



ŻYWNOSĆ

Nauka Technologia Jakość

FOOD

Science Technology Quality

Nr 1 (114)

Kraków 2018

Rok 25

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

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

Redaktor językowy (język polski): dr Anna Piechnik

Native speaker: Stanley Holt (Bolton, UK)

Redaktor statystyczny: dr hab. Mariusz Witczak

Stali współpracownicy: dr Grażyna Morkis (Kraków)

Rada Naukowa: prof. dr hab. Tadeusz Sikora (przewodniczący), prof. dr hab. Barbara Baraniak, prof. dr hab. Nina Baryłko-Pikielna, prof. dr hab. Włodzimierz Bednarski, prof. dr hab. Janusz Czapski, prof. dr Henryk Daun (USA), prof. dr hab. Teresa Fortuna, prof. dr hab. Mariola Friedrich, prof. dr hab. Jan Gawęcki, prof. dr hab. Waldemar Gustaw, prof. dr Jerzy Jankun (USA), prof. dr hab. Agnieszka Kita, prof. dr Józef Korolczuk (Francja), prof. dr hab. Andrzej Lenart, prof. dr hab. Zdzisława Libudziś, prof. dr hab. Jan Oszmiański, prof. dr hab. Mariusz Piskula, prof. dr Jan Pokorný (Czechy), prof. dr Roman Przybylski (Kanada), prof. dr hab. Piotr Przybyłowski, prof. dr Antoni Rutkowski, prof. dr hab. Zdzisław E. Sikorski, dr Andrzej Sośnicki (USA), dr Alina Surmacka-Szcześniak (USA), prof. dr hab. Krzysztof Surówka, prof. dr hab. Tadeusz Trziszka, prof. dr hab. Stanisław Tyszkiewicz, prof. dr hab. Erwin Wąsowicz, prof. dr hab. Dorota Witrowa-Rajchert, dr John Wojciak (Kanada).

WYDAWCA: POLSKIE TOWARZYSTWO TECHNOLOGÓW 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 1 (114)

Kraków 2018

Rok 25

SPIS TREŚCI

Od Redakcji.....	3
BARTŁOMIEJ ZIENIUK, AGATA FABISZEWSKA: Ryby oraz odpady rybne jako źródło składników bioaktywnych oraz surowiec dla przemysłu energetycznego.....	5
MARTA DUDA, BARBARA SOKOŁOWSKA: Metody dezynfekcji marchwi i innych warzyw korzeniowych	17
HALINA GAMBUŚ, GABRIELA ZIĘĆ, DOROTA LITWINEK, MONIKA DRUŻKOWSKA, FLORIAN GAMBUŚ, BARBARA MICKOWSKA: Porównanie wartości wypiekowej mąki z pszenicy orkiszowej z mąką z pszenicy zwyczajnej.....	30
DOROTA LITWINEK, HALINA GAMBUŚ, KRZYSZTOF BUKSA, MAŁGORZATA MAKAREWICZ, GABRIELA ZIĘĆ, FLORIAN GAMBUŚ, MAGDALENA KOWALCZYK, JAKUB BORECZEK: Jakość i proces starzenia się chlebów z razowych mąk pszennych: z pszenicy zwyczajnej i orkisz oraz z żyta	50
ANNA BANAŚ, ANNA KORUS: Wpływ surowców roślinnych na właściwości przeciwutleniające niskosłodzