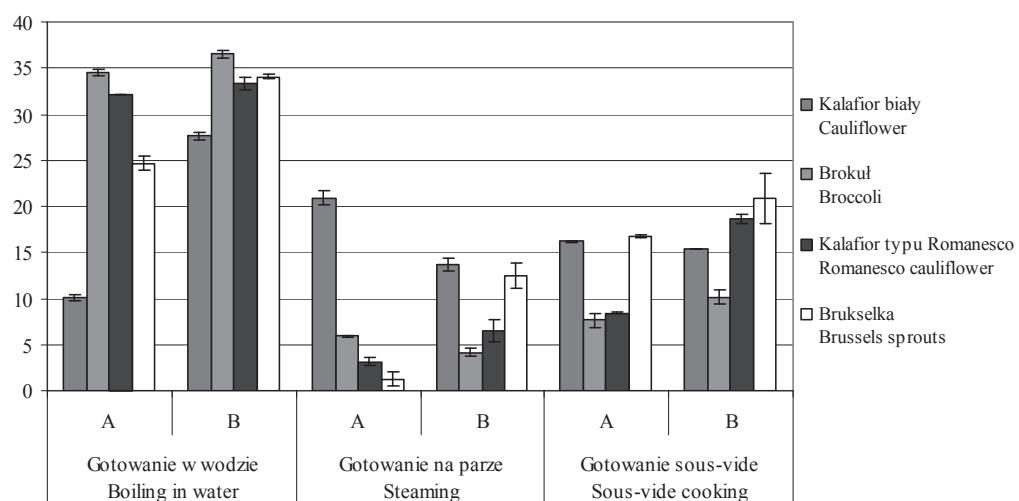


Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

Rys. 2. Redukcja zawartości białka w warzywach kapustnych poddanych różnym procesom termicznym [%]

Fig. 2. Reduction of protein content in cruciferous vegetables subjected to various thermal processes [%]

Zawartość składników mineralnych, traktowana jako zawartość popiołu ogółem, w kalafiorze o róży białej odpowiadała zakresowi podanemu przez Kunachowicz i wsp. [20] i wynosiła 0,94 g/100 g. Istotnie wyższy poziom tego składnika stwierdzono w pozostałych warzywach. Analiza wpływu obróbki termicznej na zawartość składników mineralnych umożliwiła wykazanie, że niezależnie od metody oraz rodzaju warzyw obróbka ta prowadzi do zmniejszenia zawartości ww. związków. W każdym przypadku zmiany te były statystycznie istotne ($p \leq 0,05$). Metodą, która powodowała największe straty popiołu, było tradycyjne gotowanie warzyw w wodzie. W kalafiorze białym przygotowanym ww. metodą nastąpiło ponad 10-procentowe zmniejszenie zawartości popiołu do wartości 0,84 g/100 g (tab. 1). Było ono prawdopodobnie spowodowane zarówno wzrostem masy całkowitej warzywa, jak i wyługowywaniem się składników mineralnych. Straty popiołu w przypadku brokułu, kalafiora typu Romanesco i kapusty brukselskiej były jeszcze większe (średnio 25,35 %) i dochodziły nawet do 34,49 % (rys. 3). Parowanie warzyw oraz gotowanie metodą sous-vide także powodowały zmniejszanie się zawartości popiołu bezpośrednio po obróbce, ale w mniejszym stopniu (odpowiednio 7,82 % i 12,25 %). Podobny ubytek popiołu w warzywach (brokuł i kalafior) gotowanych w wodzie w porównaniu z gotowanymi na parze zaobserwowali inni badacze [1, 25]. Zbliżoną tendencję wykazali także Lisiewska i wsp. [24] w odniesieniu do szpinaku, jarmużu oraz fasoli. W większości przypadków



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

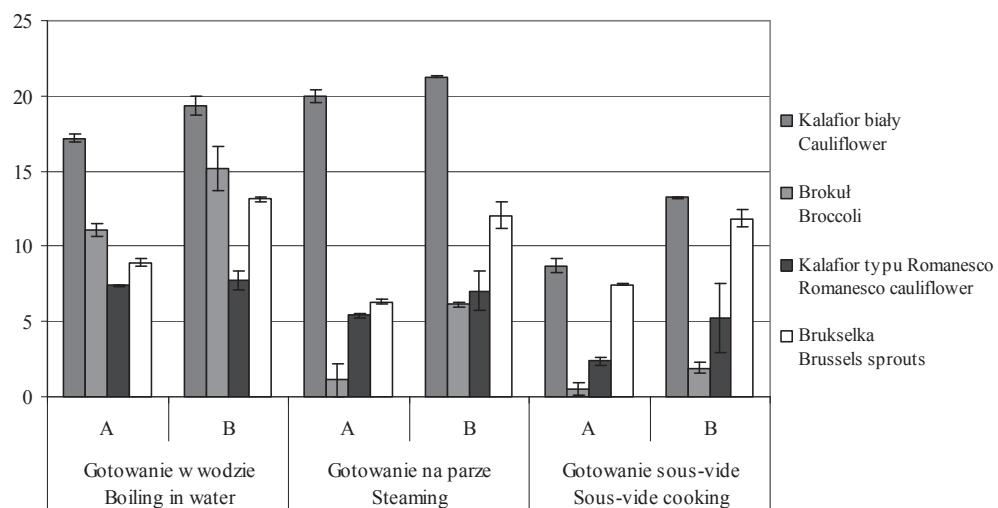
Rys. 3. Redukcja zawartości popiołu w warzywach kapustnych poddanych różnym procesom termicznym [%]

Fig. 3. Reduction of ash content in cruciferous vegetables subjected to various thermal processes [%]

przechowywanie warzyw w warunkach chłodniczych przez pięć dni prowadziło do dalszego zmniejszania zawartości popiołu. Wyjątek stanowiły kalafior o róży białej gotowany metodą sous-vide oraz parowany brokuł, w których poziom składników mineralnych bezpośrednio po obróbce i po przechowywaniu warzyw był zbliżony.

Zgodnie z definicją opracowaną przez American Association of Cereal Chemist (AACC) [2] błonnik pokarmowy obejmuje wszystkie nieskrobiowe polisacharydy, takie jak: celuloza, hemicelulozy, pektyny, modyfikowana celuloza, polifruktany (inulina i oligofruktany), niestrawne dekstryny, polidekstrozę, metylocelulozę i hydroksypropylometylocelulozę, skrobię oporną, gumy i śluzы. W przeprowadzonych badaniach obserwowano zmniejszenie zawartości błonnika pokarmowego ogółem (TDF) we wszystkich warzywach gotowanych tradycyjnie w wodzie (średnio o 11,15 %), a ubytek maksymalny odnotowano w kalafiorze białym – o 17,18 % (rys. 4). W przypadku brokułu gotowanego na parze i metodą sous-vide oraz kalafiora o róży białej gotowanego metodą sous-vide nastąpił wzrost zawartości tego składnika w stosunku do materiału świeżego (tab. 1). Przechowywanie ugotowanych wcześniej warzyw w warunkach chłodniczych wpłynęło istotnie na zmniejszenie zawartości błonnika. Jedynie w przypadku parowanego kalafiora o róży białej i typu Romanesco oraz brokułu gotowanego metodą sous-vide nie wykazano różnic ($p \leq 0,05$) pomiędzy wartościami oznaczonymi bezpośrednio po obróbce i po 5-dniowym przechowywaniu warzyw. Według Elkner [8] gotowanie na parze marchwi i buraków spowodowało wzrost zawartości błonnika w produktach. Komolka i wsp. [18] wykazali, że na skutek obróbki termicznej dochodzi do zmian błonnika pokarmowego zarówno ilościowych, jak i jakościowych. Poza obróbką cieplną wpływ na nie ma również rodzaj czy odmiana warzywa. Według badań uwzględniających również rodzaj obróbki wstępnej, przeprowadzonych przez Komolkę i wsp. [17], dotyczących marchwi i ziemniaków stwierdzono, że proces gotowania w wodzie wpływał znaczco na zmiany zawartości błonnika pokarmowego w produkcie. W przypadku gotowania w wodzie w marchwi nieobranej oraz obranej i rozdrobnionej zawartość błonnika zmalała w porównaniu z warzywem surowym, natomiast w marchwi obranej i nierozdrobnionej – wzrosła.

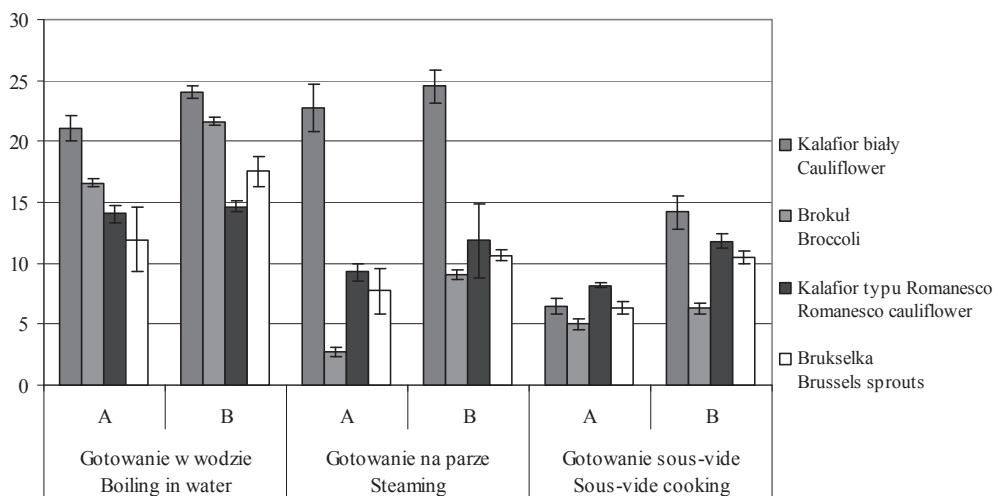
W większości badanych warzyw rozpuszczalna w wodzie frakcja błonnika pokarmowego (SDF) stanowiła ok. 70 % błonnika ogółem (tab. 1). W kapuście brukselskiej jej poziom był jeszcze wyższy i wynosił 81,32 %. Po obróbce cieplnej udział tej frakcji zmniejszał się i był w zakresie 65 ÷ 70 % (rys. 5). Największą redukcję tych składników, w stosunku do materiału surowego, zaobserwowano w przypadku kalafiora białego gotowanego w wodzie bezpośrednio po procesie (o 24,1 %). Przyrost frakcji nierozpuszczalnej błonnika (IDF) może być spowodowany zwiększeniem udziału celulozy, która jest jednym ze składników tej frakcji, wywołanym procesami cieplnymi. Badania różnych odmian kapusty prowadzone przez innych autorów dostarczyły



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

Rys. 4. Redukcja zawartości błonnika pokarmowego ogółem w warzywach kapustnych poddanych różnym procesom termicznym [%]

Fig. 4. Reduction of total dietary fiber content in cruciferous vegetables subjected to various thermal processes [%]



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

Rys. 5. Redukcja zawartości błonnika pokarmowego rozpuszczalnego ogółem w warzywach kapustnych poddanych różnym procesom termicznym [%]

Fig. 5. Reduction of soluble dietary fiber content in cruciferous vegetables subjected to various thermal processes [%]

odmiennych wyników [9, 16, 21]. W każdym warzywie odnotowano większy udział frakcji IDF w stosunku do SDF. Na skutek gotowania w wodzie ilość IDF w produkcie wzrastała. Można to wyjaśnić zmianą rozpuszczalności związków wielkocząsteczkowych podczas obróbki termicznej. Efekt odwrotny zaobserwowano po ugotowaniu badanych próbek na parze. Najmniejsze straty SDF spowodowane były gotowaniem metodą sous-vide (średnio 6,5 %, a największe stwierdzono w kalafiorze typu Romanesco – 8,18 %).

Wnioski

1. Rodzaj zastosowanej metody obróbki termicznej warzyw kapustnych znacząco wpływał na ich wartość odżywczą.
2. Straty składników pokarmowych zależały od gatunku warzyw, formy surowca oraz parametrów procesów, takich jak czas, temperatura, kontakt z wodą. Głównym czynnikiem, od którego zależała wielkość strat składników odżywcznych był sposób przekazywania energii cieplnej (woda, para, ogrzewanie przeponowe).
3. Gotowanie na parze oraz metodą sous-vide są korzystniejszą formą obróbki cieplnej warzyw w stosunku do metody tradycyjnego gotowania w wodzie ze względu na zachowanie większej ilości składników odżywcznych.
4. Metoda sous-vide pozwalała na zachowanie największej ilości włókna pokarmowego w stosunku do surowca, w tym jego frakcji rozpuszczalnej.
5. Pięciodniowe przechowywanie warzyw po obróbce termicznej w warunkach chłodniczych miało istotny wpływ na zachowania składników odżywcznych oraz błonnika pokarmowego.

Literatura

- [1] Ahmed F.A., Ali R.F.M.: Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh and processed white cauliflower. BioMed Research International, 2013, #367819, 1-9.
- [2] American Association of Cereal Chemist (AACC): The definition of dietary fiber. CFW, 2001, 46 (3), 112-129.
- [3] Baldwin D.E.: Sous vide cooking: A review. Int. J. Gastr. Food Sci., 2012, 1, 15-30.
- [4] Bongoni R., Verkerk R., Steenbekkers B., Dekker M., Stieger M.: Evaluation of different cooking conditions on broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) to improve the nutritional value and consumer acceptance. Plant Foods Hum. Nutr., 2014, 69 (3), 228-234.
- [5] Czarnecka-Skubina E., Gołaszewska B.: Wpływ procesu kulinarnego na jakość wybranych warzyw. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2001, 2 (27), 103-116.
- [6] Dangour A.D., Dodhia S.K., Hayter A., Allen E., Lock K., Uauy R.: Nutritional quality of organic foods: A systematic review. Am. J. Clin. Nutr., 2009, 90, 680-685.
- [7] Dekker M., Dekkers E., Jasper A., Baár C., Verkerk R.: Predictive modelling of vegetable firmness after thermal pre-treatments and steaming. Innov. Food Sci. Emerg. Technol., 2014, 25, 14-18.
- [8] Elkner K.: Wpływ sposobu obróbki cieplnej na fizyczno-chemiczne właściwości błonnika pokarmowego marchwi i buraków. Acta Agrobotanica, 2001, 54, 151-159.

- [9] Florkiewicz A., Filipiak-Florkiewicz A., Topolska K., Cieślik E., Kostogrys R.B.: The effect of technological processing on the chemical composition of cauliflower. *Italian J. Food Sci.*, 2014, 26 (3), 275-281.
- [10] Gajewski M.: Wpływ kontrolowanej atmosfery na jakość kalafiorów o zielonych różach. *Folia Horticul. Ann.*, 2001, 13/1A, 267-272.
- [11] Gebhardt S.E., Thomas R.G.: Nutritive value of foods. *Home and Garden Bulletin*, 2002, 72.
- [12] Gębczyński P.: Zmiany ilościowe wybranych składników chemicznych w procesie mrożenia i zamrażalniczego składowania głównych i bocznych róż brokuła. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.*, 2003, 2 (1), 31-39.
- [13] Gębczyński P., Śląpski J., Kmiecik W., Jaworska G.: Porównanie jakości mrożonek z dwóch typów kalafiora. *Mat. XXXV Sesji Naukowej KNoŻ PAN: Żywność – aspekty technologiczne i prozdrowotne. Oddział Łódzki PTTŻ*, Łódź 2004.
- [14] Grzesińska W., Tomaszevska M.: Technologia sous-vide a jakość potraw. Za i przeciw. *Przegl. Gastron.*, 2013, 5, 7-8.
- [15] Institute of Medicine of the National Academies – IOM: Dietary Reference Intakes: Energy, Carbohydrates, Fiber, Fat, Fatty acids, Cholesterol, Protein and Amino Acids. The National Academies Press, Washington, DC, 2005.
- [16] Komolka P., Górecka D.: Wpływ obróbki termicznej warzyw kapustnych na zawartość błonnika pokarmowego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, 2 (81), 68-76.
- [17] Komolka P., Górecka D., Dudziak M.: Wpływ obróbki termicznej marchwi i ziemniaków na zawartość błonnika pokarmowego i jego frakcji. *Post. Techn. Przetw. Spoż.*, 2014, 2, 51-55.
- [18] Komolka P., Górecka D., Dziedzic K.: The effect of thermal processing of cruciferous vegetables on their content of dietary fiber and its fraction. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.*, 2012, 11 (4), 347-354.
- [19] Konarzewska M.: Technologia gastronomiczna z towarzystwem. *Gastronomia. Tom II*. WSiP, Warszawa 2013.
- [20] Kunachowicz H., Nadolna I., Przygoda B., Iwanow K.: Tabele składu i wartości odżywczej żywności. Wyd. Lek. PZWL, Warszawa 2005.
- [21] Kutos T., Golob T., Kac M., Plestenjak A.: Dietary fibre content of dry and processed beans. *Food Chem.*, 2003, 80, 231-235.
- [22] Lentas K., Witrowa-Rajchert D.: Wpływ warunków blanszowania tkanki selera na właściwości teksturalne suszu. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, 4 (59), 207-215.
- [23] Lisiewska Z., Gębczyński P., Bernaś E., Kmiecik W.: Retention of mineral constituents in frozen leafy vegetables prepared for consumption. *J. Food Comp. Analysis.*, 2009, 22, 218-223.
- [24] Lisiewska Z., Śląpski J., Kmiecik W., Gębczyński P.: Availability of essential and trace elements in frozen leguminous vegetables prepared for consumption according to the method of pre-freezing processing. *Food Chem.*, 2008, 106, 576-582.
- [25] Mansour A.A., Elshimy N.M., Shekib L.A., Sharara M.S.: Effect of domestic processing methods on the chemical composition and organoleptic properties of broccoli and cauliflower. *AJFN*, 2015, 3 (5), 125-130.
- [26] Osińska M., Kołota E., Biesiadna A., Michalak K., Bednarz E.: Możliwości uprawy kalafiora o zielonych różach w Polsce. *Mat. II Ogólnopolskiego Sympozjum „Nowe rośliny i technologie w ogrodnictwie”*. T. II. Wyd. AR w Poznaniu, Poznań 1996, ss. 203-207.
- [27] Park E.J., Pezzuto J.M.: Botanicals in cancer chemoprevention. *Cancer Metastasis Rev.*, 2002, 21 (3-4), 231-255.
- [28] PN-EN ISO 712:2012. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczanie wilgotności. Metoda odwiewcza.

- [29] PN-EN ISO 16634-1:2008. Produkty żywnościowe. Oznaczanie całkowitej zawartości azotu przez spalanie zgodnie z zasadą Dumas i obliczanie zawartości białka ogólnego. Część 1: Nasiona roślin oleistych i pasze.
- [30] PN-EN ISO 2171:2010. Ziarno zbóż, nasiona roślin strączkowych i ich przetwory. Oznaczanie zawartości popiołu metodą spalania.
- [31] Rutkowska G.: Badania przydatności nowych odmian kalaforów dla zamrażalnictwa. Chłodnictwo, 1997, XXXII (7), 40-41.

**SOUS-VIDE METHOD AS ALTERNATIVE TO TRADITIONAL COOKING
OF CRUCIFEROUS VEGETABLES IN THE CONTEXT OF REDUCING LOSSES
OF NUTRIENTS AND DIETARY FIBRE**

S u m m a r y

The sous-vide method is an example of hydrothermal treatment that is beneficial in terms of preserving the nutritional value and the unique sensory quality of Cruciferous vegetables. That technique includes vacuum packing, heat treatment, and, then, immediate cooling of a product. The use of hermetic packaging provides many benefits not only during cooking but, also, during storing and transporting. Due to the increasing popularity of the sous-vide method, it is essential to know how this method impacts the nutritional value of food products from the point of view of nutrition.

The objective of the research study was to compare the impact of sous-vide cooking with the effect of other traditionally applied methods of thermal processing of Cruciferous vegetables, such as: white cauliflower, Brussels sprouts, Romanesco cauliflower, and broccoli, on the content of selected nutrients and dietary fibre. Immediately following the thermally treatment, the vegetables were chilled and stored for 5 days at a controlled temperature of 2 ÷ 3 °C in hermetic packages. In the vegetables, there were determined the contents of dry matter, protein, fat, ash, total dietary fibre and its soluble fraction. The results of the analyses performed indicate that applying the thermal treatment of cruciferous vegetables significantly impacted their nutritional value. Compared to the traditional cooking in water, the sous-vide cooking, as well as the steaming, was more beneficial in terms of the nutritional value of vegetables. Moreover, compared to other techniques, the sous-vide method made it possible to retain the highest amount of dietary fibre, including its soluble fraction.

Key words: sous-vide method, Cruciferous vegetables, cooking, nutrients, dietary fibre 

ROBERT DULIŃSKI, ŁUKASZ BYCZYŃSKI, ADRIAN KARBOWSKI

**OKREŚLENIE ZAWARTOŚCI WYBRANYCH KWASÓW FENOLOWYCH
I WITAMIN Z GRUPY B W PIECZYWIE ŻYTNIM WZBOGACONYM
W ALGI ORAZ OSZACOWANIE BIODOSTĘPNOŚCI TYCH ZWIĄZKÓW
*IN VITRO***

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

W ostatnich latach obserwuje się rosnące zainteresowanie wzbogacaniem żywności ekstraktami bądź innymi składnikami pochodzącymi z biomasy alg. Skład i właściwości zarówno mikroalg, jak i makroalg (wodorostów) predestynują je do tego, aby nie tylko stanowiły uzupełnienie niedoborów wybranych składników biologicznie czynnych w diecie, ale pełniły również rolę czynników decydujących o prozdrowotnym charakterze produktu.

W pracy podjęto próbę zaprojektowania pieczywa funkcjonalnego zawierającego biomasę z alg *Arthrospira platensis* i *Ascophyllum nodosum*. Analizie poddano wybrane składniki bioaktywne alg oraz oszacowano ich biodostępność techniką *in vitro*. Z oznaczeń HPLC, a następnie symulacji trawienia w przewodzie pokarmowym człowieka wynika, że wzbogacenie pieczywa żytniego algami wpływa na 2-, 3-krotny wzrost zawartości witaminy B₂, co w przypadku jednego z wariantów chleba zapewnia zrealizowanie blisko 30 % zalecanej dziennej dawki ryboflawiny oraz wzrost o 50 ÷ 145 % zawartości tiaminy w stosunku do zawartości tej witaminy w pieczywie pozbawionym dodatków algowych przy porównywalnym z próbą kontrolną poziomie biodostępności *in vitro* (60 %). W projektowanym pieczywie odnotowano również istotny wzrost zawartości wybranych kwasów fenolowych, głównie galusowego oraz wanilinowego przy zróżnicowanym poziomie biodostępności *in vitro* sumy polifenoli w zakresie 17 ÷ 30 %. Wyniki przedstawionych analiz oraz pozytywne (niepublikowane) noty testów sensorycznych stwarzają obiecującą perspektywę dla wprowadzenia funkcjonalnego pieczywa z dodatkiem alg na rynek produktów piekarniczych.

Słowa kluczowe: mikroalgi, *Arthrospira platensis*, kwasy fenolowe, ryboflawina, tiamina, biodostępność

Wprowadzenie

Przetworzone ziarno zbóż tradycyjnie jest jednym z podstawowych produktów spożywczych, jednak w ostatnich latach konsumpcja, zwłaszcza pieczywa, zmniejszyła

Dr hab. R. Duliński, dr Ł. Byczyński, Katedra Biotechnologii Żywności, Wydz. Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 31-149 Kraków, mgr inż. A. Karbowski, Algitec, ul. Łódzka 22/27, 98-220 Zduńska Wola. Kontakt: r.dulinski@ur.krakow.pl

się z uwagi na zmianę stylu życia. Stąd potrzeba rozwoju nowych wersji produktów piekarskich, które sprostałyby oczekiwaniom konsumentów zwracających uwagę na wartość odżywczą kupowanych artykułów żywnościowych. Wzbogacone produkty zbożowe mogą dostarczyć dodatkowych składników odżywczych, jak również składników mineralnych i witamin, wpisując się w definicję żywności funkcjonalnej.

Ze względu na swój skład chemiczny algi znajdują zastosowanie jako składnik pasz i żywności podwyższający ich wartość odżywczą [2]. Obecnie algi odgrywają kluczową rolę jako składnik pasz w chowie zwierząt w akwakulturach (ryb, skorupiaków, małży) [11, 18]. Do substancji o potencjalnie bioaktywnym, występujących w znaczących ilościach w mikroalgach, można zaliczyć m.in. karotenoidy, kwasy tłuszczone, witaminy a także mikroelementy i wysoko wartościowe białko [2, 3, 14]. Cyjanobakterie z rodzaju *Spirulina* uznawane są za potencjalny dodatek do żywności m.in. ze względu na dużą zawartość białka ($65 \div 70\%$ s.m.), witamin (głównie β -karotenu) oraz składników mineralnych [6, 28, 30]. Wysoki poziom protein w komórkach *Arthrospira platensis* związany jest przede wszystkim z obecnością fikocyjaniny, przeciwutleniacza, który stosowany jest jako składnik różnego rodzaju produktów przemysłu kosmetycznego i farmaceutycznego [13, 16]. Prowadzone są także badania, których celem jest ekstrakcja i wykorzystanie peptydów pochodzących również z innych gatunków alg, m.in. *Chlorella*, które mogą działać jako inhibitory enzymu konwertującego angiotensynę ACE [17] lub pełnić inne funkcje terapeutyczne [7, 30].

W produkcji żywności podejmowano już próby dodawania glonów morskich do pieczywa [4, 8], jak również ekstraktów z *Arthrospira platensis* czy *Chlorella* do ciaśtek [19] – w tym ostatnim przypadku zakończone wprowadzaniem produktu do obrotu na hiszpańskim rynku wyrobów piekarskich [32].

Celem niniejszej pracy było zaprojektowanie funkcjonalnego pieczywa wzbogaconego w ekstrakty z alg (*Ascophyllum nodosum*, *Arthrospira platensis*) oraz analiza zawartości jego wybranych składników bioaktywnych: kwasów fenolowych oraz witamin B₁ i B₂. W ramach przedstawionych badań podjęto również próbę oszacowania przyswajalnej puli tych związków poprzez zastosowanie procedury *in vitro* symulującej trawienie w przewodzie pokarmowym człowieka.

Material i metody badań

Algí

Biomasę mikroalgi *Arthrospira platensis* zakupiono w Ecoduna GmbH (Austria), natomiast makroalgi morskiej *Ascophyllum nodosum* w Seaweed & Co Ltd. (Wielka Brytania). Sól algową zakupiono w Setalg (Francja). Sól algowa otrzymywana jest

z ekstraktów makroalg (wodorostów morskich) i zawiera 8-÷ 10-krotnie mniej sodu niż sól kuchenna.

Przygotowanie ciasta

Pieczywo żytnie zostało przygotowane w lokalnej piekarni („Prawdziwy Chleb” P.P.H.U. Agnieszka Gajda-Sokołowska, Polska), zgodnie z poniższą procedurą.

Ciasta na pieczywo przygotowano z następujących składników: mąka żytnia typu 2000, zakwas żytni, woda i sól oraz odpowiednie składniki mikroalgowe wymienione w tab. 1. Po ręcznym wymieszananiu ciasta formowano kęsy o masie 1,15 kg, umieszczano je w metalowych formach i pozostawiano do fermentacji na 3 h w komorze rozrostu o stałej wilgotności i temp. 35,5 °C, a następnie przenoszono do komory wypiekowej. Wypiek prowadzono w piecu o temp. 250 °C przez 30 min. Pieczywo po wyjęciu z pieca pozostawiano na 2 h do schłodzenia.

Metoda in vitro

Biodostępność polifenoli oraz witamin szacowano przy zastosowaniu metody *in vitro* opracowanej przez Żyłę i wsp. [31] do badania drobiu, a następnie zmodyfikowanej przez Starzyńską-Janiszewską i wsp. [25] pod względem symulacji warunków panujących w żołądku i jelcie cienkim człowieka. Pół grama próbki inkubowano z 1,7 mg pepsyny (Sigma-Aldrich, Steinheim, Niemcy; deklarowana aktywność 4750 U/mg) rozpuszczonej w roztworze 0,1 mol/l HCl, w temp. 37 °C, pH = 2,0 przez 2 h. Następnie wprowadzano 2,5 mg pankreatyny (Sigma-Aldrich, Steinheim, Niemcy; z trzustki świńi, 8×, United States Pharmacopeia) rozpuszczonej w roztworze 0,1 mol/l NaHCO₃, a całość próbki przenoszono do woreczków dializacyjnych (Sigma-Aldrich, Steinheim, Niemcy; błona celulozowa, 25 mm × 90 mm, MWCO 12000), zamykano klipsami i inkubowano przez 4 h w temp. 37 °C w kolbkach zawierających po 50 ml buforu imidazolowego o pH = 7,0. Uzyskane dializaty wykorzystano do analiz HPLC.

Termin „biodostępność *in vitro*” zdefiniowano jako współczynnik pomiędzy zawartością związków w dializacie (w tym przypadku polifenoli lub witamin, które przekroczyły barierę porów w błonie dializacyjnej i znalazły się w roztworze buforu w trakcie symulowanego trawienia *in vitro*) wobec całkowitej ich zawartości w materiale wyjściowym wyrażony w % (m/m).

Tabela 1. Dodatki do pieczywa wzbożonego w algi [g/1000 g mąki żytniej]
 Table 1. Additives to breadstuff enriched with algae [g/1000 g of rye flour]

Dodatak do chleba razowego Additive to wholemeal rye bread	Pieczywo 1 Bread 1	Pieczywo 2 Bread 2	Pieczywo 3 Bread 3	Pieczywo 4 Bread 4	Pieczywo 5 Bread 5	Pieczywo 6 Bread 6	Pieczywo 7 Bread 7
Morska alga (<i>Ascophyllum nodosum</i>) sproszkowana (drobiny 0,1 mm) Powdered marine algae (<i>Ascophyllum nodosum</i>) (0,1 mm particles)	0	5	10	0	25	0	0
Morska alga (<i>Ascophyllum nodosum</i>) sproszkowana (drobiny < 0,1 mm) Powdered marine algae (<i>Ascophyllum nodosum</i>) (particles < 0,1 mm)	0	5	0	10	10	15	0
Morska alga (<i>Ascophyllum nodosum</i>) granulat (0,4 mm) Marine algae (<i>Ascophyllum nodosum</i>) granulate (0,4 mm)	0	0	0	20	10	10	0
Sól / Salt (NaCl)	0	0	0	10	0	10	18
Sól algowa / Algae salt	18	10	9	0	0	0	0
<i>Spirulina (Arthospira platensis)</i>	0	50	50	40	10	10	0

Objaśnienie / Explanatory note:

Pieczywo 7 to próbka kontrolna niezawierająca dodatku biomasy algowej / Bread 7 is the control sample and does not contain biomass of algae added.

Oznaczanie polifenoli

Ekstrakcja

Do analiz chromatograficznych ekstrakty sporządzano poprzez zalanie 0,5 g próbki 10 ml mieszaniny ekstrakcyjnej o składzie woda/metanol/kwas octowy (69/30/1) i umieszczenie w łaźni wodnej (50 °C) z wytrząsaniem przez 60 min. Tak przygotowane próbki filtrowano przez filtr papierowy KA4, a następnie przez nylono-wie filtry strzykawkowe 0,22 µm (Phenomenex, Torrance, CA, USA) do fiolek z ciemnego szkła i przechowywano w chłodziance (4 °C) do czasu wykonywania oznaczeń.

Metoda HPLC (High Performance Liquid Chromatography)

Oznaczanie poszczególnych związków fenolowych prowadzono metodą, którą opisali Rodríguez-Bernaldo i wsp. [21] oraz Machu i wsp. [12]. Analizy wykonywano z użyciem wysokosprawnego systemu chromatograficznego UltiMate 3000 (Dionex, California, USA) z detektorem DAD. W celu rozdzielenia poszczególnych związków fenolowych zastosowano kolumnę typu C18 Kinetex (wymiary: 150 mm × 4,6 mm, średnica ziaren 2,6 µm – Phenomenex, Torrance, CA, USA) i detekcję spektrofotometryczną przy długości fali $\lambda = 275$ nm. Kolumnę termostatowano w temp. 23 °C, prędkość przepływu eluentu wynosiła 1 ml/min, a objętość nastrzyku próbki – 10 µl. Rozdział prowadzono z wykorzystaniem dwuskładnikowego gradientu, w którym fazę A stanowiła mieszanina woda : kwas octowy (99 : 1), a fazę B mieszanina woda : acetonietyl : kwas octowy (67 : 32 : 1).

Oznaczanie witamin B₁ oraz B₂

Oznaczanie witamin B₁ i B₂ wykonywano zgodnie z opisem podanym przez Staryńską-Janiszewską i wsp. [24]. Rozdział ryboflawiny (B₂) i tiaminy (B₁), jako thiochromu, prowadzono techniką wysokosprawnej chromatografii cieczowej w odwróconej fazie w kolumnie Luna C18, (wymiary: 250 mm × 4 mm, średnica ziaren 5 µm – Phenomenex, Torrance, CA, USA) izokratycznie z wykorzystaniem fazy ruchomej składającej się z mieszaniny metanolu i 0,05 M octanu sodu (30 : 70 v/v) przy prędkości przepływu 1 ml min⁻¹. Detektor fluorymetryczny ustawiono na długość fal wzbudzenia $\lambda = 366$ nm i emisji $\lambda = 435$ nm w przypadku witaminy B₁ oraz $\lambda = 422$ nm/533 nm w przypadku oznaczania witaminy B₂. Konwersję tiaminy do thiochromu prowadzono zakolumnowo z wykorzystaniem odczynników utleniających (0,1-procentowy żelazicyjanek potasu w 12-procentowym wodorotlenku sodu) podawanych przez pompę perystaltyczną (Dionex ISO-3000) z przepływem 0,2 ml/min z wykorzystaniem uformowanej pętli reakcyjnej z teflonu o pojemności 750 µl (VICI-Valco, Houston, USA).

Analiza statystyczna

Wyniki badań poddano jednoczynnikowej analizie wariancji (ANOVA) w celu oszacowania istotności różnic między wartościami średnimi. Różnice między wartościami średnimi weryfikowano testem Tukeya przy $p \leq 0,05$ za pomocą oprogramowania Statistica ver. 12.5 (Statsoft Inc., Tulsa, OK, USA).

Wyniki i dyskusja

Określenie profilu polifenoli

Kwasy fenolowe to istotna grupa substancji organicznych pochodzenia roślinnego, do której należą związki zawierające pierścień fenolowy i resztę kwasu karboksylowego. Pełnią one funkcje antyoksydacyjne oraz wpływają korzystnie na parametry sensoryczne żywności [9, 20]. W trakcie trawienia w przewodzie pokarmowym występują w zróżnicowanej formie i w różnym stopniu są wchłaniane z jelit.

Analizy HPLC ekstraktów próbek pieczywa pozwoliły wykazać statystycznie istotny wpływ wzbogacenia algami na poziom kwasu galusowego. Odnotowano 2-, 3-krotny wzrost zawartości tego związku wobec próbki kontrolnej (15,08 µg/g) (pieczywo 7) do poziomu 53,60 µg/g w przypadku próbki pieczywa 3 wzbogaconej maksymalną dawką *Arthrosipa platensis* (50 g/kg mąki) oraz dodatkowo *Ascophyllum nodosum* (10 g/kg mąki) – tab. 2. Podobne tendencje zaobserwowano w przypadku kwasu waniliowego, gdzie najwyższy poziom tego bioaktywnego składnika oznaczono również w pieczywie 3, a statystycznie istotny wzrost jego zawartości wobec próby kontrolnej odnotowano w 5 próbkach pieczywa spośród 6 wzbogaconych algami.

Kwasy fenolowe wraz z flavonoidami, lignanami i stilbenami stanowią grupę związków o właściwościach antyoksydacyjnych, określanych jako polifenole. Sumę tych związków oznaczono w ekstraktach z próbek chleba oraz w dializatach otrzymanych w wyniku symulacji trawienia w przewodzie pokarmowym techniką *in vitro*. Otrzymane wyniki wskazują na zróżnicowany poziom biodostępności *in vitro* polifenoli (od 17 do 30 %) w analizowanych próbkach (tab. 2).

W ujęciu procentowym biodostępność szacowana *in vitro* była mniejsza w przypadku próbek pieczywa wzbogaconych w algi, zwłaszcza w *Arthrosipa platensis* (pieczywo 2 - 4), w stosunku do pieczywa kontrolnego. Po wyrażeniu tych wartości w jednostkach bezwzględnych próbki pieczywa wciąż dostarczały największą pulę przyswajalnych polifenoli.

Tabela 2. Zawartość wybranych kwasów fenolowych oraz biodostępność *in vitro* sumy polifenoli w pieczywie wzbogaconym w algach

Table 2. Contents of selected phenolic acids and *in vitro* bioavailability of polyphenols in total in breadstuffs enriched with algae

Nazwa próbki Name of sample	Kwas galusowy [µg/g s.m.] Gallic acid [µg/g d.m.]	Kwas 4-kumarowy [µg/g s.m.] 4-coumaric acid [µg/g d.m.]	Kwas wanilinowy [µg/g s.m.] Vanillic acid [µg/g d.m.]	Kwas protokatechowy [µg/g s.m.] Protocatechuic acid [µg/g d.m.]	Biodostępność polifenoli <i>in vitro</i> Bioavailability <i>in vitro</i> of polyphenols [%]
Pieczywo 1 Bread 1	14,94 ^a ± 1,36	3,67 ^a ± 0,19	41,86 ^b ± 2,63	0,44 ^a ± 0,05	30,7 ^d ± 1,9
Pieczywo 2 Bread 2	38,60 ^c ± 4,79	3,75 ^a ± 0,56	36,38 ^b ± 4,34	3,40 ^b ± 0,48	21,0 ^b ± 1,3
Pieczywo 3 Bread 3	55,66 ^d ± 6,94	3,41 ^a ± 0,34	43,56 ^b ± 5,45	3,79 ^b ± 0,29	17,8 ^a ± 1,3
Pieczywo 4 Bread 4	46,23 ^{cd} ± 5,77	3,82 ^a ± 0,56	42,20 ^b ± 7,14	3,62 ^b ± 0,51	22,8 ^b ± 1,4
Pieczywo 5 Bread 5	36,74 ^c ± 6,68	3,67 ^a ± 0,20	39,75 ^b ± 3,38	3,79 ^b ± 0,57	24,9 ^{bc} ± 2,9
Pieczywo 6 Bread 6	24,15 ^b ± 4,08	3,57 ^a ± 0,16	23,58 ^a ± 2,44	2,66 ^b ± 0,02	26,7 ^c ± 1,5
Pieczywo 7 Bread 7	15,08 ^a ± 2,87	3,03 ^a ± 0,38	26,37 ^a ± 2,21	3,10 ^b ± 0,53	21,6 ^{bc} ± 4,3

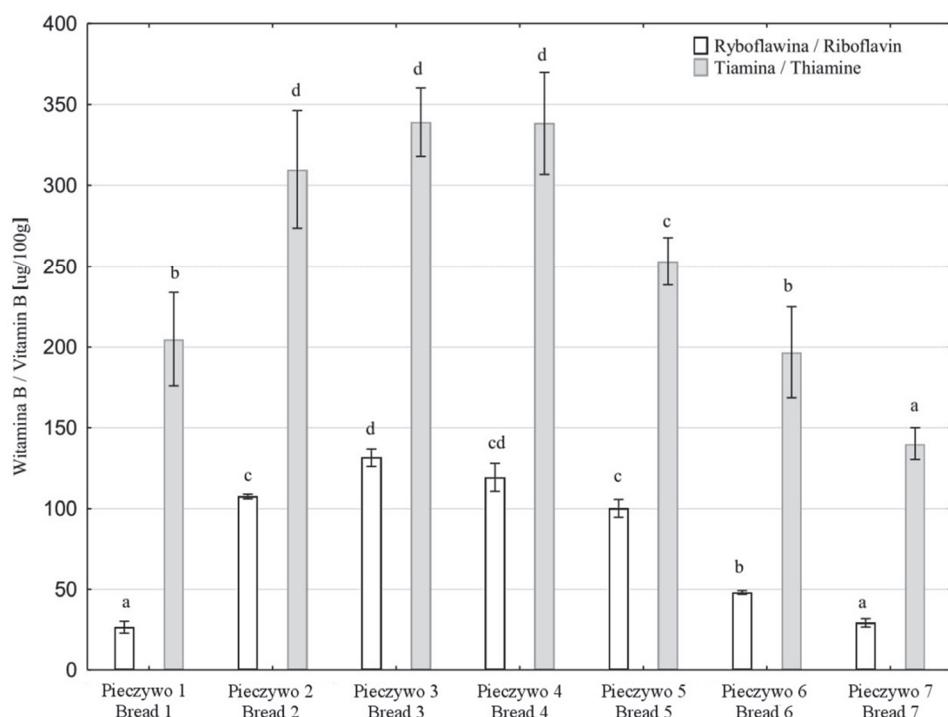
Objaśnienia / Explanatory notes:

Charakterystyka próbek zgodnie z tab. 1. / Profile of samples according to Tab. 1. W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviation; n = 6; a, b, c, d – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy p ≤ 0,05 / mean values in columns denoted by different letters differ statistically significantly p ≤ 0,05.

Witaminy B₁ oraz B₂

Tiamina (B₁) i ryboflawina (B₂) to dwie witaminy z grupy B, które pełnią istotną funkcję w różnych procesach metabolicznych w organizmie człowieka, m.in. w metabolizmie glukozy, neurotransmisji, replikacji genów czy rozwoju tkanek płodowych i biosyntezie kortykosteroidów [5, 23]. Obie witaminy są wrażliwe na wpływ temperatury, światła i innych czynników, którym poddawane są ziarna zbóż. Procesy technologiczne mogą częściowo degradować te biokomponenty w zakresie od 25 % (tiamina) do nawet 50 % (ryboflawina) wyjściowego ich poziomu w surowcu [1, 15, 29]. Z tego powodu wiele produktów zbożowych wytworzonych przemysłowo wzbogacanych jest w witaminy z grupy B w celu odzyskania ich pierwotnego poziomu. Ponadto u znaczającej części populacji notuje się niedobory ryboflawiny [23] czy też tiaminy – w tym przypadku wzbogacanie ma na celu zniwelowanie ryzyka zapadalności na syndrom Wernicke-Korsakoffa [26].

Zawartości zarówno tiaminy (B_1), jak i ryboflawiny (B_2) w pieczywie żytnim (pieczywo kontrolne – P7 odpowiednio: 138 µg/g oraz 28 µg/100 g) były zbliżone do wartości referencyjnych podawanych w publikacjach innych autorów (145 µg/100 g oraz 50 µg/100 g) [15]. Analiza danych przedstawionych na rys. 1. wskazuje, że tendencja wzrostu zawartości witamin dotyczy zwłaszcza próbek pieczywa 2 - 5 wzbogaconych dodatkiem *Arthrospira platensis* w dawce 50 - 40 g/kg surowca do wypieku oraz dodatkowo 5 - 10 g/kg *Ascophyllum nodosum*.



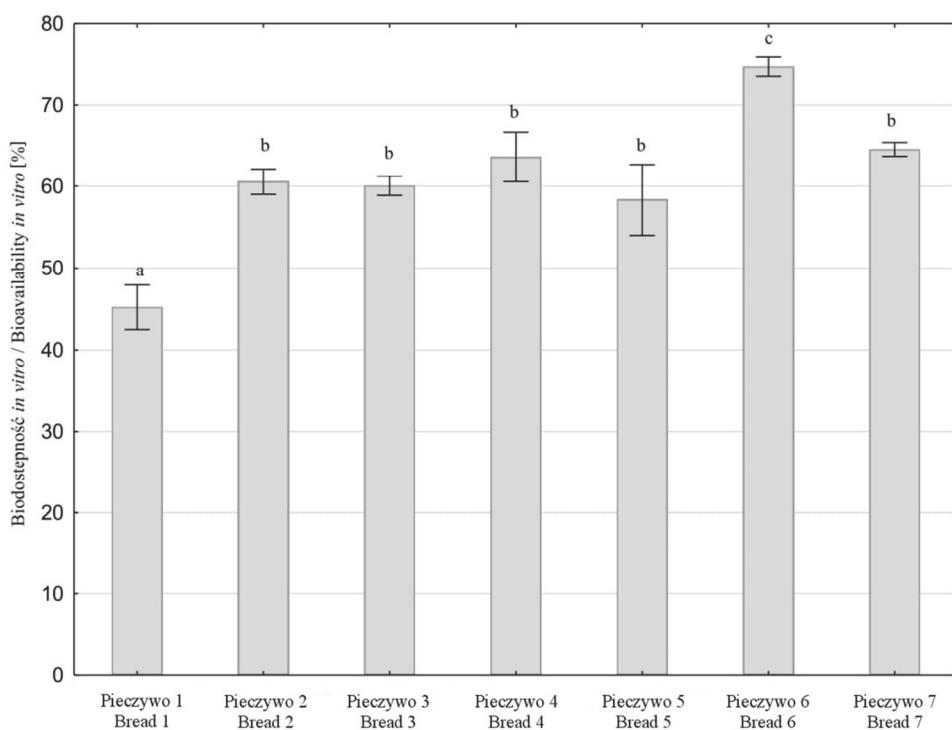
Objaśnienia / Explanatory notes:

Charakterystyka próbek zgodnie z tab. 1. / Profile of samples according to Table 1. 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 - d – wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values denoted by different letters differ statistically significantly at $p \leq 0.05$.

Rys. 1. Zawartość tiaminy (B_1) oraz ryboflawiny (B_2) w pieczywie wzbogaconym w alg
Fig. 1. Contents of thiamine (B_1) and riboflavin (B_2) in algae-enriched bread

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że wprowadzenie na etapie mieszenia ciasta żytniego dodatków algowych w znaczącym stopniu przyczyniło się do wzrostu dostępnej puli witamin z grupy B w pieczywie, zwłaszcza ryboflawiny

(B₂). W przypadku najbardziej zasobnych w ryboflawinę próbek pieczywa 3 i 4 oznacza to – przy założeniu dziennej konsumpcji ok. 150 g chleba – wypełnienie blisko 30 % zalecanej normy spożycia witaminy (1,1 ÷ 1,3 mg) [27] przy zachowaniu porownywalnej – wobec próby kontrolnej – dostępności *in vitro* tego składnika na poziomie 60 %. Szacowana techniką *in vitro* biodostępność witaminy B₂ w pieczywie żytnim (45 ÷ 62 %) jest zbieżna z wynikami Kurka i wsp. [10] w przypadku pieczywa z mąki pszennej, w którym biodostępność kształtała się na poziomie 47 ÷ 50 %. Relatywnie wysoka biodostępność *in vitro* pieczywa 6 może wynikać z maksymalnego dodatku makroalgi *A. nodosum* (15 g/kg mąki) i korzystnego wpływu obecnych w jej biomasie hydrokoloidów na wchłanianie składników bioaktywnych [4].



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

Rys. 2. Biodostępność witaminy B₂ (ryboflawiny) w pieczywie wzbogaconym w algi szacowana metodą *in vitro*

Fig. 2. *In vitro* bioavailability of vitamin B₂ (riboflavin) in algae-enriched breadstuffs

Jedną z opcji wzbogacania pieczywa w witaminę B₂ jest wprowadzanie oczyszczonej ryboflawiny do surowca lub półprodukту, ale jeszcze korzystniejszym wariantem, z punktu widzenia biodostępności, jest wzbogacanie ciasta składnikami pocho-

dzenia naturalnego. Podejmowane są również próby selekcji szczepów mikroorganizmów (np. *Lactobacillus fermentum*) stosowanych w procesie fermentacji do zwiększenia zawartości ryboflawiny w pieczywie czy jogurtach [22]. Z porównania uzyskanych w ten sposób efektów wzbogacenia pieczywa w ryboflawinę ($14 \mu\text{g}$ witaminy $B_2/100 \text{ g}$ produktu) wynika, że zaprojektowane w ramach podjętych badań pieczywo charakteryzowało się zdecydowanie wyższymi współczynnikami przy akceptowanej, relatywnie wysokiej szacowanej *in vitro* biodostępności tego składnika ($45 \div 62 \%$) – rys. 2.

W przypadku tiaminy nie obserwano tak dużych wzrostów zawartości tej witaminy wraz z dodatkiem składnika algowego, tym niemniej tendencje odnotowane w przypadku ryboflawiny potwierdzono w analizach tiaminy. Najwyższy poziom tiaminy oznaczono w próbках pieczywa 3 oraz 4 (odpowiednio: 336 i $337 \mu\text{g}/100 \text{ g}$) (rys. 1). Te partie przygotowano poprzez dodatek do wyjściowego surowca 50 g/kg *A. platensis* (pieczywo 4) uzupełniony dodatkowo o 10 g/kg *A. nodosum* w przypadku próbki nr 3, co stanowi wzrost o $140 \div 145 \%$ wobec próby kontrolnej bez dodatku alg (P7: $139 \mu\text{g}/100 \text{ g}$). Oznacza to również, że efekt ubytku zawartości tiaminy wskutek obróbki technologicznej i hydrotermicznej ziarna w trakcie przygotowania surowca i wypieku pieczywa (szacowany na $25 \div 50 \%$) [26] został zniwelowany poprzez dodatek bioaktywnego składnika algowego.

Wnioski

1. Funkcjonalne pieczywo zaprojektowane w ramach niniejszych badań charakteryzowała podwyższona zawartość ryboflawiny oraz tiaminy, zwłaszcza w próbках wzbogaconych w najwyższe dawki biomasy alg, czyli 50 g *Arthrospira platensis* i 10 g *Ascophyllum nodosum* na kilogram mąki.
2. Stwierdzono statystycznie istotny, pozytywny wpływ dodatku algowego na zawartość wybranych kwasów fenolowych, zwłaszcza kwasu galusowego oraz waniliowego.
3. Pomimo 2-, 3-krotnego wzrostu zawartości ryboflawiny odnotowanego w próbках pieczywa wzbogaconych w algi biodostępność witaminy B_2 szacowana techniką *in vitro* pozostała na wysokim, porównywalnym z próbą kontrolną poziomie (ok. 60 %).
4. Wprowadzone zmiany w podstawowej recepturze pieczywa pozwoliły uzyskać nowy produkt piekarniczy o cechach żywności funkcjonalnej.

Podziękowania

Autorzy pracy składają podziękowania właścicielom piekarni „Prawdziwy chleb” Pani Agnieszce Gajdzie-Sokołowskiej oraz Panu Hubertowi Sokołowskiemu za przygotowanie eksperymentalnych partii pieczywa.

Projekt finansowany w ramach dotacji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego na działalność statutową.

Literatura

- [1] Giménez P.J., Fernández-López J.A., Angosto J.M., Obón J.M.: Comparative thermal degradation patterns of natural yellow colorants used in foods. *Plant. Foods Hum. Nutr.*, 2015, 70 (4), 380-387.
- [2] Gouveia L., Marques A.E., Sousa J.M., Moura P., Bandarra N.M.: Microalgae – source of natural bioactive molecules as functional ingredients. *Food Sc. Technol. Bull. Funct. Foods.*, 2010, 7 (2), 21-37.
- [3] Herrero M., Sánchez-Camargo A.P., Cifuentes A., Ibáñez E.: Plants, seaweeds, microalgae and food by-products as natural sources of functional ingredients obtained using pressurized liquid extraction and supercritical fluid extraction. *TrAC Trends Anal. Chem.*, 2015, 71, 26-38.
- [4] Houghton D., Wilcox M.D., Chater P.I., Brownlee I.A., Seal C.J., Pearson J.P.: Food hydrocolloids biological activity of alginate and its effect on pancreatic lipase inhibition as a potential treatment for obesity. *Food Hydrocoll.*, 2015, 49, 18-24.
- [5] Importance B.: Vitamin B₁. *Disease-a-month.*, 2003, 49 (11), 646-652.
- [6] De Jesus Raposo M.F., de Moraes R.M.S.C., de Moraes A.M.M.B.: Health applications of bioactive compounds from marine microalgae. *Life Sci.*, 2013, 93 (15), 479-486.
- [7] Jha D., Jain V., Sharma B., Kant A., Garlapati V.K.: Microalgae-based pharmaceuticals and nutraceuticals: An emerging field with immense market potential. *Chem. Bio. Eng. Rev.*, 2017, 4, 257-272.
- [8] Kadam S.U., Prabhakar P.: Marine foods as functional ingredients in bakery and pasta products. *Food Res. Int.*, 2010, 43, 1975-1980.
- [9] Katina K., Arendt E., Liukkonen K.H., Autio K., Flander L., Poutanen K.: Potential of sourdough for healthier cereal products. *Trends Food Sci. Technol.*, 2005, 16 (1-3), 104-112.
- [10] Kurek M.A., Wyrwisz J., Karp S., Wierzbicka A.: Particle size of dietary fiber preparation affects the bioaccessibility of selected vitamin B in fortified wheat bread. *J. Cereal Sci.*, 2017, 77, 166-171.
- [11] Liu L., Pohnert G., Wei D.: Extracellular metabolites from industrial microalgae and their biotechnological potential. *Mar. Drugs.*, 2016, 14 (10), 191.
- [12] Machu L., Misurcova L., Ambrozova J.V., Orsavova J., Mlcek J., Sochor J., Jurikova T.: Phenolic content and antioxidant capacity in algal food products. *Molecules*, 2015, 20 (1), 1118-1133.
- [13] Manirafasha E., Ndikubwimana T., Zeng X., Lu Y., Jing K.: Phycobiliprotein: Potential microalgae derived pharmaceutical and biological reagent. *Biochem. Eng. J.*, 2016, 109, 282-296.
- [14] Matos A.P.: The impact of microalgae in food science and technology. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 94 (11), 1333-1350.
- [15] Mihhalevski A., Nisamedtinov I., Hälvil K., Ošeka A., Paalme T.: Stability of B-complex vitamins and dietary fiber during rye sourdough bread production. *J. Cereal Sci.*, 2013, 57 (1), 30-38.
- [16] Ores J.D.C., Amarante M.C.A., Kalil S.J.: Co-production of carbonic anhydrase and phycobiliproteins by *Spirulina* sp. and *Synechococcus* nidulans. *Bioresour Technol.*, 2016, 219, 219-227.
- [17] Ovando C.A., Carvalho J.C., Melo G.V., Jacques P., Soccol V.T., Soccol C.R.: Functional properties and health benefits of bioactive peptides derived from *Spirulina*: A review. *Food Rev. Int.*, 2016, 34, 34-51.
- [18] Packer M.A., Harris G.C., Adams S.L.: Food and feed applications of algae. In: *Algae Biotechnology: Products and Processes*. Eds. F. Bux, Y. Chisti. Springer Nature, Basel 2016, pp. 217-247.

- [19] Batista A.P., Niccolai A., Fradinho P., Fragoso S., Bursic I., Rodolfi L., Biondi N., Tredici M.R., Sousa I., Raymundo A.: Microalgae biomass as an alternative ingredient in cookies: Sensory, physical and chemical properties, antioxidant activity and *in vitro* digestibility. *Algal Res.*, 2017, 26, 161-171.
- [20] Pihlava J.M., Nordlund E., Heinö R.L., Hietaniemi V., Lehtinen P., Poutanen K.: Phenolic compounds in wholegrain rye and its fractions. *J. Food Compos. Anal.*, 2015, 38, 89-97.
- [21] Quirós A.R.: Determination of phenolic compounds in macroalgae for human consumption. *Food Chem.*, 2010, 121 (2), 634-638.
- [22] Russo P., Capozzi V., Arena M.P., Spadaccino G., Dueñas M.T., López P., Fiocco D., Spano G.: Riboflavin-overproducing strains of *Lactobacillus fermentum* for riboflavin-enriched bread. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 2014, 98 (8), 3691-3700.
- [23] Schwechheimer S.K., Park E.Y., Revuelta J.L., Becker J., Wittmann C.: Biotechnology of riboflavin. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 2016, 100 (5), 2107-2119.
- [24] Starzyńska-Janiszewska A., Duliński R., Stodolak B., Mickowska B., Wikiera A.: Prolonged tempe-type fermentation in order to improve bioactive potential and nutritional parameters of quinoa seeds. *J. Cereal Sci.*, 2016, 71, 116-121.
- [25] Starzyńska-Janiszewska A., Stodolak B., Duliński R., Bączkowicz M., Mickowska B., Wikiera A., Byczyński Ł.: Effect of solid-state fermentation tempe type on antioxidant and nutritional parameters of buckwheat groats as compared with hydrothermal processing. *J. Food Process. Preserv.*, 2016, 40 (2), 298-305.
- [26] Tiong S.A., Chandra-Hioe M.V., Arcot J.: Thiamin fortification of bread-making flour: Retention in bread and levels in Australian commercial fortified bread varieties. *J. Food Compos. Anal.*, 2015, 38, 27-31.
- [27] Turck D., Bresson J., Burlingame B., Dean T., Fairweather-Tait S., Heinonen M., Hirsch-Ernst K.I., Mangelsdorf I., McArdle H.J., Naska A., Nowicka G., Pentieva K., Sanz Y., Siani A., Sjödin A., Stern M., Tomé D., Loveren H.V., Vinceti M., Willatts P., Lamberg-Allardt C., Przyrembel H., Tetens I., Dumas C., Fabiani L., Forss A.C., Ioannidou S., Neuhäuser-Berthold M.: Dietary reference values for riboflavin. *EFSA J.*, 2017, 15 (8).
- [28] Vaz B.S., Moreira J.B., Morais M.G., Costa J.A.V.: Microalgae as a new source of bioactive compounds in food supplements. *Curr. Opin. Food Sci.*, 2016, 7, 73-77.
- [29] Wolak N., Zawrotniak M., Gogó M., Kozik A., Rapała-Kozik M.: Vitamins B₁, B₂, B₃ and B₉: Occurrence, biosynthesis pathways and functions in human nutrition. *Mini-Reviews Med. Chem.*, 2017, 17 (12), 1075-1111.
- [30] Wu Q., Liu L., Miron A., Klímová B., Wan D., Kuča K.: The antioxidant, immunomodulatory, and anti-inflammatory activities of *Spirulina*: An overview. *Arch. Toxicol.*, 2016, 90 (8), 1817-1840.
- [31] Zyla K., Ledoux D.R., Veum T.L.: Complete enzymic dephosphorylation of corn-soybean meal feed under simulated intestinal conditions of the turkey. *J. Agric. Food Chem.*, 1995, 43 (2), 288-294.
- [32] Innowacyjne ciastka i chlebki Dulcesol Innova należące do hiszpańskiej firmy Dulcesol Group i zawierające w składzie 0,4 % alg *Chlorella vulgaris* [on line]. Dostęp w Internecie [08.11.2018]: <http://en.dulcesol.com/ver/6221/dulcesol-innova.html>

**DETERMINING CONTENTS OF SELECTED PHENOLIC ACIDS
AND VITAMINS OF B GROUP IN RYE BREADSTUFFS ENRICHED WITH ALGAE
AND ESTIMATING THEIR IN VITRO BIOAVAILABILITY**

S u m m a r y

In recent years, we have been observing a growing interest in supplementing food with extracts or other components derived from biomass of microalgae. The composition and properties of microalgae and macroalgae (seaweed) make them not only a supplementing component to restore deficiency of the selected, biologically active ingredients in the diet but, also, essential factors to impact functional and pro-health features of the product.

In the research study, it was attempted to design functional breadstuffs containing extracts from *Arthrosphaera platensis* and *Ascophyllum nodosum* algae. Some selected bioactive components in the algae were analysed and their bioavailability was estimated using an *in vitro* technique. Based on the results of the HPLC determination and, next, of the simulation of digestion in the human gastrointestinal tract, it was showed that enriching rye breadstuffs with algae caused the content of vitamin B₂ to increase 2 to 3 times; in the case of one of the bread variants, this increase provided nearly 30 % of the recommended daily intake of riboflavin and it caused the content of thiamine to rise 50 to 145 % compared to the content of that vitamin in the bakery products without algal additives at a comparable level of the *in vitro* bioavailability of the control sample (60 %). In the breadstuffs designed, a significant increase, ranging from 17 to 30 %, was also reported in the content of the selected phenolic acids, mostly of the gallate and vanillinate, at a different level of the *in vitro* bioavailability of the polyphenols in total. The results of the analyses presented as well as the positive (unpublished) data obtained by using sensory tests bring promising prospects for the introducing of functional breadstuffs with algae additives into the bakery products market.

Key words: microalgae, *Arthrosphaera platensis*, phenolic acids, riboflavin, thiamine, bioavailability 

ANETA OCIECZEK, MILLENA RUSZKOWSKA

**PORÓWNANIE WŁAŚCIWOŚCI SORPCYJNYCH ZIARNA
WYBRANYCH ODMIAN KOMOSY RYŻOWEJ
(*CHENOPODIUM QUINOA* WILLD.)**

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

Celem pracy była porównawcza ocena właściwości sorpcyjnych rozdrobnionego ziarna trzech odmian komosy ryżowej: czerwonej (I), białej (II) i czarnej (III). Badania obejmowały oznaczanie zawartości i aktywności wody w rozdrobnionym ziarnie oraz wyznaczenie izoterm sorpcji pary wodnej metodą statyczną w zakresie aktywności wody $a_w = 0,07 \div 0,98$ wraz z matematycznym opisem przebiegu izoterm z zastosowaniem modeli BET, GAB, Oswina i Pelega. Parametry obu modeli teoretycznych (BET i GAB) zostały użyte do oszacowania pojemności warstwy monomolekularnej i powierzchni właściwej sorpcji, natomiast model GAB zastosowano także do oszacowania ogólnej objętości kapilar oraz promienia kapilar ulegających wypełnieniu po zainicjowaniu zjawiska kondensacji kapilarnej. W celu oszacowania parametrów badanych modeli zastosowano metodę regresji nieliniowej oraz algorytm Monte Carlo. Funkcją celu była minimalizacja sumy kwadratów reszt. Uzyskane wyniki pozwoliły stwierdzić, że ziarno badanych odmian komosy ryżowej różniło się początkową zawartością i aktywnością wody oraz właściwościami sorpcyjnymi. Porównanie właściwości sorpcyjnych umożliwiło wykazanie, że ziarno komosy czarnej (III) cechowało się wyższą jakością, wyrażoną poprzez stabilność przechowalniczą uwarunkowaną znacznym rozwinięciem warstwy monomolekularnej, która zabezpiecza produkt przed niekorzystnymi zmianami związanymi ze zwiększeniem zawartości wody wolnej podczas przechowywania produktu. Właściwości ziarna komosy ryżowej uwarunkowane jej odmianą powodują zróżnicowanie jej właściwości sorpcyjnych. Ponadto ustalono na podstawie wartości średniego błędu kwadratowego, który był niższy niż 10 %, że modelami najlepiej opisującymi właściwości sorpcyjne badanego ziarna były model GAB i Pelega.

Słowa kluczowe: komosa ryżowa (*Chenopodium quinoa* Willd.), BET, GAB, Oswin, Peleg, trwałość przechowalnicza

Wprowadzenie

Komosa ryżowa (*Chenopodium quinoa* Willd.) należy do najstarszych roślin uprawianych na świecie, zaliczana jest do grupy pseudozbóż, tj. zbiorczej grupy roślin

Dr hab. inż. A. Ocieczek, prof. nadzw., dr inż. M. Ruszkowska, Katedra Towaroznawstwa i Zarządzania Jakością, Wydz. Przedsiębiorczości i Towaroznawstwa, Uniwersytet Morski w Gdyni, ul. Morska 81-87, 81-225 Gdynia. Kontakt: a.ocieczek@wpit.ug.edu.pl

niebędących zbożami, lecz przypominających je głównie ze względu na skład chemiczny. Nasiona komosy ryżowej stanowią dobre źródło białka. Według Dębskiego i Gralaka [10] zawartość białka w nasionach komosy ryżowej wynosi $12,1 \div 15,4\%$ i zależy od cech odmianowych, warunków klimatyczno-glebowych i stosowanego w uprawie nawożenia mineralnego [7]. W Polsce w sklepach z żywnością ekologiczną coraz częściej dostępne są nasiona komosy ryżowej i mąka oraz inne produkty zawierające w swoim składzie przetworzoną komosę. Ze względu na dużą zawartość białek o korzystnym składzie aminokwasowym oraz wysoką plenność komosa ryżowa może stać się surowcem do produkcji preparatów białkowych (koncentratów i izolatów) służących wzbogacaniu żywności oraz do produkcji żywności zalecanej w diecie bezglutenowej, a także jako uzupełnienie ubogich w aminokwasy diet wegańskiej i wegetariańskiej [7].

W związku z różnorodnością zastosowań komosy ryżowej oraz jej zmiennością odmianową istotne jest określenie jej stabilności przechowalniczej w zależności od zawartości i stanu wody. Wrażliwość produktów na wilgoć i ich zdolność pochłaniania lub oddawania wody może być określona na podstawie kształtu izotermy adsorpcji lub desorpcji, stanowiącej graficzną zależność pomiędzy aktywnością wody a jej równowagową zawartością w produkcie [12, 18].

Celem pracy było porównanie właściwości sorpcyjnych rozdrobnionego ziarna trzech odmian komosy ryżowej (*Chenopodium Quinna* Willd.): czerwonej (I), białej (II) i czarnej (III), służące identyfikacji różnic w zakresie oddziaływanie z parą wodną wynikających z różnorodności mikrostruktury powierzchni ziarna. Zakres pracy obejmował analizę wpływu odmiany komosy ryżowej na przebieg izoterm sorpcji pary wodnej w zakresie aktywności wody $a_w = 0,07 \div 0,98$.

Material i metody badań

Ziarno trzech odmian komosy ryżowej (czerwonej (I), białej (II) i czarnej (III)), będące obiektem badań, pochodziło z upraw ekologicznych objętych certyfikatem kontroli. Przed wykonaniem oznaczeń badany materiał poddawano procesowi rozdrabniania w śrutowniku laboratoryjnym do granulacji $> 0,2$ mm.

W rozdrobnionym ziarnie oznaczano zawartość: białka – zgodnie z ICC Method No 105/1 [28] i tłuszczy – zgodnie z AOAC 945.38F [28], a zawartość węglowodanów wyznaczano z różnicą masy badanej próbki oraz oznaczonej zawartości wody, białka i tłuszczy. Początkową zawartość wody w rozdrobnionym ziarnie komosy ryżowej odmian I, II i III oznaczano metodą suszenia do stałej masy w temp. $105\text{ }^{\circ}\text{C}$, pod ciśnieniem normalnym.

W tab. 1. przedstawiono skład chemiczny badanych odmian komosy ryżowej. Istotność różnic pomiędzy średnimi zawartościami poszczególnych jej składników

(białka, tłuszcza, węglowodanów) określono na postawie wyników jednoczynnikowej analizy statystycznej ANOVA i testu Tukeya ($p \leq 0,05$).

Tabela 1. Skład chemiczny ziarna komosy ryżowej I, II i III [g/100 g]
Table 1. Chemical composition of grains of quinoa I, II and III [g/100 g]

Parametr Parameter	Ziarno komosy czerwonej I Grain of red quinoa I	Ziarno komosy białej II Grain of white quinoa II	Ziarno komosy czarnej III Grain of black quinoa III
Zawartość tłuszcza Fat content	$6,75^a \pm 0,400$	$6,24^a \pm 0,123$	$6,80^a \pm 0,345$
Zawartość węglowodanów Carbohydrates content	$64,91^a \pm 0,030$	$65,61^{ab} \pm 0,480$	$66,30^b \pm 0,410$
Zawartość białka Protein content	$15,45^a \pm 0,015$	$13,89^b \pm 0,131$	$13,40^c \pm 0,050$

Objaśnienia / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie \pm odchylenia standardowe / Table shows mean values \pm standard deviation; a - c – wartości średnie wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values in rows denoted by different letters differ statistically significantly $p \leq 0.05$.

Aktywność wody w rozdrobnionym ziarnie badanych odmian I, II i III mierzoną za pomocą aparatu AquaLab Seria 3 model TE, o dokładności $\pm 0,003$, w temp. 20°C .

Izotermy sorpcji wyznaczano metodą statyczną na podstawie pomiaru równoważowej wilgotności pomiędzy badanymi próbками a atmosferą o określonej wilgotności względnej, regulowanej za pomocą roztworów takich soli, jak: NaOH (0,0698), LiCl (0,1114), CH₃COOK (0,2310), MgCl₂ (0,3303), K₂CO₃ (0,4400), Na₂Cr₂O₇ (0,5480), KJ (0,6986), NaCl (0,7542), KCl (0,8513), KNO₃ (0,9320), K₂Cr₂O₇ (0,9793). Badany materiał, pobrany bezpośrednio z opakowania (bez wstępnego procesu dosuszania), poddawano procesowi rozdrabniania. Poszczególne próbki rozdrobnionego materiału przeznaczone do wyznaczenia izoterm sorpcji umieszczano w ilości ok. 2 g w naczynkach wagowych o średnicy ok. 35 mm, tak aby całkowicie i równomiernie pokryć powierzchnię naczynka. Badania obejmowały zakres aktywności wody $0,07 \div 0,98$. W eksykatorkach o aktywności wody powyżej 0,7 umieszczano tymol w celu ochrony próbek przed rozwojem mikroflory. Temperatura badania wynosiła $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Czas ustalania równowagi układu wynosił 90 dni od umieszczenia prób w eksykatorkach. Wszystkie oznaczenia przeprowadzono w trzech powtórzeniach.

Na podstawie początkowej masy produktu oraz zmian zawartości wody po upływie założonego w badaniach czasu przechowywania (90 dni) obliczano równowagową zawartość wody i wykreślano izotermy sorpcji. Ocenę zróżnicowania przebiegu izoterm sorpcji w całym zakresie a_w analizowano statystycznie. Zastosowano analizę wa-

riancji Anova dla klasyfikacji pojedynczej z wykorzystaniem programu Statistica 6.0- StatSoft Polska 1997.

W celu określenia różnic w przebiegu zjawiska sorpcji dokonano identyfikacji parametrów wybranych modeli izoterm sorpcji. Dane empiryczne opisano wykorzystując równanie BET, równanie GAB, równanie Pelega i równanie Oswina:

– równanie BET o postaci [14]:

$$\nu = \frac{v_m C a_w}{(1 - a_w)[1 + (C - 1)a_w]} \quad (1)$$

gdzie:

a_w – aktywność wody [-],

ν – równowagowa zawartość wody [g H₂O/100 g s.m.],

v_m – zawartość wody w monowarstwie [g H₂O/100 g s.m.],

C – stała energetyczna,

– równanie GAB o postaci [14]:

$$\nu = \frac{v_m C K a_w}{(1 - K a_w)(1 - K a_w + C K a_w)} \quad (2)$$

gdzie:

a_w – aktywność wody [-],

ν – równowagowa zawartość wody [g H₂O/100 g s.m.],

v_m – zawartość wody w monowarstwie [g H₂O/100 g s.m.],

C – stała energetyczna Guggenheima,

K – stała korygująca właściwości cząsteczek tworzących wielowarstwę w porównaniu do fazy ciekłej,

– równanie Pelega o postaci [14]:

$$\nu = A a_w^B + D a_w^E \quad (3)$$

gdzie:

A, B, D i E – stałe,

a_w – aktywność wody [-],

ν – równowagowa zawartość wody [g H₂O/100 g s.m.],

– równanie Oswina o postaci [14]:

$$\nu = A \left(\frac{a_w}{1 - a_w} \right)^B \quad (4)$$

gdzie:

A i B – stałe,

a_w – aktywność wody [-].

Parametry wybranych modeli wyznaczano na podstawie danych empirycznych. Zastosowano regresję nieliniową i algorytm Monte Carlo, dzięki czemu uniknięto zatrzymania procesu estymacji przez lokalne minimum. Jako funkcję celu przyjęto minimalizację sumy kwadratów reszt. Wartości błędów standardowych wyznaczonych parametrów równań szacowano przy wykorzystaniu makropolecenia SolverAid bazującego na macierzy Hessego. Przydatność modeli do opisu danych doświadczalnych oceniono na podstawie średniego błędu kwadratowego (RMS) wyrażonego w % [25].

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum (\frac{v_e - v_o}{v_e})^2}{N}} \cdot 100\%, \quad (5)$$

gdzie:

N – liczba danych,

v_e – doświadczalna równowagowa zawartość wody [g H₂O/100 g s.m.],

v_o – prognozowana równowagowa zawartość wody [g H₂O/100 g s.m.].

Ponadto, znając objętość pary wodnej zaadsorbowanej w temperaturze niższej od temperatury wrzenia oraz tzw. powierzchnię siadania wody, obliczano powierzchnię właściwą adsorbentu z równania [23]:

$$a_{sp} = \omega \frac{v_m}{M} N, \quad (6)$$

gdzie:

a_{sp} – powierzchnia właściwa sorpcji [m²/g],

N – liczba Avogadra [6,023·10²³ cząsteczek/mol],

M – masa cząsteczkowa wody [18 g/mol],

ω – powierzchnia siadania wody [1,05·10⁻¹⁹ m²/cząsteczkę].

Rozmiary i objętość kapilar badanego materiału wyznaczano dla obszaru kondensacji kapilarnej, stosując równanie Kelvina [14] i zakładając cylindryczny kształt kapilar:

$$\ln a_w = \frac{2\sigma V}{r_k RT} \quad (7)$$

gdzie:

σ – napięcie powierzchniowe cieczy w temperaturze T [N/m],

r_k – promień kapilary [nm],

R – uniwersalna stała gazowa [kJ/mol·K],

T – temperatura procesu [K],

V – objętość molowa adsorbatu [m³/mol].

Wyniki i dyskusja

Woda jest jednym z podstawowych składników żywności. Decyduje o wyglądzie oraz smaku produktów spożywczych, odgrywa główną rolę w kształtowaniu właściwości fizycznych, chemicznych oraz biochemicznych żywności. Wpływa także na stabilność mikrobiologiczną żywności oraz jej podatność na degradację uwarunkowaną czynnikami fizycznymi (np. dyfuzją), chemicznymi (np. hydrolizą) czy biochemicznymi (np. hydrolizą enzymatyczną) [24].

Początkowa zawartość i aktywność wody warunkuje zdolność do adsorpcji lub desorpcji wody z otoczenia w zależności od różnicy potencjałów tych parametrów charakteryzujących produkt i jego otoczenie. W tab. 2. zestawiono średnie zawartości i aktywności wody oznaczone w rozdrobnionym ziarnie badanych odmian komosy ryżowej. Największą zawartością wody charakteryzowało się ziarno komosy odmiany czarnej III, natomiast zawartości wody w odmianie komosy czerwonej (I) i białej (II) były na zbliżonym poziomie. Wykazano statystycznie istotną różnicę ($F_{\text{obl.}} = 16,656$; $F_{\text{kryt.}} = 5,143$) pod względem zawartości wody pomiędzy badanymi próbками rozdrobnionego ziarna. Wyniki testu post hoc Tukeya pozwoliły stwierdzić, że rozdrobione ziarno komosy czarnej III różniło się istotnie pod tym względem zarówno od ziarna komosy czerwonej I, jak i białej II. Najwyższą aktywnością wody cechowało się ziarno komosy odmiany czerwonej I, najniższą zaś – ziarno komosy odmiany czarnej III (tab. 2). Na podstawie analizy wariancji ($F_{\text{obl.}} = 870,1$; $F_{\text{kryt.}} = 5,143$), jak i testu post hoc Tukeya wykazano statystycznie istotne różnice w poziomie aktywności wody pomiędzy wszystkimi badanymi próbками.

Tabela 2. Początkowa zawartość wody i aktywność wody w rozdrobnionym ziarnie trzech odmian komosy ryżowej (I, II i III)

Table 2. The initial water content and water activity of the grain refined three varieties of quinoa (I, II, and III)

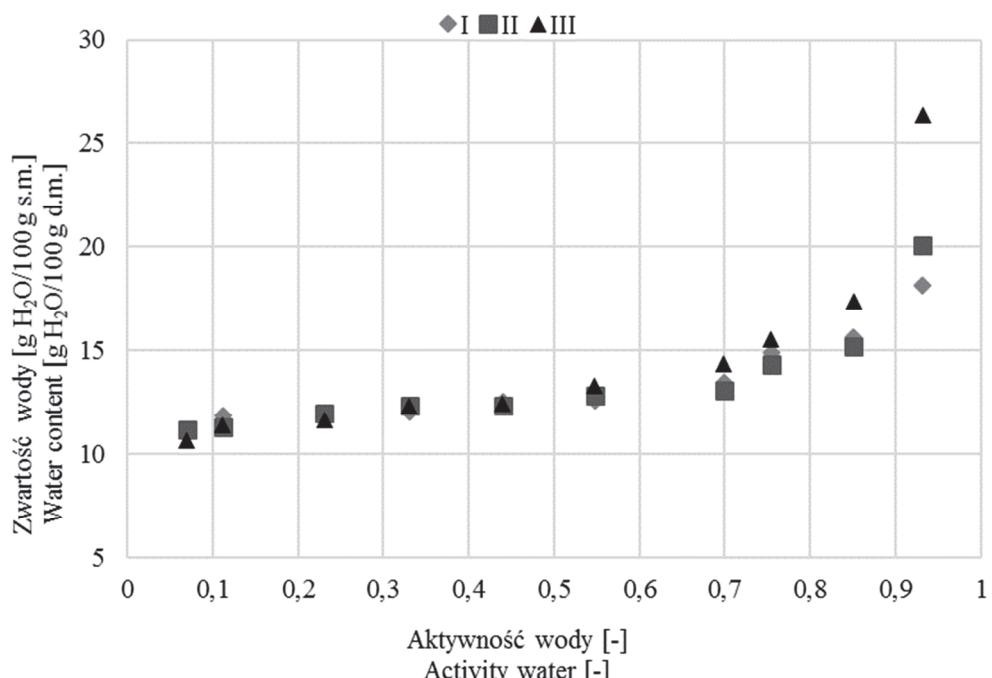
Ziarno komosy Quinoa grain	Zawartość wody [g/100 g s.m.] Water content [g/100 g d.m.]	SD	Aktywność wody Water activity [-]	SD
I	12,54 ^a	0,255	0,593 ^a	0,001
II	12,67 ^a	0,164	0,543 ^b	0,001
III	13,49 ^b	0,057	0,493 ^c	0,003

Pomimo stosunkowo małej zawartości wody ziarno komosy odmiany czerwonej I, jak również odmiany białej II, charakteryzowało się wysokim poziomem jej aktywności, co wskazywało na stosunkowo słaby stopień związania wody z suchą matrycją ziarna tych dwóch odmian. Można założyć, że relacja ta była uwarunkowana mniejszą liczbą grup hydrofilowych oraz ich niższym stopniem powinowactwa do wody lub też

występowaniem oddziaływań pomiędzy cząsteczkami wody w warstwie monomolekularnej, których obecność przyczynia się do wzrostu mobilności wody [21, 27].

Źródłem wielu cennych informacji dotyczących stanu wody w materiale są izotermy sorpcji. Ilustrują one zależność pomiędzy ilością wody zaadsorbowanej przez jednostkę masy produktu żywieniowego a aktywnością wody w stałej temperaturze i przy stałym ciśnieniu całkowitym. Ten charakterystyczny dla każdego produktu związek można przedstawić w postaci graficznej lub w postaci parametrów matematycznych modeli służących ich opisowi. Dzięki znajomości izoterm sorpcji wody można określić wrażliwość produktu na wilgoć, stopień chłonięcia przez niego wody, jak również przewidzieć zmiany, jakie mogą wystąpić w materiale podczas jego przechowywania. Znajomość kształtu izotermy sorpcji pozwala określić charakterystyczny mechanizm wiązania wody w badanym materiale [12, 18].

Większość produktów spożywczych zawierających związki wysokocząsteczkowe można opisać izotermą o kształcie sigmoidalnym, której przebieg zależy od składu chemicznego, temperatury oraz stanu fizycznego poszczególnych składników badanego materiału [20]. Przebieg izoterm sorpcji w przypadku ziarna badanych odmian komosy ryżowej przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Izotermy sorpcji rozdrobnionego ziarna komosy ryżowej I, II, III
Fig. 1. Sorption isotherms of comminuted grains of quinoa I, II and III

Wyznaczone empirycznie izotermy sorpcji przedstawiały proces oddziaływanego powierzchniowego, a kształt krzywych był zbliżony do II typu izoterm w klasyfikacji Brunauera [5], charakterystycznych dla produktów zawierających znaczne ilości skrobi oraz białka [22, 18]. Po ocenie przebiegu wyznaczonych izoterm sorpcji stwierdzono, że w zakresie aktywności wody: $0,07 \div 0,60$ (I), $0,07 \div 0,55$ (II), $0,07 \div 0,50$ (III) (rys. 2) zachodził proces desorpcji wody, a powyżej tych zakresów aktywności wody – proces adsorpcji uwarunkowany przede wszystkim zawartością wody w badanych produktach oraz jej stanem związanym ze specyficznym składem chemicznym produktów, tj. dużą zawartością węglowodanów i białka, a zatem makrocząsteczek bogatych w miejsca polarne [19, 20]. Analogiczną procedurę postępowania badawczego polegającą na wyznaczeniu izoterm sorpcji materiału, który nie został poddany wcześniej procesowi dosuszania, przyjęli Gondek i Lewicki [15]. Podobnie, jak w cytowanych badaniach, wyznaczone izotermy sorpcji wody opisujące wszystkie badane próbki komosy ryżowej charakteryzowały się ciągłością przebiegu w całym zakresie aktywności wody. Tym samym można założyć, że podczas procesu sorpcji wody nie zachodziły w badanych próbkach procesy zmiany struktury wynikające ze wzrostu uporządkowania poszczególnych składników [15, 19]. Jednocześnie, mając na uwadze wyniki badań Gondek i Lewickiego [15], założono, że zachowanie ciągłości izotermy wskazuje na brak histerezy, który ma związek z rozpuszczaniem i krystalizacją cukrów. Roman i wsp. [29] oraz Tsami i wsp. [32] twierdzą, że wartość aktywności wody, przy której obserwowana jest histereza, jest odwrotnie proporcjonalna do zawartości cukrów. Również Bolin [4] w badaniach rodzynek o dużej zawartości cukrów odnotował występowanie histerezy, gdy aktywność wody była niższa niż 0,3. Na podstawie przytoczonych stwierdzeń założono, że rozdrobnione ziarno komosy, cechujące się obecnością przede wszystkim krystalicznej skrobi o znikomej ilości obszarów amorficznych, uwarunkowanej peryferyjnym uszkodzeniem granul skrobiowych w wyniku jej rozdrabiania, nie będzie wykazywało zjawiska histerezy lub będzie się ona lokowała w obszarze odpowiadającym wysokim wartościom aktywności wody.

Po przekroczeniu $a_w = 0,70$ w przypadku ziarna wszystkich odmian komosy ryżowej stwierdzono znaczną intensyfikację zjawiska adsorpcji objawiającą się wzrostem dynamiki procesu pochłaniania pary wodnej, która znalazła odzwierciedlenie w przegięciu krzywej sorpcji i prawdopodobnie wskazywała na zainicjowanie zjawiska kondensacji kapilarnej. Zjawisko to można utożsamiać z przekroczeniem poziomu wilgotności krytycznej, decydującej o utracie zdolności produktu do dalszego przechowywania.

Porównano przebieg krzywych sorpcji we wspólnym układzie odniesienia i stwierdzono, że wyraźnie wyższym położeniem, wskazującym na większą higroskopijność (począwszy od aktywności wody $a_w = 0,44$), charakteryzowała się izoterma komosy czarnej (III). Można założyć, że nietypowe położenie izotermy sorpcji

zdeterminowane było w głównej mierze stanem fizycznym składników o charakterze hydrofilowym (skrobi i białka). Od dawna wiadomo, że rozdrabnianie (podobnie jak inne procesy jednostkowe, np. suszenie konwekcyjne, suszenie rozpyłowe, liofilizacja, mieszanie) może powodować destrukcję w materiałach „krystalicznych”, do których zalicza się naturalne skrobie. Obecność destrukcji powstających w wyniku rozdrabniania, powodujących powstawanie amorficznych regionów w krystalicznych ciałach stałych, może powodować podwyższenie ich higroskopijności, a tym samym przyczyniać się do obniżenia stabilności fizykochemicznej, a w konsekwencji trwałości przechowalniczej [26].

Komosa czarna (III) cechowała się większą zawartością węglowodanów w porównaniu z ziarnem pozostałych odmian, jednak istotna różnica ($F_{obl} = 10,933$; $F_{kryt} = 5,143$) pod względem przeciętnej zawartości tego składnika dotyczyła ziarna komosy czerwonej I i czarnej III, na którą wskazuje wynik testu Tukeya. Ocena istotności różnic pomiędzy średnią zawartością tłuszczy (tab. 1) w badanych próbkach ziana komosy ryżowej umożliwiła wykazanie, że różnice te nie są statystycznie istotne ($F_{obl} = 2,9178$; $F_{kryt} = 5,143$). Natomiast różnice pod względem zawartości białka (tab. 1) ($F_{obl} = 520,519$; $F_{kryt} = 5,143$) były statystycznie znaczące w każdym z porównywanych wariantów, co zostało potwierdzone wynikami testu Tukeya. Dlatego też zróżnicowanie chemiczne może być traktowane jako ważny czynnik zmienności, mający wpływ na właściwości sorpcyjne badanych próbek.

Ahleneck i Zografi [1] wykazali, że silnie odwodnione materiały, cechujące się obecnością przynajmniej częściowo amorficznej, a zatem zróżnicowanej fizycznie struktury matrycy, są skłonne do intensywnego pochłaniania wody szczególnie przez te właśnie obszary amorficzne. W takiej sytuacji nawet pozornie nieistotny wzrost zawartości wody w rzeczywistości będzie tworzył ważne dla stabilności produktu skupisko wody usytuowane w jednym małym obszarze próbki, co określone jest jako „amplifikacja” działania wody. Wówczas nawet nieznaczący statystycznie wzrost ilości wody może zmieniać mobilność cząsteczkową w tych nieuporządkowanych regionach i inicjować zmiany, które powodują niestabilności fizycznej i chemicznej [6], a w konsekwencji obniżająą trwałość lub decydują o różnicowniu cech technologicznych.

Rozkład wyników opisujących przebieg krzywych sorpcji poddano analizie wariancji (Anova). Zbadano wpływ jednego czynnika klasyfikującego podzielonego na wiele poziomów na wartość badanej cechy mierzalnej. Zmienną zależną była aktywność wody, zmienną grupującą – odmiana komosy. Uzyskane wyniki pozwoliły stwierdzić, że odmiana komosy ryżowej była istotnym czynnikiem różnicującym przebieg izoterm sorpcji w zakresie ($0,07 \div 0,11$) oddziaływań typu woda – matryca ($p = 0,000067 \div 0,0002$) decydujących o pojemności monowarstwy oraz przebiegu zjawiska kondensacji kapilarnej ($0,69 \div 0,85$) ($p = 0,000067 \div 0,0117$). Wyniki te mogą

wskazywać na istotny wpływ różnic w składzie chemicznym oraz charakterystyce mikrostrukturalnej powierzchni ziarna badanych odmian komosy ryżowej na jej właściwości sorpcyjne.

Izotermy sorpcji pary wodnej opisujące żywność znajdują odzwierciedlenie w więcej niż jednym modelu sorpcji. Kryteriami stosowanymi do wyboru najbardziej odpowiedniego modelu sorpcji są stopień dopasowania do danych eksperymentalnych i prostota modelu. W dążeniu do matematycznego wyrażenia zależności między aktywnością wody w żywności a jej zawartością opracowano do tej pory ponad 200 modeli np. Langmuira, Brunauera (BET), Guggenheima (GAB), Oswina, Smitha, Halsuya, Hendersona, Iglesiasa-Chirife'a, Pelega i wiele innych, których parametry zostały określone za pomocą dwóch, trzech, czterech lub sześciu współczynników regresji częściowej, wyjaśniających każdą z trzech stref specyficznych dla izotermy sorpcji [3]. W wielu przypadkach model, który dobrze opisuje zjawisko sorpcji przebiegające na powierzchni określonego produktu spożywczego może być nieskuteczny przy opisie tego zjawiska na powierzchni innego produktu [15]. Ponadto określony model może wykazywać odpowiednią zdolność przewidywania jedynie dla pewnych zakresów aktywności wody [3].

Równanie BET jest najczęściej stosowane do opisu właściwości sorpcyjnych żywności odwodnionej i stanowi podstawę w interpretacji zjawiska sorpcji wielowarstwowej, w szczególności znajdującego odzwierciedlenie w izotermach typu II i III. Jest również skuteczną metodą szacowania ilości wody związanego przez grupy polarne żywności odwodnionej [31]. Model BET opracowany przez Brunauera, Emmetta i Tellera zakłada, że sigmoidalny kształt izotermy jest wywołyany adsorpcją wielowarstwową. W myśl tego założenia każda zaadsorbowana cząsteczka staje się centrum adsorpcyjnym dla następnej cząsteczki adsorbatu. Siły występujące przy tworzeniu kolejnych warstw są analogiczne do sił powodujących skraplanie pary do cieczy. Za pomocą tego modelu można obliczyć zawartość wody związanej w warstwie monomolekularnej przy założeniu jednorodności powierzchni adsorpcyjnej oraz braku oddziaływań między zaadsorbowanymi cząsteczkami wody. Model BET dobrze charakteryzuje niektóre typy izoterm w zakresie aktywności wody nawet do $a_w = 0,5$, choć w większości przedstawione w literaturze wyniki mieszczą się w zakresie do $a_w = 0,33$.

W celu oszacowania wybranych parametrów mikrostruktury powierzchni oraz przebiegu zjawiska sorpcji empirycznie wyznaczone izotermy sorpcji wody poddano transformacji zgodnie z modelem BET w zakresie $a_w = 0,07 \div 0,33$. Parametry równania BET: pojemność monowarstwy v_m i stałą energetyczną C oraz sumę kwadratów odchyleń wartości teoretycznych od wartości empirycznych (SKO) wraz wartościami błędów standardowych oraz wartości średniego błędu kwadratowego (RMS) przedstawiono w tab. 3.

Tabela 3. Parametry równania BET

Table 3. BET equation parameters

Parametr Parameter	Ziarno komosy I Grain of quinoa I		Ziarno komosy II Grain of quinoa II		Ziarno komosy III Grain of quinoa III	
	Wartość Value	Błąd Error	Wartość Value	Błąd Error	Wartość Value	Błąd Error
v_m	2,38	± 4,03	2,18	± 3,59	2,02	± 3,28
C	2,59	± 3,12	2,77	± 3,20	2,89	± 3,26
SKO	69,84	± 5,91	66,43	± 5,76	62,49	± 5,59
RMS	24,44		24,05		23,86	

Pojemność monowarstwy (v_m) służy określeniu pojemności sorpcyjnej adsorbentów i traktowana jest jako wskaźnik dostępności miejsc polarnych dla pary wodnej, niezależnie od tego, który ze składników jest źródłem grup hydrofilowych. O pojemności v_m decydują: liczba poszczególnych składników bogatych w miejsca polarne oraz ich stan fizyczny, determinując ilość wody, która jest silnie związana z matrycją żywiości [20]. Wyznaczone wartości monowarstwy mieściły się w zakresie 2,02 ÷ 2,38 g H₂O na 100 g s.m. produktu. Wyższe wartości v_m stwierdzono w przypadku ziarna komosy czerwonej I i białej II. Wyniki te wskazują na zróżnicowanie stanu suchej matrycy ziarna badanych odmian komosy uwarunkowanego odmianowo. Struktura granul skrobiowych jest różna w zależności od jej pochodzenia i może dodatkowo ulegać zmianom na skutek ich dezagregacji w czasie rozdrabniania lub interakcji pomiędzy granulami skrobi i innymi składnikami mieszaniny, co jest przedmiotem innych badań [13, 30]. Biorąc pod uwagę nietypowe położenie izotermy komosy czarnej (III) ($a_w > 0,44$) można założyć, że wraz ze wzrostem zawartości wody w otoczeniu, powodującej intensyfikację zjawiska pochłaniania powierzchniowego, dochodziło do zmian mikrostrukturalnych szczególnie obszarów amorficznych. To zaś mogło powodować odsłanianie kolejnych miejsc polarnych. Skuteczne otwieranie się mikrostruktury uzależnione jest od jej amorficzności sprzyjającej lokalnemu wzrostowi higroskopijności i „amplifikacji” działania wody. Zjawisko to syntetycznie opisał Buckton [6].

Stała energetyczna C odzwierciedla różnicę pomiędzy entalpią desorpcji monowarstwy i entalpię parowania ciekłego adsorbentu. Uzyskane wyniki stałej C ($C \geq 2$) potwierdzają sigmoidalny kształt krzywej adsorpcji i pozwalają przypuszczać, że w badanych produktach zachodził jedynie proces adsorpcji fizycznej.

Oszacowane wartości pojemności monowarstwy v_m stanowiły podstawę do obliczenia powierzchni właściwej sorpcji, która największą wartość przyjęła w przypadku komosy czerwonej I (83,7 m²/g), najmniejszą zaś w przypadku komosy czarnej III (71,1 m²/g).

Modelu BET nie zastosowano natomiast do obliczenia ogólnej objętości kapilar, ponieważ model ten wykazuje stałą tendencję do znacznego zawyżania równowagowej zawartości wody po przekroczeniu punktu odpowiadającego początkowi zjawiska kondensacji kapilarnej, a obszar ten stanowi podstawę tego oszacowania.

Drugim teoretycznym modelem użyтыm do opisu właściwości sorpcyjnych ziarna komosy i scharakteryzowania wybranych parametrów mikrostruktury powierzchni był model GAB, który ma wiele zalet w porównaniu z innymi modelami. Jedną z najważniejszych właściwości modelu GAB jest to, że ma on realistyczne tło teoretyczne, ponieważ stanowi udoskonalenie teorii adsorpcji fizycznej Langmuira i BET. Model GAB wskazuje, że stan cząsteczek sorbatu w drugiej warstwie jest identyczny jak w warstwach wyższych, ale różni się od stanu ciekłego. Molekuły wody tworzące warstwę drugą i kolejne zwykle wypełniają małe naczynia włosowate i są słabiej związane z matrycą ciała stałego niż monomolekularna warstwa wody, przez co przyczyniają się do postępującego rozluźniania struktury i odsłaniania dodatkowych miejsc polarnych. Ta frakcja wody występującej w produktach żywnościowych jest postrzegana jako ciągłe przejście od wody związanej do wody wolnej. W celu zapewnienia bardziej precyzyjnego, w porównaniu z modelem BET, opisu zjawiska sorpcji na powierzchni ciała stałego, model GAB zawiera trzecią stałą (K), która określa różnicę potencjału chemicznego pomiędzy molekułami tworzącymi wielowarstwę (opisywaną jako II obszar izotermy sorpcji) i cząsteczkami czystej chemicznie wody.

Główną zaletą modelu GAB jest to, że jego parametry mają znaczenie fizyczne w interpretacji zjawiska sorpcji. Poza tym pozwala on na badanie wpływu temperatury na izotermy z zastosowaniem równań typu Arrheniusa [2]. Wadą modelu GAB jest zaniedbanie prognozowanych równowagowych zawartości wody odpowiadających wysokim poziomom jej aktywności ($a_w > 0,93$). Ten typ modelu traci swą wysoką zdolność predykcyjną w zakresie bardzo dużej wilgotności. Tym samym należy podkreślić, że metoda wykorzystująca nasycone roztwory soli w wyznaczaniu izoterm sorpcji nie powinna być źródłem pełnego zakresu danych w przypadku ich zastosowania do matematycznego opisu krzywej sorpcji z użyciem modelu GAB. Parametry równania GAB zidentyfikowane z uwzględnieniem opisanych powyżej ograniczeń wraz z wartościami błędów przedstawiono w tab. 4.

Porównanie wartości SKO i RMS (tab. 3 i 4) pozwala stwierdzić, że model GAB lepiej i w szerszym zakresie a_w opisuje przebieg zjawiska sorpcji w badanych próbkach komosy ryżowej niż model BET. Przyjmuje się bowiem, że wielkość średniego błędu kwadratowego (RMS) na poziomie niższym niż 10 % wskazuje na dobrą zgodność dopasowania modelu do danych sorpcyjnych w całym badanym zakresie a_w [25]. Wyznaczone na podstawie modelu GAB wartości v_m były wyższe niż w przypadku modelu BET, jednocześnie mieściły się w zakresie $8,97 \div 10,45$ g H₂O na 100 g s.m. ziaren

komosy, co odpowiadało zakresowi podanemu przez Karella [15], jako typowemu dla produktów żywnościovych.

Tabela 4. Parametry równania GAB
Table 4. GAB equation parameters

Parametr Parameter	Ziarno komosy I Grain of quinoa I		Ziarno komosy II Grain of quinoa II		Ziarno komosy III Grain of quinoa III	
	Wartość Value	Błąd Error	Wartość Value	Błąd Error	Wartość Value	Błąd Error
v_m	10,44	$\pm 0,42$	10,15	$\pm 0,64$	8,97	$\pm 1,01$
C	1,04E + 12	$\pm 1,12E + 20$	1,47E + 11	$\pm 3,78E + 19$	1,48E + 11	$\pm 5,11E + 19$
K	0,41	$\pm 0,04$	0,45	$\pm 0,06$	0,65	$\pm 0,06$
SKO	5,01	$\pm 0,85$	14,17	$\pm 1,42$	36,07	$\pm 2,27$
RMS	5,03		7,67		11,60	

Wartość parametru C jest według Lewickiego [17] ważnym wyznacznikiem wskazującym na poprawność wyboru modelu GAB do opisu danych empirycznych. Parametr ten zawiera się w przedziale $5,67 \div \infty$, co wskazuje na właściwy wybór modelu. Warunek ten został spełniony we wszystkich wariantach eksperymentu. Z kolei według Diosady'ego i wsp. [11] silne oddziaływanie adsorbent – adsorbat o charakterze egzotermicznym prowadzą do obniżenia temperatury procesu oraz zwiększenia wartości C . Na podstawie tych wskazań można stwierdzić, że proces powierzchniowego pochłaniania wody przez badane próbki komosy ryżowej miał charakter chemiczny.

Parametr K służy korygowaniu właściwości cząsteczek pary wodnej zlokalizowanych w wielowarstwie adsorpcyjnej w porównaniu z fazą ciekłą. Wartość parametru K wskazuje na zakres stosowania równania GAB. Lewicki [17] wykazał bowiem, że jednym z warunków prawidłowego zastosowania równania GAB do opisu eksperymentu jest wartość K mieszcząca się w zakresie $0,24 \div 1$, co zostało spełnione w badanym przypadku. Lewicki [17] stwierdził, że kiedy wartość liczbową stałej K mieści się we wskazanym zakresie, to utrzymanie błędu obliczenia zawartości wody w monowarstwie na poziomie $\pm 15,5\%$ wymaga wartości liczbowej stałej C większej niż 5,5. Ponadto według Caurie [8] wartość K pozwala zróżnicować adsorpcję monomolekularną ($K \leq 0,5$) i wielowarstwową ($K > 0,5$). Z kolei Chirife i Iglesias [9] stwierdzili, że wartość K uzależniona jest od rodzaju opisywanego produktu. W przypadku kiedy pochłanianie zachodzi na powierzchni struktur białkowych, wartości parametru K mieszczą się w zakresie $0,82 \div 0,86$, w przypadku struktur skrobiowych – w zakresie $0,7 \div 0,77$. Biorąc pod uwagę specyfikę badanego materiału, uzyskane wartości K należy traktować raczej jako wynik interakcji zachodzących podczas pochłaniania molekuł wody

przez heterogenną strukturę rozdrobnionego ziarna komosy niż jako prostą wypadkową oddziaływania białka i skrobi.

Tabela 5. Charakterystyka strukturalna rozdrobnionego ziarna komosy ryżowej I, II, III
Table 5. Structural characteristics of comminuted grains of quinoa I, II and III

Ziarno komosy Grain of quinoa	Powierzchnia właściwa sorpcji a_{sp} [$\text{m}^2/\text{g s.m.}$] Specific surface area of sorption a_{sp} [$\text{m}^2/\text{g d.b.}$]	Ogólna objętość kapilar [$\text{nm}^3/100 \text{ g s.m.}$] General capacity of capillaries [$\text{nm}^3/100 \text{ g d.b.}$]	Promień kapilar przy $a_w = 0,70 \text{ [nm]}$ Capillary radius at $a_w = 0,70 \text{ [nm]}$
I	367	62,46	2,53
II	357	64,00	2,57
III	315	76,78	2,85

Wartości monowarstwy v_m , wyznaczone z modelu GAB wykorzystano do obliczenia powierzchni właściwej sorpcji (tab. 5), która największą wartość przyjęła w przypadku komosy czerwonej I ($367 \text{ m}^2/\text{g}$), najmniejszą zaś – w przypadku komosy czarnej III ($315 \text{ m}^2/\text{g}$). Dane wygenerowane na podstawie modelu GAB zastosowano także do obliczenia ogólnej objętości kapilar badanego materiału jako sumy objętości wody zaadsorbowanej przez materiał w zakresie aktywności wody $0,70 \div 0,93$ ze względu na przydatność tego modelu do opisywania krzywych sorpcji w szerokim zakresie [14, 20]. Wykazano, że komosa czarna III cechowała się najbardziej porowatą strukturą powierzchni, czego wyrazem była najwyższa wartość ogólnej objętości kapilar ($76,78 \text{ nm}^3/100 \text{ g s.m.}$). Jednocześnie w warunkach zainicjowania kondensacji kapilarnej na powierzchni ziarna komosy czarnej III wypełnieniu ulegały kapilary o największym promieniu (2,85 nm). Ziarno pozostałych dwóch odmian charakteryzowało się zbliżonymi i mniejszymi wartościami ogólnej objętości kapilar w porównaniu z komosą czarną (tab. 5) oraz mniejszymi rozmiarami kapilar ulegających wypełnieniu w czasie wystąpienia kondensacji kapilarnej (tab. 5). Podsumowując, można przypuszczać, że pory o większym promieniu determinują większą objętość ogólną kapilar w produkcji. Z kolei produkty o strukturze mikrokapilarnej mogą cechować się bardziej rozwiniętą powierzchnią monomolekularną, co wynika najprawdopodobniej ze znacznego rozwinięcia powierzchni sorpcji przez powierzchnię małych kapilar.

Do opisu izoterm sorpcji rozdrobnionego ziarna komosy ryżowej I, II i III zastosowano również czteroparametryczny model Pelega oraz dwuparametryczny model Oswina. Zarówno model Oswina z 1946 roku, jak i model Pelega z 1993 roku opisywane są jako równania empiryczne pozbawione teoretycznego tła [3]. Wyniki liczących prac, jak również niniejszej pracy wskazują, że model Pelega przedstawia taką samą lub nawet większą przydatność do opisu sorpcji pary wodnej niż model GAB (tab. 6).

Tabela 6. Parametry równania Pelega

Table 6. Peleg equation parameters

Parametr Parameter	Ziarno komosy I Grain of quinoa I		Ziarno komosy II Grain of quinoa II		Ziarno komosy III Grain of quinoa III	
	Wartość Value	Błąd Error	Wartość Value	Błąd Error	Wartość Value	Błąd Error
A	12,77	± 0,39	13,40	± 0,27	29,53	± 3,63
B	0,05	± 0,02	0,07	± 0,01	12,68	± 1,75
D	7,77	± 0,66	15,41	± 1,96	14,32	± 0,44
E	5,34	± 0,95	11,87	± 1,79	0,12	± 0,02
SKO	0,66	± 0,33	0,68	± 0,34	1,79	± 0,55
RMS	1,88		1,88		3,04	

W modelu Pelega wartość RMS oszacowania krzywej sorpcji rozdrobnionego ziarna komosy czerwonej (I) oraz białej (II) wynosiła 1,88 %, a komosy czarnej (III) – 3,04 %, co wskazuje, że model ten bardzo dobrze opisuje dane eksperymentalne niezależnie od cech odmianowych. Model Oswina z kolei zdecydowanie najsłabiej odzwierciedla dane eksperymentalne. Wartości RMS w przypadku modelu Oswina wynosiły od 37,25 do 40,81 % (tab. 7).

Tabela 7. Parametry równania Oswina

Table 7. Oswin equation parameters

Parametr Parameter	Ziarno komosy I Grain of quinoa I		Ziarno komosy II Grain of quinoa II		Ziarno komosy III Grain of quinoa III	
	Wartość Value	Błąd Error	Wartość Value	Błąd Error	Wartość Value	Błąd Error
h	36,7585	± 9,0338	34,4612	± 8,9917	28,3303	± 7,6019
z	-0,3432	± 0,1675	-0,2901	± 0,1717	-0,0800	± 0,1545
SKO	201,553	± 5,0194	222,1023	± 5,2690	246,7318	± 5,5535
RMS	37,25		38,70		40,81	

Porównanie statystyk służących ocenie zdolności predykcyjnej poszczególnych modeli umożliwiło jednoznaczne wykazanie, że kryterium dobrego dopasowania modelu do danych eksperymentalnych spełniały modele GAB i Pelega. Przy tym, uwzględniając teoretyczny charakter modelu GAB, można wskazać na jego wyższą przydatność w badaniach nad zjawiskami powierzchniowymi zachodzącymi w żywności odwodnionej, które decydują o jej stabilności przechowalniczej.

Wnioski

1. Izotermy sorpcji wody rozdrobnionego ziarna wszystkich badanych odmian komosy ryżowej cechowały się przebiegiem typowym dla izotermy typu II według klasyfikacji Brunauera.
2. Rozdrobione ziarno poszczególnych odmian komosy różniło się między sobą właściwościami sorpcyjnymi. Odmiana komosy czarnej (III) charakteryzowała się najmniejszą pojemnością warstwy monomolekularnej, a w konsekwencji także powierzchnią właściwą sorpcji. Jednocześnie cechowała się odmienną od pozostałych dwóch odmian porowatością. Po zainicjowaniu zjawiska kondensacji kapilarnej na powierzchni częstek rozdrobnionego ziarna komosy czarnej (III) wypełnianiu uległy kapilary o większym promieniu w porównaniu z pozostałymi dwoma badanymi próbami. Jednocześnie rozdrobione ziarno komosy czarnej cechowało się większą ogólną objętością kapilar niż ziano komosy czerwonej (I) i białej (II).
3. Modele GAB i Pelega dobrze opisywały dane sorpcyjne rozdrobnionego ziarna wszystkich badanych odmian komosy ryżowej w pełnym zakresie aktywności wody. Obliczony średni błąd kwadratowy (RMS) w przypadku tych modeli oscylował na poziomie niższym niż 10 %.

Praca została sfinansowana ze środków na działalność statutową 453/DS/2018

Literatura

- [1] Ahlneck C., Zografi G.: The molecular basis of moisture effects on the physical and chemical stability of drugs in the solid state. *Int. J. Pharm.*, 1990, 62, 87-95.
- [2] Al-Muhtaseb A.H., McMinn W.A.M., Magee T.R.A.: Moisture sorption isotherm characteristics of food products: A review. *Food Bioprod. Process.*, 2002, 80 (2), 118-128.
- [3] Andrade R.D., Lemus R.M., Pérez C.C.: Models of sorption isotherms for food: Uses and limitations. *Vitae, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 2011, 18 (3), 325-334.
- [4] Bolin H.R.: Relation of moisture to water activity in prunes and raisins. *J. Food Sci.*, 1980, 45, 1190-1192.
- [5] Brunauer S., Deming L.S., Deming W.E., Teller E.: On the theory of van der Waals adsorption of gases. *J. Am. Chem. Soc.*, 1940, 62, 1723-1732.
- [6] Buckton G.: Characterisation of small changes in the physical properties of powders of significance for dry powder inhaler formulations. *Adv. Drug Deliv. Rev.*, 1997, 26, 17-27.
- [7] Cacak-Pietrzak G., Szybilska A.: Skład chemiczny oraz walory żywieniowe komosy ryżowej. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2011, 3, 19-21.
- [8] Caurie M.: The derivation of the GAB adsorption equation from the BDDT adsorption theory. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2006, 41 (2), 173-179.
- [9] Chirife J., Iglesias H.A.: Estimation of precision of isosteric heat of sorption determined from the temperature dependence of food isotherms. *LWT*, 1992, 25 (1), 83-84.
- [10] Dębski B., Gralak M.A.: Komosa ryżowa – charakterystyka i wartość dietetyczna. *Żyw. Człowiek. Metab.*, 2001, 28, 360-369.
- [11] Diasady L.L., Rizvi S.S.H., Cai W., Jagdeo D.J.: Moisture sorption isotherms of canola meals, and applications to packing. *J. Food Sci.*, 1996, 61, 204-208.
- [12] Domian E., Lenart A.: Adsorpja pary wodnej przez żywność w proszku. *Żywność. Nauka Technologia. Jakość*, 2000, 4 (25), 27-35.

- [13] Erbas M., Ertugay M.F., Cetel M.: Moisture adsorption behavior of semolina and farina. *J. Food Eng.*, 2005, 69, 191-198.
- [14] Figura L.O., Teixeira A.A.: *Food physics. Physical properties – measurement and applications.* Springer – Verlag, Berlin 2007.
- [15] Gondek E., Lewicki P.P.: Izotermy sorpcji pary wodnej suszonych i kandyzowanych owoców. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 2005, 4 (1), 63-71.
- [16] Karel M.: Water activity and food preservation. In: *Physical Principles of Food Preservation. Principles of Food Science. Part 2.* Ed. M. Karel, O.R. Fennema, D.B. Lund. Marcel Dekker, New York City 1975, pp. 237-263.
- [17] Lewicki P.P.: The applicability of the GAB model to food water sorption isotherms. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 1997, 32 (6), 553-557.
- [18] Mieszkowska A., Marzec A.: S Właściwości sorpcyjne ciastek kruchych z mąką z ciecierzycey. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 2015, 582, 35-42.
- [19] Ocieczek A.: Comparison of sorption properties of semolina and farina. *Acta Agroph.*, 2007, 9 (1), 135-145.
- [20] Ocieczek A.: Właściwości hydratacyjne jako wyróżnik jakości użytkowej mąk pszennych pasażowych. *Prace Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni*, Gdynia 2012.
- [21] Ocieczek A., Ruszkowska M., Palich P.: Porównanie właściwości sorpcyjnych wybranych rodzajów skrobi. *Brom. Chemia Toksykol.*, 2012, XLV (3), 1018-1023.
- [22] Ocieczek A., Schur J.: Ocena wpływu wybranych dodatków na właściwości sorpcyjne miękkiszu pieczywa pszennego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2015, 1 (98), 143-154.
- [23] Paderewski M.: *Procesy adsorpcyjne w inżynierii chemicznej.* WNT, Warszawa 1999.
- [24] Pałacha Z.: Aktywność wody – ważny parametr żywności. *Przem. Spoż.*, 2008, 4, 22-26.
- [25] Pałacha Z., Sas A.: Właściwości sorpcyjne wybranych gatunków ryżu. *Acta Agroph.*, 2016, 23 (4), 681-694.
- [26] Pikal M.J., Lukes A.L., Lang J.E., Gaines K.: Quantitative crystallinity determinations for beta-lactam antibiotics by solution calorimetry: Correlations with stability. *J. Pharm. Sci.*, 1978, 67, 767-772.
- [27] Rahman M.S.: State diagram of foods: Its potential use in food processing and product stability. *Food Sci. Technol.*, 2006, 17, 129-141.
- [28] Recommended Methods of Analysis and Sampling CODEX STAN 234
- [29] Roman G.N., Urbicain M.J., Rotstein E.: Moistrue equilibrium in apples at several temperatures. Experimental data and theoretical considerations. *J. Food Sci.*, 1982, 47, 1484-1492.
- [30] Saad Mohamad M., Gaiani C., Scher J., Cuq B., Ehrhardt J.J., Desobry S.: Impact of re-grinding on hydration properties and surface composition of wheat flour. *J. Cereal Sci.*, 2009, 49, 134-140.
- [31] Sahin S., Gülmüm Sumnu S.: *Physical Properties of Foods.* Springer, New York City 2006, pp. 205-218.
- [32] Tsami E., Marinos-Kouris D., Maroulis Z.B.: Water sorption isotherms of raisins currants, figs, prunes and apricots. *J. Food Sci.*, 1990, 55, 1594-1597.

COMPARING SORPTION PROPERTIES OF GRAINS OF SELECTED QUINOA VARIETIES (*CHENOPODIUM QUINOA WILLD.*)

S u m m a r y

The objective of the research study was to comparatively assess the sorption properties of comminuted grains of three quinoa varieties: red (I), white (II), and black (III). Under the research study, the water content and water activity were determined in the comminuted grains and the vapour sorption isotherms were delineated with the use of a statistical method within the $a_w = 0.07 \div 0.93$ range of water activity. Also, the plotted isotherms were described mathematically using the BET, GAB, and Oswin and Peleg

models. The parameters of the two theoretical models (BET and GAB) were applied to estimate the monolayer capacity and specific surface area of sorption, while the GAB model was also applied to estimate the total capacity of capillaries and the radius of capillaries subject to filling upon initiation of the capillary condensation phenomenon. In order to estimate the parameters of the models tested, a non-linear regression method and a Monte Carlo algorithm were applied. The minimization of the sum of residual squares was the goal function. The results achieved led to the conclusion that the grains of the quinoa varieties studied differed in the initial water content and water activity as well as in the sorption properties. The comparison of the sorption properties made it possible to show that the grains of black quinoa (III) was characterized by a better quality expressed as storage stability contingent on a significant development of the monolayer that protects the product against unfavourable changes related to an increase in the amount of free water throughout the product storage life. The quinoa variety-depending properties of its grains result in the differentiation of its sorption properties. In addition, the RMS value was lower than 10 %; thus, on this basis it was confirmed that the GAB and Peleg models were those to best describe the sorption properties of the grains studied.

Key words: quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), BET, GAB, Oswin, Peleg, storage stability 

Numery ORCID IP:

Aneta Ocieczek 0000-0003-0173-4439; Millena Ruszkowska 0000-0002-4488-1087

ZUZANNA MAŁYSZEK, JACEK LEWANDOWICZ

WPŁYW STOPNIA PODSTAWIENIA SKROBI E1422 NA WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNE W UKŁADACH ZAWIERAJĄCYCH CHLOREK SODU

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

Powszechność stosowania skrobi modyfikowanych wynika z konieczności poprawy właściwości funkcjonalnych skrobi naturalnej. Skrobie sieciowane i acetylowane są w technologii żywności najpowszechniej stosowanymi skrobiami modyfikowanymi, a ich właściwości zależą zarówno od rodzaju wprowadzonej grupy modyfikującej, jak i stopnia podstawienia. W związku z tym, że właściwości reologiczne skrobi są silnie uwarunkowane wieloma czynnikami środowiskowymi, takimi jak obecność cukrów, soli oraz pH, w pracy podjęto próbę przedstawienia zmian właściwości reologicznych kleików skrobiowych w układach zawierających chlorek sodu. Badanym materiałem był acetylowany adypinian diskrobiowy E1422, który ma szerokie zastosowanie jako dodatek do żywności i należy do najczęściej używanych hydrokoloidów w grupie produktów pochodzenia roślinnego. Otrzymany został ze skrobi ziemniaczanej o różnym stopniu podstawienia grupami acetylowymi oraz o różnym stopniu usieciowania grupami adypinowymi. Badania prowadzono w układach modelowych (5-procentowa zawiesina skrobiowa z 3-procentowym dodatkiem chlorku sodu), które analizowano pod względem przebiegu krzywej kleikowania za pomocą wiskografu Brabendra. Do badań reometrycznych użyto kleików skrobiowych wytworzonych w aparacie Brabendra. Ponadto przeprowadzono analizę profilu tekstyury (TPA). Wykazano, że chlorek sodu w zasadniczy sposób wpływa na procesy fizycznej transformacji skrobi w czasie obróbki termicznej. Dodatek soli wpływa na przebieg krzywej kleikowania oraz w mniejszym stopniu na właściwości reologiczne kleików skrobiowych. Siła obserwowanych zmian jest zależna od stopnia podstawienia analizowanych preparatów acetylowanego adypinianu diskrobiowego.

Słowa kluczowe: acetylowanie, sieciowanie, skrobia modyfikowana, właściwości reologiczne

Wprowadzenie

Skrobia jako produkt pochodzenia roślinnego ma duże zastosowanie w przemyśle spożywczym. W wielu produktach komercyjnie dostępnych wykorzystuje się skrobie modyfikowane jako zagęstniki i stabilizatory. Dodatkowo właściwościami produktu

Mgr Z. Małyszek, Zakład Koncentratów Spożywczych i Produktów Skrobiowych, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego, ul. Starołęcka 40, 61-361 Poznań, dr inż. J. Lewandowicz, Katedra Zarządzania Produkcją i Logistyki, Wydział Inżynierii Zarządzania, Politechnika Poznańska, ul. Strzelecka 11, 60-965 Poznań. Kontakt: zuzanna.malyszek@ibprs.pl

końcowego można sterować poprzez wprowadzanie podwójnych modyfikacji chemicznych i/lub fizycznych [20]. Skrobia poddana takim modyfikacjom wykazuje właściwości inne od materiału wyjściowego. Odpowiednio dobrane czynniki modyfikujące zmieniają strukturę przestrenną i chemiczną granulek skrobi, a tym samym umożliwiają otrzymanie właściwości wymaganych przez odbiorców. Wśród szeregu modyfikacji ważne miejsce zajmuje reakcja sieciowania. Proces ten polega na wzmocnieniu istniejących w skrobi natywnej oddziaływań międzymOLEKULARNYCH poprzez wprowadzenie dodatkowych wiązań chemicznych pochodzących od di- lub wielofunkcyjnych reagentów, np. kwasu adypinowego lub trimetyfosforanu sodu. Modyfikacja ta umożliwia otrzymanie wielu nowych preparatów o ścisłe określonych właściwościach funkcjonalnych i użytkowych [7]. Jednym z nich jest acetylowany adypinian diskrobiowy, który ma szerokie zastosowanie jako dodatek do żywności. Jednocześnie należy on do najczęściej stosowanych hydrokoloidów w grupie produktów pochodzenia roślinnego [13, 17].

W celu określenia przydatności skrobi do różnych zastosowań komercyjnych bada się jej właściwości reologiczne. Do najbardziej istotnych parametrów określanych w zmodyfikowanych preparatach skrobiowych należy zaliczyć lepkość. Badania te najczęściej prowadzi się za pomocą wiskografów – aparatów umożliwiających badanie charakterystyki kleikowania. Przyrządy tego typu wykorzystuje się do kontroli procesu w zakładach produkujących skrobie modyfikowane i w krochmalniach [10, 14, 15, 18]. W celu bardziej dokładnego poznania właściwości reologicznych skrobi stosuje się reometry. Najważniejszymi parametrami technologicznymi uzyskanymi przez pomiary reologiczne są: temperatura kleikowania, lepkość oraz stabilność reologiczna, w tym przede wszystkim odporność na siły ścinające. Za szczególnie użyteczne należy uznać metody oscylacyjne pozwalające na nieniszące badanie roztworów hydrokoloidów o charakterze żeli [1, 6, 10]. Zmiany właściwości reologicznych kleików skrobiowych mogą być wywołane poprzez dodanie substancji słodzących, soli spożywczych, jak i składników mineralnych, które mogą ograniczać przydatność aplikacyjną preparatów.

Celem pracy było określenie wpływu stopnia podstawienia skrobi E1422 na właściwości reologiczne jej kleików zawierających chlorek sodu.

Material i metody badań

Materiałem badanym był acetylowany adypinian diskrobiowy E1422 otrzymany ze skrobi ziemniaczanej w wyniku modyfikacji różnymi dawkami środka sieciującego przy różnych poziomach acetylacji bezwodnikiem kwasu octowego [19]. Stopień podstawienia grupami acetylowymi (AC) oznaczano zgodnie z wytycznymi Połączonego Komitetu Ekspertów FAO/WHO [12]. Zawartość grup adypinowych (AD) oznaczano metodą chromatografii cieczowej [3] według procedury zalecanej przez JECFA [2]. Pomiar wykonywano przy użyciu chromatografu cieczowego 1200 Infinity LC (auto-

sampler G1329B, podwójna pompa G1312B, diodowy detektor G1315C, długość fali $\lambda = 210$ nm) – Agilent Technologies, USA. Zastosowano kolumnę Aminex HPX-87H 300 × 7,8 mm z Bio-Rad. Eluentem była mieszanina 0,001 M H₂SO₄ i acetonitrylu w stosunku 96 : 4 przy prędkości przepływu 0,6 ml/min. Próbki nastrzykiwano do kolumny w ilości 30 µl. Jakościowe i ilościowe oznaczenie prowadzono metodą wzorca wewnętrznego (kwas pimelinowy). Ilości czynnika sieciującego i bezwodnika kwasu octowego użyte do modyfikacji przedstawiono w tab. 1. [15].

Tabela 1. Ilość czynnika sieciującego i bezwodnika kwasu octowego na 1000 g skrobi, użytego do syntezy skrobi E1422 oraz teoretyczna zawartość grup adipinowych i acetylowych

Table 1. The amount of crosslinking agent and acetic anhydride per 1000 g of starch used for the synthesis of starch E1422 and the theoretical content of adipic and acetyl groups

Nr próbki No. of sample	Ilość czynnika sieciującego Amount of cross-linking agent [g]	Ilość bezwodnika octowego Amount of acetic anhydride [g]	Teoretyczna zawartość grup adipinowych Theoretical content of adipic groups [%]	Teoretyczna zawartość grup acetylowych Theoretical content of acetyl groups [%]
1	0	5	0,00	2,50
2	1	4	0,23	2,38
3	1	0	0,23	0,38
4	2	3	0,45	2,27
5	2	0	0,45	0,77
6	3	2	0,68	2,16
7	3	0	0,68	1,16
8	4	1	0,91	2,05
9	4	0	0,91	1,54
10	5	0	1,14	1,93

Przebieg kleikowania wodnych zawiesin 5-procentowego kleiku skrobiowego z dodatkiem 3 % NaCl badano wiskografem Brabender® GmbH & Co. KG, Niemcy). Stosowano puszkę pomiarową 0,07 Nm, profil temperaturowy [°C]: 25 - 92,5 - 25, prędkość ogrzewania/chłodzenia – 1,5 °C/min oraz czas termostatowania – 20 min. Z krzywych przebiegu procesu kleikowania analizowano:

- temperaturę kleikowania [°C] – temperatura początku kleikowania (wzrostu lepkości),
- lepkość końcową [BU] – lepkość kleiku na końcowym etapie badania,
- wartość Breakdown [BU] – zmniejszenie lepkości (różnica między lepkością w piku a minimalną lepkością w fazie termostatowania),
- wartość Setback [BU] – wzrost lepkości (różnica między lepkością końcową a minimalną lepkością w fazie termostatowania).

Do badań reometrycznych używano kleików skrobiowych wytworzonych w aparacie Brabendera zgodnie z zaleceniami [11]. Pomiary lepkości prowadzono z użyciem reometru RotoVisco1 (Haake, Niemcy) w temp. 20 °C. W badaniach stosowano rotor Z20 DIN oraz urządzenie termostatujące DC30-K10 (Haake, Niemcy). Pomiar w trybie CR prowadzono w zakresie szybkości ścinania γ : 0,01 ÷ 600,00 s⁻¹. Otrzymane krzywe opisano modelam Ostwalda de Waele'a (1). Wyniki rejestrowane oraz obliczenia wykonano przy użyciu programu RheoWin 3.61.

$$\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n \quad (1)$$

Oznaczenia parametrów uniwersalnego profilu tekstury kleików wykonywano przy użyciu teksturometru TA.XT2 (Stable Micro Systems, Wielka Brytania). Badanie profilu tekstury polegało na dwukrotnej penetracji próbek badanych kleików aluminiową sondą cylindryczną o średnicy 35 mm na głębokość 20 mm z prędkością 0,5 mm·s⁻¹. Do pomiaru używano kleików sporządzonych w aparacie Brabendera. Określano następujące parametry tekstury: twardość, adhezyjność, spójność, sprężystość, gumowatość [16].

Analizę statystyczną wykonano w programie Statistica 13.1 (Dell Software, USA). W celu określenia istotności różnic pomiędzy wartościami średnimi przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji uzupełnioną o test Tukeya.

Wyniki i dyskusja

Badane skrobie otrzymano laboratoryjnie, gdyż przemysł nie oferuje tego typu preparatów w pełnej gamie stopni podstawienia. Zawartość grup modyfikujących, jak i stopień podstawienia w badanych preparatach, przedstawiono w tab. 2. Efektywność podstawienia grupami adyipinowymi wała się w zakresie 29 ÷ 48 %, a w przypadku grup acetylowych – 42 ÷ 53 %.

Ze względu na przebieg procesu kleikowania preparaty skrobiowe dzieli się na trzy typy: high, medium oraz restricted [9]. Wszystkie analizowane próbki charakteryzowały się typowym dla skrobi modyfikowanych chemicznie na drodze sieciowania pośrednim rodzajem kleikowania (ang. *medium type of swelling characteristics*) [4]. Otrzymana charakterystyka przebiegu kleikowania mogła być również spowodowana dodatkiem chlorku sodu, co zostało zaobserwowane w przypadku skrobi natywnej [8] oraz sieciowanej [5]. Przebieg kleikowania według schematu pośredniego charakteryzuje się umiarkowanym wzrostem lepkości podczas ogrzewania, stabilizacją lepkości w fazie termostatowania oraz wzrostem lepkości w fazie chłodzenia [9]. Najważniejsze parametry opisujące tego typu przebieg kleikowania badanych skrobi przedstawiono w tab. 3. Najniższe temperatury początku kleikowania obserwowano w preparatach o wysokim stopniu podstawienia grupami acetylowymi, tj. próbki 1, 2 i 4. Z kolei

Tabela 2. Zawartość grup modyfikujących, stopień oraz efektywność podstawienia skrobi E1422

Table 2. Content of modifying groups, degree of substitution, and substitution efficiency of E1422 starch

Nr próbki No. of sample	Zawartość grup AD AD groups content [%]	Zawartość grup AC AC groups content [%]	Stosunek zawartości grup AD do AC AD to AC groups content ratio	Efektywność podstawienia grupami AD Efficiency of substitution with AD groups [%]	Efektywność podstawienia grupami AC Efficiency of substitution with AC groups [%]	DS grupami AD DS with AD groups	DS grupami AC DS with AC groups
1	-	1,23	0	-	49	-	0,047
2	0,09	1,26	0,07	39	53	0,0006	0,048
3	0,11	0,19	0,58	48	50	0,0008	0,007
4	0,15	1,10	0,14	33	48	0,0011	0,042
5	0,16	0,39	0,41	36	51	0,0011	0,015
6	0,21	0,97	0,22	31	45	0,0015	0,037
7	0,22	0,47	0,47	32	41	0,0016	0,018
8	0,28	0,96	0,29	31	47	0,0020	0,037
9	0,29	0,64	0,45	32	42	0,0021	0,024
10	0,33	0,92	0,36	29	48	0,0024	0,035

Objaśnienia / Explanatory notes:

AD – grupy adypinowe / adipic groups; AC – grupy acetylowe / acetyl groups; DS – stopień podstawienia / degree of substitution.

najwyższe temperatury odnotowano w próbkach 3, 5 i 7, które charakteryzowały się różnymi stopniami podstawienia grupami adypinowymi, ale relatywnie niskimi grupami acetylowymi. W przeciwnieństwie do temperatury kleikowania lepkość końcowa (będąca najistotniejszym parametrem technologicznym w analizie przebiegu kleikowania) była zależna jedynie od zawartości grup adypinowych. Przy niewielkim stopniu usieciowania (próbki 2 i 3) zdolność zagęszczająca preparatów E1422 w układach zawierających sól kuchenną ulegała poprawie. Dalszy dodatek czynnika sieciującego (próbki 4 - 10) powodował nadmierne usieciowanie, które prowadzi do obniżenia lepkości tych preparatów. Powyższe wnioski potwierdzają także obserwowane wartości parametrów breakdown oraz setback. Zwiększenie usieciowania prowadzi do obniżenia wartości breakdown, co najprawdopodobniej wynika z wydłużonego lub częściowo ograniczonego procesu kleikowania. Podobną zależność można zaobserwować w odniesieniu do parametru setback, jednak w tym przypadku obok zawartości grup adypinowych znaczenie ma duża zawartość grup acetylowych. Świadczą o tym odbiegające od pozostałych wyniki próbek 1, 8 oraz 10.

Tabela 3. Parametry opisujące przebieg kleikowania preparatów E1422 z dodatkiem chlorku sodu
 Table 3. Pasting parameters of E1422 suspensions with sodium chloride added

Nr próbki No. of sample	Temperatura kleikowania Pasting temperature [°C]	Lepkość końcowa Final viscosity [BU]	Breakdown [BU]	Setback [BU]
1	59,8 ^a ± 0,2	744 ^e ± 16	61 ^d ± 6	348 ^f ± 7
2	60,6 ^b ± 0,1	1107 ^f ± 18	49 ^c ± 4	571 ^h ± 10
3	63,5 ^f ± 0,3	1074 ^f ± 19	17 ^b ± 2	513 ^g ± 12
4	61,5 ^c ± 0,1	631 ^d ± 16	19 ^b ± 2	162 ^e ± 4
5	63,5 ^f ± 0,2	557 ^c ± 12	5 ^a ± 1	113 ^c ± 3
6	62,3 ^d ± 0,2	525 ^c ± 9	0 ^a ± 1	89 ^{ab} ± 2
7	63,5 ^f ± 0,1	473 ^{ab} ± 7	1 ^a ± 1	75 ^a ± 3
8	62,3 ^d ± 0,2	477 ^b ± 5	0 ^a ± 1	95 ^b ± 2
9	62,7 ^e ± 0,1	473 ^{ab} ± 6	1 ^a ± 1	85 ^{ab} ± 2
10	63,0 ^{ef} ± 0,2	439 ^a ± 5	0 ^a ± 1	138 ^d ± 2

Objaśnienia / Explanatory notes:

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

Parametrami uniwersalnego profilu tekstury różnicującymi analizowane kleiki preparatu E1422 z dodatkiem chlorku sodu były jedynie adhezyjność oraz spójność (tab. 4). Największe różnice pomiędzy badanymi kleikami obserwowano w przypadku próbek o skrajnych wartościach usieciowania, tj. 1 oraz 10. W przypadku pozostałych parametrów, tj. twardości, sprężystości oraz gumowatości nie obserwowało zmian pomiędzy analizowanymi próbками. Otrzymana charakterystyka uniwersalnego profilu tekstury może częściowo wynikać z niskich wartości twardości analizowanych kleików, która była spowodowana obecnością chlorku sodu. Pozostałe dwa parametry są bowiem wtórne do twardości, odpowiednio: ilorazem twardości w dwóch następujących cyklach badania oraz iloczynem twardości i spójności. Otrzymane rezultaty świadczą o niewielkiej przydatności metody profilowania tekstury w analizie kleików skrobiowych z dodatkiem chlorku sodu, co potwierdza wcześniejsze obserwacje innych badaczy [8].

Pod względem reologicznym kleiki skrobiowe stanowią pseudoplastyczne i tikso-tropowe płyny nienewtonowskie, których przepływ można opisać modelem Ostwalda de Waele'a. Parametry tego równania reologicznego obliczone dla krzywych płynięcia analizowanych kleików skrobiowych przedstawiono w tab. 5. Zastosowany model charakteryzował się bardzo dobrym dopasowaniem do danych eksperymentalnych,

Tabela. 4. Parametry uniwersalnego profilu tekstury kleików E1422 z dodatkiem chlorku sodu
 Table 4. Universal texture profile parameters of E1422 pastes with sodium chloride added

Nr próbki No. of sample	Twardość Hardness [N]	Adhezyjność Adhesiveness [N·s]	Spójnośc Cohesiveness [-]	Spręzystość Springiness [-]	Gumowatość Guminess [N]
1	0,05 ^a ± 0,00	0,00 ^a ± 0,00	0,73 ^a ± 0,01	1,00 ^a ± 0,00	0,04 ^a ± 0,00
2	0,05 ^a ± 0,00	-1,24 ^c ± 0,06	0,80 ^b ± 0,02	1,00 ^a ± 0,00	0,04 ^a ± 0,00
3	0,05 ^a ± 0,00	-1,21 ^c ± 0,07	0,78 ^b ± 0,00	1,00 ^a ± 0,00	0,04 ^a ± 0,00
4	0,05 ^a ± 0,00	-1,54 ^d ± 0,03	0,81 ^b ± 0,01	1,00 ^a ± 0,00	0,04 ^a ± 0,00
5	0,05 ^a ± 0,00	-1,40 ^d ± 0,06	0,81 ^b ± 0,02	1,00 ^a ± 0,00	0,04 ^a ± 0,00
6	0,05 ^a ± 0,00	-2,03 ^e ± 0,08	0,80 ^b ± 0,01	1,00 ^a ± 0,00	0,04 ^a ± 0,00
7	0,05 ^a ± 0,00	-1,48 ^d ± 0,05	0,82 ^{bc} ± 0,01	1,00 ^a ± 0,00	0,04 ^a ± 0,00
8	0,05 ^a ± 0,00	-1,91 ^e ± 0,06	0,82 ^{bc} ± 0,01	1,00 ^a ± 0,00	0,04 ^a ± 0,00
9	0,05 ^a ± 0,00	-1,90 ^e ± 0,05	0,82 ^{bc} ± 0,02	1,00 ^a ± 0,00	0,04 ^a ± 0,00
10	0,05 ^a ± 0,00	-0,97 ^b ± 0,04	0,86 ^c ± 0,02	1,00 ^a ± 0,00	0,04 ^a ± 0,00

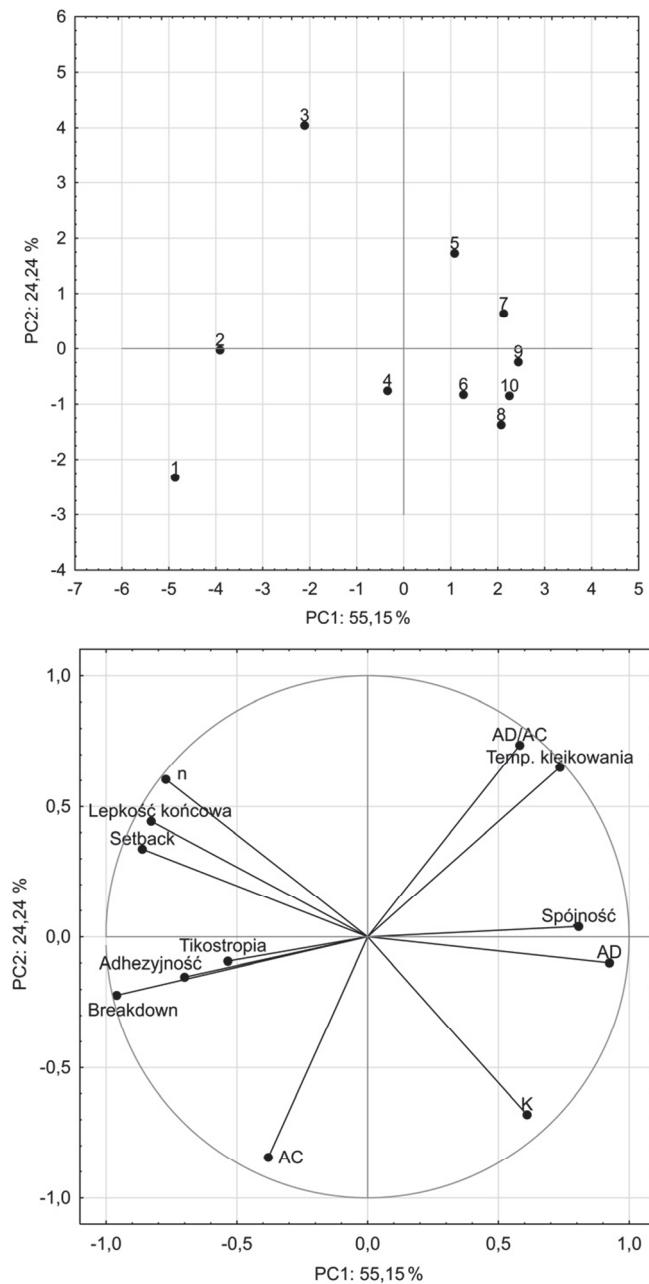
Objaśnienia jak pod tab. 3 / Explanatory notes as in Tab. 3.

Tabela. 5. Parametry opisujące przebieg krzywych płynięcia kleików E1422 z dodatkiem chlorku sodu
 Table 5. Parameters describing flow curves of E1422 with sodium chloride added

Nr próbki No. of sample	Współczynnik konsystencji Consistency index [Pa·s ⁿ]	Wskaźnik płynięcia Flow behaviour index [-]	Tiksotropia Thixotropy [Pa·s ⁻¹]
1	12,46 ^d ± 0,75	0,467 ^f ± 0,004	11995 ^g ± 622
2	6,67 ^b ± 0,21	0,628 ^g ± 0,002	4023 ^d ± 301
3	4,36 ^a ± 0,12	0,720 ^h ± 0,003	9035 ^f ± 250
4	9,63 ^c ± 0,61	0,446 ^e ± 0,001	-1541 ^b ± 274
5	7,39 ^b ± 0,48	0,468 ^f ± 0,001	-2928 ^a ± 697
6	13,70 ^d ± 0,49	0,339 ^d ± 0,002	1312 ^c ± 31
7	13,70 ^d ± 0,35	0,318 ^c ± 0,001	2180 ^c ± 59
8	18,42 ^f ± 0,82	0,263 ^a ± 0,003	4436 ^{de} ± 189
9	16,64 ^e ± 0,72	0,276 ^b ± 0,002	4155 ^d ± 420
10	15,78 ^e ± 0,67	0,265 ^a ± 0,002	5285 ^e ± 392

Objaśnienia jak pod tab. 3 / Explanatory notes as in Tab. 3.

a wartości współczynnika determinacji (R^2) wynosiły powyżej 0,98. Wpływ stopnia podstawienia zarówno grupami acetylowymi, jak i adypinowymi, na właściwości reologiczne analizowanych kleików był złożony. Nieznacznie usieciowane preparaty (próbki 2 i 3) charakteryzowały się przepływem najbardziej zbliżonym do newtonowskiego (wyższe wartości wskaźnika płynięcia – n) oraz najniższymi wartościami



Objaśnienia / Explanatory notes:

lepkosć końcowa / final viscosity; temperatura kleikowania / pasting temperature; spójność / cohesiveness; adhezyjność / adhesiveness; tiksotropia / thixotropy.

Rys. 1. Analiza składowych głównych kleików E1422 z dodatkiem chlorku sodu
Fig. 1. Principal Component Analysis of E1422 pastes with sodium chloride added

współczynnika konsystencji – K. Wzrost poziomu usieciowania kleików preparatu E1422 prowadził do obniżenia ich zbieżności z przepływem newtonowskim oraz wzrostu współczynnika konsystencji. Zmiany te były potęgowane wysokim stopniem podstawienia grupami acetylowymi.

Analiza głównych składowych (rys. 1) dotycząca zawartości grup modyfikujących oraz danych zawartych w tab. 3 - 5 w dużym stopniu potwierdziła wcześniejsze obserwacje. Dwie pierwsze z wyznaczonych składowych głównych opisywały niemal cztery piąte zmienności badanych parametrów. Preparaty, które charakteryzowały się najbardziej unikalnymi cechami były nisko usieciowane, lecz różniły się stopniem podstawienia grupami acetylowymi (próbki 1, 2 i 3). Wraz ze wzrostem usieciowania właściwości preparatów E1422 upodobniały się przy jednaczesnym zmniejszeniu wpływu stopnia acetylowania na te właściwości. Temperatura kleikowania analizowanych preparatów była silnie skorelowana ze stosunkiem zawartości grup adypinowych do acetylowych (AD/AC). Podobnymi relacjami pomiędzy zmianami wartości parametrów wśród analizowanych preparatów charakteryzowała się lepkość końcowa, zbieżność ze wskaźnikiem płynięcia (n) oraz parametr setback. Były one jednocześnie odwrotnie proporcjonalne do współczynnika konsystencji (K). Brak wyraźnej korelacji pomiędzy analizowanymi parametrami a stopniem podstawienia grupami acetylowymi (AC) oraz adypinowymi (AD) wynika ze skomplikowanego wpływu sieciowania na właściwości analizowanych preparatów E1422.

Wnioski

1. Stopień podstawienia oraz usieciowania preparatów acetylowanego adypinianu diskrobiowego znacząco determinuje jego przydatność technologiczną w układach zawierających chlorek sodu.
2. W układach zawierających chlorek sodu najsilniejszą zdolnością zagęszczającą charakteryzują się preparaty o wysokim stopniu podstawienia grupami acetylowymi ($DS > 0,03$) oraz o niskim stopniu podstawienia grupami adypinowymi ($DS < 0,01$).
3. Nadmierne usieciowanie preparatów E1422 w układach zawierających chlorek sodu prowadzi do utrudnionego procesu kleikowania i pogorszenia właściwości reologicznych. Zjawisko to jest częściowo zahamowane przy wysokim stopniu podstawiania grupami acetylowymi.

Literatura

- [1] Chun S.-Y., Yoo B.: Effect of molar substitution on rheological properties of hydroxypropylated rice starch pastes. Starch/Stärke 2007, 1 (59), 334-341.

- [2] Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives: Compendium of Food Additive Specifications. FAO/JECFA Monographs 11. FAO, Rome 2011.
- [3] Le Thanh-Blicharz J., Lubiewski Z., Voelkel E., Lewandowicz G.: Ocena właściwości reologicznych handlowych skrobi naturalnych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, 3 (76), 53-65.
- [4] Le Thanh-Blicharz J., Walkowski A., Voelkel E., Bryła A., Lewandowicz J.: Rheological properties of cross-linked E 1422 starches in high concentration sugars systems. *Towaroznawcze Problemy Jakości*, 2014, 3 (40), 62-70.
- [5] Le Thanh-Blicharz J., Walkowski A., Voelkel E., Lewandowicz J.: Wpływ dodatku NaCl na właściwości reologiczne skrobi sieciowanych. *Post. Nauki Technol. Przem. Rol.-Spoż.*, 2014, 69 (1), 4-28.
- [6] Lee H.-L., Yoo B.: Dynamic rheological and thermal properties of acetylated sweet potato starch. *Starch/Stärke*, 2009, 61, 407-413.
- [7] Lewandowicz G., Walkowski A.: Aspekty żywieniowe i toksykologiczne stosowania skrobi modyfikowanych. *Przem. Spoż.*, 1994, 48, 365-366.
- [8] Lewandowicz J., Le Thanh-Blicharz J., Śmigielska H.: The effect of sodium chloride on the rheological properties of natural waxy starches. *Towaroznawcze Problemy Jakości*, 2016, 49 (4), 117-125.
- [9] Le Thanh-Blicharz J., Małyszek Z., Walkowski A., Drozdzyńska A., Lewandowicz G.: Właściwości reologiczne i tekstura kleików nowego typu skrobi RS4. *Post. Nauki Technol. Przem. Rol.-Spoż.*, 2011, 4 (66), 53-65.
- [10] Lin Q., Xiao H., Zhao J., Li L., Yu F.: Characterisation of the pasting, flow and rheological properties of native and phosphorylated rice starches. *Starch/Stärke*, 2009, 61, 709-715.
- [11] Małyszek Z., Makowska A., Smentek J., Kubiak P., Le Thanh-Blicharz J., Lewandowicz G.: Ocena czynników decydujących o prawidłowości pomiaru właściwości reologicznych skrobi modyfikowanych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2015, 3 (100), 160-175.
- [12] Modified starches. [on line]. Opublikowane w FNP 49 (1990). Dostęp w Internecie [20.03.2018]: <http://www.fao.org/docrep/W6355E/w6355e00.htm>
- [13] A. Rutkowski (Red.): *Hydrokoloidy w produkcji żywności*. Wyd. Polska Izba Dodatków do Żywności, Konin 2001.
- [14] Sikora M., Kowalski S., Tomasiak P.: Binary hydrocolloids from starches and xanthan gum. *Food Hydrocoll.*, 2008, 22, 943-952.
- [15] Singh J., Kaur L., McCarthy O.J.: Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications – A review. *Food Hydrocoll.*, 2007, 21, 1-22.
- [16] Surmacka-Szczesniak A.: Texture is a sensory property. *Food Qual Prefer.*, 2002, 13 (4), 215-225.
- [17] Tegge G.: Skrobia i jej pochodne. Oddział Małopolski PTTŻ, Kraków 2010.
- [18] Tukomane T., Varavinit S.: Influence of octenyl succinate rice on rheological properties of gelatinized rice starch before and after retrogradation. *Starch/Stärke*, 2008, 60, 298-304.
- [19] Walkowski A., Lewandowicz G., Mączyński M., Szymańska G.: Sposób otrzymywania skrobi modyfikowanej E 1422 o podwyższonej stabilności reologicznej. Projekt wynalazczy nr 1/03 z dnia 01.03.2003.
- [20] Walkowski A., Olesienkiewicz A.: Kryteria doboru skrobi modyfikowanych w przetwórstwie żywności. *Przem. Spoż.*, 2005, 8, 59-61.

EFFECT OF DEGREE OF SUBSTITUTION OF E1422 STARCH ON RHEOLOGICAL PROPERTIES IN SYSTEMS CONTAINING SODIUM CHLORIDE**S u m m a r y**

The common use of modified starches results from the need to improve functional properties of natural starch. Crosslinked and acetylated starches are the most commonly used modified starches in food technology, and their properties depend on both the type of modifying group introduced and the degree of substitution (DS). The rheological properties of starch are strongly conditioned by many environmental factors, such as the presence of sugars, salts and pH; therefore, in the study, it is attempted to comprehensively illustrate the changes in rheological properties of starch pastes in systems containing sodium chloride. The material analysed was E1422 acetylated distarch adipate, which is widely used as a food additive and belongs to the most commonly used hydrocolloids in the group of products of plant origin. It was obtained from potato starch with various degree of substitution with acetyl groups and variously cross-linked with adipic groups. The analyses were carried out in model systems (5 % starch suspension with a 3 % addition of sodium chloride), which were analysed in terms of the gelatinization curve using a Brabender viscopgraph. Starch pastes produced in the Brabender apparatus were used for the rheometric tests. In addition, a universal texture profile (TPA) analysis was performed. It was shown that sodium chloride significantly impacted the processes of physical transformation of starch during thermal processing. The salt added affects the gelatinization curve and, to a lesser extent, the rheological properties of starch pastes. The strength of the changes observed depends on the degree of substitution of the analyzed preparations of acetylated distarch adipate.

Key words: acetylation, crosslinking, modified starch, rheological properties 

ANNA BANAŚ, ANNA KORUS, JAROSŁAW KORUS

**THE INFLUENCE OF STORAGE CONDITIONS ON TEXTURE
PARAMETERS AND SENSORY QUALITY OF SOUR CHERRY JAMS
WITH VARIOUS PLANT ADDITIVES**

S u m m a r y

The objective of the research study was to compare the texture and colour parameters as well as and some sensory indicators of low-sugar sour cherry jams with and without pro-health plant ingredients (the latter jams constituted a control sample). The sour cherry jams studied contained chokeberry, elderberry, Japanese quince, flax seeds, wheat germs and inulin; their content was 6 ÷ 42 % by weight of the total sour cherry fruit. Steviol glycoside was added to replace some part of sucrose and to reduce its amount by 15 ÷ 48 %. The products obtained were analysed immediately after production and, next, 6 and 12 months after storing them at a refrigeration (10 °C) and room temperature (20 °C). In the jams the dominant colours were red (a*) and yellow (b*). The brightest jams were those with added Japanese quince, flax seeds and wheat germs. Chokeberry and elderberry added caused the jams to significantly darken. After storage changes were found in the texture and colour parameters, though those in the jams stored at 10 °C were smaller. The jams underwent a sensory evaluation: high scores (4.6 ÷ 5.0 points) were awarded to the jams immediately after production and after a period of their 6 month storage. Also after a 12 month storage period, the quality of jams was awarded high scores (4.7 ÷ 5.0 points) except for the jams with flax seeds and wheat germs that were lower scored (3.8 ÷ 4.0 points). The analysis of the jam samples studied show that storing the jams at a lower temperature is more beneficial and the storage duration of jams with flax seeds and wheat germs should be reduced to 6 months. The conclusion is that the jams with the selected plant component added (chokeberry, elderberry, Japanese quince, flax seeds, wheat germs and inulin) can be a beneficial alternative to traditional jams.

Key words: sour cherry, jam, plant additives, texture, colour, sensory properties

Introduction

Of the fruit products with extended shelf life, jams are the most popular. In the traditionally produced jams, sugar comprises the bulk of the product and constitutes

Mgr inż. A. Banaś, dr hab. inż. A. Korus, Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Grzybów, dr hab. inż. J. Korus, Katedra Technologii Węglowodanów, Wydz. Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków. Mgr inż. A. Banaś, Zakład Przetwórstwa Owocowo-Warzywnego "ROMEX" Janina Moryl, Wielopole 89, 33-210 Olesno. Kontakt: amoryl@op.pl

more than 40 % of its total weight, which is important for physical, chemical and microbiological properties thereof [1]. However sugar increases the calorific value of product and it is not recommended for diabetics. Thus, in order to meet consumer preferences, manufacturers have boosted their production of jams with alternative sweeteners such as xylitol, sorbitol, aspartame or steviol glycoside to completely or partially replace sucrose. The product with sucrose substitutes should have the same texture parameters and taste as the traditional product [2].

In addition to reducing the calorific value of jams, it is also preferable to increase their nutritional value, i.e. the content of bioactive compounds or dietary fibre. This can be achieved when applying fruit with high nutritional value. These are for example fruits of black chokeberry, elderberry or Japanese quince which, simultaneously, impart sensory properties to the product. Flax seeds and wheat germs are also interesting additives. Owing to their high content of fibre, they can have an effect on the texture of the product. In addition inulin, a natural prebiotic, also exhibits textural properties [3].

Sour cherry (*Prunus cerasus* L.) is an attractive fruit owing to its taste, nutritional value and the fact that it is a good source of natural antioxidants [4, 5]. Polyphenols occurring in cherries, including anthocyanins, have pro-health effects and they are also responsible for the colour of the product.

Storage conditions can cause changes in the physical and chemical properties of constituents of the product which, in turn, affect general properties thereof such as colour, taste or consistency [6, 7]. For the consumer those features are important when choosing a product. Firstly consumers evaluate appearance and colour and then taste, smell and texture [8].

The objective of the research study was to assess the effect of plant materials (black chokeberry, elderberry, Japanese quince, flax seeds, wheat germs and inulin) added and storage conditions on the texture, colour and sensory attributes of low-sugar sour cherry jams. The jams were evaluated immediately after manufacture and then after 6 and 12 months of storage at a refrigeration temperature (10 °C) and at a room temperature (20 °C).

Materials and methods

Materials

The material studied consisted of low-sugar jams produced from the 'Łutówka' cv. of sour cherry (control sample) and of jams containing enriching ingredients such as black chokeberry, elderberry, Japanese quince, flax seeds, wheat germs and inulin.

The jams were produced from frozen fruits prepared from fully ripened fresh fruit. The fruit was sorted and washed immediately after harvest and its inedible parts were rejected. Sour cherries were frozen whole while chokeberries, elderberries and

Japanese quinces were homogenized prior to freezing. Flax was added in the form of ground flax seeds defatted (Oleofarm, Wrocław, Poland). Wheat germs were obtained from wheat grain; it was purchased directly from the producer (Sante, Warsaw, Poland). Inulin preparation Orafti® GR (BENEON GmbH, Mannheim, Germany) with a DP \geq 10 degree of polymerization was also added to the jams.

Sucrose, steviol glycoside (Bio Nature24, Goerlitz, Germany) as a partial sucrose replacement, citrus-apple pectin (NECJ-A2, Naturex, Avignon, France) and citric acid (Chem Point, Kraków, Poland) were also applied to manufacture jams. Steviol glycoside was added in the proportion of 0.2 g/kg of the product to partially replace sucrose and, thus, to reduce a calorific value of the jams.

Preparation of jams

The following variants of sour-cherry jams were made: SC0 – without plant ingredients and sweetened only with sucrose (control sample), SCS – without plant ingredients and sweetened with sucrose and steviol glycoside, SCCh – with black chokeberry (15 %), SCE – with elderberry (15 %), SCJ – with Japanese quince (8 %), SCF – with flax seeds (3 %), SCWG – with wheat germs (3 %), SCI – with inulin (10 %). The jam recipes were developed based on the preliminary technological analyses performed in order to determine optimal amounts of individual plant ingredients.

All the jams with pro-health ingredients were sweetened with sucrose and steviol glycoside. Fruits and sweeteners were weighed according to the jam formulation shown in Table 1. The fruit comprised 50 % of the mass of the final product. A final extract was about 30 % and the total acidity was set at 1 %.

Table 1. Composition of sour cherry jams [g/kg]

Tabela 1. Skład dżemów wiśniowych [g/kg]

Sample Próba	Ingredients / Składniki											
	SC	Ch	E	J	F	WG	I	Sucrose Sacharoza	Steviol glycoside Glikozydy stewiołowe	Pectin Pektyna	Citric acid Kwas cytrynowy	Water Woda
SC0	500							268	0.0	11.2	4.0	216.8
SCS	500							220	0.2	11.2	4.0	264.4
SCCh	350	150						224	0.2	11.2	4.0	260.6
SCE	350		150					226	0.2	11.2	3.6	259.0
SCJ	420			80				228	0.2	11.2	1.6	259.0
SCF	500				30			212	0.2	16.0	4.0	233.8
SCWG	500					30		212	0.2	16.0	4.0	233.8
SCI	500						100	140	0.2	11.2	4.0	244.6

Composition / Skład: SC – sour cherry / wiśnia; Ch – black chokeberry / aronia; E – elderberry / czarny bez; J – Japanese quince / pigwowiec japoński; F – flax seeds / nasiona lnu; WG – wheat germs / zarodki pszenne; I – inulin / inulina.

Sample / Próba: SC0 – sour cherry jam without plant ingredients and sweetened with sucrose / dżem wiśniowy bez dodatków roślinnych słodzony sacharozą; SCS – sour cherry jam without plant ingredients and sweetened with sucrose and steviol glycoside / dżem wiśniowy bez dodatków słodzony sacharozą i glikozydem stiewiowym; SCCh – sour cherry jam with 15 % of chokeberry added / dżem wiśniowy z 15-procentowym dodatkiem aronii; SCE – sour cherry jam with 15 % of elderberry added / dżem wiśniowy z 15-procentowym dodatkiem czarnego bzu; SCJ – sour cherry jam with 8 % of Japanese quince added / dżem wiśniowy z 8-procentowym dodatkiem piglowca japońskiego; SCF – sour cherry jam with 3 % of flax seeds added / dżem wiśniowy z 3-procentowym dodatkiem nasion lnu; SCWG – sour cherry jam with 3 % of wheat germs added / dżem wiśniowy z 3-procentowym dodatkiem zarodków pszennych; SCI – sour cherry jam with 10 % of inulin added / dżem wiśniowy z 10-procentowym dodatkiem inuliny.

The fruits were boiled together with sweeteners and water in an open pan (for 20 min at 103 °C). Afterwards a previously prepared 4 % (w/v) solution of the gelling agent (citrus-apple pectin NECJ-A2) was homogenized and added to fruits. The whole batch was mixed and cooked again for several minutes. Finally citric acid was added and mixed. Next the jams were bottled in 0.2 l glass jars, pasteurized at 82–85 °C for 15 min and finally cooled to 20 ± 2 °C. The jams were stored at a refrigeration temperature (10 °C) and a room temperature (20 °C) until evaluation. Their evaluation was conducted immediately after production and after 6 and 12 months of storage. For analysis no less than 4 portions (jars) of each jam were used.

Texture analysis

Jam texture was analyzed according to the procedure as described by Genovese *et al.* [9] using a TA-XT2 plus texturometer (Stable Micro Systems Ltd., Surrey, England). The compressing rate was 2 mm/sec; the P/20 probe (20 mm in diameter) moved to a penetration depth of 20 mm; the trigger force was 1 g. The following texture parameters were established as texture indicators of the examined jams: F_e (N) – gel strength, FR (N) – rupture force, E (Ns) – energy of penetration, A (Ns) – adhesiveness. Based on the F_e , FR and E parameters it is possible to draw conclusions about the hardness of gel, while the A parameter indicates its tendency to adhere to different surfaces. The results obtained were calculated using a Texture Exponent software (Stable Micro Systems Ltd., Surrey, England).

Instrumental colour analysis

The colour of the upper surface was measured with the use of Konica Minolta CM-3500d equipment (Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan) with reference to a D65 illuminant and a visual angle of 10°. The results were expressed using a CIE ($L^*a^*b^*$) system. On the basis of the measurement performed, the following parameters were set: L^* – lightness ($L^* = 0$ blackness, $L^* = 100$ whiteness), a^* – the proportion of green ($a^* < 0$) or red ($a^* > 0$), b^* – the proportion of blue ($b^* < 0$) or yellow ($b^* > 0$), C^* – chroma and h° – hue angle. Every sample was analyzed in five replications. The

colour differences (ΔE^*) between the samples were calculated according to the equation: $\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$.

Sensory evaluation

Sensory evaluation was carried out using a scoring method with a 5-score scale, with 1 as the lowest and 5 as the highest grade. With respect to the sensory sensitivity, a 15-person panel met the requirements of ISO 3972:2011 [10]. For the individual quality factors, the following significance factors were employed: external appearance of the product, i.e.: surface (syneresis) – 2, structure (disposition of fruit parts in the content of jam) – 3, colour – 4, consistency – 3, aroma (type and desirability) – 4, taste (type and desirability) – 4. The significance factors were determined on the basis of the opinion of panellists, their experience in sensory evaluation and profound acquaintance with this type of product was approved.

Statistical analysis

The measurement results of texture and colour parameters were statistically analyzed using a two-factor analysis of variance (first factor – type of jam, second factor – storage), while those concerning the sensory analysis were subjected to one-factor analysis based on Snedecor F and Student's t tests. The least significant difference (LSD) was calculated at a probability level of $p < 0.05$. A Statistica 12.0 (StatSoft, Tulsa, USA) program was applied.

Results and discussion

Texture parameters of sour cherry jams

Texture is an important parameter for sensory acceptance and it depends on the composition of raw materials. Jam is a viscoelastic food material which exhibits both the requirement of mechanical stability when being stored and handled and the requirement of instability when spread over bread [2]. So when a new product is developed, it is beneficial to combine sensory evaluation with the measurement of texture parameters. Depending on the plant ingredients used, the gels in the jams examined were characterized by average gel strengths of 1.02 ÷ 3.01 N and the rupture force ranged between 1.30 and 4.79 N (Tab. 2).

The hardness of the jams coded as SC0, SCS, SCJ and SCI was comparable. The jams with wheat germs and flax seeds added were the hardest; their F_e value was higher compared to the SC0 jam, 87 % and 166 % on average, respectively. This could be owing to the high content of protein and fibre, since protein can bind twice as much fluid in relation to its weight and 3 - 19 times more fibre [11]. Wheat bran contains 33 ÷ 63 % of fibre and 10 ÷ 19 % of protein, while wheat germs have slight amounts of

Table 2. Values of gel strength (F_e), rupture force (FR), energy of penetration (E) and adhesiveness (A) of sour cherry jams

Tabela 2. Wartości mocy żelu (F_e), siły rozrywającej (FR), energii penetracji (E) i adhezyjności (A) dżemów wiśniowych

Parameter Parametr	Sample Próba	Storage time at 10 °C and 20 °C [months] Czas składowania w temp. 10 i 20 °C [miesiące]					\bar{x}
		0 temp. 10 °C	6 temp. 10 °C	6 temp. 20 °C	12 temp. 10 °C	12 temp. 20 °C	
F_e [N]	SC0	0.67 ± 0.03	0.81 ± 0.10	0.99 ± 0.07	1.72 ± 0.06	1.45 ± 0.11	1.13
	SCS	0.60 ± 0.05	0.76 ± 0.02	0.86 ± 0.09	1.63 ± 0.04	1.55 ± 0.10	1.08
	SCCh	1.35 ± 0.15	1.42 ± 0.24	1.31 ± 0.13	1.52 ± 0.04	1.43 ± 0.05	1.41
	SCE	0.96 ± 0.15	1.40 ± 0.22	1.34 ± 0.14	2.11 ± 0.15	1.59 ± 0.13	1.48
	SCJ	0.97 ± 0.19	0.91 ± 0.08	0.79 ± 0.12	1.33 ± 0.14	2.06 ± 0.17	1.21
	SCF	2.67 ± 0.18	2.88 ± 0.16	2.94 ± 0.22	3.64 ± 0.17	2.94 ± 0.16	3.01
	SCWG	1.75 ± 0.15	1.82 ± 0.11	2.06 ± 0.07	2.52 ± 0.17	2.38 ± 0.20	2.11
	SCI	0.58 ± 0.06	0.82 ± 0.03	0.64 ± 0.09	1.68 ± 0.18	1.35 ± 0.12	1.02
	\bar{x}	1.19	1.35	1.37	2.02	1.86	
	LSD p < 0.05	I – 0.116, II – 0.092, I × II – 0.259					
FR [N]	SC0	1.22 ± 0.09	1.23 ± 0.11	1.21 ± 0.14	3.39 ± 0.17	3.03 ± 0.18	2.02
	SCS	0.95 ± 0.13	1.16 ± 0.15	1.08 ± 0.11	2.40 ± 0.21	2.47 ± 0.11	1.61
	SCCh	2.01 ± 0.14	2.40 ± 0.14	2.60 ± 0.11	2.12 ± 0.10	2.72 ± 0.10	2.37
	SCE	1.27 ± 0.03	1.66 ± 0.19	1.57 ± 0.17	2.63 ± 0.11	1.95 ± 0.19	1.82
	SCJ	1.18 ± 0.05	1.36 ± 0.17	1.31 ± 0.13	2.53 ± 0.13	2.77 ± 0.16	1.83
	SCF	3.47 ± 0.09	4.55 ± 1.10	3.54 ± 0.17	6.08 ± 0.01	6.29 ± 0.14	4.79
	SCWG	2.23 ± 0.11	2.42 ± 0.18	2.58 ± 0.10	5.30 ± 0.17	5.69 ± 0.18	3.64
	SCI	0.82 ± 0.01	1.32 ± 0.13	0.79 ± 0.07	1.74 ± 0.12	1.81 ± 0.24	1.30
	\bar{x}	1.64	2.01	1.84	3.27	3.34	
	LSD p < 0.05	I – 0.191, II – 0.151, I × II – 0.427					
E [Ns]	SC0	9.92 ± 0.75	11.48 ± 0.64	13.46 ± 1.46	24.22 ± 2.64	24.67 ± 1.38	16.75
	SCS	7.02 ± 1.57	10.22 ± 0.61	12.75 ± 1.56	21.04 ± 0.91	19.58 ± 2.54	14.12
	SCCh	18.18 ± 1.77	21.44 ± 1.78	23.13 ± 1.83	24.91 ± 2.72	21.87 ± 0.57	21.91
	SCE	12.71 ± 1.47	17.98 ± 1.20	19.98 ± 0.78	22.38 ± 1.59	35.22 ± 1.72	21.65
	SCJ	12.28 ± 0.59	11.84 ± 0.82	12.49 ± 1.21	23.73 ± 2.82	32.60 ± 0.78	18.59
	SCF	31.80 ± 1.83	44.98 ± 2.04	33.53 ± 2.19	50.63 ± 2.66	48.07 ± 1.85	41.80
	SCWG	19.79 ± 1.30	23.87 ± 0.72	26.00 ± 1.63	39.08 ± 2.61	34.33 ± 2.23	28.61
	SCI	6.45 ± 0.52	10.79 ± 1.35	12.47 ± 2.01	12.48 ± 2.12	20.57 ± 0.63	12.55
	\bar{x}	14.77	19.08	19.23	27.31	29.61	
	LSD p < 0.05	I – 1.393, II – 1.101, I × II – 3.114					
A [Ns]	SC0	-0.31 ± 0.06	-0.31 ± 0.03	-0.31 ± 0.03	-0.90 ± 0.14	-1.15 ± 0.28	-0.67
	SCS	-0.28 ± 0.07	-0.25 ± 0.02	-0.25 ± 0.06	-0.84 ± 0.05	-0.91 ± 0.05	-0.56
	SCCh	-0.45 ± 0.01	-0.48 ± 0.07	-0.56 ± 0.06	-0.53 ± 0.04	-0.67 ± 0.08	-0.56
	SCE	-0.30 ± 0.04	-0.31 ± 0.05	-0.35 ± 0.04	-0.64 ± 0.08	-0.73 ± 0.20	-0.51
	SCJ	-0.36 ± 0.07	-0.36 ± 0.03	-0.38 ± 0.06	-1.16 ± 0.08	-1.23 ± 0.10	-0.78
	SCF	-0.98 ± 0.10	-1.75 ± 0.17	-1.30 ± 0.09	-1.55 ± 0.11	-1.32 ± 0.13	-1.48
	SCWG	-0.57 ± 0.04	-0.66 ± 0.06	-0.67 ± 0.01	-1.39 ± 0.11	-1.48 ± 0.11	-1.05
	SCI	-0.17 ± 0.04	-0.18 ± 0.01	-0.21 ± 0.01	-0.67 ± 0.08	-0.75 ± 0.09	-0.45
	\bar{x}	-0.43	-0.54	-0.50	-0.96	-1.03	
	LSD p < 0.05	I – 0.067, II – 0.053, I × II – 0.149					

Explanatory notes / Objasnenia:

Meanings of symbols as in Tab. 1. / Objasnenia symboli jak w tab. 1.; Table shows mean values (\bar{x}) ± standard deviations / W tabeli przedstawiono wartości średnie (\bar{x}) ± odchylenia standardowe; n = 5; LSD p < 0.05 for type of jams (I) / LSD p < 0,05 dla rodzaju dzemu (I); storage (II) / przechowywanie (II); interaction (I × II) / interakcja (I × II); n.s. – insignificant / nieistotne.

fibre, but about 27 % of protein [12]. The FR and E values in those jams were also the highest. Also, by adding black chokeberries and elderberries, the strength of the gel (F_e) increased by 25 % and 31 %, while the energy of penetration (E) by 31 % and 29 %, respectively. Adhesiveness (A) is an important food quality parameter. In the cherry jams examined, the level of A parameter was the highest in the hardest jams, i.e. with wheat germs (-1.05 Ns) and flax seeds (-1.48 Ns).

Storing the jams examined caused the value of the evaluated texture parameters to increase; the jams stored for one year at 10 °C were harder than those kept at 20 °C (Tab. 2). The increase in the hardness of jams during their storage confirms the findings of other authors [13].

Based on the obtained results it was found that the sour-cherry jams with chokeberry added and stored for 12 months at a refrigeration temperature showed the lowest changes in the value of F_e , FR, E and A parameters (the changes ranged between 5 and 37 %) compared to the non-stored jam samples. However the jams with the chokeberries added and stored at a room temperature for a period of 12 months were characterized by the smallest changes in F_e (6 %) and E (20 %) only. Next the jams containing wheat germs showed the lowest changes in FR (7 %) compared to the value obtained immediately after production. The 12-month stored jams with flax seeds were characterised by the smallest change in A (35 %) compared to the non-stored samples.

Colour parameters of sour cherry jams

Consumer choice is chiefly determined by colour, thus it is an indicator which may also have an effect on product acceptability [8]. Colour deterioration is primarily attributed to decomposition of anthocyanins during jam manufacturing and the formation of greyish brown compounds such as Maillard reaction products [14].

The mean lightness (L^*) value of the control jam sample sweetened only with sucrose (SC0) was 7.02 (Tab. 3). Jams with steviol glycoside, Japanese quince, wheat germs and flax seeds were significantly lighter. In turn the addition of dark-coloured fruits (black chokeberry, elderberry) significantly affected the darkening of jams. Throughout the storage period of jams the L^* values were changing and the samples stored at 10 °C were generally darker than those kept at 20 °C. According to Melgarejo et al. [15], a temperature of 5 °C provides the optimum storage conditions for jams.

Table 3. Values of colour parameters ($L^*a^*b^*$) of sour cherry jams
Tabela 3. Wartości parametrów barwy ($L^*a^*b^*$) dżemów wiśniowych

Parameter Parametr	Sample Próba	Storage time at 10 °C and 20 °C [months] Czas składowania w temp. 10 i 20 °C [miesiące]					\bar{x}
		0 temp. 10 °C	6 temp. 10 °C	6 temp. 20 °C	12 temp. 10 °C	12 temp. 20 °C	
L^*	SC0	6.04 ± 0.38	5.30 ± 0.22	7.54 ± 0.24	8.41 ± 0.41	7.82 ± 0.44	7.02
	SCS	7.59 ± 0.57	8.38 ± 0.41	7.90 ± 0.53	9.39 ± 0.41	8.57 ± 0.30	8.37
	SCCh	5.72 ± 0.59	5.10 ± 0.38	5.43 ± 0.27	4.62 ± 0.23	5.44 ± 0.25	5.26
	SCE	5.58 ± 0.66	5.21 ± 0.33	6.47 ± 0.78	5.04 ± 0.26	6.55 ± 0.89	5.77
	SCJ	13.13 ± 0.57	8.97 ± 0.41	10.88 ± 0.59	10.93 ± 0.52	9.13 ± 0.48	10.61
	SCF	18.41 ± 0.54	17.71 ± 0.86	17.54 ± 0.41	17.24 ± 0.32	17.92 ± 0.39	17.76
	SCWG	17.03 ± 0.67	15.65 ± 0.51	15.24 ± 0.70	15.55 ± 0.32	16.25 ± 0.39	15.94
	SCI	7.04 ± 0.38	5.93 ± 0.48	6.14 ± 0.45	5.60 ± 0.11	8.59 ± 0.49	6.66
	\bar{x}	10.06	9.03	9.64	9.60	10.03	
LSD p < 0.05		I – 0.464, II – 0.367, I × II – 1.037					
a^*	SC0	16.63 ± 0.44	17.76 ± 0.54	16.30 ± 0.53	18.04 ± 0.70	16.67 ± 0.41	17.08
	SCS	22.03 ± 0.72	17.12 ± 0.69	17.93 ± 0.46	19.39 ± 0.52	16.53 ± 0.74	18.60
	SCCh	16.99 ± 0.88	12.90 ± 0.79	14.20 ± 0.34	10.01 ± 0.43	10.73 ± 0.23	12.97
	SCE	15.18 ± 0.66	12.11 ± 0.57	11.43 ± 0.73	8.02 ± 0.43	11.10 ± 0.72	11.57
	SCJ	20.98 ± 0.78	16.32 ± 0.31	15.71 ± 0.62	18.99 ± 0.67	16.64 ± 0.79	17.73
	SCF	20.33 ± 0.87	15.65 ± 0.83	14.53 ± 0.74	14.52 ± 0.24	13.45 ± 0.53	15.69
	SCWG	21.36 ± 0.63	17.07 ± 0.58	15.64 ± 0.64	17.44 ± 0.28	15.80 ± 0.74	17.46
	SCI	22.33 ± 0.33	16.36 ± 0.68	15.67 ± 0.50	15.43 ± 0.23	14.58 ± 0.41	16.87
	\bar{x}	19.48	15.66	15.17	15.23	14.44	
LSD p < 0.05		I – 0.430, II – 0.340, I × II – 0.961					
b^*	SC0	3.89 ± 0.69	5.52 ± 0.40	4.79 ± 0.58	6.46 ± 0.42	7.06 ± 0.19	5.54
	SCS	6.38 ± 0.85	5.59 ± 0.33	5.07 ± 0.64	7.46 ± 0.42	6.72 ± 0.13	6.24
	SCCh	3.32 ± 0.91	2.22 ± 0.13	2.50 ± 0.27	1.55 ± 0.11	1.86 ± 0.16	2.29
	SCE	3.21 ± 0.59	1.60 ± 0.22	2.25 ± 0.13	1.33 ± 0.15	3.58 ± 0.45	2.39
	SCJ	5.75 ± 0.58	4.46 ± 0.44	8.42 ± 0.84	8.71 ± 0.36	6.71 ± 0.40	6.81
	SCF	10.68 ± 0.59	8.85 ± 0.77	8.17 ± 0.61	8.14 ± 0.15	8.44 ± 0.33	8.86
	SCWG	6.92 ± 0.56	6.71 ± 0.42	7.05 ± 0.22	7.63 ± 0.45	9.42 ± 0.96	7.55
	SCI	7.58 ± 0.79	4.63 ± 0.10	4.24 ± 0.40	5.82 ± 0.13	5.16 ± 0.65	5.48
	\bar{x}	5.97	4.95	5.31	5.89	6.12	
LSD p < 0.05		I – 0.282, II – 0.223, I × II – 0.630					

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

In all the evaluated jams, the values of a^* parameter, reflecting the intensity of the red colour, ranged from 11.57 to 18.60 (Tab. 3). Compared to the SC0 jams, the values of a^* parameter recorded in the SCJ and SCS jams were significantly higher. On the other hand, in the jams with added flax seeds, chokeberry and black elderberry, the proportion of the red colour decreased, whereas in the SCWG and SCI jams the differences were insignificant. It was revealed, however, that storing the jams at higher temperatures generally reduced the proportion of the red colour. This is congruent with the

findings by Legua et al. [16] who observed a decrease in a^* parameter in the pomegranate jam stored at a higher temperature.

The values of b^* parameter were also higher than zero, this indicates the intensity of the yellow colour (Tab. 3). In the SC0 jam the average value of this parameter was 5.54. A low proportion of the yellow colour was found in the jams with added black chokeberry (2.29) and elderberry (2.39). In the remaining jams, in turn, the yellow colour (b^*) increased by 13 ÷ 60 % compared to the SC0 jams. In the majority of jams the proportion of the yellow colour decreased throughout the storage period, b^* value was generally higher in the jams stored at 20 °C than in those kept at 10 °C, probably owing to the degradation of anthocyanin and the formation of yellow-coloured compounds [17].

All the evaluated jams were characterized by intense and vibrant colour (C^*), except for those with black chokeberry and elderberry, which were the darkest, exhibiting the lowest C^* value, 20 and 27 % respectively, compared to the control sample (SC0) – Tab. 4. Chokeberry is a rich source of anthocyanins (4.60 ÷ 14.8 mg/g f.w.), which are responsible for the intense dark colour of fruit. Similar properties characterize black elderberry fruit [18]. The jams coded as SCS, SCJ, SCF and SCWG had a more intense colour than the control sample; the inulin added did not affect the C^* value.

An anthocyanin-rich raw material added to the product lowers the h^o value and therefore the value of this parameter in the jams with added chokeberry and elderberry was 38 % and 27 % lower, respectively, than in the SC0 jams. In this case the colour shifted towards red-purple. This confirms the findings of Kirca et al. [19], who reported lower values of the h^o parameter in the jams with black carrot concentrate added. The authors mentioned above also observed an increase in this parameter during storage, which was even higher at higher temperatures. On the other hand the jams coded as SCS, SCJ, SCF, SCWG and SCI had higher h^o values which correspond to higher b^* values and indicates a shift in the colour towards yellow.

In order to link the perception of colour by human eye with the numerical description of instrumental results, the International Commission on Illumination (CIE) has introduced the concept of the standard observer, who represents the average person with normal colour perception. The human perception of the colour of two samples can be inferred from the colour difference (ΔE^*). Colour difference can be interpreted as follows: $0 < \Delta E^* < 1$ – differences in colour are unrecognizable by a standard observer, $1 < \Delta E^* < 2$ – only an experienced observer can perceive the difference, $2 < \Delta E^* < 3.5$ – an inexperienced observer is able to perceive the differences, $3.5 < \Delta E^* < 5$ – every observer can easily see the difference and $\Delta E^* > 5$ – an observer recognizes two different colours [20].

Table 4. Values of chroma (C^*), hue angle (h°) and colour (ΔE^*) of sour cherry jamsTabela 4. Wartości nasycenia (C^*), tonu (h°) i całkowitej różnicy barwy (ΔE^*) dżemów wiśniowych

Parameter Parametr	Sample Próba	Storage duration at 10 °C and 20 °C [months] Czas składowania w temp. 10 i 20 °C [miesiące]					\bar{x}
		0 temp. 10 °C	6 temp. 20 °C	6 temp. 20 °C	12 temp. 10 °C	12 temp. 20 °C	
C^*	SC0	17.14 ± 0.99	11.51 ± 0.63	16.47 ± 0.52	18.44 ± 0.82	17.77 ± 0.43	16.26
	SCS	25.18 ± 0.91	17.97 ± 0.64	17.85 ± 0.52	20.16 ± 0.72	17.66 ± 0.85	19.76
	SCCh	16.48 ± 0.54	12.89 ± 0.66	14.54 ± 0.35	10.13 ± 0.44	10.74 ± 0.36	12.95
	SCE	14.37 ± 0.66	12.26 ± 0.57	11.45 ± 0.85	8.09 ± 0.23	13.09 ± 0.76	11.85
	SCJ	21.28 ± 0.97	19.58 ± 0.32	17.82 ± 0.58	20.85 ± 0.73	17.35 ± 0.76	19.37
	SCF	30.31 ± 0.80	16.06 ± 0.55	19.77 ± 0.72	19.70 ± 0.35	17.76 ± 0.48	20.72
	SCWG	22.16 ± 0.75	22.91 ± 0.66	17.18 ± 0.76	18.79 ± 0.31	17.64 ± 0.47	19.74
	SCI	22.74 ± 0.33	18.27 ± 0.80	12.50 ± 0.62	11.30 ± 0.65	17.35 ± 0.65	16.43
	\bar{x}	21.21	16.43	15.95	15.93	16.17	
LSD p < 0.05		I – 0.444, II – 0.321, I × II – 0.993					
h°	SC0	12.26 ± 0.80	10.42 ± 0.78	16.59 ± 0.64	19.94 ± 0.73	20.50 ± 0.13	15.94
	SCS	17.62 ± 0.63	17.89 ± 0.32	14.74 ± 0.66	21.27 ± 0.70	20.90 ± 0.37	18.49
	SCCh	12.80 ± 0.71	9.53 ± 0.49	10.31 ± 0.56	8.88 ± 0.37	8.00 ± 0.42	9.90
	SCE	11.40 ± 0.54	9.98 ± 0.20	11.00 ± 0.59	9.46 ± 0.21	16.10 ± 0.43	11.59
	SCJ	16.29 ± 0.79	14.98 ± 0.48	22.78 ± 0.88	24.68 ± 0.67	18.70 ± 0.75	19.49
	SCF	20.84 ± 0.92	21.60 ± 0.61	23.33 ± 0.95	24.52 ± 0.20	27.81 ± 0.96	23.62
	SCWG	17.07 ± 0.95	21.32 ± 0.60	24.42 ± 0.20	23.68 ± 0.80	30.58 ± 0.71	23.41
	SCI	18.01 ± 0.68	12.46 ± 0.80	13.41 ± 0.43	15.49 ± 0.36	23.69 ± 0.39	16.61
	\bar{x}	15.78	14.77	17.07	18.49	20.78	
LSD p < 0.05		I – 0.405, II – 0.321, I × II – 0.907					
ΔE^*	SC0						
	SCS	6.20 ± 0.65	3.31 ± 0.44	1.85 ± 0.75	2.26 ± 0.58	1.36 ± 0.45	2.79
	SCCh	1.54 ± 0.45	5.89 ± 0.78	3.82 ± 0.79	10.17 ± 0.65	8.26 ± 0.47	6.79
	SCE	1.70 ± 0.53	6.89 ± 0.80	5.69 ± 0.80	11.77 ± 0.78	6.78 ± 0.47	7.54
	SCJ	8.66 ± 0.30	4.20 ± 0.78	5.35 ± 0.43	3.63 ± 0.97	2.26 ± 0.92	4.82
	SCF	14.61 ± 0.80	13.05 ± 0.24	10.76 ± 0.20	9.70 ± 0.68	10.71 ± 0.30	11.77
	SCWG	12.39 ± 0.44	10.47 ± 0.55	8.22 ± 0.89	7.33 ± 0.54	8.92 ± 0.66	9.47
	SCI	6.87 ± 0.95	1.89 ± 0.40	1.96 ± 0.43	3.94 ± 0.89	3.18 ± 0.62	3.57
	\bar{x}	7.42	7.69	5.38	6.97	5.92	
LSD p < 0.05		I – 0.583, II – 0.492, I × II – 1.303					

Explanatory notes as in Tab. 2. / Objasnenia jak pod Tab. 2.

The raw materials studied had a significant effect on the colour of the jams, which they were added to. The biggest colour differences (ΔE^* above 6) were observed in the SCCh, SCE, SCWG and SCF jams; their colour could be perceived as two different colours (Tab. 4). After 6-month storage of the jams the differences resulting from the storage temperature became apparent. In the jams stored at refrigeration temperatures the ΔE^* value did not differ significantly compared to the jams right away after production, however in those stored at room temperature it was substantially lower. A similar trend was observed after 6 months of successive storage. An increase in the

colour difference observed between the samples stored at a room temperature and the remaining ones resulted from bigger changes in the individual colour parameters noted at higher temperatures.

Sensory evaluation of sour cherry jams

For both the consumers and the food producers, the sensory properties of food products are of utmost importance as they directly relate to the quality of a product as well as to the consumer choice and acceptance [8].

Acceptability of the cherry jams analysed was determined using a 5-point scale for sensory evaluation (Tab. 5). Compared to the control sample, the sensory characteristics of the other jams did not significantly deteriorate when a part of sucrose was replaced with steviol glycoside, the only exception was the consistency of that SCS jam that was softer. The taste of this jam evaluated immediately after production was rated 5.0 points, however after 12 months of storage a slight decrease was observed in the intensity of the sour cherry taste.

In the SCCh and SCE jams the fruit added caused the sour cherry taste to become less perceptible because the taste and aroma of chokeberry and elderberry prevailed; in this way the products gained new sensory characteristics. The Japanese quince fruit added to the jam made its taste refreshing and slightly acidic. The sour cherry jams with fruits studied received the highest scores in the sensory evaluation and no significant differences between all the samples were reported; this referred also to the jams stored for 12 months at room and refrigeration temperatures.

The colour of the cherry jams with flax seeds and wheat germs immediately after production was rated lower compared to other jams because the shade of the product was grey. The evaluation score for this quality factor significantly decreased with the storage duration. Compared to the jams evaluated immediately after production, the jams with added SCF and SCWG were awarded lower scores: 12 % and 15 %, respectively. Moreover, compared to the jam without plant additives (control sample), immediately after production significant changes were reported in the aroma of the product containing wheat germs. After 12-month storage of those jams a further deterioration of their aroma was found, therefore the evaluation scores for this parameter decreased 36 %, compared to the non-stored jams. The wheat germs added reduced the intensity of the sour cherry aroma; instead a farinaceous aroma was dominant. Similarly the aroma of the SCWG jam samples analysed after 12-month storage deteriorated significantly. However this parameter of the jam samples stored at a room temperature was rated significantly lower than of those stored at a refrigeration temperature. There is considerable evidence in the literature that the temperature plays a major role in changes in food quality during storage [21]. Selvamuthukumaran and Khanum [22] reported

Table 5. Sensory quality of sour cherry jams [scores]
 Tabela 5. Jakość organoleptyczna dżemu wiśniowych [punkty]

Quality factor Wyróżnik jakości	Weighting coefficients Współczyn. ważkości	Storage time [months] Czas składowania [miesiące]	Sample / Temperature of storage Próba / Temperatura przechowywania																
			SC0	SCS	SCCh	SCE	SCJ	SCF	SCWG	SCI	10 °C	20 °C							
1. External appearance of the product / Wygląd zewnętrzny produktu:	a) surface (syneresis) powierzchnia (synerеза)	2	0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
		6	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
		12	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
	b) structure (disposition of fruit parts in the content of jam) struktura (rozkład części owoców w masie dżemu)	3	0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.5	4.5	4.0	4.0	5.0	5.0
		6	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.2	4.2	4.2	4.2	5.0	5.0
		12	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.5	4.0	5.0	5.0	5.0	3.5	3.5	3.5	3.5	4.5	4.5
	c) colour / barwa	4	0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.6	4.6	4.6	4.6	5.0	5.0
		6	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.5	4.5	4.5	4.5	5.0	5.0
		12	5.0	5.0	4.8	4.8	5.0	5.0	4.5	5.0	4.8	4.8	4.1	4.0	3.9	3.9	3.9	5.0	5.0
2. Consistency / Konsystencja	3	0	5.0	4.5	4.5	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
		6	5.0	5.0	4.3	4.3	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
3. Aroma (type and desirability) Zapach (rodzaj i pożądalność)	4	0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.8	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.7	4.7	5.0	5.0	4.7	4.7
		6	5.0	5.0	5.0	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.4	4.4	4.4	4.4	4.7	4.7
		12	5.0	5.0	4.8	4.7	4.8	4.7	4.9	4.9	4.9	4.9	4.0	4.0	3.0	3.0	4.5	4.5	4.5

		0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.4	5.0	5.0	
4. Taste (type and desirability) Smak (rodzaj i pożądalność)	4	6	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.6	5.0	5.0	5.0
		12	5.0	5.0	4.6	4.6	4.6	4.9	4.9	5.0	4.9	4.9	4.9	4.7	4.0	4.0	4.7
Final score Ocena końcowa	20	0	5.0	5.0	4.9	4.9	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.8	4.6	5.0	5.0
		6	5.0	5.0	4.9	4.9	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.8	4.6	4.9	4.9
		12	5.0	5.0	4.7	4.7	4.7	4.9	4.9	4.8	4.8	4.9	4.9	4.0	4.0	3.8	4.8
LSD p < 0,05 for final score LSD p < 0,05 oceny końcowej LSD p < 0,05 Calkowite LSD p < 0,05		0												0.06			
		6												0.12			
		12												0.26			
Total / Calkowite LSD p < 0,05														0.55			

Explanatory notes as in Tab. 2. / Objasnenia jak pod Tab. 2.; n = 15.

that the colour, flavour and taste of the sea buckthorn jam stored remained better at a low temperature than at a room temperature.

Immediately after production the sour cherry jams with inulin were scored high (5.0 points). During storage the intensity of the sour cherry aroma decreased significantly, however it did not significantly affect the high final score (4.8 points).

Summarizing the jams with pro-health ingredients added, except for flax seeds and wheat germs, achieved very high scores in the general sensory evaluation compared to the control.

Conclusions

1. The sour cherry jams with added flax seeds and wheat germs were the hardest. During storage an increase was reported in the gel strength (F_e) in all the products.
2. In the jams the dominant colours were red (a^*) and yellow (b^*). The jams with added flax seeds and wheat germs were found the brightest (L^*).
3. The results of this research study have proved that it is possible to replace part of sucrose with steviol glycoside without causing any deterioration of the sensory characteristics of the product.
4. The addition of chokeberry, elderberry, Japanese quince and inulin to the sour cherry jams had a beneficial effect on all the sensory features, which generally did not change after 12 months of storage.
5. The addition of flax seeds and wheat germ to the sour cherry jams caused the colour, aroma and taste to deteriorate, especially after the 12-month storage. In this case it would be recommended to reduce the storage period to 6 months.
6. Compared to storage of the jams at a room temperature (20 °C), storing them at a refrigeration temperature (10 °C) had a better effect on their colour and texture, although their sensory features were affected to a lesser degree.

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

References

- [1] Kerdsup P., Naknean P.: Effect of sorbitol substitution on physical, chemical and sensory properties of low-sugar mango jam. Proceeding - Science and Engineering, 2013, 12-18. [on line]. Dostęp w Internecie [19.02.2018]: http://www.iseec2012.com/Online_ISEEC2012/12.pdf
- [2] Basu S., Shivhare U.S., Singh T.V., Beniwal V.S.: Rheological, textural and spectral characteristics of sorbitol substituted mango jam. J. Food Eng., 2011, 105, 503-512.
- [3] Delgado P., Bañón S.: Effects of replacing starch by inulin on the physicochemical, texture and sensory characteristics of gummy jellies. CyTA - J. Food, 2018, 16, 1-10.

- [4] Rababah T.M., Al-U'Datt M., Al-Mahasneh M., Yang W., Feng H., Ereifej K., Kilani I., Ishmais M.A.: Effect of jam processing and storage on phytochemicals and physicochemical properties of cherry at different temperatures. *J. Food Process. Pres.*, 2014, 38, 247-254.
- [5] Picariello G., Ferranti P., Cunzo F. de, Sacco E., Volpe M.G.: Polyphenol patterns to trace sweet (*Prunus avium*) and tart (*Prunus cerasus*) varieties in cherry jam. *J. Food Sci. Tech.*, 2017, 54, 2316-2323.
- [6] de Oliveira E.N.A., Santos D.C., Gomes J.P., Rocha A.P.T., da Silva W.P.: Physicochemical stability of diet umbu-caja jams stored at ambient conditions. *J. Food Process. Pres.*, 2015, 39, 70-79.
- [7] Sravani V.J., Ravi N., Roopa N., Kumar S., Pandey A.K., Chauhan O.P.: Use of high pressure technology for the development of novel jam and its quality evaluation during storage. *J. Food Sci. Tech.*, 2017, 54, 3562-3568.
- [8] Spence Ch.: On the psychological impact of food colour. *Flavour*, 2015, 4, 1-16.
- [9] Genovese D.B., Ye A., Singh H.: High methoxyl pectin/apple particles composite gels: Effect of particle size and particle concentration on mechanical properties and gel structure. *J. Texture Stud.*, 2010, 41, 171-189.
- [10] ISO 3972:2011. Sensory analysis. Methodology. Method of investigating sensitivity of taste.
- [11] Mancebo C.M., Rodriguez P., Gómez M.: Assessing rice flour-starch-protein mixtures to produce gluten free sugar-snap cookies. *LWT - Food Sci. Technol.*, 2016, 67, 127-132.
- [12] Onipe O.O., Jideani A.I.O., Beswa D.: Composition and functionality of wheat bran and its application in some cereal food products. *I. J. Food Sci. Tech.*, 2015, 50, 2509-2518.
- [13] Raj P., Arockia A., Radha K., Vijayalakshmi M., Pavulraj S., Anuradha P.: Study on the utilization of paneer whey as functional ingredient for papaya jam. *Ital. J. Food Sci.*, 2017, 29, 1120-1770.
- [14] Patras A., Brunton N.P., Tiwari B.K., Butler F.: Stability and degradation kinetics of bioactive compounds and colour in strawberry jam during storage. *Food Bioproc. Tech.*, 2011, 4, 1245-1252.
- [15] Melgarejo P., Martínez R., Hernández F., Martínez J.J., Legua P.: Anthocyanin content and colour development of pomegranate jam. *Food Bioprod. Proces.*, 2011, 89, 477-481.
- [16] Legua P., Melgarejo P., Martínez J.J., Martínez R., Hernández F.: Optimization of pomegranate jam preservation conditions. II International Symposium on the Pomegranate. CIHEAM / Universidad Miguel Hernández, Zaragoza, Spain, 2012, pp. 277-281.
- [17] Yalçınöz S.K., Erçelebi E.A.: Anthocyanin degradation and colour kinetics of cornelian cherry concentrate. *Br. J. Appl. Sci. Technol.*, 2015, 10, 1-12.
- [18] Johnson M.C., Thomas A.L., Greenlief C.M.: Impact of frozen storage on the anthocyanin and polyphenol content of American elderberry fruit juice. *J. Agr. Food Chem.*, 2015, 63, 5653-5659.
- [19] Kirca A., Özkan M., Cemeroğlu B.: Storage stability of strawberry jam color enhanced with black carrot juice concentrate. *J. Food Process. Pres.*, 2007, 31, 531-545.
- [20] Rogowska A.M.: Synesthesia and individual differences. Cambridge University Press, Cambridge 2015.
- [21] Cardelli C., Labuza T.P.: Application of Weibull hazard analysis to the determination of the shelf life of roasted and ground coffee. *LWT - Food Science and Technology*, 2001, 34, 273-278.
- [22] Selvamuthukumaran M., Khanum F.: Processing seabuckthorn fruit for antioxidant rich jam development and shelf stability assessment. *Indian J. Tradit. Knowledge*, 2014, 13, 335-346.

Wpływ warunków przechowywania na parametry tekstyury i jakość sensoryczną dżemów wiśniowych z różnymi dodatkami roślinnymi**S t r e s z c z e n i e**

W pracy porównano parametry tekstyury i barwy oraz wyróżniki jakości sensorycznej w niskosłodzonych dżemach wiśniowych, zarówno z prozdrowotnymi składnikami roślinnymi, jak i bez ich udziału (próba kontrolna). Badane dżemy wiśniowe zawierały dodatek owoców aronii, czarnego bzu, pigwowca japońskiego oraz nasiona lnu, zarodki pszenne i inulinę w ilości 6 ÷ 42 % masy wiśni. Zawartość sacharyzu zmniejszono o 15 ÷ 48 % w wyniku zastąpienia jej glikozydami stewiolowymi. Produkty były analizowane bezpośrednio po produkcji oraz po 6 i 12 miesiącach składowania w temperaturze chłodniczej (10 °C) i pokojowej (20 °C). W dżemach dominowała barwa czerwona (a*) oraz żółta (b*). Najjaśniejsze były dżemy z dodatkiem pigwowca japońskiego, nasion lnu i zarodków pszennych. Dodatek owoców aronii i czarnego bzu spowodował znaczne przyciemnienie barwy dżemu. W składowanych dżemach zaobserwowano zmiany parametrów tekstyury i barwy, przy czym w dżemach składowanych w 10 °C zmiany te były mniejsze. W ocenie sensorycznej dżemy otrzymały wysokie noty, zarówno bezpośrednio po produkcji, jak i po 6-miesięcznym składowaniu (4,6 ÷ 5,0 pkt). Po 12-miesięcznym składowaniu dżemy zachowały nadal wysoką jakość (4,7 ÷ 5,0 pkt), z wyjątkiem dżemów z nasionami lnu i zarodkami, które uzyskały niższe noty (3,8 ÷ 4,0 pkt). Po analizie badanych prób wykazano, że korzystniejsze jest składowanie dżemów w niższej temperaturze, a w próbach wzboagaconych lном i zarodkami pszennymi należy skrócić czas składowania do 6 miesięcy. Podsumowując, można stwierdzić, że zastosowane dodatki wzmacniające (aronia, czarny bez, pigwowiec, len, zarodki pszenne, inulina) mogą stanowić korzystną alternatywę dla tradycyjnych dżemów.

Słowa kluczowe: wiśnia, dżem, dodatki roślinne, tekstura, barwa, właściwości sensoryczne 

MARTIN KRÁL, MAREK ŠNIRC, BOHUSLAVA TREMLOVÁ

**DIFFERENCES BETWEEN TECHNOLOGICAL AND TEXTURAL
PARAMETERS OF MEAT FROM FARMED AND WILDLIFE RED
DEER (*CERVUS ELAPHUS*) DETERMINED BY PCA METHOD**

S u m m a r y

Recently an upward trend has been reported in the consumption of wild meat, especially of the deer meat, for its nutritional value and specific taste. Chemical, technological and textural properties of meat are its basic quality indicators. Consumer preferences are strongly influenced by thermal treatment techniques of meat affecting its tastiness and the latter one alters with changes in the chemical and textural properties of meat.

The objective of the research study was to describe the quality of red deer (*Cervus elaphus*) meat and the differences between technological and textural parameters of meat from farmed and wildlife animals. Samples were collected from a *Musculus semimembranosus* muscle. In the analysis a method of principal components (PCA) was applied. The first seven principal components explained (described) more than 90 % of the total variance of all the parameters studied, however the first three principal components described over 62 % of the total variance of the parameters analyzed. In the case of the first principal component, the most significant variables thereof were: chewiness, springiness and cohesiveness of the fried samples, water bath cooking loss, content of fat and springiness of the cooked samples. The statistically significant differences ($p < 0.05$) were found in the contents of water, protein and fat. The analysis of the texture profile showed significant differences ($p < 0.05$) in the following parameters: springiness of the samples cooked in water bath, hardness and cohesiveness of the roasted samples, and springiness and chewiness of the fried samples. Based on the results of the analysis performed it was concluded that the value of pH as well as the chemical, technological and textural properties could provide useful information that make it possible to determine the origin of meat (farmed animals vs. wildlife animals).

Key words: *Musculus semimembranosus*, red deer, meat, thermal treatment techniques, quality, method of principal components (PCA)

PhD Ing. M. Král, Doc. MVDr. B. Tremlová, Department of Plant Origin Foodstuffs Hygiene and Technology, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary and Pharmaceutical Sciences Brno, Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, Czech Republic, PhD Ing. M. Šnirc, Department of Chemistry, Faculty of Biotechnology and Food Sciences, Slovak University of Agriculture in Nitra, tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovakia. Contact: martinxkral@gmail.com

Introduction

Among consumers there is a growing interest in some characteristics of meat itself and also in the production system of meat or meat products. Above all else, meat is to be safe and without artificial additives added into the animal diet or into the product. Furthermore, consumers are increasingly concerned about the animal welfare and environmental aspects of animal production systems [25]. Other important qualitative factors of meat are its technological and textural attributes. Sensory and technological attributes of the final meat product depend on the quality of raw material and this depends on the animal species and the quality of fat [9].

Venison is attractive to consumers on account of several features: tenderness, low content of fat, favourable fat composition and high levels of minerals [12]. It is also characterized by a unique quality owing to the specific animal behaviour that results in different histochemical and structural properties of animal muscles [30]. Many researchers have reported the effects of age, gender, feed type (pasture vs. grain), region, production system and evisceration on the composition of meat from red deer, fallow deer, roe deer and reindeer. Deer farming has been proved to be a low input system [25] and in many markets the meat from farmed red deer is perceived as a high-value meat because of a number of such characteristics as a low content of fat and a high content of iron [8]. For grazing animals pasture is generally a sole source of feed with simple supplements added under certain conditions and/or for the purpose of improving animal performance [25]. Among other things, the findings by Wiklund et al. [28, 29] showed that the sensory panel could distinguish between animals fed grain-based pellets and those grazed on natural pastures. In their previous study, Šnirc et al. [22] reported the variances with reference to the *Musculus longissimus thoracis et. lumborum*. The present research study focuses on *Musculus semimembranosus* as well as on the quality of meat from farmed and wildlife red deer. Also the differences are described using a principal component analysis (PCA), and the technological and textural parameters are visualized.

Material and methods

Animals

The samples of *Musculus semimembranosus* were collected from 8 wildlife and 8 farmed red deer (*Cervus elaphus*). The weight of the wildlife animals was 78 ± 3 kg, their age was < 1.5 year, their pastures were located in the central-western part of Slovakia. The weight of the farmed animals was 80 ± 2 kg, their age was < 1.5 year, and the deer farm was in the south-western part of Slovakia. The deer and the carcasses were handled in compliance with the Regulation (EC) No. 854/2004 of the European Parliament and of the Council [21] as described in the study by Šnirc et al. [22].

Cooking procedures

The 2 cm thick meat samples were cooked and the following three cooking methods were applied:

- 1) water bath – the samples in a plastic bag were immersed in a water bath at 75 °C for 45 min, iced for 15 min, and chilled at 4 °C for 45 min;
- 2) convection oven – the samples in an aluminium foil were roasted at 190 °C to 70 °C of the internal temperature of the sample;
- 3) pan – every sample was fried using 20 g of a vegetable frying fat (Planta, Czech Republic) to the internal temperature of [°C]: 60, 70, 80; the cooking loss was determined.

Measurement

The pH value of the muscle was measured 48 h after slaughter with a Gryf 259 pH-meter (Gryf HB, Czech Republic). A filter-press method was applied to assess the water holding capacity (WHC). The samples of 500 ± 20 mg were put under a pressure of 10 kg for 5 min [10]. A muscle sample (35 ± 5 g) was suspended in a plastic bag at 1 ± 3 °C for 24 h and the liquid collected in the bag was weighed and expressed as a drip loss (DL) [13].

The instrumental measurements were performed and the percentage cooking loss was determined after the final cooking temperature reached 75 °C (water bath), 70 °C (roasting in the oven) and 80 °C (frying) and all the samples were cooled down to have an internal temperature of 21 °C.

Water, protein, fat and ash were analysed according to AOAC methods [2]. The shear force and the Instrumental Texture Profile were determined using a TA.XT and a Texture Analyser (Stable Micro Systems, UK). The shear force was measured using a Volodkevich bite jaws probe and the samples were cut to 50 % across the sample fibres.

The Instrumental Texture Profile (hardness, springiness, cohesiveness and chewiness) was measured by a double compression cycle test according to Szczesniak [23]. An aluminium cylinder probe of 38 mm diameter compressed the samples ($10 \times 10 \times 10$ mm) up to 50 % of their original height.

Statistical analysis

PCA as a multivariate analytical tool was used to reduce the set of original variables and to extract a small number of latent factors (principal components, PCs) in order to analyse the relationships among the variables studied and the classification of samples. The principal components are linear combinations of the original variables. The first PC is oriented to explain as much variation of the data as possible and it presents the best linear summary. The second PC is orthogonal to the first and it explains

the next largest variance of the data, and so forth. The PCs were plotted in a three-dimensional space to produce score plots. In the score plot the relationship between the samples was visualized, hence the samples close to each other in the score plot were similar. The number of PCs extracted from the variables was determined by a Kaiser's rule [17]. This criterion retains only factors with eigenvalues > 1 . A Wilcoxon signed-rank test was used to estimate differences between the farmed and the wildlife red deer on a significance level of 0.05. All the computational analyses, including the graphical representation, were performed using an XLSTAT 2014.5.03 (2014) software package.

Results and discussion

The first seven PCs satisfy the Kaiser's rule. Those seven PCs explain more than 90 % of the total variance for the tested parameters. The first three PCs explain more than 62 % of the total variance. The results of the PC analysis are presented in Tab. 1.

Table 1. Results of Principal Component Analysis
Tabela 1. Wyniki analizy składowych głównych

Item / Wyszczególnienie	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
Eigenvalue Wartość własna	7.64	4.57	3.47	2.73	1.72	1.47	1.07
Variance Zmienność [%]	30.57	18.29	13.88	10.94	6.89	5.90	4.29
Cumulative value Wartość skumulowana [%]	30.57	48.86	62.75	73.69	80.59	86.49	90.79

Šnirc et al. [22] found that the first five PCs explained more than 85 % of the total variance for pH and chemical & technological parameters, whereas the level of total variance of the textural parameters of farmed and wildlife red deer was 86 %. Based on the analysed 76 morphometric parameters of the carcasses from the young Charolais bulls, Laville et al. [19] found that the first ten PCs explained 80 % of the total variance of the parameters measured. However, as regards the rabbits, Hernández et al. [11] reported the first four PCs for the meat quality explained 62 % of the total variance. They analyzed the meat quality using 23 variables including pH, meat colour, WHC, cooking loss, fatty acid composition and sensory parameters. Cañequé et al. [4] analyzed the meat of light lambs and used 20 variables; they reported that the first five PCs explained 77 % of the total variance. The eigenvalues and cumulative values are shown in Fig. 1.

Tab. 2 displays the p-value significance and all the variables. PC4, PC5, PC6, and PC7 data are not shown. As for the first PC, the most important variables are the chewiness, springiness and cohesiveness of the fried samples, the cooking loss of the water

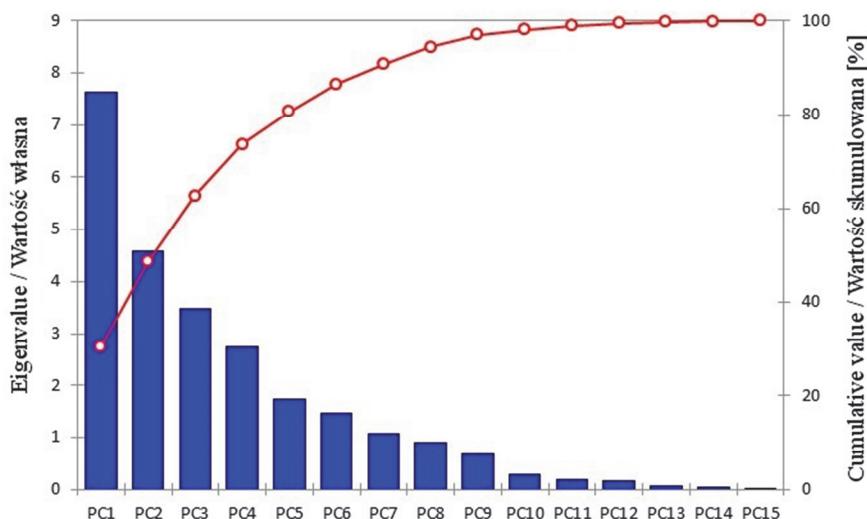


Fig. 1. Eigenvalues of matrices and cumulative values of variances of principal components
Rys. 1. Wartości własne macierzy i wartości skumulowane zmienności składowych głównych

bath samples and the content of fat and springiness of the cooked samples. The second PC is characterized by the water holding capacity and a content of protein. The third PC is defined by the hardness of the water bath samples, the shear force of the fried samples and the chewiness of the water bath samples. All the variables in Tab. 2 are visualized in a three-dimensional loading plot (Fig. 2). The ultimate pH and WHC are the factors to affect meat quality parameters such as tenderness, colour and juiciness [29, 14]. The analysis of the meat showed significant differences ($p < 0.05$) as regards pH and water holding capacity. Those data are inconsistent with the results by Hutchison who reported that the diet had no effect on the ultimate pH or thaw/loss purge [15].

In the case of the cooking loss, a significant difference between the two deer groups studied was reported only with regard to samples cooked in the water bath at 75 °C.

The analysis of the basic chemical parameters showed significant differences in all the tested analytes (water, protein, and fat) except for ash where the p-value was 0.554. The chemical composition of different muscles of the farmed red deer indicated that in general the farmed red deer had higher contents of intramuscular fat compared to the free-range roe deer [12, 6]. The results obtained in this study confirms these findings. Similar results were found in the comparative studies on the grain and pasture feeding systems for cattle [26] and deer [15]. Modern image analysis methods can be applied to thoroughly assess the quality of fat [5]. The study by Dannenberger et al. [7]

also showed a high extent of variance of the macro- and micronutrients between the roe deer, which resulted from the varied environmental factors of free-range animals. With reference to red deer, the results obtained under the present research study correspond with those findings.

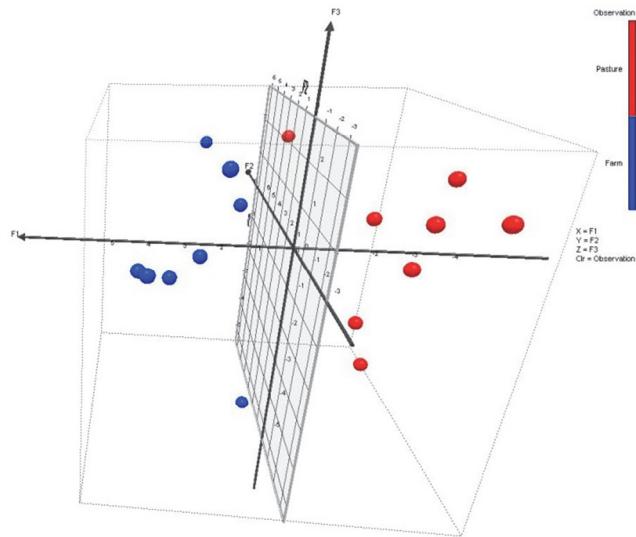


Fig. 2. 3D chart of the first three PCs loading vectors

Rys. 2. Wykres 3D wektorów kierunkowych trzech pierwszych składowych głównych

The shear force in the present study showed no significant difference between the two deer groups in any of the cooking procedures. This confirms the findings of Volpelli et al. [25] who reported no effect of the diet on the shear force. Kadim et al. [16] noted that the variance of the shear force might be due to differences between other important factors such as connective tissue structure, size of the muscle bundles, rigidity and water holding capacity.

According to Alfaig et al. [1], the texture is probably the only most critical quality factor associated with the ultimate consumer satisfaction. The raw meat is tough – the viscous flow in the fluid-filled channels between the fibres and fibre bundles; heating up to 65 °C increases tenderness – the sarcoplasmic proteins aggregate forming a gel and make it easier to fracture the meat using one's teeth [3], while heating over 65 °C up to 80 °C makes the meat tougher – the elastic modulus increases and requires larger tensile stress to extend fractures [24].

Table 2. Variables: pH, chemical, technological and textural parameters of *Musculus semimembranosus* from deer and their significance

Tabela 2. Zmienne: pH, parametry chemiczne, technologiczne i parametry tekstury *Musculus semimembranosus* jeleni i ich istotność

Variables / Zmienne	PC1	PC2	PC3	p-value	Significance Istotność
pH	-0.13	-0.72	-0.13	0.030	*
WHC / Wodochłonność [cm ² /g]	-0.17	0.92	0.15	0.030	*
Drip loss / Wyciek swobodny [%]	0.04	-0.83	-0.07	0.529	-
Cooking loss – water bath	0.87	0.06	-0.09	0.042	*
Ubytek termiczny – gotowanie w wodzie (75 °C)					
Cooking loss – roasting in oven	0.82	-0.28	-0.11	0.080	-
Ubytek termiczny – pieczenie (190 °C)					
Cooking loss – frying	-0.76	0.28	0.08	0.107	-
Ubytek termiczny – smażenie (80 °C)					
Water / Woda [%]	-0.54	0.75	0.16	0.014	*
Protein / Białko [%]	0.08	0.9	0.07	0.021	*
Fat / Tłuszcze [%]	0.88	0.01	-0.09	0.014	*
Ash / Popiół [%]	-0.12	0.11	0.18	0.554	-
Water bath – shear force	-0.02	0.31	0.46	0.800	-
Gotowanie w wodzie – siła cięcia [kg]					
Water bath – hardness	0.14	0.07	0.77	0.294	-
Gotowanie w wodzie – twardość [N]					
Water bath – cohesiveness	0.12	-0.41	0.63	0.832	-
Gotowanie w wodzie – spójność [-]					
Water bath – springiness	0.84	0.15	0.34	0.014	*
Gotowanie w wodzie – sprężystość [mm]					
Water bath – chewiness	0.66	-0.07	0.64	0.107	-
Gotowanie w wodzie – żujność [N·mm]					
Roasting – shear force / Pieczenie – siła cięcia [kg]	0.33	-0.08	0.48	0.673	-
Roasting – hardness / Pieczenie – twardość [N]	0.71	0.34	-0.09	0.021	*
Roasting – cohesiveness / Pieczenie – spójność [-]	0.44	0.06	-0.19	0.416	-
Roasting – springiness	0.07	0.38	-0.65	0.572	-
Pieczenie – sprężystość [mm]					
Roasting – chewiness / Pieczenie – żujność [N·mm]	0.47	0.29	-0.44	0.141	-
Frying – shear force / Smażenie – siła cięcia [kg]	0.35	-0.04	0.65	0.363	-
Frying – hardness / Smażenie – twardość [N]	0.2	0.42	0.33	0.834	-
Frying – cohesiveness / Smażenie – spójność [-]	0.76	0.29	-0.37	0.014	*
Frying – springiness / Smażenie – sprężystość [mm]	0.85	-0.11	-0.08	0.014	*
Frying – chewiness / Smażenie – żujność [N·mm]	0.9	0.21	-0.18	0.014	*

Explanatory notes / Objяснienia:

* – significance of differences between mean values of parameters of *Musculus semimembranosus* from farmed and wildlife deer ($p < 0.05$) / istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi parametrów *Musculus semimembranosus* jeleni hodowlanych i dziko żyjących ($p < 0,05$).

The texture profile analysis performed after water bath showed a significant difference ($p < 0.05$) only in the springiness. Among all the cooking procedures studied,

the difference in the hardness was reported only in the case of the roasting in the oven. Significant differences on a level of $p = 0.014$ were found in the cohesiveness, springiness and chewiness of the fried meat samples. Laakkonen et al. [18] claim that changes in the meat tenderness during cooking are associated with the heat-induced alteration of myofibrillar proteins and connective tissue since the heat solubilises the connective tissue and this leads to meat tenderization, while the denaturation of myofibrillar proteins causes the meat to toughen. Considering the possible adulteration of meat and meat products [20], there is a need to develop highly sensitive and accurate procedures to detect it.

Conclusions

1. On the basis of the overall results of various analyses, PCA proved to be a very useful method to identify the most effective variables and to quickly point out the relationships among the variables themselves.
2. It was possible to distinguish between the *Musculus semimembranosus* meat samples derived from the farmed and wildlife groups of red deer by indicating differences in the meat characteristics.
3. The principal component analysis showed that the meat samples from the wildlife and farmed groups of red deer were differentiated by PC1, PC2 and PC3.
4. The explained variance of the first three PCs was 62.75 %. The results obtained in this study suggest that the pH-value, chemical, technological and textural properties have a good potential for predicting the origin of meat.

References

- [1] Alfaig E., Angelovicova M., Kral M., Vietoris V., Zidek R.: Effect of probiotics and thyme essential oil on the texture of cooked chicken breast meat. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 2013, 12 (4), 379-384.
- [2] AOAC: Official Methods of Analysis. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists International, Gaithersburg 2006.
- [3] Baldwin D.E.: Sous vide cooking: A review. *Int. J. Gastron. Food Sci.*, 2012, 1 (1), 15-30.
- [4] Cañeque V., Pérez C., Velasco S., Lauzurica S., Alvarez I.: Carcass and meat quality of light lambs using principal component analysis. *Meat Sci.*, 2004, 67 (4), 595-605.
- [5] Čáslavková P., Pospiech M., Štarha P., Kameník J., Saláková A., Tremlová B., Řezáčová Lukášková Z.: Verwendung der Bildanalyse für die Bewertung des Anschnitts der Rohwurstsorte Poličan. *Fleischwirtschaft*, 2014, 94, 88-93.
- [6] Dahlan I., Norfarizan Hanoon N.: Chemical composition, palatability and physical characteristics of venison from farmed deer. *Anim. Sci. J.*, 2008, 79 (4), 498-503.
- [7] Dannenberger D., Nuernberg G., Nuernberg K., Hagemann E.: The effects of gender, age and region on macro- and micronutrient contents and fatty acid profiles in the muscles of roe deer and wild boar in Mecklenburg-Western Pomerania (Germany). *Meat Sci.*, 2013, 94 (1), 39-46.

- [8] Drew K.R., Seman D.L.: The nutrient content of venison. Proceedings of the Nutrition Society of New Zealand, Mosgiel, 1987, 12, 49-55.
- [9] Guerrero L., Gou P., Alonso P., Arnau J.: Study of the physicochemical and sensorial characteristics of dry-cured hams in three pig genetic types. *J. Sci. Food Agric.*, 1996, 70 (4), 526-530.
- [10] Hamm R.: Functional Properties of the Myofibrillar System and Their Measurements. Academic Press, New York City, New York, 1986, pp. 135-192.
- [11] Hernández P., Pla M., Oliver M.A., Blasco A.: Relationships between meat quality measurements in rabbits fed with three diets of different fat type and content. *Meat Sci.*, 2000, 55 (4), 379-384.
- [12] Hoffman L.C., Wiklund E.: Game and venison – meat for the modern consumer. *Meat Sci.*, 2006, 74 (1), 197-208.
- [13] Honikel K.O.: Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci.*, 1998, 49 (4), 447-457.
- [14] Hopkins D.L., Ashton-Jones S., Bouton P., Harris P., Shorthose W., Baxter R.: Processing technology changes in the Australian sheep meat industry: An overview. *Anim. Prod. Sci.*, 2011, 51 (5), 399-405.
- [15] Hutchison C.L., Mulley R.C., Wiklund E., Flesch J.S.: Effect of concentrate feeding on instrumental meat quality and sensory characteristics of fallow deer venison. *Meat Sci.*, 2012, 90 (3), 801-806.
- [16] Kadim I.T., Al-Karousi A., Mahgoub O., Al-Marzooqi W., Khalaf S.K., Al-Maqbali R.S.: Chemical composition, quality and histochemical characteristics of individual dromedary camel (*Camelus dromedarius*) muscles. *Meat Sci.* 2013, 93 (3), 564-571.
- [17] Kaiser H.F., Rice J.: Little jiffy, mark IV. *Educational and psychological measurement*, 1974, 34 (1), 111-117.
- [18] Laakkonen E., Wellington G., Sherbon J.: Low-temperature, long-time heating of bovine muscle 1. Changes in tenderness, water-binding capacity, pH and amount of water-soluble components. *J. Food Sci.*, 1970, 35 (2), 175-177.
- [19] Laville E., Martin V., Bastien O.: Prediction of composition traits of young Charolais bull carcasses using a morphometric method. *Meat Sci.*, 1996, 44 (1-2), 93-104.
- [20] Randulová Z., Tremlová B., Rezacova Lukaskova Z., Pospiech M., Straka I.: Determination of soya protein in model meat products using image analysis. *Czech J. Food Sci.*, 2011, 29 (4), 318-321.
- [21] Regulation (EC) No 854/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 of laying down specific rules for the organisation of official controls on products of animal origin intended for human consumption. OJ L 139, pp. 206-320, of 30.04. 2004.
- [22] Šnirc M., Král M., Ošťádalová M., Golian J., Tremlová B.: Application of principal component analysis method for characterization chemical, technological, and textural parameters of farmed and pastured red deer. *Int. J. Food Prop.*, 2016, 20 (4), 754-761.
- [23] Szczesniak A.S.: Texture is a sensory property. *Food Qual. Prefer.*, 2002, 13 (4), 215-225.
- [24] Tornberg E.: Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products. *Meat Sci.*, 2005, 70 (3), 493-508.
- [25] Volpelli L.A., Valusso R., Morgante M., Pittia P., Piasentier E.: Meat quality in male fallow deer (*Dama dama*): Effects of age and supplementary feeding. *Meat Sci.*, 2003, 65 (1), 555-562.
- [26] Walstra P.: Dairy technology: Principles of Milk Properties and Processes. CRC Press, Boca Raton 1999, p. 727.
- [27] Wiklund E., Johansson L., Malmfors G.: Sensory meat quality, ultimate pH values, blood parameters and carcass characteristics in reindeer (*Rangifer tarandus tarandus L.*) grazed on natural pastures or fed a commercial feed mixture. *Food Qual. Prefer.*, 2003, 14 (7), 573-581.
- [28] Wiklund E., Malmfors G., Lundström K., Rehbinder C.: Pre-slaughter handling of reindeer bulls (*Rangifer tarandus tarandus L.*) — effects on technological and sensory meat quality, blood metabolites and muscular and abomasal lesions. *Rangifer*, 1996, 16 (3), 109-117.

- [29] Wiklund E., Manley T.R., Littlejohn R.P., Stevenson-Barry J.M.: Fatty acid composition and sensory quality of *Musculus longissimus* and carcass parameters in red deer (*Cervus elaphus*) grazed on natural pasture or fed a commercial feed mixture. *J. Sci. Food Agric.*, 2003, 83 (5), 419-424.
- [30] Żochowska J., Lachowicz K., Gajowiecki L., Sobczak M., Kotowicz M., Żych A.: Effects of carcass weight and muscle on texture, structure and myofibre characteristics of wild boar meat. *Meat Sci.*, 2005, 71 (2), 244-248.

RÓŻNICE POMIĘDZY PARAMETRAMI TECHNOLOGICZNYMI I TEKSTURALNYMI MIĘSA JELENI (*CERVUS ELAPHUS*) HODOWLANYCH I DZIKO ŻYJĄCYCH OKREŚLONE METODĄ SKŁADOWYCH GŁÓWNYCH

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

Ostatnio obserwuje się tendencję wzrostową spożycia dziczych, zwłaszcza mięsa jeleni, z uwagi na jej wartość odżywczą i specyficzny smak. Chemiczne, technologiczne i teksturalne właściwości mięsa należą do jego podstawowych wyróżników jakości. Na preferencje konsumentów silnie wpływają sposoby obróbki termicznej, jakim zostało poddane mięso, a które wpływają na jego smakowitość zmieniającą się wraz ze zmianami tekstury i właściwości chemicznych.

Celem pracy było określenie jakości mięsa jeleni szlachetnych (*Cervus elaphus*) i różnic pomiędzy parametrami technologicznymi i teksturalnymi mięsa zwierząt hodowlanych i dziko żyjących. Próbki pobierano z mięśnia *Musculus semimembranosus* (półbloniastego). Do analizy zastosowano metodę składowych głównych (PCA). Pierwsze siedem składowych głównych wyjaśniało (opisywało) więcej niż 90 % całkowitej zmienności badanych parametrów, przy czym trzy pierwsze składowe główne opisywały więcej niż 62 % całkowitej zmienności analizowanych parametrów. Źujność, sprężystość i spójność smażonych próbek, ubytek cieplny w trakcie gotowania w wodzie, zawartość tłuszcza oraz sprężystość próbek gotowanych były najistotniejszymi zmieniami w przypadku pierwszej składowej głównej. Statystycznie istotne różnice ($p < 0,05$) dotyczyły zawartości wody, białka i tłuszcza. Analiza profilu tekstury mięsa wykazała istotne ($p < 0,05$) różnice pod względem: sprężystości w próbce poddanej gotowaniu w wodzie, twardości i spójności w próbce poddanej pieczeniu oraz spójności, sprężystości i żujności w próbce smażonej. Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że pH, oraz parametry chemiczne, technologiczne i teksturalne mogą dostarczyć użytecznych informacji pozwalających na ustalenie pochodzenia mięsa (zwierzęta hodowlane vs. zwierzęta dziko żyjące).

Słowa kluczowe: *Musculus semimembranosus*, jeleń szlachetny, mięso, sposoby obróbki termicznej, jakość, metoda składowych głównych (PCA) 

HALINA MAKALA

**JAKOŚĆ I WARTOŚĆ ŻYWIENIOWA MODELOWYCH KONSERW TYPU
SZYNKA BLOKOWA WYPROWOKOWANYCH Z MIEŚA BROJLERÓW
KURZYCH ŻYWIONYCH PASZĄ BEZ DODATKU OLEJU LNIANEGO
I Z JEGO UDZIAŁEM**

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

Celem pracy była ocena jakości oraz wartości żywieniowej modelowych konserw typu szynka blokowa wyprodukowanych z mięsa drobiowego. Do badań zastosowano mięso pozyskane z brojlerów kurzych żywionych mieszankami standardowymi (wariant kontrolny) i wzbogaconymi w nienasycone kwasy tłuszczyne ze śrutowanego siemienia lnianego (wariant doświadczalny). Doświadczalną produkcję szynek przeprowadzono w skali półtechnicznej w dwóch powtórzeniach. W wyrobach gotowych przeprowadzono analizę podstawowego składu chemicznego, oznaczając zawartość: wody, białka, tłuszcza, NaCl, kolagenu oraz składników mineralnych w postaci popiołu zgodnie z normami PN ISO. Wykonano także ocenę jakości i określono profil sensoryczny modelowych konserw. W ocenie wartości żywieniowej szynek uwzględniono udział kwasów tłuszczyńczych nasyconych, jednonienasyconych oraz wielonienasyconych z rodziny n -3 i n -6 w całkowitej puli tych związków, jak również obliczono wybrane wskaźniki stosowane do charakterystyki wartości żywieniowej lipidów. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono korzystny wpływ użycia surowca drobiowego pozyskanego z brojlerów kurzych, w żywieniu których zastosowano paszę wzbogaconą w ześrutowane siemię lniane, na jakość i wartość żywieniową uzyskanych wyrobów. Modelowe konserwy typu szynka blokowa wariantu doświadczalnego charakteryzowały się dwukrotnie niższą wartością wskaźnika PUFA n -6/PUFA n -3, większą zawartością kwasów tłuszczyńczych z rodziny PUFA n -3 oraz wskaźnikiem ryzyka miażdżycy o wyższej (a więc korzystniejszej) wartości w porównaniu z szynkami wariantu kontrolnego. Jakość sensoryczna produktów wariantu kontrolnego i doświadczalnego oceniona 24 h po wyprodukowaniu oraz po 10-tygodniowym przechowywaniu chłodniczym była porównywalna.

Słowa kluczowe: mięso kurczat, konserwa modelowa, wartość żywieniowa, jakość sensoryczna

Wprowadzenie

Tendencja rozwojowa produkcji i konsumpcji mięsa drobiowego łączy trzy aspekty: finansowy, wygody i żywieniowo-zdrowotny. Mięso drobiowe cenione jest

*Dr inż. H. Makala, Zakład Technologii Mięsa i Tłuszcza, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego, ul. Jubilerska 4, 04-190 Warszawa.
Kontakt: halina.makala@ibprs.pl*

przez konsumentów ze względu na pożądaną wartość odżywczą oraz walory sensoryczne. Stanowi ono źródło pełnowartościowego białka, którego średnia zawartość w mięśniach piersiowych wynosi 22,9 ÷ 23,7 %, a w mięśniach udowych – 19,2 ÷ 19,8 %. Zawiera ono niewielkie ilości tłuszczy surowego, średnio w mięśniach piersiowych – 1,05 ÷ 1,75 %, a w mięśniach udowych – 4,83 ÷ 5,46 % [30, 41]. Celem uatrakcyjnienia, a równocześnie poprawy wartości żywieniowej tego surowca stosuje się odpowiednio dobrane rasy i linie hodowlane kur, pasze bez dodatku antybiotykowych stymulatorów wzrostu lub wzbogacone w istotne żywieniowo składniki, m.in. kwasy tłuszczy z rodziny *n*-3, co przyczynia się do uzyskania surowca drobiowego o podwyższonej wartości żywieniowej [16, 19, 21, 23, 39]. Zakaz stosowania stymulatorów wzrostu do pasz dla drobiu obowiązujący od 1 stycznia 2006 r. niewątpliwie przyczynił się do poprawy jakości zdrowotnej mięsa drobiu.

Oleje roślinne uważane są za bardziej wartościowe od tłuszczów zwierzęcych pod względem żywieniowym, ponieważ dostarczają organizmowi cennych nienasyconych kwasów tłuszczy, witamin rozpuszczalnych w tłuszczach i nie zawierają cholesterolu [10, 11, 12, 27, 51]. Przykładem jest olej lniany (*Oleum lini*), który stanowi bogate źródło niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczy. Kwas α-linolenowy (ALA) dzięki aktywności biochemicznej ma pozytywny wpływ na zdrowie człowieka i pełni istotną funkcję w przemianach lipidów w organizmach ssaków [17, 20, 32, 33, 50]. Najważniejsze nienasycone kwasy tłuszczy to kwasy polienowe (PUFA), a wśród nich te niesyntetyzowane w organizmie człowieka – niezbędne nienasycone kwasy tłuszczy (NNKT), w skład których wchodzą kwasy z rodziny *n*-6 (m.in. kwas linoowy) i *n*-3 (m.in. kwas α-linolenowy) [28, 50, 51].

W diecie mieszkańców Europy Zachodniej przeważają nasycone kwasy tłuszczywe i wielonienasycone kwasy tłuszczywe z rodziny *n*-6, niewielka zaś jest w niej zawartość kwasów z rodziny *n*-3 [1, 2, 5, 53, 56]. Również w naszym kraju przeciętna dieta jest uboga w kwasy tłuszczywe z rodziny *n*-3, dlatego też pożądane jest wzbogacanie żywności w tę grupę aktywnych składników [28, 50]. Sposobem zwiększenia udziału cennych żywieniowo kwasów tłuszczy (KT) w produktach mięsnych jest zastosowanie w paszy komponentów będących doskonałym źródłem tych KT oraz uwzględnienie w składzie recepturowym produktów mięsnych składników bogatych w te KT, głównie olejów roślinnych lub rybnych. Oleje mogą być stosowane jako dodatkowy składnik receptury lub jako częściowy zamiennik tłuszczy zwierzęcego [4, 9, 25, 33, 35].

Prowadzone w ostatnich latach badania na brojlerach kurzych [38, 52, 57, 58, 59] dotyczyły głównie poprawy jakości mięsa drobiowego przez wprowadzanie do mięszanek paszowych podawanych brojlerom wielonienasyconych kwasów tłuszczy szeregu homologicznego PUFA *n*-3, mających dobrotzynne działanie na zdrowie człowieka [3, 18, 26, 28]. Na podstawie wyników badań [29, 30] stwierdzono, że

wzbogacanie diety kurcząt w KT PUFA *n*-3 powoduje korzystne zwiększenie zawartości tych kwasów w tkankach ptaków, ale równocześnie może też zwiększać podatność uzyskanych surowców na utlenianie i powstawanie szkodliwych dla organizmu wolnych rodników oraz niepożądanych zapachów [37, 38].

Naukowcy i producenci od wielu lat podejmują prace w celu zapewnienia wysokiej jakości produktów drobiowych. Interesującym, a stosunkowo mało poznanym zagadnieniem jest przetwórstwo mięsa uzyskanego ze zwierząt rzeźnych i drobiu karmionych paszą bogatą w oleje roślinne, np. w olej lniany czy też olej z ryb. Dla konsumentów smak i wartość żywieniowa są ważnymi atrybutami jakości spożywanego mięsa, najczęściej chudego. Tłuszcz znajdujący się wmięśniach oraz skład kwasów tłuszczyowych stanowią istotne aspekty jakości mięsa nie tylko pod względem żywieniowym, ale również sensorycznym, ponieważ mają istotny wpływ na takie wyróżniki jakości, jak smak, zapach i kruchość [6, 22, 55].

Celem pracy była ocena jakości oraz wartości żywieniowej modelowych konserw typu szynka blokowa wyprodukowanych z mięsa brojlerów kurzych żywionych paszą bez dodatku ześrutowanego siemienia lnianego i z jego udziałem (będącego źródłem NNKT w paszy).

Material i metody badań

Materiał doświadczalny stanowiły modelowe konserwy typu szynka blokowa wyprodukowane zmięśni piersiowych (85 %) i zmięśni podudzia (15 %) uzyskanych z tuszki kurcząt brojlerów żywionych mieszanymi standardowymi (wariant kontrolny) i wzbogaconymi w nienasycone kwasy tłuszczyowe przez zastosowanie ześrutowanego siemienia lnianego (wariant doświadczalny). Kurczęta brojlerów 'Ross 308' pochodziły z doświadczeń hodowlanych, które prowadzono w hali odchowu kurnika należącego do SGGW. Kurczęta zostały losowo podzielone na dwie grupy po 40 szt.: kontrolną (K) i doświadczalną (D). Były chowane w osobnych przedziałach, a odchów trwał 39 dni. Kurczęta w obu grupach żywiono mieszanymi dla brojlerów kurzych: do 21. dnia życia starterem (21,99 % białka ogólnego i 2990 kcal EM/1kg), a następnie do 38. dnia życia finiszerem (18,51 % białka ogólnego i 3217 kcal EM/1kg). Mieszanki, którymi skarmiano brojlerów w grupie doświadczalnej, zawierały 7 % (m/m) ześrutowanego siemienia lnianego. Z tak uzyskanego surowca drobiowego wyprodukowano w skali półtechnicznej modelową konserwę typu szynka blokowa, w dwóch powtórzeniach.

W pierwszym etapie produkcji surowce: mięso z piersi i z podudzia kurcząt zostały rozdrobnione w wilku (Alexanderwerk, Niemcy) nożem nerkowym przez siatkę o średnicy otworów 30 - 40 mm. Następnie prowadzono proces masowania surowców drobiowych z dodatkiem solanki w masownicy łapowej, próżniowej typu V 80 (Stephan, Niemcy). Solanka zawierała wodę, mieszankę peklującą (99,4 % chlorku sodu

i 0,6 % azotanu(III) sodu), polifosforany, białko sojowe, askorbinian sodu, cukier, glutaminian sodu, mączkę ziemniaczaną. Surowce masowano przez 6 h w cyklach: 20 min praca, 40 min odpoczynek. Po zakończeniu procesu uzyskanym farszem napełniano puszki o pojemności 400 g, które po zamknięciu pasteryzowano w wodzie o temp. 75 °C do uzyskania w centrum geometrycznym wyrobu 72 °C mierzonym czujnikiem temperaturowym (Elab CTF 84, Dania). Następnie puszki schładzano wodą i umieszczano w chłodni w temp. 0 ÷ 4 °C (\pm 1 °C). Skład recepturowy modelowej konserwy typu szynka blokowa przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1. Zestawienie składu recepturowego modelowych konserw typu szynka blokowa
Table 1. Specification of the recipe composition of model canned products like block ham

Składniki / Ingredients [g/100 g]	
Surowce podstawowe / Basic raw materials:	
Filet z piersi kurcząt / Chicken breast fillet	65,40
Mięso z podudzia kurcząt / Chicken drumstick meat	11,50
Razem / Total	76,90
Składniki pomocnicze / Supplementary ingredients:	
Mieszanka peklująca / Curing salt	1,46
Polifosforany / Polyphosphates	0,12
Izobat białka sojowego Supro595 / Supro595 soy protein isolate	1,15
Mączka ziemniaczana / Potato flour	1,54
Askorbinian sodu / Sodium ascorbate	0,03
Cukier / Sugar	0,28
Glutaminian sodu / Monosodium glutamate	0,19
Woda technologiczna w postaci lodu / Technological water in the form of ice	18,33
Razem / Total	100,00

Zakres badań konserwy typu szynka blokowa obejmował:

- oznaczanie zawartości podstawowych składników chemicznych: wody (W) – metodą wagową po suszeniu według PN-ISO 1442:2000 [43], białka ogółem (B) – metodą Kjeldahla przy użyciu aparatu Kjeltec Analyzer 1026 (FOSS Polska Sp. z o.o.) według PN-EN ISO 8968-1:2014-03 [47], tłuszcza (T) – metodą Soxhleta (metoda wagowa, ekstrakcja techniką Soxhleta) przy użyciu aparatu Soxtec Fat Analyzer HT-6 (FOSS Polska Sp. z o.o.) według PN-ISO 1444:2000 [44], składników mineralnych w postaci popiołu całkowitego – metodą wagową po spopielieniu według PN-ISO 936:2000 [46], NaCl – metodą potencjometryczną według procedury ogólnej Laboratorium Badania Żywności i Środowiska IBPRS [45] oraz kolagenu – metodą spektrofotometryczną według PN-ISO 3496:2000 [48]. Na podstawie ozna-

- czonej zawartości wody, białka i tłuszczy wyliczano wskaźniki: liczbę Federa W/B charakteryzującą stopień uwodnienia białka w produkcie oraz wskaźnik T/B,
- ocenę profilu kwasów tłuszczy, którą wykonywano metodą chromatografii gazowej według PN-EN ISO 12966-2:2017-05 [49] przy użyciu chromatografu HP 6890 (Hewlett-Packard, USA) wyposażonego w detektor płomieniowo-jonizacyjny, kolumnę wysokopolarną z fazą BPX 70 o długości 60 m, grubości filmu 0,25 µm i średnicy wewnętrznej 0,25 mm. Analiza przebiegała w programowanej temperaturze (temperatura początkowa 130 °C – 1 min, przyrost temperatury 1,5 °C na min, temperatura końcowa 210 °C – 7 min, temperatura dozownika 220 ÷ 240 °C). Całkowity czas analizy wynosił ok. 40 min. Wyniki analizy były automatycznie wyliczane według zasady wewnętrznej normalizacji za pomocą oprogramowania ChemStation wersja A 03.34® 1989-1994,
 - jakościową i profilową ocenę sensoryczną metodą skalowania modelowej konserwy typu szynka blokowa, którą przeprowadzano po wyprodukowaniu oraz po 10 tygodniach chłodniczego przechowywania w temp. 0 ÷ 4 °C (± 1 °C). Oceniano takie wyróżniki jakościowe, jak: intensywność i pożądalność zapachu, intensywność i pożądalność barwy, pożądalność smaku oraz wrażenia: słoności, kwaskowatości, jełkości, konsystencję i pożądalność konsystencji oraz ocenę ogólną wyrobu. Ocenę przeprowadzano w pracowni sensorycznej spełniającej wymagania normy PN-EN ISO 8589:2010 [42] przez 7-osobowy zespół oceniających w dwóch niezależnych powtórzeniach, przy użyciu skomputeryzowanego systemu zbierania i analizowania danych ANALSENS v. 2013. Zakres stosowanej skali ocen wyróżników wynosił od 0 pkt (brak wrażenia lub minimalna, wyczuwalna wartość wrażenia) do 10 pkt (maksymalna wartość wrażenia).

Wykonano dwie szarże doświadczalne konserwy typu szynka blokowa, zaś wartości ocenianych wyróżników składu podstawowego, składu i profilu kwasów tłuszczy oraz noty oceny sensorycznej przy grupie 7 oceniających stanowią wartość średnią z co najmniej dwóch powtórzeń.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej w programie Statistica 6.0 PL. Zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji – czynnikiem różnicującym materiał doświadczalny był rodzaj mięsa z broilerów kurzych żywionych paszą z dodatkiem śruty lnianej i bez jej udziału. Istotność różnic pomiędzy średnimi wartościami parametrów modelowych szynek weryfikowano testem Tukeya przy $p \leq 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Wyniki podstawowego składu chemicznego oraz wyliczonych wskaźników syntetycznych W/B i T/B modelowej konserwy typu szynka blokowa przedstawiono w tab. 2. Nie stwierdzono statystycznie istotnego wpływu rodzaju użytego w badaniach su-

rowca drobiowego na oznaczane wyróżniki składu chemicznego i wyliczone wskaźniki syntetyczne modelowych konserw typu szynka blokowa.

Tabela 2. Wyniki podstawowego składu chemicznego modelowych konserw typu szynka blokowa
Table 2. Results of basic chemical composition of model canned products like block ham

Wariant Variant	Zawartość / Content of [%]						W/B W/P	T/B F/P
	wody water	białka protein	tłuszcza fat	NaCl	składników mineralnych w postaci popiołu mineral substances in the form of ash	kolagenu collagen		
K	76,1 ^a	17,8 ^a	1,7 ^a	2,0 ^a	2,9 ^a	0,42 ^a	4,30 ^a	0,09 ^a
D	75,9 ^a	18,3 ^a	1,5 ^a	2,0 ^a	3,0 ^a	0,38 ^a	4,17 ^a	0,08 ^a
NIR	0,17	0,50	0,23	0,01	0,03	0,04	0,13	0,02

Objaśnienia / Explanatory notes:

K – wariant kontrolny / control variant; D – wariant doświadczalny / experimental variant; n = 4; a – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy p ≤ 0,05 / mean values in columns denoted by different letters differ statistically significantly p ≤ 0.05.

Uzyskanie mięsa kurcząt o podwyższonej wartości żywieniowej poprzez stosowanie mieszanek paszowych wzboagaconych w kwasy tłuszczyzny n-3 w żywieniu ptaków było przedmiotem wielu badań [20, 29, 30, 36, 37]. Wykazano w nich m.in. korzystny wpływ 5-procentowego dodatku oleju lnianego do paszy podawanej kurczętom brojlerów na udział zawartości KT nasyconych i nienasyconych w całkowitej puli KT w lipidach mięsa. W wyniku tego zabiegu stwierdzono, że skład chemiczny mięsa kurcząt brojlerów można zmodyfikować. Zmianami korzystnymi pod względem zdrowotnym było zmniejszenie w nim ilości tłuszcza surowego i kwasów hipercholesterolemicznych (OFA). Wysoki poziom witaminy E podawanej w paszy brojlerów w celu osłabienia utleniania PUFA obniżył jednak jego walory smakowe [20]. W dostępnej literaturze brak jest informacji na temat możliwości aplikacyjnych surowca mięsnego o polepszonej wartości zdrowotnej i jego wpływie na wartość odżywczą produktów mięsnych.

Mięso i przetwory mięsne są, obok pełnowartościowego białka, źródłem tłuszcza, głównie nasyconych kwasów tłuszczyzny (SFA). Zbyt duża podaż w diecie kwasów tłuszczyzny nasyconych może stanowić jeden z czynników ryzyka rozwoju niektórych chorób, zwłaszcza takich, jak choroby układu krążenia i niektóre nowotwory. Zainteresowanie modyfikacją kwasów tłuszczyzny mięsa, w tym drobiowego, przez stosowanie odpowiedniej paszy w żywieniu brojlerów wynika z tego, że skład kwasów tłuszczyzny odgrywa ważną rolę w kształtowaniu jego cech jakościowych, m.in. atrybutów sensorycznych oraz wartości odżywczej [15, 24, 31, 54, 55].

Ocenę wartości żywieniowej konserw typu szynka blokowa dokonano na podstawie charakterystyki kwasów tłuszczyowych i wyliczonych wartości udziału poszczególnych grup kwasów tłuszczyowych. Uzyskane wyniki przedstawiono w tab. 3.

Tabela 3. Profil lipidowy modelowych konserw typu szynka blokowa. Zawartość grup kwasów tłuszczyowych w sumie kwasów tłuszczyowych z obliczeń [%]

Table 3. Lipid profile type of model canned ham block. The content of fatty acid groups in total fatty acids from the calculation [%]

Wariant Variant	UFA	SFA	UFA/SFA	MUFA	PUFA	DFA	OFA	PUFA n-6	PUFA n-3	PUFA n-6/n-3	IA
K	64,6 ^a	31,1 ^a	2,080 ^a	38,6 ^a	26,0 ^a	72,9 ^a	22,8 ^a	23,0 ^a	2,6 ^a	8,878 ^a	0,348
D	64,5 ^a	32,2 ^a	1,977 ^a	35,1 ^a	28,5 ^a	72,8 ^a	22,9 ^a	23,1 ^a	5,2 ^b	4,447 ^b	0,356
NIR	0,30	0,13	0,01	2,97	3,27	0,9	0,47	1,2	2,37	3,95	0,01

Objaśnienia / Explanatory notes:

K – wariant kontrolny / control variant; D – wariant doświadczalny / experimental variant; UFA – nienasycone kwasy tłuszczyowe / unsaturated fatty acids; SFA – nasycone kwasy tłuszczyowe / saturated fatty acids; MUFA – monoenoowe kwasy tłuszczyowe / monoenoic fatty acids; PUFA – polienowe (wielonienasycone) kwasy tłuszczyowe / polyenoic (polyunsaturated) fatty acids; PUFA n-3 – polienowe (wielonienasycone) kwasy tłuszczyowe z rodziną n-3 / polyenoic (polyunsaturated) fatty acids of the n-3; PUFA n-6 – polienowe (wielonienasycone) kwasy tłuszczyowe z rodziną n-6 / polyenoic (polyunsaturated) fatty acids of the n-6; OFA – niepożądane kwasy tłuszczyowe / undesirable fatty acids; DFA – pożądane kwasy tłuszczyowe / desirable fatty acids; IA – wskaźnik ryzyka miażdżycy obliczony według [8] / an indicator of atherosclerosis risk calculated according to [8]; n = 4; a, b - wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy p ≤ 0,05/ mean values in columns denoted by different letters differ statistically significantly p ≤ 0.05.

Analiza profilu KT surowca grupy doświadczalnej użytego do produkcji szynki blokowej wykazała, że wmięśniach piersiowych i udowych kurcząt stwierdzono statystycznie istotnie większą zawartość KT z rodziną PUFA n-3 oraz dwukrotnie wyższe wartości wskaźnika PUFA n-6/PUFA n-3 niż wmięśniach grupy kontrolnej. Wyniki ww. analizy przedstawiono w opracowaniu [41]. W modelowych konserwach typu szynka blokowa wyprodukowanych z mięsa brojlerów żywionych paszą wzbogaconą w ześrutowane siemię lniane stwierdzono większą zawartość kwasów tłuszczyowych z grupą PUFA. Produkty te charakteryzowały się blisko dwukrotnie niższą wartością wskaźnika PUFA n-6/PUFA n-3 oraz wyższą (a więc korzystniejszą) wartością wskaźnika ryzyka miażdżycy IA w porównaniu z wyrobem kontrolnym. Zatem wyższa jakość surowca użytego w procesie przetwórczym pozwoliła na uzyskanie produktu o wyższej wartości żywieniowej w porównaniu z surowcem kontrolnym.

Dla prawidłowego funkcjonowania organizmu człowieka istotne jest zachowanie właściwego stosunku PUFA z grupą n-6 i n-3. Rekomendowany przez żywieniowców stosunek zawartych w diecie kwasów tłuszczyowych n-6 do n-3 powinien wynosić 5:1 ÷ 3:1. W diecie konsumentów stosunek ten wynosi 15:1 ÷ 20:1 i jest znacznie wyższy od

zalecanego [1, 7, 23, 28, 50]. Zatem przetwory mięsne wzboagacone w kwasy tłuszczyzny *n-3* mogą przyczyniać się do poprawy wartości żywieniowej żywności, a tym samym zdrowia człowieka [9, 14, 19, 40, 51].

Decyzje zakupowe konsumenta zależą nie tylko od wartości żywieniowej produktu spożywczego, ale także od wyróżników sensorycznych. Do najistotniejszych cech jakości mięsa oraz przetworów mięsnych określanych za pomocą zmysłów można zaliczyć: barwę, smakowość (smak, zapach), teksturę (kruchość, twardość) i soczystość. Na kształtowanie jakości sensorycznej surowca mięsa kurcząt brojlerów wpływają czynniki przyjaciowe długoterminowe, do których zalicza się: genotyp, wiek, płeć, system żywienia i warunki utrzymania, rodzaj i aktywność przyjaciową mięśni [6, 13].

Wyniki oceny sensorycznej modelowej konserwy typu szynka blokowa przedstawiono w tab. 4. Stwierdzono, że wyroby charakteryzowały się wyrównaną i dość dobrą jakością sensoryczną. Bezpośrednio po wyprodukowaniu konserw średnie noty za pożądalność wyróżników zapachu, smaku, konsystencji oraz nota za ocenę ogólną badanych wyrobów kształtały się w zakresie 4,9 ÷ 6,1 pkt w przypadku konserwy kontrolnej i w zakresie 4,7 ÷ 5,9 pkt w odniesieniu do konserwy doświadczalnej. Nie stwierdzono statystycznie istotnego wpływu rodzaju surowca użytego do wytworzenia konserw typu szynka blokowa na średnie wartości wyróżników jakości i profilu sensorycznego. Przechowywanie szynek w warunkach chłodniczych nie spowodowało obniżenia ich jakości, niezależnie od rodzaju surowca.

W badaniach Kosteckiej i Łobacz [23] wykazano, że szczególny wpływ na aromat mięsa drobiowego ma kwas linolenowy, jednak dodatek dużej ilości oleju lnianego i rzepakowego oraz mączki rybnej może powodować efekt uboczny w postaci obcego smaku i zapachu niepożdanego przez konsumenta. Korzystna w kształtowaniu prawidłowego zapachu mięsa drobiowego jest natomiast suplementacja żywieniowa za pomocą tokoferoli [3, 30] oraz ziół [13, 27, 34].

Wyniki badań uzyskane w niniejszej pracy wskazują na nieznacznie niższe wartości średnich not zarówno intensywności, jak i pożądalności zapachu w wariancie doświadczalnym, do wytworzenia którego użyto surowca o większej zawartości nienasyconych kwasów tłuszczyzny pochodzących z ześrutowanego siemienia lnianego użytego w paszy podawanej brojlerom. Nie stwierdzono jednak statystycznie istotnego wpływu rodzaju surowca i czasu przechowywania na uzyskane wartości.

Należy podkreślić, że korzystne zmiany profilu kwasów tłuszczyzny w modelowych konserwach pod wpływem zastosowania w żywieniu brojlerów ześrutowanego siemienia lnianego obserwowane w badaniach własnych nie obniżyły wartości wskaźników oceny sensorycznej, co koresponduje z wynikami innych autorów, którzy prowadzili badania na mięsie kurcząt brojlerów [6].

Tabela 4. Wyniki oceny jakości i profilu sensorycznego modelowych konserw typu szynka blokowa
Table 4. Assessment results of quality and of sensory profile of model canned products like block ham

Wyróżnik sensoryczny Sensory attribute	Wariant Variant		punkty / points									
			P. zapachu	Aroma intensyty	I. barwy	P. barwy	P. smaku	Wrzepie solnosci	Kwasosóć	Acidity	Sękosę	Konsystencja
Ocena po wyprodukowaniu Assessment after production	K	6,2 ^a	4,9 ^a	2,7 ^a	5,6 ^a	6,1 ^{ab}	2,8 ^a	0,4 ^a	0,0 ^a	3,5 ^b	5,9 ^a	6,1 ^a
	D	5,8 ^a	4,7 ^a	2,7 ^a	5,6 ^a	5,8 ^a	3,1 ^a	0,6 ^a	0,1 ^a	3,5 ^b	5,9 ^a	5,9 ^a
Ocena po 10 tygodniach chłodniczego przechowywania Evaluation after 10 weeks of cold storage	K	6,2 ^a	6,3 ^b	4,0 ^b	6,2 ^b	6,3 ^b	2,6 ^a	0,5 ^a	0,6 ^b	2,8 ^a	6,2 ^a	6,6 ^b
	D	6,0 ^a	6,4 ^b	4,1 ^b	6,2 ^b	6,3 ^b	2,5 ^a	0,5 ^a	0,8 ^b	2,6 ^a	6,4 ^a	6,6 ^b
NIR	-	0,39	0,67	0,39	0,29	0,35	1,03	0,31	0,26	0,58	0,56	0,39

Objaśnienia / Explanatory notes:

K – wariant kontrolny / control variant; D – wariant doświadczalny / experimental variant; I. – intensywność wyroźnika / intensity the discriminant;
P. – poziadłość wyroźnika / desirability of discriminant; a, b – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy
 $p \leq 0,05$, mean values in columns denoted by different letters differ statistically significantly $p \leq 0,05$; n = 4.

Do najważniejszych składników decydujących o smaku mięsa należą: białka, nukleotydy, kwas glutaminowy, aminokwasy siarkowe, seryna, lizyna i izoleucyna [31, 40]. Mięso drobiu grzebiącego charakteryzuje się słabym, „płaskim” profilem smakowo-zapachowym [13]. Użycie do produkcji konserw modelowych typu szynka blokowa surowców drobiowych o wyższej wartości żywieniowej nie miało wpływu na zróżnicowanie odbioru wyróżników smakowo-zapachowych.

Obecność barwników hemowych i relatywnie duży udział NNKT wmięsie i jego produktach podczas przechowywania wpływa na pogorszenie cech jakościowych m.in. zapachu, barwy oraz wartości odżywczej [25, 41].

Przechowywanie badanych konserw drobiowych w warunkach chłodniczych nie spowodowało obniżenia ich jakości sensorycznej. Stwierdzono, że konserwy modelowe typu szynka blokowa oceniane po 10-tygodniowym okresie przechowywania chłodniczego charakteryzowały się statystycznie istotnie wyższą pożądalnością zapachu, intensywnością i pożądalnością barwy, pożądalnością smaku i pożądalnością ogólną w odniesieniu do szynek tych samych wariantów ocenianych 24 h po wyprodukowaniu. Zdaniem zespołu sensorycznego nuta zapachu jelkiego, która nie pojawiała się w konserwach ocenianych bezpośrednio po procesie produkcji, została zauważona przez sędziów po 10-tygodniowym okresie przechowywania. Niska jego wartość na poziomie 0,5 pkt jest wynikiem zapewnienia reżimu chłodniczego (odpowiednich warunków przechowywania). Jednak pojawienie się tego wyróżnika może świadczyć o rozpoczęciu zmian oksydacyjnych w tłuszczy konserwy.

Wnioski

1. Doświadczalne konserwy typu szynka blokowa wyprodukowane z mięsa brojlerów żywionych paszą wzbogaconą w ześrutowane siemię lniane charakteryzowały się dwukrotnie niższą wartością wskaźnika PUFA n -6/PUFA n -3, większą zawartością KT z grupy PUFA n -3 oraz wyższą (korzystniejszą) wartością wskaźnika ryzyka miażdżycy IA w porównaniu z produktem kontrolnym, do wyprodukowania którego zastosowano mięso brojlerów karmionych paszą standardową.
2. Jakość sensoryczna modelowych konserw typu szynka blokowa, zarówno wariantu kontrolnego, jak i doświadczalnego, ocenianych bezpośrednio po wyprodukowaniu oraz po przechowywaniu chłodniczym była porównywalna. Produkty obu wariantów, niezależnie od dnia przeprowadzenia oceny, charakteryzowały się wyrównaną i dość dobrą jakością sensoryczną.
3. Uzyskane wyniki dotyczące wybranych wyróżników jakości modelowych konserw typu szynka blokowa umożliwiają wnioskowanie, że mięso kurcząt brojlerów karmionych paszą wzbogaconą w ześrutowane siemię lniane może stanowić składnik produktów mięsnych o zwiększonej wartości żywieniowej, np. drobiowych produktów funkcjonalnych.

Literatura

- [1] Achremowicz K., Szary-Sworst K.: Wielonienasycone kwasy tłuszczyzne czynnikiem poprawy stanu zdrowia człowieka. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2005, 3 (44), 23-35.
- [2] Achremowicz B.: Nowe produkty a współczesne zalecenia żywieniowe. *Przem. Spoż.*, 2009, 1, 26-29.
- [3] Ahadi F., Chekani-Azar S., Shahryar H., Lotfi A., Mansoub N., Bahrami Y.: Effect of dietary supplementation with fish oil with selenium or vitamin E on oxidative stability and consumer acceptability of broilers meat. *Global Vet.*, 2010, 4, 216-221.
- [4] Al-Khalifa H.: Production of added-value poultry meat: Enrichment with *n*-3 polyunsaturated fatty acids. *World's Poultry Sci. J.*, 2015, 71 (2), 319-326.
- [5] Al-Khalifa H.: Enrichment of poultry diets with Polyunsaturated Fatty Acids (PUFA) for human consumption. *Appro. Poult. Dairy Vet. Sci.*, 2017, 1 (5), #APDV.000523.
- [6] Augustyńska-Prejsnar A., Sokołowicz Z.: Czynniki kształtujące jakość sensoryczną mięsa kurcząt brojlerów. *Wiad. Zoot.*, 2014, LII (2), 108-116.
- [7] Bartnikowska E.: Fizjologiczne działania polienowych kwasów tłuszczyznych z rodziną *n*-3. *Tł. Jad.*, 2008, 43 (1/2), 10-15.
- [8] Borys B., Borys A., Grześkiewicz S., Grześkowiak E.: Profil lipidowy oraz zawartość witaminy E wmięsie jagniąt tuczonych makuchem rzepakowym i nasionami lnu bez lub z suplementacją witaminy E – mięso surowe i po obróbce cieplnej. *Rocz. IPMiTł.*, 2009, XLVII (2), 26-41.
- [9] Botez E., Nistor O.V., Andronoiu D.G., Mocanu G.D., Ghinea I.O.: Meat product reformulation: Nutritional benefits and effects on human health. In.: *Functional Food - Improve Health Through Adequate Food*. Eds. M.Ch. Hueda. IntechOpen, London 2017, pp. 167-184.
- [10] Clarke S.D.: The multi-dimensional regulation of gene expression by fatty acids: Polyunsaturated fats as nutrients sensors. *Curr. Opin. Lipidol.*, 2004, 15, 13-18.
- [11] Dubois V., Breton S., Linder M., Fanni J., Parmentier M.: Fatty acid profiles of 80 vegetable oils with regard to their nutritional potential. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 2007, 109, 710-732.
- [12] Gunstone F.D.: Vegetable oils. In: *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. Vol. 1: *Edible Oil and Fat Products: Chemistry, Properties, and Health Effects*. Ed. F. Shahidi. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2005, pp. 213-267.
- [13] Górska M., Wojtysiak D.: Wpływ długoterminowych czynników przyjazciowych na jakość sensoryczną mięsa drobiu grzebiącego. *Wiad. Zoot.*, 2016, LIV (2), 171-176.
- [14] Farrell D.: The role of poultry in human nutrition. *Poultry Development Review*, 2010. [on line]. FAO. Dostęp w Internecie [20.05.2018]: <http://www.fao.org>
- [15] Farrell D.: The role of poultry in human nutrition. *Poultry Development Review*, FAO, Rome 2013.
- [16] Grashorn M.A.: Research into poultry meat quality. *Brit. Poult. Sci.*, 2010, 51 (3), 60-67.
- [17] Grześkowiak E., Zajac T., Borzuta K., Zajac P., Tratwał Z., Lisiak D., Strzelecki J.: Badania wpływu dodatku do paszy świń preparatu z oleju z nasion lnu na wartość rzeźną tusz oraz jakość mięsa i tłuszczu. *Rocz. IPMiTł.*, 2008, XLVI (2), 7-20.
- [18] Holman R.T.: Omega-3 and omega-6 essential fatty acid status in human health and disease. In.: *Handbook of Essential Fatty Acid Biology: Biochemistry, Physiology, and Behavioral Neurobiology*. Eds. S. Yehuda and D.I. Mostofsky. Humana Press Inc., Totowa, New Jersey, USA, 1997, pp. 139-182.
- [19] Hrastar R., Cheong L.Z., Xu X., Miller R.L., Kośir I.J.: *Camelina sativa* oil deodorization: Balance between free fatty acids and colour reduction and isomerized byproducts formation. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 2011, 88, 581-588.
- [20] Janocha A., Milczarek A.: Wpływ diety złożonej z surowców roślinnych na wydajność rzeźną i profil kwasów tłuszczyznych mięsa kurcząt brojlerów. *Rocz. IPMiTł.*, 2006, XIV (1), 71-79.

- [21] Kitajka K., Sinclair A.J., Weisinger R.S., Weisinger H.S., Mathai M., Jayasooriya A.P.: Effect of dietary omega-3 polyunsaturated fatty acids on brain gene expression. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2004, 101, 10931-10936.
- [22] Konieczny P., Górecka D.: Mięso w żywieniu człowieka – aktualne kierunki w produkcji wyrobów mięsnych. *Przem. Spoż.*, 2011, 3 (65), 28-31.
- [23] Kostecka M., Łobacz M.: Lipidy mięsa kurzego – tłuszcza nie(d)oceniony. Cz. I. Charakterystyka tłuszcza kurzego i wybrane metody modyfikacji. *Post. Tech. Przetw. Spoż.*, 2009, 1, 98-103.
- [24] Krischek C., Janisch S., Gunther R., Wicke M.: Nutrient composition if broiler and turkey breast meat in relation to age, gender and genetic line of the animals. *J. Food Safety Food Quality*, 2011, 3 (62), 73-104.
- [25] Makała H., Kern-Jędrychowski J.: Ocena modelowych przetworów mięsnych z dodatkiem olejów z ryb w aspekcie charakterystyki profilu kwasów tłuszczykowych i przebiegu zmian oksydacyjnych. *Roczn. IPMiTł*, 2006, XLIV (2), 117-129.
- [26] Makała H.: Effect of enriching model meat products with oils, abundant in polyunsaturated fatty acids on the selected quality parameters. *EJPAU*, 2007, 10 (2), #15.
- [27] Maślanko W., Pisarski R.K.: The effect of herbs on the share of abdominal fat and its fatty acid profile in broiler chickens. *Ann. UMCS, sec. EE*, 2009, 30 (1), 28-34.
- [28] Maszewska M., Gańko I.: Kwasy tłuszczykowe omega-3. Rola w żywieniu, występowanie, zastosowanie. *Przem. Spoż.*, 2010, 64 (5), 28-31.
- [29] Milczarek A., Osek M., Turyk Z., Janocha A.: Wpływ czasu przechowywania na skład chemiczny mięsa kurcząt brojlerów żywionych mieszankami natłuszczonymi olejem lnianym i zawierającymi różne dawki witaminy E. *Rośliny Oleiste*, 2011, XXXII, 127-136.
- [30] Milczarek A., Osek M., Olkowski B., Klocek B.: Porównanie składu chemicznego świeżych i zamrażalniczo przechowywanych mięśni kurcząt brojlerów żywionych mieszankami paszowymi z różną ilością oleju sojowego, lnianego i witaminy E. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2013, 1 (86), 59-69.
- [31] Moczkowska M., Świderski F.: Związki lotne kształtujące smakowitość mięsa. *Post. Tech. Przetw. Spoż.*, 2012, 1, 87-92.
- [32] Morise A., Hermie D., Combe N., Legrand P., Mourot J., Lenart E., Weill P.: Effet de la dose d'acide alpha-linolénique alimentaire sur le métabolisme lipidique. *Oléagineux Corps gras Lipides*, 2005, 12 (5-6), 400-406.
- [33] Nieto G., Ros G.: Modification of fatty acid composition in meat through diet: Effect on lipid peroxidation and relationship to nutritional quality – A review. In : *Lipid Peroxidation*. Ed. A. Catala. IntechOpen, London 2012, pp. 230-258.
- [34] Oberdick R.: Naturliche Antioxidantien aus Rosmarin und Salbei. *Fleichwirtschaft*, 2004, 10, 91-95.
- [35] Olmedilla-Alonso B., Jiménez-Colmenero F., Sánchez-Muniz F.J.: Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods. *Meat Sci.*, 2013, 95 (4), 919-930.
- [36] Osek M., Wasilowski Z., Janocha A.: Wpływ różnych olejów roślinnych na skład podstawowy i profil kwasów tłuszczykowych mięsa kurcząt brojlerów. *Roczn. Nauk. Zoot.*, 2004, 20 Supl., 235-238.
- [37] Osek M., Milczarek A., Janocha A., Turyk Z.: Jakość mięsa kurcząt brojlerów żywionych mieszankami z olejem lnianym i różnym dodatkiem witaminy E. *Roczn. IPMiTł*, 2006, XIV (1), 207-216.
- [38] Osek M., Milczarek A., Janocha A.: Wpływ różnych proporcji oleju sojowego i lnianego w mieszankach dla kurcząt brojlerów na ich wzrost, wartość tuszki i cechy jakościowe mięsa. *Rośliny Oleiste*, 2008, XXIX, 255-266.

- [39] Pietrzak D., Mroczek J., Leśnik E., Świerczecka E.: Jakość mięsa i tłuszczy kurcząt trzech linii hodowlanych żywionych paszą bez lub z dodatkiem antybiotykowego stymulatora wzrostu. *Med. Weter.*, 2006, 62 (8), 917-921.
- [40] Pisulewski P.W.: Nutritional potential for improving meat quality in poultry. *Anim. Sci. Pap. Rep.*, 2005, 4 (23), 303-315.
- [41] Praca zbiorowa – H. Makała (Red.): Sprawozdanie z pracy statutowej: Studia nad jakością, strukturą i właściwościami produktów spożywczych pochodzenia zwierzęcego o podwyższonej wartości żywieniowej. Warszawa 2012. Materiały niepublikowane. Archiwum biblioteki IBPRS.
- [42] PN-EN ISO 8589:2010. Analiza sensoryczna. Ogólne wymagania projektowania pracowni analizy sensorycznej.
- [43] PN-ISO 1442:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości wody (metoda odwoławcza).
- [44] PN-ISO 1444:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości tłuszczy wolnego.
- [45] Procedura ogólna Laboratorium Badania Żywności i Środowiska IBPRS. Metoda akredytowana. Mięso i przetwory mięsne. Dodatki funkcjonalne do produkcji wędlin. Oznaczanie zawartości chlorków. Metoda potencjometryczna. [on line]. IBPRS 2017. Dostęp w Internecie [22.06.2018]: https://www.ibprs.pl/images/stories/zaklady/oddzialmiesa/zmt_cennik_2017.pdf
- [46] PN-ISO 936:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie popiołu całkowitego.
- [47] PN-EN ISO 8968-1:2014-03. Mleko i przetwory mleczne. Oznaczanie zawartości azotu. Część 1: Zasada Kjeldahla i obliczanie białka surowego.
- [48] PN-ISO 3496:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości hydroksyproliny.
- [49] PN-EN ISO 12966-2:2017-05. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Chromatografia gazowa estrów metylowych kwasów tłuszczowych. Część 2: Przygotowanie estrów metylowych kwasów tłuszczowych.
- [50] Przyslawski J., Bolesławska I.: Tłuszcze pokarmowe – czynnik terapeutyczny czy patogenetyczny. *Tł. Jad.*, 2006, 41 (3/4), 179-192.
- [51] Sacks F.: The Nutrition Source. Ask the Expert: Omega-3 Fatty Acids: An Essential Contribution, 2008. [on line]. Dostęp w Internecie [22.06.2018]: <http://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/questions/omega-3>
- [52] Schneiderová D., Zelenka J., Mrkvicová E.: Poultry meat production as a functional food with a voluntary *n*-6 and *n*-3 polyunsaturated fatty acids ratio. *Czech J. Anim. Sci.*, 52, 2007, (7), 203-213.
- [53] Simopoulos A.P.: An increase in the ω -6/ ω -3 fatty acid ratio increases the risk for obesity. *Nutrients*, 2016, 8 (3), 128-138.
- [54] Schmitz G., Ecker J.: The opposing effects of *n*-3 and *n*-6 fatty acids. *Prog. Lipid Res.*, 2008, 47 (2), 147-155.
- [55] Webb E.C., O'Neill H.A.: The animal fat paradox and meat quality. *Meat Sci.*, 2008, 80, 28-36.
- [56] Wood J.D., Richardson R.I., Nute G.R., Fisher A.V., Campo M.M., Kasapidou E., Sheard P.R., Enser M.: Effects of fatty acids on meat quality. *Meat Sci.*, 2004, 66, 21-32.
- [57] Zdanowska-Sąsiadek Ż., Michalczuk M., Marcinkowska-Lesiak M., Damiziak K.: Czynniki kształtujące cechy sensoryczne mięsa drobiowego. *Bromat. Chem. Tosykol.*, 2013, XLVI (3), 344-353.
- [58] Zelenka J., Schneiderová D., Mrkvicová E.: Linseed oils with different fatty acid patterns in the diet of broiler chickens. *Czech J. Anim. Sci.*, 2006, 51 (3), 117-121.
- [59] Yu D.J., Na J.C., Kim S.H., Kim J.H., Kang G.H., Kim H.K., Seo O.S., Lee J.C.: Effects of dietary selenium sources on the growth performance and selenium retention of meat in broiler chickens. Proceedings 23th World's Poultry Congress, Brisbane, Queensland, Australia, 2008, 29 June – 4 July (on CD, 4 pages).

QUALITY AND NUTRITIONAL VALUE OF MODEL CANNED PRODUCTS LIKE BLOCK HAM PRODUCED FROM MEAT OF BROILER CHICKENS FED FEED WITHOUT AND WITH LINSEED OIL ADDED

S u m m a r y

The objective of the research study was to assess the quality and nutritional value of the model canned food products like block hams made from poultry meat. There was analysed meat derived from broiler chickens fed standard compound feeds (control variant) and compound feeds enriched with unsaturated fatty acids derived from linseed (experimental variant). An experimental ham production was carried out on a semi-industrial scale and in duplicate. The basic chemical composition of the finished products was analyzed, i.e. the contents of the following components were determined according to PN ISO standards: water, protein, fat, NaCl, mineral substances in the form of ash, and collagen. Also, the quality of the model canned food products was assessed and their sensory profile was determined. While assessing the nutritional value of model hams, there was taken into account the percentage of saturated, monounsaturated, and polyunsaturated fatty acids from the *n*-3 and *n*-6 families in the total pool of those compounds, and those indicators selected were computed, which were applied to characterize the nutritional value of lipids. Based on the results of the analyses performed, the beneficial effect was reported on the quality and nutritional value of the food products used and made from the poultry raw material derived from broiler chickens that were fed feed enriched with bruised flaxseed. The model canned products, such as block ham of the experimental variant, were characterized by a two times lower value of *n*-6/*n*-3 PUFA indicator, a higher content of fatty acids belonging to the *n*-3 PUFA family, and a higher (i.e. more beneficial) value of atherosclerosis risk factor compared to the hams of the control variant. The sensory quality of the products of the control and experimental variants, assessed 24 h after production and after 10 weeks of refrigerated storage, was comparable.

Key words: chicken meat, model canned product, nutritional value, sensory quality 

JÓZefa KRAWCZYK, JOLANTA CALIK

**OCENA JAKOŚCI JAJ KUR OBJĘTYCH PROGRAMEM OCHRONY
ZASOBÓW GENETYCZNYCH ZWIERZĄT**

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

Celem pracy była ocena cech jakości treści jaj i skorup tych jaj pochodzących od kur objętych w Polsce programem ochrony, w zależności od ich wieku. Badaniami objęto jaja od 8 rodów kur (G-99, H-22, Z-11, Ź-33, S-66, R-11, K-22 i A-33) zebrane w jednym dniu po 30 szt. z każdej grupy w 33. i w 53. tygodniu życia kur. Kury utrzymywane były w systemie ściołowo-podłogowym przy obsadzie 6 szt./m² i żywione *ad libitum* standardową mieszanką paszową dla kur nieśnych. Z badań wynika, że kury rodzimych ras, utrzymywane przed dopływem obcej krwi w zamkniętych małych populacjach, w których nie prowadzono selekcji zmierzającej do poprawy cech użytkowych, zachowały swoją odrębność genetyczną przejawiającą się m.in. istotnym zróżnicowaniem cech fizycznych jaj. Kury badanych 8 rodów objętych w Polsce programem ochrony znoszą jaja o zróżnicowanej barwie skorupy: białej (G-99 i H-22), kremowej (Z-11 i Ź-33), brązowej (S-66 i R-11) oraz ciemnobrązowej (K-22 i A-33). Jaja kur G-99 H-22 wyróżniały się największą masą całkowitą i masą żółtek, ale nieznacznie niższymi wartościami wysokości białka i jH. Przy żywieniu typowym dla kur nieśnych żółtka jaj wszystkich ras/rodów w 33. tygodniu uzyskały dobrą ocenę wybarwienia (6 ÷ 7,76 pkt w skali La Roche'a), a w 53. tygodniu zwiększała się ona średnio o 1 pkt. Wraz z wiekiem kur wzrosła masa jaj i masa żółtek oraz intensywność ich barwy, ale obniżała się jakość białka oraz skorup.

Słowa kluczowe: jakość jaj, kury nieśne, wiek, bioróżnorodność

Wprowadzenie

Jaja spożywcze w diecie człowieka stanowią tanie, a zarazem cenne źródło wartościowych składników odżywcznych. W ocenie konsumentów na jakość jaj składają się cechy, które można ogólnie podzielić na zewnętrzne (masa jaja i cechy skorupy) oraz wewnętrzne dotyczące treści jaja. Cechy skorupy to: barwa i wytrzymałość na zgniecenie, a cechy treści jaja to: masa jaja i żółtka, barwa żółtka, jakość białka, smak i zapach oraz wartość odżywczna. Na jakość jaj wpływa wiele czynników środowiskowych, a także wiek i genotyp kur [1, 2, 5, 16, 17, 18].

Prof. dr hab. J. Krawczyk, dr inż. J. Calik, Zakład Hodowli Drobów, Instytut Zootechniki – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Krakowska 1, 32-083 Balice. Kontakt: jozefa.krawczyk@izoo.krakow.pl

Dla konsumentów najważniejsze cechy jakości jaj to świeżość, barwa żółtka i skorupy, smak, niski poziom cholesterolu, a podwyższony – nienasyconych kwasów tłuszczyowych i witamin. W obrocie handlowym ważną cechą jest masa jaj i wytrzymałość skorup na zgniecenie. Dzięki wieloletnim badaniom cechy jakości jaj spożywczych i możliwości ich modyfikacji zostały dobrze poznane w stadach wysokoproducyjnych [4, 10, 13, 18]. Interesująca jest natomiast analiza i ocena kształtuowania się cech jakości jaj kur ras zachowawczych, w których nie prowadzi się żadnej selekcji, a stada utrzymywane są w małych populacjach przez wiele pokoleń. Z badań Calik [2] wynika, że jaja od kur rodzimych ras/rodów wyróżniają się wyższą wartością odżywczą w porównaniu z jajami od mieszańców towarowych. Rodzime rasy kur prowadzone są najczęściej w ekologicznych lub proekologicznych systemach chowu, a wśród konsumentów zwiększa się zainteresowanie zakupem ich jaj.

Celem pracy była ocena kształtuowania się cech jakości treści jaj i skorup w zależności od genotypu i wieku kur objętych w Polsce programem ochrony.

Material i metody badań

Przedmiotem badań były jaja pobrane od niosek 8 rodów kur objętych ochroną zasobów genetycznych. Były to: Leghorn (ród G-99 i H-22), Zielononóżka kuropatwiana (Z-11), Żółtonóżka kuropatwiana (Ż-33), Sussex (S-66), Rhode Island Red (ród R-11 i K-22) oraz Rhode Island White (A-33). Wszystkie nioski utrzymywane były w systemie ściołowo-podłogowym przy obsadzie 6 szt./m² i żywione *ad libitum* standardową mieszanką paszową dla kur nieśnych (o składzie: 16,7 % białka, 3,6 % włókna, 13,15 % związków mineralnych w postaci popiołu oraz 3,1 % tłuszczy), przy swobodnym dostępie do wody. Kurom zapewniono warunki mikroklimatu zalecane dla kur nieśnych.

Badania jaj wykonano dwukrotnie: w 33. i 53. tygodniu życia kur. Z jaj zniesionych w jednym dniu pobierano losowo po 30 szt. od danej rasy/rodu, które poddawano ocenie jakościowej za pomocą elektronicznej aparatury EQM (Egg Quality Measurements), systemu TSS (Technical Services and Supplies, York, Wielka Brytania). Oceniano: indeks kształtu, masę jaj i żółtek, wysokość białka, jednostki Haugha (jH), barwę skorup i żółtek, gęstość, grubość i masę skorup oraz ich wytrzymałość na zgniecenie. Wytrzymałość skorupy [N] mierzono aparatem TA.XT Plus (Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, Wielka Brytania).

Uzyskane wyniki badań opracowano w programie Statistica 12. Zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji. Oszacowania istotności różnic między wartościami średnimi wszystkich cech jakości jaj między I a II oceną, tj. między 33. a 53. tygodniem życia kur oraz między rasami/rodami kur dokonano testem Duncana ($p \leq 0,01$ i $p \leq 0,05$).

Wyniki i dyskusja

Wpływ wieku kur na jakość jaj

Niezależnie od genotypu kur jaja od młodych niosek (33. tydzień) charakteryzowały się mniejszą masą całkowitą i masą żółtek ($p \leq 0,01$) oraz dobrymi parametrami jakości białka, tj. wysokością białka oraz jH (tab. 1). Wraz z wiekiem kur nastąpiło istotne obniżenie wysokości białka i jH, a różnice potwierdzono statystycznie we wszystkich grupach z wyjątkiem kur Ż-33 i R-11.

Wyniki badań własnych są zgodne z wynikami innych autorów [1, 4, 8] i pozwalają stwierdzić, że niezależnie od rasy kur masa jaja i skorelowana z nią masa żółtka zwiększa się wraz z wiekiem niosek (tab. 1). Z najnowszych badań Petričević i wsp. [14] wynika jednak, że współczesne mieszanece towarowe Tetra i Bovans w okresie 35 \div 65 tygodni życia znoszą jaja o bardzo wyrównanej masie, co jest niewątpliwie efektem prac hodowlanych prowadzonych na fermach zarodowych.

Im wyższe białko oraz wartość jH, tym świezsze jest jajo, a na tę cechę wpływają głównie warunki przechowywania [16]. Przeprowadzone badania potwierdziły znaną zależność o obniżaniu się jakości białka wraz z wiekiem kur (tab. 1). W badaniach własnych, niezależnie od genotypu kur, jaja pochodzące od niosek młodych odznaczały się istotnie wyższymi wartościami jH oraz wysokością białka, co świadczy o ich wyższej jakości i jest zbieżne z wynikami badań uzyskanymi przez Calik [1], Krawczyk [8] oraz Petričević i wsp. [14].

We wszystkich badanych jajach w 53. tygodniu życia kur odnotowano wzrost nasycenia barwy żółtka w porównaniu z badaniem w 33. tygodniu, przy czym w przypadku jaj kur H-22, Z-11 i Ż-33 różnice potwierdzono statystycznie ($p \leq 0,01$) (tab. 1). Intensywność barwy żółtka jest ważną cechą dla konsumenta, a wpływa na nią głównie żywienie. Z badań własnych wynika, że jaja pochodzące od kur starszych charakteryzowały się bardziej intensywnym wybarwieniem, co jest zbieżne z wynikami badań Sokołowicz i wsp. [17].

Kształt jaj to cecha dziedziczna. Określa się ją indeksem kształtu, czyli wyrażonym w procentach stosunkiem długości osi krótszej do dłuższej. Im mniejsza wartość indeksu, tym jaja są bardziej wydłużone. Indeks kształtu jaj od kur 53-tygodniowych był mniejszy w porównaniu z jajami od 33-tygodniowych niosek, a różnice potwierdzono statystycznie w odniesieniu do jaj kur Z-11, S-66, R-11, K-22 i A-33 (tab. 2). Wyniki badań własnych korespondują z rezultatami opublikowanymi przez Nikolovą i Kocevskiego [13], którzy także odnotowali, że wraz z wiekiem kur obserwuje się tendencję do znoszenia przez nie jaj o wydłużonym kształcie.

Tabela 1. Masa jaja oraz cechy jakości treści jaj
Table 1. Egg weight and internal egg quality characteristics

Barwa żółtka Yolk colour [pkt / pts]	33	7,40 ^a ± 0,97	6,20 ^b ± 1,54	6,00 ^b ± 1,46	7,23 ^a ± 1,07	7,46 ^a ± 0,77	7,83 ^a ± 1,04	7,46 ^a ± 1,16	7,76 ^a ± 1,01
	53	7,93 ± 0,69	8,23 ^a ± 0,86	8,20 ^a ± 0,61	8,60 ^A ± 1,00	8,23 ^a ± 1,17	8,41 ^a ± 1,28	7,58 ^{Bb} ± 1,85	8,58 ^A ± 1,54
istot. / signif.		NS	**	**	NS	NS	NS	NS	NS

Objaśnienia / Explanatory notes: \bar{x} – wartość średnia / mean value; SD – odchylenie standardowe / standard deviation; A - F – wartości średnie w wierszach oznaczonych różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,01$) / mean values in rows denoted by different capital letters differ statistically significantly ($p \leq 0,01$); a - d – wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi małymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) / mean values in rows denoted by different small letters differ statistically significantly ($p \leq 0,05$); ** – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,01$) / mean values in columns denoted by different letters differ statistically significantly ($p \leq 0,01$); * – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) / mean values in columns denoted by different letters differ statistically significantly ($p \leq 0,05$); NS – różnice nieistotne oznaczone w kolumnach / insignificant differences marked in columns.

Tabela 2. Jakość skorupy jaj
Table 2. External egg (shell) quality

Wyszczególnienie Item	Wiek / Age [tyg. / weeks]	G-99 $\bar{X} \pm SD$	H-22 $\bar{X} \pm SD$	Z-11 $\bar{X} \pm SD$	Z-33 $\bar{X} \pm SD$	S-66 $\bar{X} \pm SD$	R-11 $\bar{X} \pm SD$	K-22 $\bar{X} \pm SD$	A-33 $\bar{X} \pm SD$
Indeks kształtu Shape index [%]	33	77,12 ^{AA} ± 3,24	77,70 ± 2,67	78,75 ± 3,09	77,94 ± 2,31	77,93 ± 3,79	78,63 ± 2,87	79,26 ^b ± 2,75	79,37 ^B ± 3,12
	53	76,41 ± 2,53	76,89 ± 2,75	75,44 ± 3,10	76,58 ± 2,42	75,86 ± 2,56	75,94 ± 2,89	76,13 ± 2,70	75,61 ± 2,87
istot. / signif.		NS	NS	**	NS	*	**	**	**
Barwa skorupy Shell colour [%]	33	77,90 ^A ± 3,39	78,73 ^A ± 3,75	69,33 ^B ± 3,79	56,33 ^C ± 4,03	44,90 ^D ± 5,09	44,33 ^D ± 3,06 A	35,23 ^{Ea} ± 4,47	33,00 ^{Eb} ± 4,35
	53	80,20 ^A ± 1,94	81,23 ^A ± 1,77	72,00 ^B ± 2,70	66,06 ^C ± 4,13	53,40 ^{Da} ± 4,25	55,80 ^{Db} ± 5,22	42,23 ^E ± 4,30	36,68 ^F ± 5,14
istot. / signif.		*	*	*	**	**	**	**	**

Masa skorupy Shell weight [g]	33	6,37 ^A ± 0,67	6,62 ^A ± 0,87	5,38 ^{Bb} ± 0,58	5,61 ^B ± 0,44	5,82 ^{Ba} ± 0,54	5,72 ^B ± 0,48	5,59 ^B ± 0,50	5,69 ^B ± 0,80
	53	6,13 ^A ± 0,48	6,05 ^{ACa} ± 0,60	5,54 ^B ± 0,40	5,63 ^{BCb} ± 0,44	5,56 ^B ± 0,56	6,19 ^A ± 0,81	6,11 ^A ± 0,63	6,25 ^A ± 0,48
istot. / signif.		NS	**	NS	NS	NS	**	**	**
Gęstość skorupy Shell density [mg/cm ²]	33	87,72 ^A ± 9,03	84,46 ^{ABb} ± 11,53	77,52 ^C ± 8,74	79,93 ^{BC} ± 8,04	84,47 ^{ABb} ± 9,32	79,35 ^{BC} ± 7,21	80,42 ^{BC} ± 8,36	89,20 ^{AA} ± 8,12
	53	75,33 ^b ± 7,77	76,67 ^{ACb} ± 7,89	71,25 ^{BCc} ± 7,18	73,40 ^{BC} ± 6,30	73,40 ^{BC} ± 8,56	70,18 ^B ± 8,65	72,6 ^{BC} ± 8,56	80,60 ^{AA} ± 6,69
istot. / signif.		**	**	**	**	**	**	**	**
Grubość skorupy Shell thickness [μm]	33	0,377 ^A ± 0,03	0,357 ^B ± 0,04	0,328 ^C ± 0,03	0,345 ^{BC} ± 0,03	0,355 ^B ± 0,02	0,341 ^{BC} ± 0,03	0,345 ^{BC} ± 0,03	0,348 ^{BC} ± 0,03
	53	0,350 ^{Aa} ± 0,03	0,347 ^a ± 0,03	0,329 ^b ± 0,03	0,330 ^{bc} ± 0,03	0,341 ^b ± 0,03	0,331 ^{bc} ± 0,04	0,327 ^{Bb} ± 0,02	0,335 ^{bc} ± 0,02
istot. / signif.		**	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS
Wytrzymałość skorupy Shell strength [N]	33	49,45 ^{abc} ± 16,46	50,32 ^{ab} ± 13,77	49,19 ^{abc} ± 11,39	54,52 ^{Aa} ± 13,86	42,56 ^{Bd} ± 12,98	44,55 ^{Bbcd} ± 7,78	45,19 ^{Bbcd} ± 9,43	43,87 ^{Bcd} ± 9,67
	53	39,04 ± 7,94	39,60 ± 8,77	35,77 ± 7,79	35,95 ± 7,15	36,03 ± 8,78	38,87 ± 10,61	37,19 ± 8,15	37,98 ± 9,21
istot. / signif.		**	**	**	**	*	NS	*	NS

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

Barwa skorupy jaj, niezależnie od genotypu kur, wraz z ich wiekiem ulegała rozjaśnieniu, a różnice w tym zakresie potwierdzono statystycznie ($p \leq 0,01$) – tab. 2. Przy dłuższym okresie nieśności koncentracja barwnika brązowego zmniejsza się, co potwierdzają także wyniki badań Calik [1] oraz Nedup i Phurby [12]. Sokołowicz i wsp. [17] zaobserwowały, że taka tendencja dotyczy w większym stopniu jaj od kur rodzimych ras niż od mieszańców towarowych, których barwa skorupy jest bardziej stabilna.

W jajach wszystkich rodów kur wraz z ich wiekiem nastąpiło zmniejszenie gęstości skorupy jaj ($p \leq 0,01$), natomiast wpływ wieku niosek na masę skorupy nie był jednoznaczny (tab. 2). Wśród kur R-11, K-22 i A-33 masa skorupy jaj wraz z wiekiem niosek uległa istotnemu zwiększeniu ($p \leq 0,01$), natomiast wśród pozostałych rodów zmiany w tym zakresie były niewielkie i statystycznie nieistotne, z wyjątkiem kur H-22, w przypadku których stwierdzono znaczne zmniejszenie masy skorupy ($p \leq 0,01$). Wyniki niniejszych badań są zbieżne z prowadzonymi wcześniej na jajach kur ras zachowawczych i towarowych [8]. Wśród wszystkich rodów kur w 53. tygodniu życia wykazano tendencję do obniżania grubości skorupy jaj, ale różnice w tym zakresie potwierdzono statystycznie w stosunku do jaj rodów G-99 i K-22. Wytrzymałość na zgniecenie skorupy jaj od kur starszych uległa obniżeniu, a różnice statystycznie istotne dotyczyły jaj wszystkich rodów kur z wyjątkiem R-11 i A-33. Z badań innych autorów wynika, że wiek kur nie wpływa jednoznacznie na cechy jakości skorup. Krawczyk [8] stwierdziła obniżenie gęstości i grubości skorup w jajach od 56-tygodniowych kur rodzimych ras/rodów w porównaniu z jajami od 32-tygodniowych niosek, ale różnice były mniejsze i statystycznie nieistotne. Równocześnie autorka wykazała, że w jajach uzyskanych od mieszańców towarowych wraz z wiekiem kur wzrasta wytrzymałość skorupy na zgniecenie. Campbell i wsp. [3] oraz Petričević i wsp. [14] nie stwierdzili w jajach mieszańców towarowych istotnych zmian cech jakości skorup pod wpływem wieku kur. Sokołowicz i wsp. [17] odnotowały zwiększenie grubości i gęstości skorupy jaj wraz z wiekiem kur R-11 i Z-11, ale różnice te były niewielkie i nie wpłynęły istotnie na wytrzymałość jaj na zgniecenie. Lichniková i Zeman [11] oraz Hunton [7] wykazali, że na obniżanie się jakości skorupy jaj wraz z wiekiem kur wpływa zmniejszanie się przyswajalności wapnia z paszy przez starsze nioski, co pogarsza strukturę i koncentrację białek matrycy i wpływa niekorzystnie na strukturę skorupy jaj.

Wpływ genotypu kur na jakość jaj

Z prac wielu autorów [8, 14, 20] wynika, że na cechy jakości jaj wpływa genotyp kur, a różnice uwydatniają się bardziej wśród jaj pozyskiwanych od rodzimych ras niż od mieszańców towarowych.

W badaniach własnych masa jaj była bardzo zróżnicowana w zależności od rodu kur (tab. 1). W 33. tygodniu życia jaja o najmniejszej masie ($50 \div 52$ g) znosiły kury Z-11, Ź-33 i S-66, o średniej masie (ok. 56 g) – kury R-11 i K-22, a o największej ($58 \div 61$ g) – nioski A-33, G-99 i H-22. W 53. tygodniu życia kury znosiły jaja o masie większej o $2 \div 9$ g, ale różnice między rodami w przypadku tej cechy były podobne jak w 33. tygodniu. Wpływ rasy kur na masę jaj badali Hanusová i wsp. [6] i wykazali, że kury rodzime Orávka znosiły jaja o 3 g cięższe niż nioski Rhode Island Red. Calik [1] badała jaja z fermy zarodowej i stwierdziła istotne różnice pod względem masy jaj między dwoma rodami spośród 6 badanych. Niewielkie różnice masy jaj wykazali także Ledvinka i wsp. [10], a znacznie większe stwierdziły Sokołowicz i wsp. [17]. Rizzi i Marangon [15] wykazali, że masa jaj od kur rodzimych włoskich ras była mniejsza o $6 \div 8$ g od jaj uzyskanych od mieszańców towarowych Hy-Line. Natomiast Tumová i wsp. [20] w badaniach jakości jaj od 3 różnych mieszańców towarowych uzyskali niewielkie i statystycznie nieistotne różnice między masą ich jaj (ok. 1 g).

Masa żółtek jaj zniesionych przez 33-tygodniowe kury była istotnie zróżnicowana między rodami kur przy zachowaniu dodatniej korelacji z masą jaj (tab. 1). Wraz z wiekiem kur masa żółtek uległa zwiększeniu, ale różnice między rodami były niewielkie i statystycznie nieistotne, z wyjątkiem kur G-99 (18,12 g) i Z-11 (17,31 g). Wyniki badań są zbieżne z uzyskanymi przez Sokołowicz i wsp. [17], które zwracają także uwagę, że jaja kur polskich rodzimych ras/rodów charakteryzują się większym udziałem żółtek w masie jaja w porównaniu z mieszańcami towarowymi. Wyższy udział żółtek w jajach rodzimych ras uzyskali także Ledvinka i wsp. [10] oraz Rizzi i Marangon [15].

Z przeprowadzonych badań wynika, że na kształtowanie się wysokości białka i jednostek Hougha wpływa genotyp kur, co potwierdzają także Küçükyilmaz i wsp. [9] oraz Hanusová i wsp. [6]. W 33. tygodniu życia kur w jajach Z-11, Ź-33 i S-66 stwierdzono niższy poziom białka w porównaniu z jajami pozostałych kur ($p \leq 0,01$ lub $p \leq 0,05$). Średnie wartości jH jaj nie były jednak w tym okresie zróżnicowane statystycznie istotnie między rodami kur (tab. 1). W jajach kur 53-tygodniowych najwyższy poziom wysokości białka i jH stwierdzono w jajach niosek Z-11 i A-33, a najwyższy – R-11. Różnice między rodami w zakresie tych cech są znacznie wyższe niż w jajach uzyskanych od mieszańców towarowych [15, 17, 20].

Jaja znoszone przez młode kury Z-11 i H-22 charakteryzowały się niskimi notami oceny barwy żółtek w porównaniu z pozostałymi rodami ($p \leq 0,05$) – tab. 1. W przypadku kur starszych najniżej oceniono w tym zakresie jaja od kur K-22 (7,58 pkt) i G-99 (7,93 pkt). Z badań Krawczyk [8] oraz Sokołowicz i wsp. [17] wynika, że mieszańce towarowe lepiej przyswajają karetonoidy z paszy niż rasy rodzime, co przekłada się na większe wysycenie barwy żółtek jaj przez nie znoszonych.

Największy wpływ genotypu kur dotyczy barwy skorupy jaj (tab. 2), co potwierdzają wyniki wielu badań. Bioróżnorodność badanych kur odzwierciedla się w barwie skorupy jaj – od białych w rasie Leghorn rodów: G-99 i H-22, poprzez kremowe w rasach Zielononóżka kuropatwiana (Z-11) i Żółtonóżka kuropatwiana (Ż-33) aż do ciemnobrązowych w rodach Rhode Island Red (K-22) i Rhode Island White (A-33). W zakresie tej cechy różnice między rodami były duże i statystycznie istotne ($p \leq 0,01$), zbieżne z wynikami badań Calik [1], Krawczyk [8], Ledvinka i wsp. [10] oraz Sokołowicz i wsp. [17].

Odnutowano istotny wpływ genotypu kur na masę, gęstość i grubość skorupy jaj (tab. 2). Jaja kur G-99 i H-22 o białej skorupie wyróżniały się większą masą oraz gęstością skorupy w porównaniu z pozostałymi rodami, a różnice w tym zakresie były statystycznie istotne w przypadku jaj zniesionych w 33. tygodniu życia kur. Jaja znośzone przez nioski starsze charakteryzowały się wzrostem masy skorup przy równoczesnym zmniejszeniu ich gęstości i grubości. W tym okresie największą gęstością skorupy wyróżniały się jaja kur A-33 oraz H-22, a grubością – G-99 ($p \leq 0,01$). Nie stwierdzono bezpośredniej zależności między grubością i gęstością skorup a ich wytrzymałością na zgniecenie, a wyniki te są zbieżne z wynikami badań innych autorów [8, 17, 19]. Największą wytrzymałość skorupy jaj zniesionych w 33. tygodniu wyróżniały się jaja kur Ż-33, H-22, Z-11 oraz G-99, natomiast w 53. tygodniu życia kur różnice między rodami w zakresie wytrzymałości skorupy jaj były niewielkie i statystycznie nieistotne, podobnie jak w badaniach Sokołowicz i wsp. [17].

Wnioski

1. Kury rodzimych ras, utrzymywane przez wiele lat w zamkniętych przed dopływem obcej krwi małych populacjach, w których nie prowadzono selekcji mającej na celu poprawę cech użytkowych, zachowały swoją odrębność genetyczną przejawiającą się m.in. istotnym zróżnicowaniem cech fizycznych jaj.
2. Kury badanych 8 rodów objętych w Polsce programem ochrony znoszą jaja o zróżnicowanej barwie skorupy: białej (G-99 i H-22), kremowej (Z-11 i Ż-33), brązowej (S-66 i R-11) oraz ciemnobrązowej (K-22 i A-33).
3. Jaja kur G-99 i H-22 wyróżniały się największą masą całkowitą i masą żółtek, ale nieznacznie niższymi parametrami świeżości (wysokość białka i jH). Jaja od wszystkich kur charakteryzowały się bardzo dobrymi wynikami jH (powyżej 93 jednostek w 33. tygodniu, a w 53. tygodniu powyżej 84 jednostek).
4. Przy typowym dla kur nieśnych żywieniu żółtka jaj wszystkich ras/rodów w 33. tygodniu uzyskały dobre wybarwienie ($6 \div 7,76$ pkt w skali La Roche'a), które w 53. tygodniu zwiększyło się średnio o 1 pkt.
5. Wraz z wiekiem kur wzrosła masa jaj i masa żółtek oraz intensywność ich barwy, ale nieznacznie obniżyły się cechy jakości białka oraz skorup. Zaobserwowano

większy wpływ wieku kur ras/rodów objętych programem ochrony na kształtowanie się większości cech jakości jaj niż wynikałoby to z badań innych autorów w przypadku wysokowydajnych mieszańców towarowych.

Literatura

- [1] Calik J.: Ocena jakości jaj sześciu rodów kur nieśnych w zależności od ich wieku. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, 5 (78), 85-93.
- [2] Calik J.: Ocena zawartości wybranych składników chemicznych w jajach kurzych w zależności od cyklu ich produkcji. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2016, 3 (106), 54-63.
- [3] Campbell D.L.M., Lee C., Hinch G.N., Roberts J.R.: Egg production and egg quality in free-rage laying hens housed at different outdoor stocking densities. *Poultry Sci.*, 2017, 96, 3128-3137.
- [4] Czaja L., Gornowicz E.: Wpływ genomu oraz wieku kur na jakość jaj spożywczych. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 2006, 33 (1), 59-70.
- [5] Filipiak-Florkiewicz A., Dereń K., Florkiewicz A., Topolska K., Juszczak L., Cieślik E.: The quality of eggs (organic and nutraceutical vs. conventional) and their technological properties. *Poultry Sci.*, 2017, 96, 2480-2490.
- [6] Hanusová E., Hrnčiar C., Hanus A., Oravcová M.: Effect of breed on some parameters of egg quality in laying hens. *Acta Fytotechn. Zootechn.*, 2015, 18 (1), 20-24.
- [7] Hunton P.: Research on eggshell structure and quality: An historical overview, *Braz. J. Poultry Sci.*, 2005, 7, 67-71.
- [8] Krawczyk J.: Effect of layer age and egg production level on changes in quality traits of eggs from hens of conservation breeds and commercial hybrids. *Ann. Anim. Sci.*, 2009, 9 (2), 185-193.
- [9] Küçükılmaz K., Bozkurt M., Nur Herken E., Çınar M.: Effects of reading systems on performance, egg characteristics and immune response in two layer hen genotype. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 2012, 25 (4), 559-568.
- [10] Ledvinka Z., Tůmova E., Englmaierová M., Podsedníček M.: Egg quality of tree laying hen genotypes kept in conventional cages and litter. *Arch. Geflügelk.*, 2012, 76 (1), 38-43.
- [11] Lichovníková M., Zeman L.: Effect of housing system on the calcium requirement of laying hens and on eggshell quality. *Czech J. Anim. Sci.*, 2008, 53 (4), 162-168.
- [12] Nedup D., Phurba K.: Evaluation of egg quality parameters in Bhutanese indigenous chickens vis-a-vis exotic chicken. *Indian J. Anim Sci.*, 2014, 84 (8), 884-890.
- [13] Nikolova N., Kocevski D.: Forming egg shape index as influence by ambient temperatures and age of hens. *Biotech. Anim. Husb.*, 2006, 22 (1-2), 119-125.
- [14] Petričević V., Škrbić Z., Lukić M., Petričević M., Dosković V., Rakonjac S., Marinković M.: Effect of genotype and age of laying hens on the quality of eggs and egg shells. *Animal Sci.*, 2017, LX, 166-170.
- [15] Rizzi C., Marangon A.: Quality of organic eggs of hybrid and Italian breed hens. *Poultry Sci.*, 2012, 91, 2330-2340.
- [16] Sokołowicz Z., Krawczyk J., Dykiel M.: Wpływ czasu przechowywania na jakość i właściwości funkcjonalne jaj od kur objętych w Polsce programem ochrony. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2016, 2 (105), 49-57.
- [17] Sokołowicz Z., Krawczyk J., Dykiel M.: The effect of the type of alternative housing system, genotype and age of laying hens on egg quality. *Ann. Anim. Sci.*, 2018, 18 (2), 541-555.
- [18] Tomczyk Ł., Szablewski T., Cegielska-Radziejewska R.: Wartość odżywcza jaj konsumpcyjnych pozyskiwanych od kur niusek utrzymywanych w różnych systemach. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2016, 6 (109), 20-27.
- [19] Tůmova E., Zita L., Hubený M., Skřivan M., Ledvinka Z.: The effect of oviposition time and genotype on egg quality characteristics in egg type hens. *Czech J. Anim. Sci.*, 2007, 52 (1), 26-30.

- [20] Tůmova E., Skřivan M., Englmaierová M., Zita L.: The effect of genotype, housing system and egg collection time on egg quality in egg type hens. Czech J. Anim. Sci., 2009, 54 (1), 17-23.

QUALITY ASSESSMENT OF EGGS LAID BY HENS INCLUDED IN PROGRAMMES FOR THE CONSERVATION OF ANIMAL GENETIC RESOURCES

S u m m a r y

The objective of the research study was to assess the internal and external quality of eggs from the hens included in the national conservation programme in Poland; the quality of their eggs was assessed in reference to the hen age. The research study covered eggs from hens representing 8 lines (G-99, H-22, Z-11, Ž-33, S-66, R-11, K-22, and A-33). 30 eggs of every hen line were collected on the same day; the age of the laying hens was 33 and 53 weeks. All the hens were kept on a litter floor and the stocking density was 6 birds/m²; the hens were on *ad libitum* feeding consisting of a standard diet for laying hens. The research study showed that the genetic distinctiveness of native breed hens was retained provided they were maintained in closed small populations to prevent outcross blood and where no selection was carried out to improve the productive traits. Furthermore, their genetic distinctiveness was manifested, among other things, through significant differences in the physical characteristics of eggs. The hens of the 8 lines studied and included in the conservation programme in Poland lay eggs with varying shell colours: white (G-99 and H-22), creamy (Z-11 and Ž-33), brown (S-66 and R-11), and dark brown (K-22 and A-33). The eggs from G-99 and H-22 hens were characterized by the highest total and yolk weights; however, their albumen values and Haugh units were slightly lower. When on feeding typical for laying hens, in the 33rd week, the hens of all the breeds/lines laid eggs with the yolks that showed a good colour (rated 6 - 7.76 points on the Roche scale); in the 53rd week this estimation value of egg yolk colour increased by 1 point on average. As hens aged, the weights of eggs and yolks increased as did the intensity of yolk colour but the quality of albumen and egg shells decreased.

Key words: egg quality, laying hens, age, biodiversity 

AGATA WITCZAK, JACEK CYBULSKI, ANNA MITUNIEWICZ-MAŁEK,
IZABELA DMYTRÓW

**ZMIANY ZAWARTOŚCI PCB W MLEKU POCHODZĄCYM
Z MLEKOMATÓW W OKRESIE TRZYLETNIM – PRÓBA OCENY
STOPNIA NARAŻENIA KONSUMENTÓW**

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

Świeże mleko sprzedawane za pomocą mlekomatów zyskuje coraz więcej nabywców. Mleko to nie jest pasteryzowane ani sterylizowane, dlatego też jego mikrobiologiczna i chemiczna czystość może wzbudzać zaniepokojenie.

Celem pracy była ocena pozostałości non-*ortho*, mono-*ortho* polichlorowanych bifenyli (PCB) i wskaźnikowych kongenerów (ndl PCB) w świeżym mleku pochodząącym z mlekomatów. Analizy wykonano z zastosowaniem techniki GC MS. Wykazano zróżnicowanie zawartości PCB w mleku, przy czym ilość ndl PCB wahała się od wartości mniejszych niż LOQ do 7,13 ng/g lipidów (PCB 52). Suma ndl PCB zawierała się w granicach $4,70 \div 12,32$ ng/g lipidów i stanowiła $11,7 \div 30,8\%$ NDP. W przypadku dl PCB stwierdzono niskie poziomy pozostałości analizowanych związków w mleku. Wahały się one od wartości mniejszych niż LOQ do 3,46 ng/g lipidów – kongenery non-*ortho* PCB oraz od wartości mniejszych niż LOQ do 3,28 ng/g lipidów – mono-*ortho* PCB. Równoważnik toksyczności TEQ wahał się w zakresie $0,00003 \div 0,00024$ pg-TEQ/g lipidów, co stanowiło $0,001 \div 0,01\%$ NDP. Analiza oceny ryzyka zdrowotnego umożliwiła wykazanie, że na obecnym poziomie spożycia mleka produkt ten jest bezpieczny dla konsumentów, ponieważ dzienna dawka PCB jest znacznie mniejsza niż tolerowane dzienne pobranie (TDI) tych związków. Na podstawie zmian TEQ w okresie trzyletnim nie stwierdzono istotnego ($p < 0,05$) zmniejszenia zawartości kongenerów dl PCB, a w przypadku dwóch punktów pobierania próbek nawet niewielki ich wzrost. Dowodzi to, że obecność tych trwałych ksenobiotyków w środowisku i żywności może występować przez wiele lat. Natomiast w badanym okresie stwierdzono niewielkie zmniejszenie zawartości ndl PCB. Zaobserwowane pozostałości PCB były bezpieczne dla konsumentów.

Słowa kluczowe: mleko z mlekomatu, polichlorowane bifenyle (PCB), dl PCB, ndl PCB, szacowanie ryzyka zdrowotnego

Dr hab. inż. A. Witczak, prof. nadzw., mgr inż. J. Cybulski, Katedra Toksykologii, dr hab. inż. A. Mituniewicz-Małek, dr hab. inż. I. Dmytrów, Zakład Mleczarstwa i Przechowalnictwa Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Papieża Pawła VI 3, 71-459 Szczecin. Kontakt: agata.witczak@zut.edu.pl

Wprowadzenie

Mleko i produkty mleczarskie stanowią ok. 30 % produktów w diecie człowieka. Konsumpcja mleka w Polsce wynosi obecnie 191 l rocznie na osobę i jest znacznie mniejsza niż średnia europejska kształtuająca się na poziomie 350 l/osobę [17, 12]. Konsument poszukuje coraz częściej produktów ekologicznych o niskim stopniu przetworzenia. Interesującą propozycją dla mieszkańców miast mogą być mlekomaty, codziennie zaopatrywane przez dostawcę w świeże, nieprzetworzone mleko. Ta forma bezpośredniej sprzedaży mleka surowego konsumentowi jest bardzo popularna w krajach europejskich: Wielkiej Brytanii, Włoszech, Francji, Austrii, Czechach, a także pozaeuropejskich: w Stanach Zjednoczonych Ameryki, Japonii, Indiach. Mleko sprzedawane w mlekomatach jest produktem niepasteryzowanym, nierozcieńczonym i niesterylizowanym [11].

Zgodnie z art. 10 ust. 8 Rozporządzenia (WE) nr 853/2004 [21] państwa należące do UE mogą utrzymać albo ustanowić przepisy krajowe zakazujące lub ograniczające wprowadzanie na ich terytorium do obrotu mleka surowego przeznaczonego bezpośrednio do spożycia przez ludzi. W Polsce nie wprowadzono takiego zakazu i mleko surowe może być sprzedawane w specjalnie skonstruowanych urządzeniach dystryбуacyjnych zwanych mlekomatami, utrzymujących mleko w stałej temp. 4 ÷ 6 °C [11].

Pomimo często podkreślanych walorów zdrowotnych mleko może być również źródłem substancji toksycznych obecnych w środowisku, szczególnie o charakterze lipofilowym. Do takich zanieczyszczeń należą m.in. polichlorowane bifenyle (PCB). Ich wieloletnie stosowanie w układach zamkniętych i otwartych, głównie w elektrotechnice, trwałość, odporność na działanie czynników chemicznych oraz tendencja do biokumulacji spowodowały, że związki te nadal stanowią zagrożenie [2]. Obecnie ich pierwotnym źródłem w mleku jest pasza spożywana przez zwierzęta. Dowiedzono, że stopień przenikania dioksynopodobnych kongenerów PCB (dl PCB) na drodze pasza – zwierzę – mleko wynosi 20 ÷ 70 %, a niedioksynopodobnych, tzw. wskaźnikowych (ndl PCB) – 2 ÷ 9 % [23].

Na podstawie kumulacji PCB w tkankach ludzkich i zwierzęcych oraz efektów ich oddziaływania na organizmy żywe udowodniono toksyczny wpływ co najmniej 18 (a nawet 36) spośród 209 kongenerów [19]. Obecnie 12 „dioksynopodobnych” kongenerów PCB zaliczanych jest do grupy 2A – związków o prawdopodobnym działaniu kancerogennym dla człowieka [9]. Dowiedzono, że substancje o charakterze dioksynopodobnym wykazują również działanie ksenoestrogenne i neurotoksykczne [4, 24]. Uważa się, że zagrożenie ze strony związków PCB dla organizmów żywych wynika głównie z toksyczności niektórych kongenerów, szczególnie z grupy non-*ortho* i mono-*ortho*, będących analogami przestrzennymi dioksyn 2,3,7,8-TCDD o zbliżonej aktywności biologicznej [16, 26]. Większość objawów związana jest z zaburzeniem homeostazy.

stazy układu hormonalnego, zaburzeniem funkcjonowania hormonów płciowych i płodności, a także zaburzeniem pracy tarczycy [3, 10].

Według Krokosa i wsp. [14] średnia zawartość non-*ortho* kongenerów (suma PCB nr 77, 126, 169) wynosiła 0,72 ng/g mleka (20,6 ng/g lipidów), a dominującym związkiem był PCB 126 (0,48 pg/g świeżego produktu) oraz, spośród kongenerów wskaźnikowych, PCB 153 (77,0 ng/g mleka). Wielokrotnie mniejsze zawartości zanotowali Papadopoulos i wsp. [18], według których suma non-*ortho* kongenerów PCB (nr 77, 81, 126, 169) w mleku krowim wynosiła 0,003 ng/g lipidów (0,18 pg-TEQ/g lipidów). Natomiast z badań Lorbera i wsp. [15], dotyczących zawartości non- i mono-*ortho* kongenerów PCB w mleku pobranym w latach 1996 i 1997 w Panamie i Portoryko, wynika, że wartość TEQ_{PCB-WHO₉₈} wynosiła 0,49 pg/g lipidów, przy czym największą zawartość spośród analizowanych kongenerów (PCB nr 77, 105, 118, 126, 156, 157, 169) stwierdzono w przypadku PCB 118 – 685,3 pg/g lipidów, a najmniejszą PCB 169 – 0,5 pg/g lipidów.

Jak wynika z Krajowego Planu Wdrażania Konwencji Sztokholmskiej [13], zawartość dl PCB w mleku w latach 2007 - 2009 wynosiła średnio 0,6 pg-TEQ_{WHO-PCB}/g lipidów w 2007 roku, wzrosła do 0,7 pg-TEQ_{WHO-PCB}/g lipidów w następnym roku, po czym zmalała do 0,4 pg-TEQ_{WHO-PCB}/g tłuszcza w 2009 roku. Świadczy to o tym, że pomimo upływu kilkudziesięciu lat od zaprzestania produkcji tych związków w większości krajów, stopień narażenia maleje w znakomitym stopniu i problem ten może występować jeszcze przez wiele lat.

Z uwagi na istotny udział mleka i produktów mleczarskich w całodzienniej racyj pokarmowej człowieka celem pracy była próba określenia ryzyka narażenia konsumenta na PCB związanego ze spożyciem mleka pochodzącego ze sprzedaży bezpośredniej w mlekomatach. Celem analitycznym pracy było zatem określenie zawartości ndl PCB i dl PCB w świeżym mleku pochodząącym z mlekomatów usytuowanych na terenie Szczecina.

Material i metody badań

Badania prowadzono w cyklu trzyletnim. Materiał doświadczalny stanowiło mleko z mlekomatów pozyskiwane w okresie wiosennym z trzech punktów w Szczecinie (A, B i C), przy czym z punktów A i B surowiec pobierano w latach 2014 - 2016, zaś z punktu C w latach 2014 - 2015. Mleko bezpośrednio po pobraniu (każdorazowo w godzinach późnoodiennych 2 l) zamrażano w temp. -18 °C do czasu analizy. Łącznie badaniami objęto 137 próbek mleka (A – 58, B – 43, C – 36). Próbki analizowano każdorazowo w trzykrotnym powtórzeniu. Procedurę analityczną obejmującą ekstrakcję badanych PCB, oczyszczanie próbek, identyfikację związków oraz ich oznaczenie ilościowe z wykorzystaniem GC-MS (HP 6890/5973) przeprowadzano zgodnie z procedurą przedstawioną przez Witczak i wsp. [27].

W celu określenia odzysków stosowano standard wewnętrzny (dekachlorobifenyl, 100 ml, 80 ng/ml) – Pesticides Surrogate Spike Mix 4–8460, Supelco, USA. Dodatkowo wartości odzysków kongenerów PCB oszacowano na podstawie analizy roztworu izotopowego (^{13}C 12-labeled PCB Mixture-A, CIL – Cambridge Isotope Laboratories, Inc. EC-4938), zawierającego: 3,30,4,40-TetraCB; 3,4,40,50-TetraCB; 20,3,4,40,5-PentaCB; 3,30,4,40,5-PentaCB; 3,30,4,40,5,50-HexaCB, 2,20,3,4,40,5,50-HeptaCB (50 ml, 120 ng/ml).

Średnie wartości odzysku związków znaczonych izotopowo wały się od 78,5 % (PCB 81) do 102,1 % (PCB 180). Odzysk związków, w przypadku których nie były dostępne odpowiedniki oznaczone izotopowo, szacowano na podstawie analizy próbek fortyfikowanych analizowanymi związkami. Wartość odzysku non-*ortho* i mono-*ortho* PCB wyniosły odpowiednio: PCB 77 \div 77,79 %, PCB 126 \div 79,59 %, PCB 169 \div 87,40 %, PCB 114 \div 78,0 %; PCB 156 \div 79,0 %, PCB 157 \div 82,90 %, PCB 81 \div 94,15 %, a w przypadku ndl PCB wały się w granicach 77,19 \div 88,15 %. Odzysk dekachlorobifenylu (PCB 209) użytego jako standard wewnętrzny kształtał się w przedziale 84,10 \div 98,32 %. Poza tym identyfikacja oraz oznaczanie ilościowe polegało na analizie następujących roztworów wzorcowych: (1) 6 PCB-Seven Key Isomers LGC Ltd. NE 5575 (PCB IUPAC: 28, 52, 101, 118, 138, 153); (2) 12 PCB – CERTAN© NE 5570 LGC Ltd. (IUPAC No PCB 77, 81, 123, 105, 114, 126, 156, 157, 180, 169, 167, 189).

W celu kontroli dokładności metody z każdą partią próbek analizie poddawano dodatkowo materiał referencyjny (Reference Material BCR 450-PCBs in natural milk powder, Community Bureau of Reference). Odzysk kongenerów PCB zawartych w materiale referencyjnym (BCR 450 — PCBs in natural milk powder) wyznaczony wobec średniej wartości deklarowanej wały się w przedziale 87,93 \div 98,15 %. Granica oznaczalności (LOQ) kongenerów polichlorowanych bifenyli wyniosła przeciętnie 0,1 \div 0,15 ng/kg mokrej masy.

Analizę statystyczną wyników badań przeprowadzono z wykorzystaniem programu Statistica 10.0. Analizę wariancji z wykorzystaniem testu Anova poprzedzono testem jednorodności Levene'a oraz testem normalności Kołmogorowa-Smirnova (test K-S). W celu określenia współzależności pomiędzy badanymi zmiennymi wyznaczono współczynniki korelacji. Do oceny istotności różnic zastosowano test Tukeya (przy $p < 0,05$).

Wyniki i dyskusja

Wykazano zróżnicowane, ale małe pozostałości analizowanych związków w mleku w zakresie od wartości mniejszych niż LOQ do 3,46 ng/g lipidów w przypadku kongenerów non-*ortho* PCB oraz od wartości mniejszych niż LOQ do 3,28 ng/g lipidów – mono-*ortho* PCB (tab. 1).

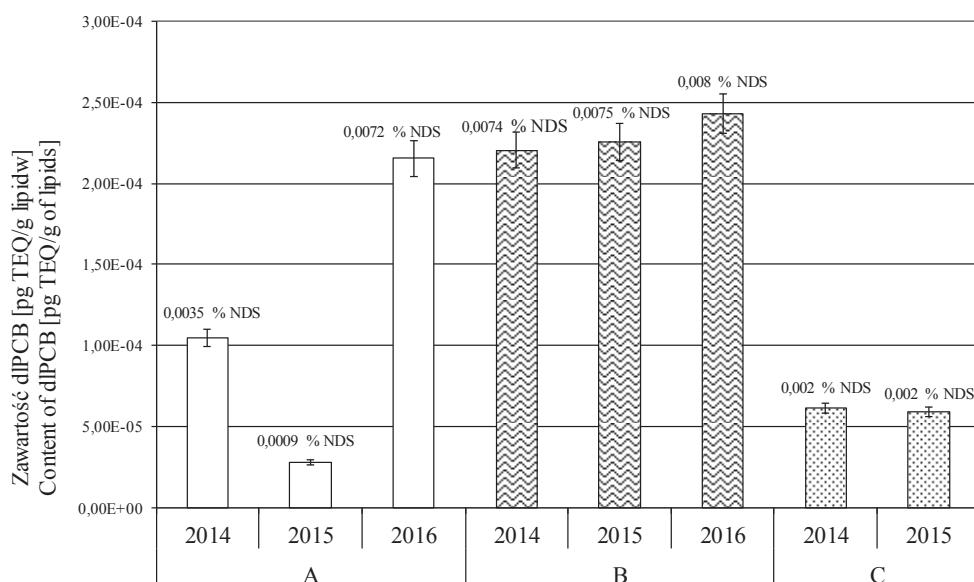
Tabela 1. Zawartość non-*ortho* i mono-*ortho* kongenerów PCB w mleku pochodzący z mlekomatów w latach 2014 - 2016
 Table 1. Content of non-*ortho* and mono-*ortho* PCB congeners in milk from milk vending machines in the years 2014 - 2016

Wyszczególnienie Item				Punkty poboru mleka / Milk collection point				
	A			B		C		
	2014	2015	2016	Rok poboru próbek / Sampling year	2014	2015	2016	
[ng/g lipidów] / [ng/g of lipids]								
non- <i>ortho</i> PCB non- <i>ortho</i> PCB								
PCB 81	2,084 ± 0,230	1,674 ± 0,022	2,939 ± 0,324	3,076 ± 0,219	3,465 ± 0,105	2,304 ± 0,164	3,301 ± 0,361	2,000 ± 0,014
PCB 77	1,466 ± 0,0234	1,130 ± 0,0012	1,757 ± 0,367	1,991 ± 0,099	2,007 ± 0,135	1,927 ± 0,0874	1,913 ± 0,021	2,605 ± 0,165
PCB 126	0,627 ± 0,0620	0,000 ± 0,000	1,742 ± 0,28	1,702 ± 0,0123	1,700 ± 0,0985	1,931 ± 0,139	0,000 ± 0,000	0,000 ± 0,000
PCB 169	1,380 ± 0,021	0,905 ± 0,111	1,330 ± 0,111	1,633 ± 0,0109	1,806 ± 0,202	1,637 ± 0,0888	2,002 ± 0,155	1,926 ± 0,132
Suma non- <i>ortho</i> PCB	5,558	3,710	7,768	8,402	8,977	7,798	7,216	6,531
Non- <i>ortho</i> PCB in total								
mono- <i>ortho</i> -PCB mono- <i>ortho</i> -PCB								
PCB 123	0,122 ± 0,015	0,100 ± 0,099	0,314 ± 0,071	0,145 ± 0,005	2,166 ± 0,250	0,350 ± 0,028	0,115 ± 0,008	0,000 ± 0,000
PCB 118	0,729 ± 0,096	0,538 ± 0,035	1,136 ± 0,208	1,002 ± 0,103	0,639 ± 0,009	0,697 ± 0,044	0,797 ± 0,066	1,148 ± 0,132
PCB 114	0,000 ± 0,000	0,000 ± 0,000	0,332 ± 0,009	0,730 ± 0,081	0,734 ± 0,021	0,420 ± 0,050	0,000 ± 0,000	1,593 ± 0,111
PCB 105	1,055 ± 0,122	0,960 ± 0,112	1,389 ± 0,111	1,255 ± 0,100	0,930 ± 0,115	1,416 ± 0,100	1,340 ± 0,102	2,333 ± 0,148
PCB 167	0,185 ± 0,099	0,000 ± 0,000	0,000 ± 0,000	0,000 ± 0,000	0,210 ± 0,009	0,000 ± 0,000	0,779 ± 0,085	0,000 ± 0,000
PCB 156	0,395 ± 0,045	0,000 ± 0,000	0,430 ± 0,026	0,644 ± 0,034	0,351 ± 0,037	0,194 ± 0,020	1,502 ± 0,104	0,000 ± 0,000
PCB 157	0,566 ± 0,060	0,000 ± 0,000	0,319 ± 0,014	0,646 ± 0,029	0,618 ± 0,044	0,180 ± 0,009	1,126 ± 0,040	0,000 ± 0,000
PCB 189	0,517 ± 0,055	0,000 ± 0,000	0,674 ± 0,109	1,192 ± 0,011	1,837 ± 0,164	0,605 ± 0,071	0,000 ± 0,000	3,284 ± 0,210
Suma mono- <i>ortho</i> PCB / Mono- <i>ortho</i> PCB in total	3,570	1,598	4,595	5,615	7,484	3,862	5,658	8,358

Objaśnienia / Explanatory notes:

A, B, C – punkty poboru mleka / milk collection points. W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standarde / Table shows mean values ± standard deviation.

Równoważnik toksyyczności TEQ w badanym mleku, wyznaczony jako suma ilości czynów stężeń poszczególnych kongenerów i ich współczynników toksyyczności TEF, zawierał się w granicach $0,00003 \div 0,00024$ pg-TEQ/g lipidów (rys. 1), co stanowiło $0,001 \div 0,01$ % wartości NDS (3 pg-TEQ/g lipidów) [22].



Objaśnienia / Explanatory notes:

NDS dl PCB = 3 pg TEQ/g lipidów / MRL dl PCB = 3 pg TEQ/g of lipids.

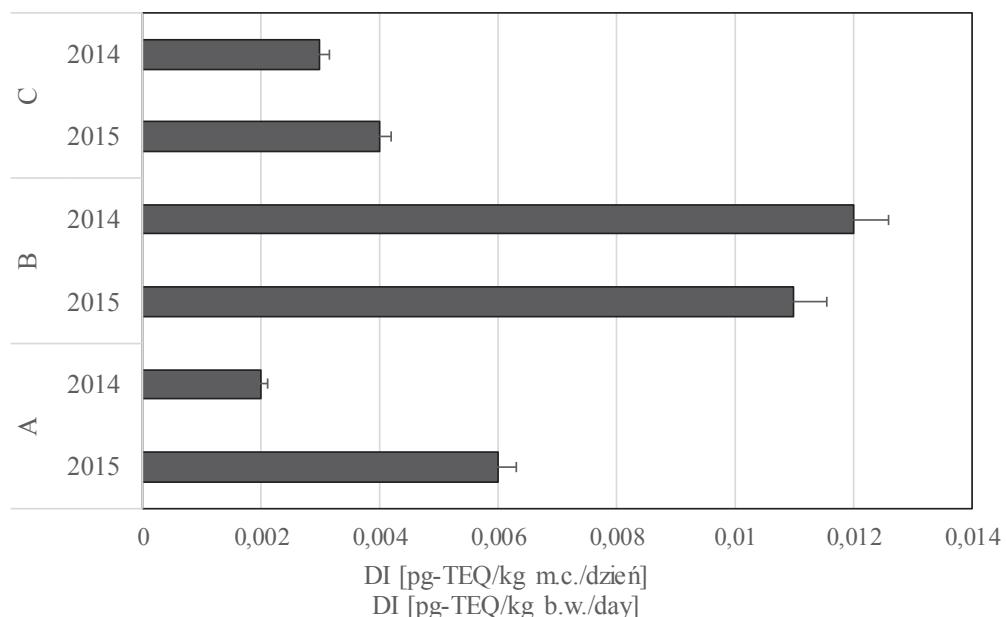
Na rysunku przedstawione wartości średnie (w postaci słupków) i odchylenia standardowe (w postaci odcinków) / Figure shows mean values (bars) and standard deviations (line segments).

Rys. 1. Równoważnik toksyyczności TEQ_{PCB} analizowanego mleka

Fig. 1. TEQ_{PCB} toxicity equivalent of milk analyzed

Szacowane dzienne pobranie (DI) mieściło się w przedziale $0,004 \div 0,011$ pg-TEQ/kg m.c./dzień w roku 2014 oraz $0,003 \div 0,012$ pg-TEQ/kg m.c./dzień w roku 2015 (rys. 2).

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że pobranie dl PCB z mlekiem kształtało się znacznie poniżej tolerowanego dziennego pobrania i stanowiło maksymalnie 1,2 % TDI. W przypadku kongenerów wskaźnikowych PCB (ndl PCB) wykazano różną zawartość badanych związków w mleku. Ich poziom wahał się od wartości poniżej LOQ do 7,13 ng/g lipidów (PCB 52) – rys. 3.



Objaśnienia / Explanatory notes:

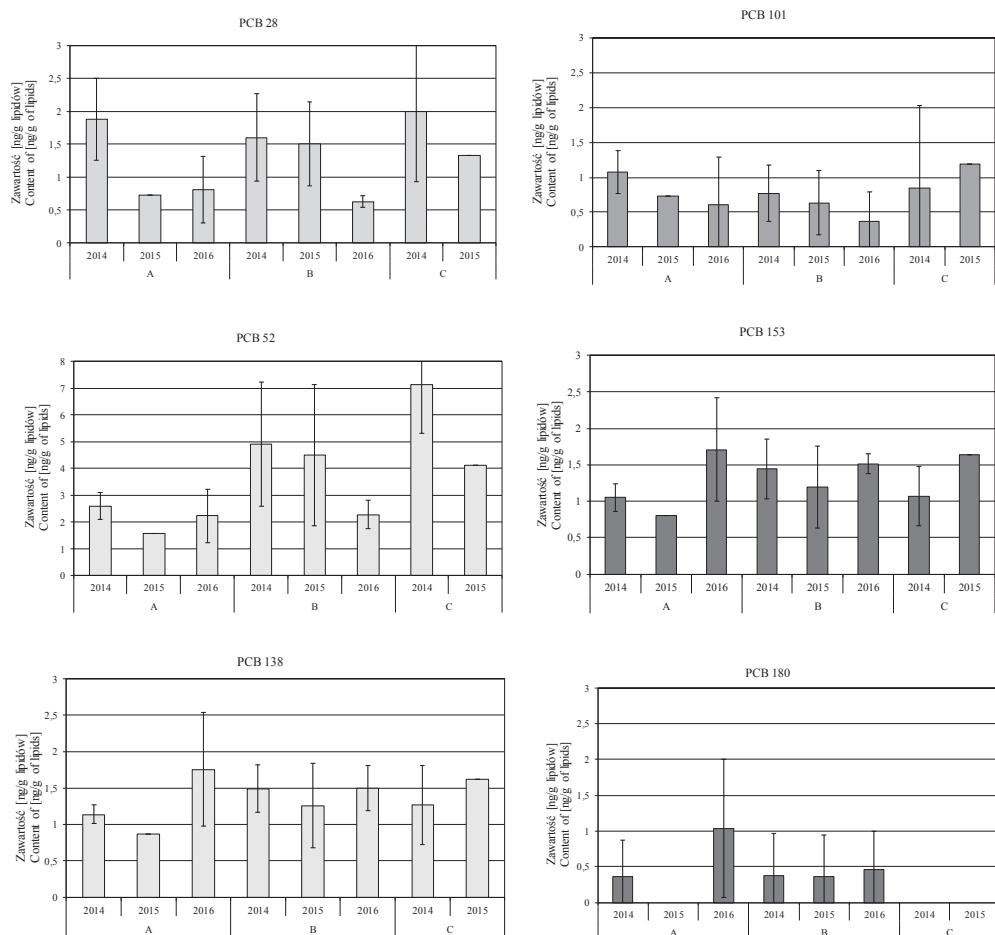
DI obliczono na podstawie miesięcznego spożycia mleka według Rocznika Statystycznego – 3,26 l (2014) i 3,15 l (2015) [20], przyjmując masę ciała człowieka 70 kg / DI was calculated based on the monthly milk consumption according to the statistical data in Statistical Yearbook – 3.26 l (2014) and 3.15 l (2015) [20], assuming a body weight of 70 kg.

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

Rys. 2. Ocena szacowanego dziennego pobrania (DI) dl PCB z mlekiem
Fig. 2. Assessment of estimated daily intake (DI) of dl PCBs from milk

Suma kongenerów wskaźnikowych (ndl PCB) wahała się w granicach 4,70 \div 12,32 ng/g lipidów. W Polsce dopuszczalny poziom sumy 6 kongenerów PCB (według IUPAC PCB: 28, 52, 101, 138, 153, 180) w żywności obowiązuje od grudnia 2011 roku [22]. W mleku i produktach mleczarskich maksymalna dopuszczalna zawartość sumy (MRL) ndl PCB może wynosić 40 ng/g lipidów. W mleku pobranym w mlekomatach stwierdzone pozostałości nie przekraczały tego limitu i stanowiły 11,7 \div 30,8 % wartości MRL (rys. 4).

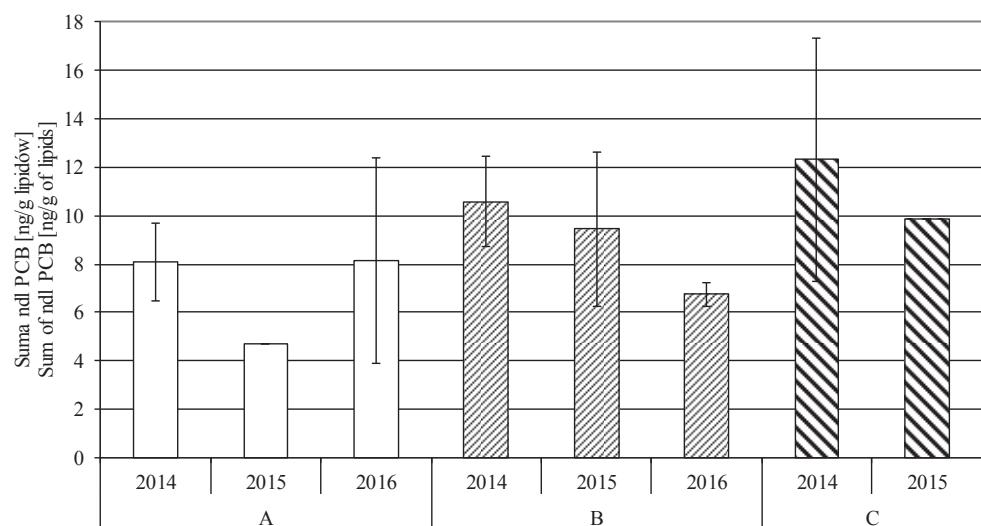
W przypadku dwóch punktów poboru próbek mleka odnotowano istotne ($p < 0,05$) zmniejszenie zawartości PCB w ciągu 3 lat, co może świadczyć o stopniowej redukcji stężenia tych ksenobiotyków w środowisku.



Objaśnienie jak pod rys. 1. / Explanatory note as in Fig. 1.

Rys. 3. Pozostałości kongenerów ndl PCB w mleku w latach 2014 - 2016
 Fig. 3. Residues of ndl PCB congeners in milk in the years 2014 - 2016

Badania przeprowadzone w kwietniu 2006 roku we Francji, w których analizowano surowe mleko krowie z 93 zakładów mleczarskich należących do 17 firm mleczarskich, wykazały, że średnia zawartość dl PCB wynosiła 0,57 pg/g tłuszcza TEQ-WHO [6]. Natomiast w badaniach przeprowadzonych w 2008 roku we Włoszech, w regionie Kampania, wykazano poziom dl-PCB w mleku krowim [pg TEQ/g tłuszcza] w zakresie 0,04 – 10,4, ze średnią wartością równą 1,39 i medianą – 1,08 (n = 79) [7]. Badania mleka pełnego i bez tłuszczowego produkowanego w Kalifornii (USA) w 2014 roku dotyczyły 19 kongenerów PCB. Wszystkie otrzymane wartości były poniżej normy wyznaczonej przez FDA (norma – 1,5 µg/g tłuszcza) [5]. W 2015 roku na



Objaśnienia / Explanatory notes:

NDS ndl PCB = 40 ng/g lipidów / MRL ndl PCBs = 40 ng/g of lipids.

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 – wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$) / mean values denoted by different letters differ statistically significantly ($p < 0.05$).

Rys. 4. Pozostałości sumy ndl PCB w mleku w latach 2014 - 2016

Fig. 4. Residues of sum of ndl PCB in milk in the years 2014 - 2016

obszarze wschodniej Słowacji zawartość PCB: 138, 153, 180 w mleku krów była poniżej LOQ [25]. W roku 2015 w Teheranie przebadano 10 wybranych marek mleka pasteryzowanego i wykazano, że poziom ndl-PCB wynosił $18,92 \pm 14,30$ ng/g i nie przekroczył dopuszczalnej wartości 40 ng/g. Suma dl-PCB wyrażona jako WHO-TEQ wynosiła 0,492 pg/g tłuszcza – wszystkie próbki mleka były zgodne z normami Unii Europejskiej [1]. W mleku wzbogaconym kwasami omega-3, które zostało zakupione w latach 2010 - 2012 w supermarketach Madrytu i przebadane pod względem zawartości dl- PCB, nie wykazano wartości powyżej norm UE. Średnia wartość sumy dl-PCB w mleku krowim wynosiła 0,73 pg/g tłuszcza WHO-TEQ [8]. Przytoczone wyniki badań dowodzą, że nie obserwuje się przekroczenia najwyższych dopuszczalnych poziomów PCB ustalonych przez prawo UE. Ważny jest jednak monitoring poziomów polichlorowanych bifenyli w mleku krowim, gdyż są one dużym zagrożeniem dla zdrowia ludzi. Na przestrzeni lat nie obserwuje się wyraźnego obniżenia poziomu PCB w środowisku, pomimo kolejnych lat upływających od zaprzestania produkcji. Nadal też odnotowuje się ich obecność w żywności.

Wnioski

1. Przy obecnym poziomie konsumpcji mleka zawartość związków dl PCB w nim zawartych nie stanowi bezpośredniego zagrożenia dla zdrowia konsumenta. Szacowane pobranie analizowanych związków PCB z mlekiem surowym pochodzącym z mlekomatów kształtowało się znacznie poniżej TDI i stanowiło maksymalnie 1,2 % TDI.
2. Na podstawie obserwacji równoważnika TEQ w trzyletnim cyklu badawczym nie stwierdzono istotnego ($p < 0,05$) zmniejszenia tego wskaźnika. Dowodzi to, że obecność tych trwałych substancji w środowisku i żywności może występować jeszcze przez wiele lat, co wymaga monitorowania ich zawartości w mleku.
3. Pozostałości ndl PCB w mleku nie przekraczały wartości NDS i stanowiły $11,7 \div 30,8\% NDS$.
4. Uzyskane wyniki wskazały na niewielkie, nieistotne statystycznie ($p < 0,05$), zmniejszenie ndl PCB w mleku dostarczonym konsumentom w systemie „mlekomatowym” w trzyletnim okresie badawczym.

Literatura

- [1] Ahmadkhaniha R., Nodehi R., Rastkari N., Aghamirloo H.: Polychlorinated biphenyls (PCBs) residues in commercial pasteurized cows' milk in Tehran, Iran. *J. Environ. Health Sci. Engin.*, 2017, 15, 1-6.
- [2] Bocio A., Domingo J.L.: Daily intake of polychlorinated dibenzo-p-dioxins/polychlorinated dibenzofurans (PCDD/PCDFs) in foodstuffs consumed in Tarragona, Spain: A review of recent studies (2001 - 2003) on human PCDD/PCDF exposure through the diet. *Environ Res.*, 2005, 97 (1), 1-9.
- [3] Breivik K., Vestreng V., Rozovskaya O., Pacyna J.M.: Atmospheric emissions of some POPs in Europe: A discussions of existing inventories and data needs. *Environ. Sci. Policy*, 2006, 9, 663-674.
- [4] Carpenter D.O.: Human health effects of polychlorinated biphenyls. *Cent. Eur. J. Public Health*, 2000, 8 (Suppl.), 2-24.
- [5] Chen X., Lin Y., Dang K., Puschner B.: Quantification of polychlorinated biphenyls and polybrominated diphenyl ethers in commercial cows' milk from California by gas chromatography triple quadruple mass spectrometry. *Plos One*, 2017, 12 (1), #e0170129.
- [6] Durand B., Dufour B., Fraisse D., Defour S., Duham K., Le-Barillec K.: Levels of PCDDs, PCDFs and dioxin-like PCBs in raw cow's milk collected in France in 2006. *Chemosphere*, 2008, 70, 689-693.
- [7] Esposito M., Cavallo S., Serpe F.P., D'Ambrosio R., Gallo P., Colarusso G., Pellicanò R., Baldi L., Guarino A., Serpe L.: Levels and congener profiles of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, polychlorinated dibenzofurans and dioxin-like polychlorinated biphenyls in cow's milk collected in Campania, Italy. *Chemosphere*, 2009, 77, 1212-1216.
- [8] García-Bermejo A., Herrero L., Gonzalez M., Gomara B.: Occurrence and estimated dietary intake of PCBs and PCDD/Fs in functional foods enriched with omega-3 from Spain. *J. Agric. Food Chem.*, 2017, 65, 3396-3405.
- [9] IARC/WHO: IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Vol. 107: Polychlorinated biphenyls and polybrominated biphenyls. IARC, Lyon, France, 2013.

- [10] Juberg D.R.: An evaluation of endocrine modulators: Implications for human health. *Ecotox. Environ. Safe.*, 2000, 45, 93-105.
- [11] Kosiorowska M.: Mlekomaty – nowy sposób bezpośredniej sprzedaży mleka surowego w Polsce. *Nauki Inżynierskie i Technologie*, 2012, 4 (7), 72-82.
- [12] Kowalska A.: Mleko i przetwory mleczne w diecie studentów Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. *Rocz. Nauk. Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*, 2014, 16 (1), 111-116.
- [13] Krajowy Plan Wdrażania Konwencji Sztokholmskiej w sprawie trwałych zanieczyszczeń organicznych. *Rzeczpospolita Polska*, Warszawa 2010. Dostęp w Internecie [24.05.2012]: http://archiwum.mos.gov.pl/g2/big/2011_01/a709f45fe7062e0a567326949ef23969.pdf
- [14] Krokos F., Creaser C.S., Wright C., Startin J.R.: Levels of selected ortho and non-ortho polychlorinated biphenyls in UK retail milk. *Chemosphere*, 1996, 32 (4), 667-673.
- [15] Lorber M.N., Winters D.L., Griggs J., Cook R., Baker S., Ferrario J., Byrne C., Dupuy A., Schaum J.: A national survey of dioxin-like compounds in the United States milk supply. *Organohalogen Compounds*, 1998, 38, 125-129.
- [16] Mackay D., Shiu W.Y., Ma K., Lee S.C.: *Handbook of Physical-Chemical Properties and Environmental Fate of Organic Chemicals*. Vol. II. Halogenated Hydrocarbons. CRC Press, Boca Raton 2006.
- [17] Olszewska M.: Produkcja mleka w Polsce na tle świata i krajów Unii Europejskiej. *Wiadomości Zootechniczne*, 2015, 53 (3), 150-157.
- [18] Papadopoulos A., Vassiliadou I., Costopoulou D., Papanicolaou C., Leondiadis L.: Levels of dioxins and dioxin-like PCBs in food samples on the Greek market. *Chemosphere*, 2004, 57, 413-419.
- [19] Pascall M.A., Zabik M.E., Zabik M.J., Hernandez R.J.: Reduction of congener specific PCBs in water and peanut oil by polyethylene packaging film. *Food Chem.*, 1997, 60 (4), 563-571.
- [20] Rocznik Statystyczny. GUS, Warszawa 2014, 2015.
- [21] Rozporządzenie (WE) nr 853/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r. ustanawiające szczegółowe przepisy dotyczące higieny w odniesieniu do żywności pochodzenia zwierzęcego. Dz. U. L 139, ss. 55-205, z 30.04.2004 z późn. zm.
- [22] Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1259/2011 z dnia 2 grudnia 2011 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów dioksyn, polichlorywanych bifenyli o działaniu podobnym do dioksyn i polichlorywanych bifenyli o działaniu niepodobnym do dioksyn w środkach spożywczych. Dz. U. L 320, ss. 18-23, z 03.12.2011 r.
- [23] Starek A.: Polichloryowane bifenyle – toksykologia – ryzyko zdrowotne. *Rocz. PZH*, 2001, 52 (3), 187-201.
- [24] Struciński P., Ludwicki J.K., Góralczyk K., Czaja K.: Wybrane aspekty działania ksenoestrogenów z grupy persistentnych związków chlороorganicznych. *Rocz. PZH*, 2000, 51, 211-228.
- [25] Tunegová M., Toman R., Tančín V.: Monitoring of selected essential elements and contaminants at sheep and cow farms in eastern Slovakia. *J. Centr. Eur. Agric.*, 2016, 17 (4), 1221-1232.
- [26] Van den Berg M., Birnbaum L.S., Denison M., de Vito M., Farland W., Feeley M., Fiedler H., Hakansson H., Hanberg A., Haws L., Rose M., Safe S., Schrenk D., Tohyama C., Tritscher A., Tuomisto J., Tysklind M., Walker N., Peterson R.: The 2005 World Health Organization Reevaluation of human and mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds. *Toxicol. Sci.*, 2006, 93 (2), 223-241.
- [27] Witczak A., Mituniewicz-Małek A., Dmytrów I.: Assessment of daily intake of organochlorine pesticides from milk in different regions of Poland. *J. Environ. Sci. Health Part B*, 2013, 48, 83-91.

**CHANGES IN CONTENT OF PCB IN MILK DERIVED FROM MILK VENDING MACHINES
DURING A 3-YEAR PERIOD – ATTEMPT TO ASSESS CONSUMER EXPOSURE****S u m m a r y**

More and more purchasers buy fresh milk using milk vending machines. This milk is neither pasteurised nor sterilized, therefore its microbiological and chemical cleanliness may cause some concern.

The objective of the research study was to assess the remains of non-*ortho*, mono-*ortho* PCB, and indicatory congeners (ndl PCB) in fresh milk from milk vending machines. The analyses were performed using GS MS techniques. It was shown that the contents of PCB varied in the milk analyzed: the amount of ndl PCB congeners ranged between the values lower than LOQ and 7.13 ng/g of lipids (PCB 52). The total of ndl PCB ranged between 4.70 and 12.32 ng/g of lipids, i.e. 11.7 ÷ 30.8 % of MRL. In the case of dl PCB, low levels were reported of the remains of the compounds analysed in the milk. As for the non-*ortho* PCB congeners, they ranged between the values lower than LOQ and 3.46 ng/g of lipids and as for the mono-*ortho* PCB: between the values lower than LOQ and 3.28 ng/g of lipids. The value of TEQ, toxic equivalent, ranged from 0.00003 to 0.00024 pg-TEQ/g of lipids, i.e. 0.001 ÷ 0.01 % of MRL. The analysis of health risk assessment made it possible to show that at the present level of milk consumption, this product was safe for consumers because the daily PCB intake was significantly lower than the tolerable daily intake (TDI). Based on the changes in TEQ during a three-year period, no significant ($p < 0.05$) decrease in the content of dl PCB congeners was found; what's more, in the case of two sampling points, a slight increase in this content was reported. This fact proves that those persistent xenoestrogenic substances may be present in the environment and food over many years. On the other hand, during the period studied, a small decrease in the contents of ndl PCB was reported. The recorded remains of PCB were safe for consumers.

Key words: milk from milk vending machines, polychlorinated biphenyls (PCBs), dl PCB, ndl PCB, health risk assessment 

AGNIESZKA CHOLEWA-WÓJCIK, AGNIESZKA KAWECKA,
TADEUSZ SIKORA

WYMAGANIA PRAWNE DOTYCZĄCE MATERIAŁÓW PRZEZNACZONYCH DO KONTAKTU Z ŻYWNOŚCIĄ

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

Bezpieczeństwo oferowanych na rynku materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością jest szczególnie istotne. Temat ten szeroko dyskutowany w literaturze przedmiotu znajduje odzwierciedlenie w wymaganiach krajowych i międzynarodowych aktów prawnych. Zagadnienia te mają swoje źródło w podstawowych prawach konsumenta do ochrony zdrowia i życia poprzez zapewnienie bezpieczeństwa żywności oraz zapewnienie bezpieczeństwa materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością. Do obszarów, w których ważne jest zapewnienie bezpieczeństwa materiałów i wyrobów do kontaktu z żywnością należą: odpowiedni skład chemiczny, zachowanie limitów migracji globalnej i specyficznej z materiałów do zapakowanej żywności, zachowanie czystości mikrobiologicznej powierzchni materiałów, brak ciał obcych, odpowiednie cechy sensoryczne, właściwy stan opakowania jednostkowego, prawidłowe znakowanie, dokumentacja potwierdzająca zgodność materiałów i wyrobów z obowiązującymi przepisami oraz zapewniająca identyfikowalność materiałów w całym łańcuchu dostaw, zapewnienie możliwości śledzenia, wdrażanie i stosowanie właściwych standardów zapewniających bezpieczeństwo materiałów i opakowań.

Celem pracy było przedstawienie wymagań prawnych dotyczących materiałów przeznaczonych do kontaktu z żywnością.

Słowa kluczowe: materiały i wyroby przeznaczone do kontaktu z żywnością, akty prawne, ochrona zdrowia konsumenta, bezpieczeństwo opakowań

Wprowadzenie

Czynnikiem decydującym o jakości żywności jest jej bezpieczeństwo, czyli brak zagrożeń zdrowotnych dla konsumenta. Analizując zagrożenia związane z żywnością należy brać pod uwagę także materiały przeznaczone do kontaktu z nią, które mogą być źródłem zagrożeń: biologicznych, chemicznych i fizycznych. Stąd też problematy-

Dr inż. A. Cholewa-Wójcik, dr inż. A. Kawecka, Katedra Opakowalnictwa Towarów, prof. dr hab. T. Sikora, Katedra Zarządzania Jakością, Wydz. Towaroznawstwa i Zarządzania Produktem, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, ul. Rakowicka 27, 31-510 Kraków. Kontakt: cholewaa@uek.krakow.pl

ka bezpieczeństwa materiałów przeznaczonych do kontaktu z żywnością jest przedmiotem uregulowań prawnych zarówno na poziomie Unii Europejskiej, jak i na poziomie krajowym.

Charakterystyka materiałów i wyrobów do kontaktu z żywnością

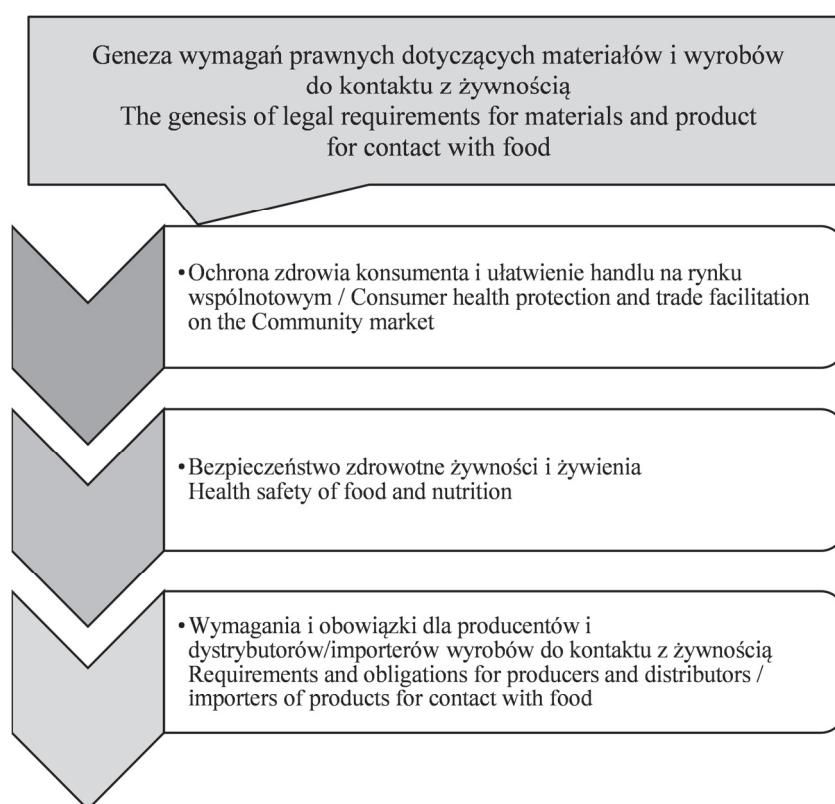
Wszystkie materiały i wyroby, które w stanie gotowym do użytkowania są przeznaczone do kontaktu z żywnością lub pozostają w kontakcie z żywnością lub można w sposób uzasadniony oczekwać, że wejdą w kontakt z żywnością albo nastąpi migracja ich składników do żywności w przypadku ich zastosowania w normalnych lub możliwych do przewidzenia warunkach, określone są jako materiały i wyroby przeznaczone do kontaktu z żywnością. Wśród nich można wyróżnić zarówno wszystkie rodzaje materiałów opakowaniowych i opakowań do żywności stosowane w zakładach przemysłu spożywczego, pojemniki, naczynia kuchenne, stołowe oraz sztućce, sprzęt i urządzenia do żywienia w gospodarstwie domowym, powierzchnie robocze stołów i blatów, jak również zbiorniki, skrzynie transportowe itp. [6].

Charakterystyka i zakres wymagań dotyczących tych materiałów i wyrobów zawarty jest zarówno w wymaganiach krajowych, jak i międzynarodowych aktach prawnych. Zagadnienia dotyczące materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością mają swoje źródło w podstawowych prawach konsumenta do ochrony zdrowia i życia poprzez zapewnienie bezpieczeństwa żywności oraz do zapewnienia bezpieczeństwa materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością [3]. Genezę wymagań prawnych dotyczących materiałów i wyrobów do kontaktu z żywnością przedstawiono na rys. 1.

Zapewnienie ochrony konsumentów na rynku żywności stanowi istotny obszar działań w Unii Europejskiej. W dążeniu do realizacji tego celu podejmowane są działania mające umożliwić stworzenie systemu prawa chroniącego konsumenta jako jednego z podstawowych podmiotów rynku. Już w Traktacie o funkcjonowaniu Unii Europejskiej (TFUE), w art. 169 zatytułowanym „Ochrona konsumentów”, podkreślono m.in., że [14]: „Dążąc do popierania interesów konsumentów i zapewnienia wysokiego poziomu ochrony konsumentów, Unia przyczynia się do ochrony zdrowia, bezpieczeństwa i interesów gospodarczych konsumentów, jak również wspierania ich prawa do informacji, edukacji i organizowania się w celu zachowania ich interesów”.

Analizując regulacje prawne dotyczące ochrony konsumentów na rynku żywności, należy ponadto uwzględnić prawo żywnościowe i sprecyzowane w nim wymagania wobec jakości żywności i związanej z tym kwestii bezpieczeństwa zdrowotnego żywności [5]. Istotnym przedmiotem regulacji prawnych w produkcji i obrocie żywnością jest określenie warunków zapewniających „bezpieczeństwo żywności”, co znalazło swoje odzwierciedlenie w działaniach Unii Europejskiej i w rozszerzaniu tego kierunku myślenia na wszystkie etapy (uczestników) łańcucha żywnościowego. W 2002 r.

przyjęto Rozporządzenie (WE) nr 178/2002 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 28 stycznia 2002 r., *ustanawiające ogólne zasady i wymagania prawa żywnościowego, powołujące Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności oraz ustanawiające procedury w zakresie bezpieczeństwa żywności* [8], które zainicjowało nowe podejście do kwestii prawa żywnościowego w Unii Europejskiej, w tym również do bezpieczeństwa żywności i materiałów przeznaczonych do kontaktu z nią.



Rys. 1. Geneza wymagań prawnych dotyczących materiałów i wyrobów do kontaktu z żywnością

Fig. 1. Genesis of legal requirements on materials and products in contact with foodstuff

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

Wymagania zawarte w aktach prawnych dotyczących materiałów i wyrobów do kontaktu z żywnością

Spośród obowiązujących aktów prawnych dotyczących materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością wyodrębnić można te, które dotyczą ogólnych wymagań dla wszystkich materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu

z żywnością, jak i te, które zawierają szczegółowe zalecenia dotyczące wybranych rodzajów materiałów [1]. Wśród aktów prawnych dotyczących kwestii ogólnych wskazać należy:

- Rozporządzenie (WE) nr 1935/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27 października 2004 r. *w sprawie materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością* [6],
- Rozporządzenie Komisji (WE) nr 2023/2006 z dnia 22 grudnia 2006 r. *w sprawie dobrej praktyki produkcyjnej w odniesieniu do materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością* [9],
- Ustawę z dnia 25 sierpnia 2006 r. *o bezpieczeństwie żywności i żywienia* (z późn. zm.) [7].

Celem rozporządzenia WE 1935/2004 [6] jest zapewnienie efektywnego funkcjonowania rynku wewnętrznego w związku z wprowadzeniem do obrotu na rynku Unii Europejskiej materiałów i wyrobów przeznaczonych do bezpośredniego lub pośredniego kontaktu z żywnością przy jednoczesnym stworzeniu podstaw do zapewnienia wysokiego poziomu ochrony zdrowia człowieka oraz interesów konsumentów. Rozporządzenie to ma zastosowanie do materiałów i wyrobów, włączając w to aktywne i inteligentne materiały i wyroby do kontaktu z żywnością, które w stanie gotowym do użytkowania przeznaczone są do kontaktu z żywnością lub pozostają w kontakcie z żywnością i są przeznaczone do tego celu bądź można w sposób uzasadniony oczekwać, że wejdą w kontakt z żywnością albo nastąpi migracja ich składników do żywności w przypadku ich zastosowania w normalnych lub możliwych do przewidzenia warunkach. Wymagania ogólne zawarte w rozporządzeniu WE 1935/2004 określają, że materiały i wyroby produkowane są zgodnie z dobrą praktyką produkcyjną tak, aby w normalnych lub możliwych do przewidzenia warunkach użytkowania nie dochodziło do migracji ich składników do żywności w ilościach, które mogłyby:

- stanowić zagrożenie dla zdrowia człowieka,
- powodować niemożliwe do przyjęcia zmiany w składzie żywności,
- powodować pogorszenie jej cech sensorycznych.

Z kolei wymagania dobrej praktyki produkcyjnej zostały określone w rozporządzeniu nr WE 2023/2006 [9]. W rozporządzeniu zdefiniowano funkcjonowanie systemu zapewnienia jakości, który powinien być skuteczny, dostosowany do organizacji oraz procesów, jakie się w niej odbywają, ale przede wszystkim ma zapewniać zgodność wytwarzanych materiałów opakowaniowych z przepisami prawa oraz wcześniej ustalonimi specyfikacjami, instrukcjami i procedurami. Poza systemem zapewnienia jakości producent musi wdrożyć skuteczny system kontroli oraz opracować stosowną dokumentację, która będzie potwierdzać wykonane czynności produkcyjne jak i kontrolne.

W ustawie o bezpieczeństwie żywności i żywienia [7] określono wymagania w odniesieniu do materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością – w zakresie nieuregulowanym w rozporządzeniach unijnych.

W aktach prawnych wyszczególniono 17 grup materiałów, takich jak m.in. aktywne i inteligentne materiały opakowaniowe i opakowania, klej, papier i tektura, tworzywa sztuczne, farby drukarskie, silikony, które są odjęte szczególnymi środkami prawnymi. Są to m.in.:

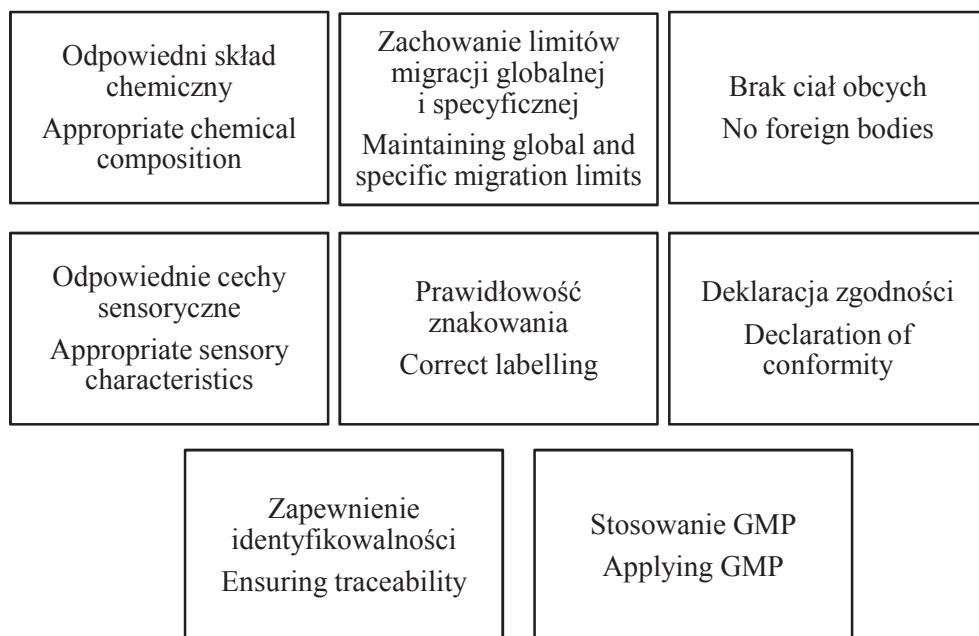
- Rozporządzenie (UE) nr 10/2011 z dnia 15 stycznia 2011 r. *w sprawie materiałów i wyrobów z tworzyw sztucznych przeznaczonych do kontaktu z żywnością*, wraz z późniejszymi zmianami i sprostowaniem [11],
- Rozporządzenie Komisji (WE) nr 282/2008 z dnia 28 marca 2008 r. *w sprawie materiałów i wyrobów z tworzyw sztucznych pochodzących z recyklingu* [10],
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 15 stycznia 2008 r. *w sprawie wykazu substancji, których stosowanie jest dozwolone w procesie wytwarzania lub przetwarzania materiałów i wyrobów z innych tworzyw niż tworzywa sztuczne przeznaczonych do kontaktu z żywnością* [12],
- Rozporządzenie Komisji (WE) nr 450/2009 z dnia 29 maja 2009 r. *w sprawie aktywnych i inteligentnych materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością* [13].

Wyżej wymienione akty prawnie szczegółowo regulują zakres wymagań oraz wytyczne w zakresie stosowania i wykorzystywania w obrocie materiałów i wyrobów do kontaktu z żywnością, m.in. wytworzonych z tworzyw sztucznych pochodzących z recyklingu oraz z materiałów aktywnych i inteligentnych. Stanowi to istotny element zapewnienia bezpieczeństwa żywności i wymaga zaangażowania wszystkich ogniw łańcucha żywnościowego, w tym producentów i dystrybutorów materiałów i wyrobów do kontaktu z żywnością.

Z uwagi na to, że wśród materiałów i wyrobów do kontaktu z żywnością znajdują się również materiały opakowaniowe i opakowania, istotne jest wskazanie aktów prawnych regulujących zakres ich stosowania z punktu widzenia bezpieczeństwa wszystkich podmiotów łańcucha dostaw, w tym konsumenta.

Na podstawie analiz wymagań aktów prawnych wyodrębniono obszary zapewnienia bezpieczeństwa opakowań do żywności (rys. 2).

Producenci materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością są zobligowani do stosowania w procesie produkcyjnym jedynie substancji znajdujących się w odpowiednich wykazach, tzw. listach pozytywnych [2]. Szczególnym rodzajem materiałów do kontaktu z żywnością są tworzywa sztuczne, w stosunku do których ustanowiono limity migracji globalnej składników do żywności lub na jej powierzchnię oraz szczegółowe limity migracji niektórych składników lub grup składników do żywności lub na jej powierzchnię, z odpowiednim uwzględnieniem innych, ewentualnych



Rys. 2. Obszary zapewnienia bezpieczeństwa opakowań do żywności

Fig. 2. Areas where safety of food contact materials must be provided

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

źródeł kontaktu z tymi składnikami. Warunki badań migracji oraz rodzaje badań sensorycznych określa się w zależności od pakowanej żywności oraz przewidywanego czasu i temperatury kontaktu produktu spożywczego z materiałem. W rozporządzeniu (UE) nr 10/2011 [11] przedstawiono szczegółowy wykaz surowców i substancji dopuszczonych do stosowania w procesie produkcji opakowań oraz określono maksymalne limity migracji tych substancji. Producent opakowań ma zatem obowiązek potwierdzić badaniami, że jego wyrób nie przekracza dozwolonych limitów i opakowany produkt będzie bezpieczny do stosowania w produkcji żywności. W rozporządzeniu w kolejnych załącznikach określono także:

- ograniczenia dla materiałów i wyrobów (załącznik II),
- płyny modelowe imitujące żywność (załącznik III),
- kontrolę zgodności, czyli metody badań (załącznik V).

W aktach prawnych zawarte są wymagania dotyczące czystości i braku ciał obcych w materiałach i wyrobach przeznaczonych do kontaktu z żywnością. Wyroby te muszą również charakteryzować się obojętnością w zakresie przekazywania smaku i zapachu. Ponadto oznakowanie, reklama i sposób prezentowania materiału lub wyrobu nie powinny wprowadzać konsumentów w błąd. Zgodnie z wyżej wymienionym

rozporządzeniem do materiałów i wyrobów [11], które w chwili wprowadzania do obrotu nie weszły jeszcze w kontakt z żywnością, dołącza się m.in. informację „do kontaktu z żywnością” lub symbol kieliszka i widelca. Informacja powyższa nie jest obowiązkowa w przypadku wyrobów, które ze względu na swoje właściwości są w sposób oczywisty przeznaczone do kontaktu z żywnością. Dodatkowo oznakowanie powinno zawierać nazwę lub nazwę handlową oraz adres lub informację o siedzibie producenta, przetwórcy lub sprzedawcy odpowiedzialnego za wprowadzenie ich do obrotu i mającego siedzibę w Unii Europejskiej, jak również odpowiednie oznakowanie lub oznaczenia identyfikacyjne (najczęściej nr partii produkcyjnej) zapewniające możliwość śledzenia drogi materiału lub wyrobu na wszystkich etapach postępowania w celu umożliwienia identyfikacji przedsiębiorstw, z których i do których te materiały lub wyroby dostarczono.

W łańcuchu dostaw wymagane jest również zapewnienie identyfikalności materiałów [15]. Pozwala ona na zapewnienie możliwości śledzenia drogi materiałów i wyrobów w celu ułatwienia procesu kontroli, wycofywania wadliwych produktów z rynku, udzielania informacji konsumentom oraz przypisania odpowiedzialności. Jednym z narzędzi zapewniania identyfikalności jest właściwie sporządzona i przekazywana deklaracja zgodności, w której obowiązkowe są informacje takie, jak: identyfikacja producenta, dane identyfikujące materiały, wyroby, produkty pochodzące z pośrednich etapów ich wytwarzania lub substancje przeznaczone do wytwarzania tych materiałów i wyrobów. Ponadto muszą być zawarte wymagania wraz z odwołaniem do aktów prawnych w zależności od rodzaju materiału, z którego wykonany jest wyrób do kontaktu z żywnością oraz w zależności od przeznaczenia produktu (rodzaju opakowanej żywności, czasu i temperatury kontaktu), a także inne informacje istotne ze względów bezpieczeństwa.

Wszystkie materiały i wyroby przeznaczone do kontaktu z żywnością, w tym materiały opakowaniowe i opakowania do żywności, muszą być ponadto wytwarzane zgodnie z Dobrą Praktyką Produkcyjną (GMP), określającą te „aspekty zapewnienia jakości, które gwarantują jednolitą produkcję materiałów i wyrobów oraz ich kontrolę w celu zapewnienia zgodności z przepisami mającymi do nich zastosowanie i normami jakości, które są właściwe dla zamierzonego zastosowania tych produktów, zapobiegając narażeniom zdrowia ludzi lub wywoływaniu niedopuszczalnych zmian w składzie żywności lub pogorszeniu jej cech sensorycznych” [9].

Fakultatywnie producenci i dystrybutorzy materiałów opakowaniowych i opakowań wdrażają zasady Dobrej Praktyki Higienicznej (GHP), system HACCP (Analiza Zagrożeń i Krytyczny Punkt Kontrolny) oraz Globalny Standard w odniesieniu do Opakowań i Materiałów Opakowaniowych BRC [4].

Podsumowanie

W artykule przedstawiono aktualny stan prawny odnoszący się do materiałów przeznaczonych do kontaktu z żywnością. Znajomość i przestrzeganie tych uregulowań jest istotne dla wszystkich operatorów w łańcuchu żywnościowym. Ogólnie można stwierdzić, że zapewnienie bezpieczeństwa zdrowotnego żywności jest w interesie producenta, a przede wszystkim konsumentów.

Publikacja sfinansowana ze środków przyznanych Wydziałowi Towaroznawstwa i Zarządzania Produktem Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie w ramach dotacji na utrzymanie potencjału badawczego.

Literatura

- [1] Cholewa-Wójcik A., Kawecka A.: Kierunki rozwoju opakowań uwzględniające potrzeby konsumentów. Opakowanie, 2017, 5, 58-61.
- [2] Ćwiek-Ludwicka K., Jurkiewicz M., Stelmach M., Półtorak H., Mazańska M.: Badania migracji i ocena jakości zdrowotnej opakowań żywności. Roczniki PZH, 2002, 53 (1), 36-44.
- [3] Kawecka A., Cholewa-Wójcik A.: Jakość opakowania jako determinanta bezpieczeństwa żywności w kontekście wymagań społecznych konsumentów. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2017, 3 (112), 138-148.
- [4] Kołożyn-Krajewska D., Sikora T., Towaroznawstwo żywności. WSiP, Warszawa 2007.
- [5] Leśkiewicz K.: Bezpieczeństwo żywnościowe i bezpieczeństwo żywności – aspekty prawne. Przegląd Prawa Rolnego, 2012, 1 (10), 179-198.
- [6] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1935/2004 z dnia 27 października 2004 r. w sprawie materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością oraz uchylające dyrektywy 80/590/EWG i 89/109/EWG. Dz. U. L 338, ss. 4-17, z 13.11.2004.
- [7] Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia. Dz. U. 2006 r. Nr 171, poz. 1225. Tekst jednolity z dnia 10 sierpnia 2018 r. Dz. U. 2018 r. poz. 1541.
- [8] Rozporządzenie (WE) Nr 178/2002 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 28 stycznia 2002 r. ustanawiające ogólne zasady i wymagania prawa żywnościowego, powołujące Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności oraz ustanawiające procedury w zakresie bezpieczeństwa żywności. Dz. U. L 31, ss. 1-24, z 1.02.2002.
- [9] Rozporządzenie Komisji (WE) nr 2023/2006 z dnia 22 grudnia 2006 r. w sprawie dobrej praktyki produkcyjnej w odniesieniu do materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością. Dz. U. L 384, ss. 75-78, z 29.12.2006.
- [10] Rozporządzenie Komisji (WE) nr 282/2008 z dnia 27 marca 2008 r. w sprawie materiałów i wyrobów z tworzyw sztucznych pochodzących z recyklingu przeznaczonych do kontaktu z żywnością oraz zmieniające rozporządzenie (WE) nr 2023/2006. Dz. U. L 86, ss. 9-18, z 28.03.2008.
- [11] Rozporządzenie Komisji (UE) nr 10/2011 z dnia 14 stycznia 2011 r. w sprawie materiałów i wyrobów z tworzyw sztucznych przeznaczonych do kontaktu z żywnością. Dz. U. L 12, ss. 1-89, z 15.01.2011.
- [12] Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 15 stycznia 2008 r. w sprawie wykazu substancji, których stosowanie jest dozwolone w procesie wytwarzania lub przetwarzania materiałów i wyrobów z in-

- nych tworzyw niż tworzywa sztuczne przeznaczonych do kontaktu z żywnością Dz. U. 2008 r. Nr 17, poz.113.
- [13] Rozporządzeniu Komisji (WE) nr 450/2009 z dnia 29 maja 2009 r. w sprawie aktywnych i inteligenckich materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością. Dz. U. L 135, ss. 3-11, z 30.05.2009.
- [14] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1169/2011 z dnia 25 października 2011 r. w sprawie przekazywania konsumentom informacji na temat żywności, zmiany rozporządzeń Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1924/2006 i (WE) nr 1925/2006 oraz uchylenia dyrektywy Komisji 87/250/EWG, dyrektywy Rady 90/496/EWG, dyrektywy Komisji 1999/10/WE, dyrektywy 2000/13/WE Parlamentu Europejskiego i Rady, dyrektywy Komisji 2002/67/WE i 2008/5/WE oraz rozporządzenia Komisji (WE) nr 608/2004. Dz. U. L 304, ss. 18-63, z 22.11.2011.
- [15] Rozporządzenie (WE) nr 178/2002 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 28 stycznia 2002 r. ustanawiające ogólne zasady i wymagania prawa żywnościowego, powołujące Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności oraz ustanawiające procedury w zakresie bezpieczeństwa żywności. Dz. U. L 31, ss. 1-24, z 01.02.2002.

LEGAL REQUIREMENTS ON FOOD CONTACT MATERIALS

S u m m a r y

The safety of food contact materials (FCMs) and products on the market is particularly important. Extensively discussed in the reference literature, this topic is reflected in the requirements of national and international law acts. Those issues stem from the basic consumer rights to protection of health and life; hence the need for ensuring the food safety as well as the safety of materials and products intended for contact with food. The following are the areas where it is essential to ensure the safety of FCMs and products in contact with food: appropriate chemical composition, maintaining global and specific limits of migration from materials into packaged food, microbiological cleanliness of the surface of materials, no foreign bodies, appropriate sensory characteristics, proper condition of unit package, correct labelling, documentary evidence to confirm the compliance of materials and products with applicable regulations, to ensure the traceability of materials throughout the supply chain, to ensure the traceability, implementation, and application of appropriate standards, which provide for the safety of materials and packaging.

The objective of the research study was to present legal requirements on the food contact materials (FCMs).

Key words: materials and products intended for contact with food, law acts, consumer health protection, packaging safety 

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 sierpnia 2018 r.

Polskie akty prawne

1. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 8 czerwca 2018 r. w sprawie szczegółowego sposobu kontroli jakości handlowej tusz wieprzowych oraz wołowych (Dz. U. 2018 r., poz. 1227).

Rozporządzenie dotyczy szczegółowego sposobu kontroli na miejscu w rzeźni jakości handlowej tusz wieprzowych oraz wołowych. Weszło w życie 11 lipca 2018 r.

2. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dn. 12 czerwca 2018 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie grzybów dopuszczonych do obrotu lub produkcji przetworów grzybowych, środków spożywczych zawierających grzyby oraz uprawnień klasyfikatora grzybów i grzyboznawcy (Dz. U. 2018 r., poz. 1281).

W Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dn. 17 maja 2011 r. w sprawie grzybów dopuszczonych do obrotu lub produkcji przetworów grzybowych, środków spożywczych zawierających grzyby oraz uprawnień klasyfikatora grzybów i grzyboznawcy (Dz. U. 2011 r., poz. 672) wprowadzono zmiany dotyczące m.in. grzybów suszonych pozyskiwanych z grzybów rosnących w warunkach naturalnych, których ocena pod względem spełniania wymagań określonych w art. 42 ust. 3 ustawy jest dokonywana przez grzyboznawcę. Do grzybów dopuszczonych do obrotu lub produkcji przetworów grzybowych oraz środków spożywczych zawierających grzyby stosuje się substancje dodatkowe na warunkach określonych w Rozporzą-

- dzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 z dn. 16 grudnia 2008 r. w sprawie dodatków do żywności (Dz. Urz. UE L 354 z 31.12.2008, str. 16, z późn. zm.).
3. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 29 czerwca 2018 r. zmieniające Rozporządzenie w sprawie wzorów formularzy służących do sporządzania kwartalnych i rocznych informacji o liczbie uzyskanych tusz wołowych i wieprzowych w poszczególnych klasach jakości (Dz. U. 2018 r., poz. 1332).
Rozporządzenie wprowadza nowy wzór formularza do sporządzania kwartalnych i rocznych informacji o liczbie uzyskanych tusz wołowych.
4. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dn. 9 maja 2018 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o organizacji rynków owoców i warzyw oraz rynku chmielu (Dz. U. 2018 r., poz. 1131).
W załączniku do niniejszego obwieszczenia ogłoszono jednolity tekst ustawy z dnia 19 grudnia 2003 r. o organizacji rynków owoców i warzyw oraz rynku chmielu (Dz. U. z 2016 r., poz. 58).
5. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dn. 9 maja 2018 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o wyrobie i rozlewie wyrobów winiarskich, obrocie tymi wyrobami i organizacji rynku wina (Dz. U. 2018 r., poz. 1159).
W załączniku do niniejszego obwieszczenia ogłoszono jednolity tekst ustawy z dn. 12 maja 2011 r. o wyrobie i rozlewie wyrobów winiarskich, obrocie tymi wyrobami i organizacji rynku wina (Dz. U. z 2016 r. poz. 859).
6. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dn. 5 lipca 2018 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o bezpieczeństwie żywności i żywienia (Dz. U. 2018 r., poz. 1541).
Załącznik do niniejszego obwieszczenia zawiera jednolity tekst ustawy z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia (Dz. U. 2017 r., poz. 149), z uwzględnieniem zmian wprowadzonych ustawą z dnia 14 grudnia 2016 r. – Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo oświatowe (Dz. U. 2017 r., poz. 60) oraz zmian wynikających z przepisów ogłoszonych przed dniem 4 lipca 2018 r. Podany w załączniku do niniejszego obwieszczenia tekst jednolity ustawy nie obejmuje art. 356 i art. 369 ustawy z dnia 14 grudnia 2016 r. – Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo oświatowe (Dz. U. 2017 r., poz. 60).
Ustawa z dn. 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia określa wymagania i procedury niezbędne dla zapewnienia bezpieczeństwa żywności i żywienia zgodnie z przepisami Rozporządzenia (WE) nr 178/2002 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 28 stycznia 2002 r. ustanawiającego ogólne zasady i wymagania prawa żywnościowego, powołującego Europejski Urząd do Spraw

Bezpieczeństwa Żywności oraz ustanawiającego procedury w sprawie bezpieczeństwa żywności (Dz. Urz. WE L 31 z 01.02.2002).

Niniejsza ustanawa określa:

- wymagania zdrowotne żywności – w zakresie nieuregulowanym w rozporządzeniach Unii Europejskiej,
- wymagania dotyczące przestrzegania zasad higieny: żywności, materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością,
- właściwość organów w zakresie przeprowadzania urzędowych kontroli żywności,
- wymagania dotyczące przeprowadzania urzędowych kontroli żywności.

Ustawa reguluje również:

- zasady sprzedaży, reklamy i promocji środków spożywcznych,
- wymagania w zakresie żywienia dzieci i młodzieży w ramach żywienia zbirowego.

7. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dn. 20 lipca 2018 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o Inspekcji Weterynaryjnej (Dz. U. 2018 r., poz. 1557).

Załącznik do niniejszego obwieszczenia zawiera jednolity tekst ustawy z dnia 29 stycznia 2004 r. o Inspekcji Weterynaryjnej. Niniejsza ustanawa określa:

- zadania, organizację, tryb działania oraz zasady finansowania Inspekcji Weterynaryjnej,
- zasady współpracy organów Inspekcji z organami centralnymi państw członkowskich Unii Europejskiej odpowiedzialnymi za stosowanie prawodawstwa weterynarnego lub przepisów dotyczących bezpieczeństwa żywności, o której mowa w art. 3 ust. 1 pkt 2 lit. b lub organami, którym takie kompetencje zostały przekazane (właściwą władzą) oraz Komisją Europejską w zakresie realizacji zadań Inspekcji,
- zasady wystawiania świadectw zdrowia, w tym określone w przepisach zawartych w aktach prawnych wymienionych w załącznikach nr 1 i 2 do Ustawy z dn. 10 grudnia 2003 r. o kontroli weterynaryjnej w handlu (Dz. U. 2015 r., poz. 519 oraz 2018 r., poz. 650).

8. Obwieszczenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 10 maja 2018 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w sprawie wymagań weterynaryjnych przy produkcji produktów mięsnych wędzonych w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów zanieczyszczeń wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi (WWA) (Dz. U. 2018 r., poz. 1102).

Załącznik do niniejszego obwieszczenia zawiera jednolity tekst Rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 15 grudnia 2014 r. w sprawie wymagań

weterynaryjnych przy produkcji produktów mięsnych wędzonych w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów zanieczyszczeń wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi (WWA).

Unijne akty prawne

1. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/848 z dn. 30 maja 2018 r. w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych i uchylające rozporządzenie Rady (WE) nr 834/2007 (Dz. Urz. UE L 2018 r., 150, s. 1).

Niniejsze rozporządzenie ustanawia zasady produkcji ekologicznej oraz przepisy dotyczące produkcji ekologicznej, związanej z tym certyfikacji oraz stosowania przy znakowaniu i w materiałach reklamowych oznaczeń odnoszących się do produkcji ekologicznej, a także przepisy dotyczące dodatkowych kontroli oprócz kontroli ustanowionych w rozporządzeniu (UE) 2017/625.

Rozporządzenie ma zastosowanie do produktów pochodzenia rolnego, w tym produktów akwakultury i pszczelarstwa, wymienionych w załączniku I do TFUE oraz do produktów będących pochodnymi takich produktów – w przypadku, gdy produkty te są lub mają być wytwarzane, przygotowywane, znakowane, dystrybuowane, wprowadzane do obrotu lub przywożone do Unii lub wywożone z Unii.

2. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2018/1023 z dn. 23 lipca 2018 r. w sprawie sprostowania rozporządzenia wykonawczego (UE) 2017/2470 ustanawiającego unijny wykaz nowej żywności (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz. Urz. UE L 2018 r., 187, s. 1).

Załącznik do rozporządzenia wykonawczego (UE) 2017/2470 zastępuje się załącznikiem do niniejszego rozporządzenia.

3. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2018/1201 z dn. 22 sierpnia 2018 r. rejestrujące w rejestrze gwarantowanych tradycyjnych specjalności nazwę „Kiełbasa krakowska sucha staropolska” (GTS) (Dz. Urz. UE L 2018 r., 217, s. 5).

Na wniosek Polski została zarejestrowana nazwa „Kiełbasa krakowska sucha staropolska” (GTS). Nazwa określa produkt należący do klasy 1.2 Produkty wytwarzane na bazie mięsa (podgotowanego, solonego, wędzonego itd.) zgodnie z załącznikiem XI do rozporządzenia wykonawczego Komisji (UE) nr 668/2014.

4. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2018/1202 z dn. 22 sierpnia 2018 r. rejestrujące w rejestrze chronionych nazw pochodzenia i chronionych oznaczeń geograficznych nazwę „Czosnek galicyjski” (ChOG) (Dz. Urz. UE L 2018 r., 217, s. 6).

Na wniosek Polski została zarejestrowana nazwa „Czosnek galicyjski” (ChOG). Nazwa określa produkt należący do klasy 1.6. Owoce, warzywa i zboża świeże lub przetworzone, zgodnie z załącznikiem XI do rozporządzenia wykonawczego Komisji (UE) nr 668/2014. 

NOWE KSIĄŻKI

Phenolic Compounds in Food: Characterization and Analysis

[Związki fenolowe w żywności: charakterystyka i analiza]

Leo M.L. Nollet, Janet Alejandra Gutierrez-Uribe

Wydawnictwo: CRC Press, 2018, ISBN 978-1-498-72296-4, liczba stron 430,
cena 148 GBP

Zamówienia: <http://www.crcpress.com>

Związki fenolowe są jedną z najszerszej rozpowszechnionych grup metabolitów wtórnego pochodzenia roślin, którym w ciągu ostatnich kilku lat poświęcono wiele uwagi, ponieważ spożywanie warzyw i napojów o dużej zawartości takich związków może zmniejszać ryzyko rozwoju wielu chorób. Ich pozytywny wpływ na organizm człowieka jest związany głównie z ich właściwościami przeciutleniającymi. Związki fenolowe biorą udział w kształtowaniu wielu funkcji roślin, takich jak: właściwości sensoryczne, struktura, odporność na szkodniki i drapieżniki, kielkowanie, procesy nasienne, rozwój i rozmnażanie. Opracowanie obejmuje wszystkie aspekty dotyczące związków fenolowych w żywności. W książce omówiono klasyfikację i występowanie związków fenolowych w przyrodzie i środkach spożywczych. Przedstawiono główne aspekty analizy związków fenolowych w żywności, takich jak ekstrakcja, oczyszczanie, separacja i wykrywanie. Szczegółowo opisano metody analizy szeregu klas związków fenolowych, od prostych cząsteczek do złożonych związków. Scharakteryzowano ich potencjał przeciutleniający i omówiono metody analityczne stosowane do oceny różnych środków spożywczych.

Testing and Analysis of GMO – containing Foods and Feed

[Identyfikacja i analiza żywności i pasz zawierających GMO]

Salah E. O. Mahgoub, Leo M.L. Nollet

Wydawnictwo: CRC Press, 2018, ISBN 978-1-138-03638-3, liczba stron 288,
cena 104 GBP

Zamówienia: <http://www.crcpress.com>

W odpowiedzi na obawy związane z rozwojem organizmów GMO i ich włączeniem do żywności i pasz przyjmowane są odpowiednie wytyczne i przepisy regulujące stoso-

wanie GMO i ich pochodnych. Regulacje te wymagają opracowania metod wykrywania i analizy obecności GMO lub ich pochodnych w łańcuchach produkcji rolnej, żywności i pasz. Projektowanie technik i przyrządów wykrywających, identyfikujących i kwantyfikujących składniki zmodyfikowane genetycznie w żywności i paszy ma pomóc organom kontrolnym przekazywać wiarygodne informacje konsumentom, którzy mogą być zaniepokojeni obecnością składników GMO. W jedenastu rozdziałach książki omówiono najnowsze osiągnięcia w zakresie technik przygotowania próbek, metod immunologicznych i technik PCR stosowanych w analizie GMO. Przedstawiono również wykorzystanie biosensorów oraz zastosowanie mikromacierzy kwasu nukleinowego do wykrywania GMO. Omówiono także zagadnienia związane z walidacją i standaryzacją metod oraz zastosowanie materiałów i metod referencyjnych w identyfikacji i analizach GMO.

Seafood Safety and Quality

[Bezpieczeństwo i jakość owoców morza]

Md. Latiful Bari, Koji Yamazaki

Wydawnictwo: CRC Press, 2018, ISBN 978-1-138-54300-3,
liczba stron 322, cena 116 GBP

Zamówienia: <http://www.crcpress.com>

Bezpieczeństwo i jakość owoców morza nadal stanowi poważny problem zdrowia publicznego, a jego znaczenie w ostatnich latach znacznie wzrosło. W opracowaniu opisano główne choroby przenoszone przez owoce morza i związane z tym problemy bezpieczeństwa. Ponadto scharakteryzowano inne czynniki mikrobiologiczne, naturalne toksyny rybne i inne zanieczyszczenia, w tym obecność metali ciężkich. Omówiono także problem alergenności owoców morza. Książka służy jako kompleksowe źródło informacji na temat chorób przenoszonych przez owoce morza oraz szerokiej gamy odpowiedzialnych czynników etiologicznych, w tym bakterii, wirusów, pasożytów, toksyn morskich i toksyn środowiskowych. W opracowaniu omówiono również wyzwania, przed jakimi stoją zarówno kraje rozwinięte, jak i rozwijające się, aby zapewnić bezpieczeństwo nowych produktów na bazie owoców morza i technologii ich przetwarzania, handlu produktami rybołówstwa oraz bezpieczeństwa żywności pochodzenia biotechnologicznego.

Handbook of Foodborne Diseases

[Choroby przenoszone przez żywność]

Dongyou Liu

Wydawnictwo: CRC Press, 2018, ISBN 978-1-138-03630-7, liczba stron 1192,
cena 184 GBP

Zamówienia: <http://www.crcpress.com>

Czynniki chorobotwórcze związane z konsumpcją żywności, napojów i wody pitnej uległy w ostatnim czasie znacznym modyfikacjom. Wpływ na to miało kilka różnych przyczyn, z których najważniejsze to powszechnie zapotrzebowanie na żywność wygodną, gotową do spożycia bezpośrednio lub po podgrzaniu, co umożliwia przetrwanie niektórych odpornych na temperaturę mikroorganizmów, drastyczne obniżenie kosztów transportu lotniczego, morskiego i drogowego, które przyczyniło się do przenoszenia patogennych mikroorganizmów do miejsc, w których wcześniej były nieobecne, wzrastająca oraz starzejąca się populacja świata, której osłabione funkcje immunologiczne stanowią dobry grunt dla inwazji i rozwoju patogenów. Biorąc pod uwagę różnorodność czynników sprawczych (od wirusów, bakterii, drożdży, grzybów nitkowatych, pierwotniaków, po ich toksyny) i zdolność drobnoustrojów chorobotwórczych do ewolucji dzięki reasortacji genowej oraz poziomemu transferowi genów, istotnym wyzwaniem stało się zrozumienie, w jaki sposób czynniki chorobotwórcze przenoszone przez żywność są w stanie uniknąć obrony immunologicznej gospodarza i wywołać choroby, a także opracowanie i zastosowanie innowacyjnego podejścia do poprawy diagnostyki, leczenia i zapobiegania chorobom przenoszonym przez żywność. W podręczniku podsumowano najnowsze odkrycia dotyczące ponad 100 chorób przenoszonych przez żywność i ich czynników sprawczych. Dzięki wkładowi międzynarodowych ekspertów w badania nad patogenami przenoszonymi przez żywność i ich toksynami, opracowanie zawiera najnowszy przegląd chorób przenoszonych przez żywność w odniesieniu do ich etiologii, biologii, epidemiologii, objawów klinicznych, patogenezy, diagnozy, leczenia i zapobiegania.

Food Safety in Poultry Meat Production

[Bezpieczeństwo żywności w produkcji mięsa drobiowego]

Kumar Venkitanarayanan, Siddhartha Thakur, Steven C. Ricke

Wydawnictwo: Springer, 2019, ISBN 978-3-030-05010-8, liczba stron 390,

cena 181,89 EUR

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

W ciągu ostatnich kilku dekad nastąpił znaczny wzrost produkcji mięsa drobiowego. Mięso to jest jednak potencjalnym źródłem patogenów przenoszonych przez żywność, takich jak *Salmonella*, *Campylobacter* spp. i *Escherichia coli*, prowadzących do strat gospodarczych w przemyśle drobiarskim i wpływających na zdrowie publiczne. Postęp w nauce z zakresu mikrobiologii, biologii molekularnej oraz immunologii zintensyfikował wysiłki zmierzające do poprawy bezpieczeństwa mikrobiologicznego drobiu poprzez ukierunkowanie mechanizmów wirulencji patogenów, opracowanie szczepio-

nek i poprawę zdrowia jelit u kurcząt. Ponadto w związku z pojawiением się oporności wielolekowej w patogenach przenoszonych przez drób i wzrostem produkcji ekologicznej drobiu znacznie wzrosło zainteresowanie opracowaniem naturalnych strategii zwalczania patogenów u kurcząt. W tym kompleksowym opracowaniu przekazano czytelnikom najbardziej aktualne informacje na temat problemów związanych z bezpieczeństwem żywności w produkcji mięsa drobiowego. W książce podjęto także takie tematy, jak: ekologiczna produkcja drobiu, patogeny odporne na środki przeciwdroboustrojowe u drobiu, stosowanie antybiotyków w produkcji drobiu oraz postępowanie przed i po uboju w celu poprawy bezpieczeństwa mięsa drobiowego.

Kształtowanie jakości żywności. Wybrane zagadnienia

Maria Małecka, Urszula Samotyja

Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, 2018,

ISBN 978-8-374-17977-5, liczba stron 245, cena 24 zł

Zamówienia: <http://poznan.ksiegarnienaukowe.pl>

W opracowaniu, które zostało przygotowane przez autorki specjalizujące się w towarzystwie, omówiono w sposób kompleksowy zagadnienia dotyczące jakości żywności. Szczególnie uwzględniono charakterystykę determinant jakości i trwałości żywności, kształtowania jej wartości odżywczej i właściwości prozdrowotnych, zagadnień autentyczności żywności i jej opakowalnictwa oraz prawnych uwarunkowań produkcyjnych.

Opracował: Lesław Juszczak

XIII KONFERENCJA NAUKOWA Z CYKLU: ŻYWNOŚĆ XXI WIEKU
„ŻYWNOŚĆ A SKŁADNIKI BIOAKTYWNE”
Kraków, 24 - 25 września 2018

W dniach 24 - 25 września b.r. po raz trzynasty odbyła się Konferencja Naukowa z cyklu „Żywłość XXI wieku” zorganizowana przez Oddział Małopolski Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności oraz Wydział Technologii Żywności Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie pod patronatem Komitetu Nauk o Żywności i Żywieniu PAN. Tematyka konferencji obejmowała zagadnienia, takie jak:

- składniki bioaktywne w żywności – korzyści i zagrożenia,
- składniki bioaktywne a jakość i bezpieczeństwo zdrowotne żywności,
- opracowanie nowych produktów spożywczych bogatych w składniki bioaktywne – trendy i kierunki w odpowiedzi na oczekiwania i potrzeby konsumentów,
- rola składników bioaktywnych w przeciwdziałaniu przewlekłym chorobom niezakaźnym poprzez odpowiednie dobranie diety i sposoby żywienia,
- składniki bioaktywne w środkach spożywczych specjalnego przeznaczenia żywieniowego,
- składniki bioaktywne w segmencie żywności funkcjonalnej, wzbogaconej i w produktach regionalnych,
- procesy i technologie w aspekcie zachowania składników bioaktywnych w produktach spożywczych,
- interakcje składników żywności,
- nowoczesne rozwiązania w analityce składników bioaktywnych w żywności.

Nad wartością merytoryczną konferencji czuwał Komitet Naukowy w składzie: przewodnicząca – dr hab. inż. Agnieszka Filipiak-Florkiewicz, prof. nadzw. oraz prof. dr hab. inż. Jacek Domagała, prof. dr hab. Teresa Fortuna, prof. dr hab. inż. Halina Gambuś, dr hab. inż. Piotr Gębczyński, prof. dr hab. inż. Lesław Juszczak, prof. dr hab. inż. Teresa Leszczyńska, prof. dr hab. inż. Władysław Migdał, prof. dr hab. inż. Krzysztof Surówka, dr hab. inż. Tomasz Tarko, dr hab. inż. Mariusz Witczak, prof. dr hab. inż. Krzysztof Żyła, doc. dr ing. Libor Červenka, dr ing., Ladislav Staruch.

W konferencji udział wzięło wielu przedstawicieli świata nauki, reprezentujących różne ośrodki naukowe i badawcze z całego kraju, tj. Uniwersytet Rolniczy w Krak-

wie, Politechnikę Łódzką, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Uniwersytet Rzeszowski, Szkołę Główną Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy w Częstochowie. Swoich przedstawicieli miały także instytucje badawczo-naukowe, w tym: Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego w Warszawie, Instytut Przemysłu Organicznego w Warszawie, Państwowy Instytut Weterynaryjny – PIB w Puławach oraz Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Krośnie, a z ośrodków zagranicznych: Slovenská Pol'nohospodárska Univerzita v Nitre (Słowacja), Molecular Biology and Biotechnology Food Research Institute National Agricultural and Food Centre Bratislava (Słowacja) oraz Fakulta Chemicko-Technologická, University of Pardubice (Republika Czeska). Przedstawicieli świata przemysłu reprezentowali pracownicy firm: ErgoSolu-tion, KUBARA Sp. z o.o., Makarony Polskie S.A., Tłocznia Owoców Pawłowski. W spotkaniu uczestniczyło 129 przedstawicieli nauki i przemysłu z kraju i z zagranicy.

Uroczystego otwarcia konferencji dokonali: dziekan Wydziału Technologii Żywności i jednocześnie przewodnicząca Komitetu Naukowego Konferencji dr hab. inż. Agnieszka Filipiak-Florkiewicz, prof. nadzw., oraz JM Rektor Uniwersytetu Rolniczego im. H. Kołłątaja w Krakowie prof. dr hab. inż. Włodzimierz Sady.

Pierwszej części sesji plenarnej przewodniczyli prof. dr hab. Danuta Kołożyn-Krajewska (SGGW) i prof. dr ing. Józef Golian (Nitra). W trakcie sesji referaty wygłosili: prof. dr hab. Piotr Minkiewicz z Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie pt. „Czy dużo wiemy o molekularnych podstawach aktywności biologicznej składników żywności?”, dr hab. Urszula Gawlik-Dziki, prof. nadzw. z Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie pt. „Interakcje związków fenolowych ze składnikami matrycy żywności jako czynnik warunkujący ich bioaktywność”, dr hab. Dorota Piasecka-Kwiatkowska z Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu pt. „Immunomodulujące właściwości składników żywności” oraz dr hab. Dorota Konopacka, prof. nadzw. z Instytutu Ogrodnictwa w Skierniewicach pt. „Wartości odżywcze i zdrowotne owoców i warzyw”.

Drugiej części wykładów plenarnych przewodniczyli dr hab. Janusz Kapuśniak, prof. nadzw. z Uniwersytetu Humanistyczno-Przyrodniczego im. Jana Długosza w Częstochowie oraz dr hab. inż. Paweł Satora, prof. nadzw. z Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Prof. dr hab. Danuta Kołożyn-Krajewska oraz dr inż Dorota Zielińska ze Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego wygłosili referat pt. „Czy bakterie fermentacji mlekoowej pochodzące z żywności są probiotyczne?”, RNDr. Tomáš Kuchta z National Agricultural and Food Centre Bratislava, referat pt. “Microorganisms of traditional Slovakian cheeses”, doc. dr ing. Libor Červenka z University of Pardubice

pt. "The effect of moderate drying temperature on antioxidant properties and microbial contamination" oraz dr hab. inż. Alina Kunicka-Styczyńska z Politechniki Łódzkiej pt. „Bioaktywne substancje pochodzenia naturalnego w konserwacji i stabilizacji żywności”.

W drugiej połowie dnia zaprezentowano krótkie komunikaty ustne. Obradom, które odbywały się równolegle w dwóch salach wykładowych, przewodniczyli: dr hab. inż. Agata Znamirowska, prof. nadzw. z Uniwersytetu Rzeszowskiego i prof. dr hab. inż. Władysław Migdał z Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie (sala I) oraz prof. dr hab. inż. Ewa Nebesny z Politechniki Łódzkiej i prof. dr hab. Anna Pęksa z Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu (sala II). Łącznie zaprezentowano 10 komunikatów ustnych.

Do sesji posterowej zgłoszono 85 komunikatów naukowych, które zaprezentowano w 5 sekcjach tematycznych:

- A – związki bioaktywne a produkty pochodzenia zwierzęcego,
- B – związki bioaktywne w produktach pochodzenia roślinnego,
- C – nowe technologie w żywieniu i podejściu do zdrowia konsumenta,
- D – nowe technologie i receptury w przemyśle spożywczym,
- E – mikroorganizmy i enzymy w żywności.

W drugim dniu konferencji sesji plenarnej przewodniczyli prof. dr hab. Józefa Chrzanowska z Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu oraz dr hab. Piotr Gębczyński z Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. W tej sesji dr inż. Paulina Nowicka z Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu wygłosiła referat pt. „Surowce roślinne jako źródło związków o wysokim potencjale prozdrowotnym”, dr hab. inż. Małgorzata Dżugan, prof. nadzw. z Uniwersytetu Rzeszowskiego pt. „Rola siarkoorganicznych związków czosnku (*Allium sativum*) w ograniczaniu biodostępności kadmu z diety” i dr inż. Emilia Bernaś z Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie pt. „Grzyby jadalne jako źródło składników bioaktywnych”.

Po krótkiej przerwie zaprezentowano kolejne referaty plenarne. Tej części sesji przewodniczyli prof. dr hab. Piotr Minkiewicz z Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie oraz prof. dr hab. inż. Krzysztof Surówka z Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Referaty wygłosili dr hab. Janusz Kapuśniak, prof. nadzw. z Uniwersytetu Humanistyczno-Przyrodniczego im. Jana Długosza w Częstochowie pt. „Substancje prebiotyczne ze skrobi w żywieniu człowieka” oraz dr hab. Ewa Domian, prof. nadzw. ze Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego pt. „Wybrane aspekty stabilności sproszkowanych środków spożywczych a zachowanie składników bioaktywnych”.

W następnej sesji, której przewodniczyły dr hab. Dorota Konopacka, prof. nadzw. z Instytutu Ogrodnictwa w Skiernewicach i dr hab. inż. Małgorzata Dżugan, prof. nadzw. z Uniwersytetu Rzeszowskiego wygłoszono pięć komunikatów ustnych. Naj-

ciekawsze doniesienia ustne i posterowe, wybrane po jednym z każdej sekcji, zostały wyróżnione przez komisję oceniającą dyplomem i nagrodą.

Po wygłoszeniu referatów dyskusję podsumowującą obrady konferencji poprowadzili prof. dr hab. Agnieszka Kita (UP Wrocław) oraz prof. dr hab. Tadeusz Sikora (UE Kraków). Na zakończenie głos zabrała przewodnicząca Komitetu Naukowego dr hab. inż. Agnieszka Filipiak-Florkiewicz, prof. nadzw., która serdecznie podziękowała wszystkim za uczestnictwo w konferencji i zaprosiła na następną edycję. W tej części wręczono również wyróżnienia i nagrody za najlepsze komunikaty ustne (3 nagrody) i posterowe (5 nagród).

Uczestnicy już w trakcie obrad otrzymali materiały konferencyjne w wersjach wydrukowanej i elektronicznej, które zawierały m.in. streszczenia wystąpień plenarnych oraz komunikatów posterowych, jak również dwie monografie, na które złożyły się nadsyłane przez uczestników konferencji recenzowane artykuły naukowe. Pierwsza publikacja obejmuje zagadnienia związane ze składnikami bioaktywnymi surowców i produktów roślinnych, a druga dotyczy składników bioaktywnych surowców i produktów pochodzenia zwierzęcego w technologii żywności i żywieniu człowieka.

Wszystkie materiały konferencyjne, w tym pełne teksty komunikatów oraz artykułów zawartych w obu monografiach w formie plików PDF znajdują się na stronie Oddziału Małopolskiego PTTŻ pod adresem:

<http://www.pttzm.org/zywx18.php>

*Opracował: dr hab. inż. Jacek Śląski
Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego*

POLSKIE TOWARZYSTWO TECHNOLOGÓW ŻYWNOŚCI
ODDZIAŁ OLSZTYŃSKI



zaprasza na

**XXIV Sesję Naukową
Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ**
oraz
**VII International Session of Young Scientific Staff
„Żywność – wczoraj, dziś i na zdrowe jutro”
Olsztyn, 23 - 24 maja 2019**

Tematy wiodące:

- Żywność regionalna i tradycyjna
- Innowacje w technologii żywności
- Higiena produkcji żywności
- Związki bioaktywne w żywności
- Jakość i autentyczność żywności
- Żywienie człowieka i zachowania konsumentów

Informacje i kontakt:

Dr inż. Lucyna Kłębukowska
Katedra Mikrobiologii Przemysłowej i Żywności
Wydział Nauki o Żywności
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
pl. Cieszyński 1/220, 10-726 Olsztyn
e-mail: smkn_2019@go2.pl
<http://www.uwm.edu.pl/kpichsr/smkn2019.html>



Department of Animal Products Technology,
Faculty of Food Technology,
University of Agriculture in Krakow

The Committee of Food And Nutrition Science,
Division II Biological and Agricultural Sciences,
Polish Academy of Sciences

Polish Society of Food Technologists – Małopolska Branch

Polish Academy of Arts and Sciences – Commission on
Agricultural, Forests, and Veterinary Sciences

invite to participate in
THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON
TRENDS IN ANIMAL PRODUCTS PROCESSING.
FROM FIELD TO FORK.

30-31 May 2019, Kraków

Information and contact:

Prof. dr hab. inż. Władysław Migdał
w.migdal@ur.krakow.pl; wmigdal@bochnia.pl; 12-662-47-85
+48 502 731 885
Dr inż. Marzena Zająć, mazajac@ar.krakow.pl; +48 501 021 681

TECHNOLOG ŻYWNOŚCI

INFORMATOR POLSKIEGO TOWARZYSTWA TECHNOLOGÓW ŻYWNOŚCI

Rok 28 Nr 3

wrzesień 2018

DZIAŁALNOŚĆ TOWARZYSTWA

Zarząd Główny

Dnia 24 września 2018 r. w budynku Wydziału Technologii Żywności Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie odbyło się Zebranie Zarządu Głównego PTTŻ X kadencji. Po otwarciu spotkania i przyjęciu jego porządku zatwierdzono sprawozdanie z zebrania ZG, które się odbyło 11.04.2018 r. W dalszej kolejności przedstawiono sprawozdanie z działalności Prezydium ZG. Następnie ogłoszono wyniki konkursu na najlepszą pracę opublikowaną w czasopiśmie *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* w 2017 r. Przekazano również informacje związane z realizacją programu PROM. Na koniec omówiono sprawy organizacyjne związane z przygotowaniem Walnego Zgromadzenia Delegatów.

WAŻNIEJSZE KRAJOWE I ZAGRANICZNE KONFERENCJE NAUKOWE

W 2018 ROKU

Październik

4 - 7 JAHORINA (Bośnia i Hercegowina) = IX Międzynarodowe Sympozjum Rolnicze "AGROSYM 2018"

Organizatorzy: Wydział Rolniczy Uniwersytetu w Sarajewie – Bośnia i Hercegowina, Wydział Rolniczy Uniwersytetu w Belgradzie – Serbia, Międzynarodowy Agromieczny Instytut w Bari (CIHEAM-IAMB) – Włochy

Informacje: www.agrosym.rs.ba

Kontakt: dr Sinisa Berjan, Uniwersytet w Sarajewie; tel. 387 57 490 401; 387 65 987 097; e-mail: agrosym2018@gmail.com

dr Noureddin Driouech, Międzynarodowy Instytut Agronomiczny w Bari (CIHEAM-IAMB); tel. 39 080 46 06 203; e-mail: infoftn@iamb.it

Listopad**23 - 25 LUBLIN = XXI Międzynarodowa Konferencja Naukowa nt. "Modele organizacyjne doskonalące zarządzanie jakością w warunkach różnorodności"**

Organizatorzy: Katedra Zarządzania Jakością i Wiedzą Wydziału Ekonomicznego Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Studenckie Koło Zarządzania Jakością i Wiedzą

Informacje: <http://konferencja.umcs.lublin.pl>

Kontakt: konferencja@umcs.lublin.pl ; tel. (81) 537-52-61; (81) 537-51-70

WAŻNIEJSZE KRAJOWE I ZAGRANICZNE KONFERENCJE NAUKOWE**W 2019 ROKU**Luty - Marzec

- 28 - 2 LONDON, UK = 22nd Euro-Global Summit on Food and Beverages “Next gen of food innovation”
Organizator: Conferenceseries LLC Ltd
Informacje: <https://europe.foodtechconferences.org>
Kontakt: eurofood@foodtechconferences.com; tel. 0805-080048 (France), 0-800-014-8923 (UK), 1-213-233-9462, 1-888-843-8169 (America)

Marzec

- 9 - 10 PRAGUE, Czech Republic = 2nd Global Conference “Food, heritage and community”
Organizator: Progressive Connexions
Informacje: <http://www.progressiveconnexions.net/interdisciplinary-projects/food-and-drink/food-and-drink-in-the-21st-century/conferences>
Kontakt: dr Elisa Ascione, e-mail: eascione@umbra.org
- 24 - 28 LEIDEN, The Netherlands = 1st GHI World Congress on Food Safety and Security
Organizator: Global Harmonization Initiative (GHI)
Informacje: <https://ghiworldcongress.org>
Kontakt: GHI2019@congressbydesign.com; tel. +31 88 089 8101
- 28 - 29 PIEŠŤANY, Slovakia = XVI Scientific Conference with International Participation “Food safety and control”
Organizatorzy: Department of Food Hygiene and Safety, Faculty of Biotechnology and Food Sciences of the Slovak University of Agriculture in Nitra; National Contact Point for Scientific and Technical Cooperation with EFSA – Ministry of Agriculture and Rural Development, Bratislava
Informacje: www.bezpecnostpotravin.sk

Kontakt: prof. ing. Jozef Golian; e-mail: Jozef.Golian@uniag.sk
tel. +42137/6414 325

Kwiecień

- 2 - 4 GRANADA, Spain = 6th International Conference on Food Digestion
Organizator: Infogest
Informacje: <http://www.infogestgranada2019.com>
Kontakt: info@infogestgranada2019.com; tel. 0034 902 430 960
- 8 - 10 BARCELONA, Spain = 6th International Conference on Food Security and Nutrition (ICFSN 2019)
Informacje: <http://www.icfsn.org>
Kontakt: Lydia Liu; e-mail: icfsn@cbees.net; tel. +852-3500-0137 (Hong Kong), +1-206-456-6022 (USA), +86-28-86528465 (China)
- 8 - 10 BARCELONA, Spain = 10th International Conference on Biotechnology and Food Science (ICBFS 2019)
Informacje: <http://www.icbfs.org>
Kontakt: Dana Huang; e-mail: icbfs@cbees.org; tel. +852-3500-0137 (Hong Kong), +1-206-456-6022 (USA), +86-28-86528465 (China)
- 15 - 17 PARIS, France = 3rd International Conference on Food and Nutritional Sciences "Empowerment of food & nutritional science in a challenging world"
Informacje: <http://www.foodscienceconference.org>
Kontakt: Andrea Doris; e-mail: contact@foodscienceconference.org; tel. +1 563 447-3392
- 22 - 24 ATHENS, Greece = 3rd EuroSciCon Conference on Food Technology "Advancing the biotechniques and scientific research into food technology"
Organizator: EuroSciCon Ltd
Informacje: <https://food-technology.euroscicon.com>
Kontakt: foodtechnology@eurosciconmeet.com; tel. +44-2033182512 (UK), 1-800-841-6480 (USA/Canada)

Maj

- 7 - 10 SLIEMA, Malta = 5th International Symposium on Bee Products
Organizatorzy: International Honey Commission (IHC), APIMONDIA
Informacje: <https://msdec.gov.mt/en/beeCongress/Pages/default.aspx>
- 14 - 15 AMSTERDAM, The Netherlands = 21st International Conference on Food Science and Health (ICFSH)

- Organizator: World Academy of Science, Engineering and Technology
Informacje: <https://waset.org/conference/2019/05/amsterdam/ICFSH>
- 23 - 24 OLSZTYN = XXIV Sesja Naukowa Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ nt. „Żywność – wczoraj, dziś i na zdrowe jutro”**
Organizatorzy: Oddział Olsztyński PTTŻ, Wydział Nauki o Żywności Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie, Sekcja Młodej Kadry Naukowej PTTŻ, Sekcja Chemii Żywności Polskiego Towarzystwa Chemicznego, Oddział Olsztyński Polskiego Towarzystwa Magnezologicznego
Informacje: <http://www.uwm.edu.pl/kpichsr/smkn2019.html>
Kontakt: dr inż. Lucyna Kłębukowska; e-mail: smkn_2019@go2.pl
- 23 - 24 PARIS, France = 2nd International Conference on Food Processing, Safety & Packaging “Let food be our medicine for healthy living”**
Organizator: Conferenceseries LLC Ltd
Informacje: <https://foodcongress.conferenceseries.com>
Kontakt: foodsafety@europemeet.com; tel. +44 203-936-3178
- 30 - 31 KRAKÓW = International Conference on „Trends in animal products processing. From field to fork”**
Organizatorzy: Department of Animal Products Technology, Faculty of Food Technology, University of Agriculture in Kraków; The Committee of Food and Nutrition Science, Division II Biological and Agricultural Sciences, Polish Academy of Sciences; Polish Society of Food Technologists – Małopolska Branch; Polish Academy of Arts and Sciences – Commission on Agricultural, Forests and Veterinary Sciences
Kontakt: prof. dr hab. inż. Władysław Migdał; e-mail: w.migdal@ur.krakow.pl; wmigdal@bochnia.pl; tel. (12) 662-47-85; +48 502-731-885

Czerwiec

- 13 - 14 BARCELONA, Spain = 4th International Conference on Food and Beverage Packaging “Optimizing food packaging with the help of recent technologies”**
Organizator: Conferenceseries LLC Ltd
Informacje: <https://foodpackaging.foodtechconferences.org>
Kontakt: foodpackaging@foodtechconferences.com; tel. 0805-080048 (France), 0-800-014-8923 (UK), 1-213-233-9462, 1-888-843-8169 (America)
- 27 - 28 POZNAŃ = XXVII Ogólnopolski Sympozjum Bromatologiczne „Żywność i żywienie w profilaktyce i leczeniu chorób dietozależnych”**
Organizatorzy: Katedra i Zakład Bromatologii Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, Ogólnopolska Sekcja Bromatologiczna Polskiego Towarzystwa Farmaceutycznego, Zespół Higieny Żywności i żywienia Człowieka

Komitetu Nauki o Żywności Człowieka PAN, Zespół Analityki Żywności Komitetu Chemii Analitycznej PAN
Informacje: <http://www.bromatologia2019.bok-ump.pl>
Kontakt: Biuro Organizacji Konferencji e-mail: konferencje@ump.edu.pl
tel. (61) 854-73-84

Lipiec

- 7 - 10 PORTO, Portugal = 8th International Symposium on “Delivery of functionality in complex food systems”
Organizator: Centre of Biological Engineering, University of Minho
Informacje: <https://www.dof2019.org>
Kontakt: scientificmail@skyros-congressos.com
- 15 - 17 ROME, Italy = World Congress on Food Science and Technology “Exploring the recent advances in food science and technology”
Organizator: Inovine Conferences
Informacje: <https://foodtechnology.inovineconferences.com>
Kontakt: contact@inovineconferences.org; tel. +1-408-648-2233
- 26 - 27 VANCOUVER, Canada = Food Processing, Safety and Technology “Rejuvenating innovations and advanced technologies in food processing industries”
Organizator: Conferenceseries LLC Ltd
Informacje: <https://foodprocessing.global-summit.com>
Kontakt: foodprocessingconference@gmail.com; tel. 0805-080048 (France), 0-800-014-8923 (UK), 1-213-233-9462, 1-888-843-8169 (America)

Październik

- 5 - 9 COLOGNE, Germany = Innovation Food Conference
Organizator: Koelnmesse GmbH Business International
Informacje: <https://10times.com/innovation-food-conference>

CZŁONKOWIE WSPIERAJĄCY POLSKIEGO TOWARZYSTWA
TECHNOLOGÓW ŻYWNOSCI

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-Biala.**

KOMUNIKATY

Informacje dla Autorów oraz wymagania redakcyjne publikujemy na stronie internetowej **<http://www.wydawnictwo.pttz.org>**

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

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

PREZES / ODDZIAŁ	ADRES
Prof. dr hab. inż. Agnieszka Kita Prezes PTTŻ	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 Gdańskiego	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.leszcynska@p.lodz.pl
Prof. dr hab. Lesław Juszczak 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 POZNAN 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: janjasieniencyk@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 Tłuszczy	UP, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 POZNAN Tel.: 61 848 72 76; e-mail: magdar@up.poznan.pl
Prof. dr hab. Antoni Golachowski 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. nadzw. 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 POZNAN e-mail: m.przeor@up.poznan.pl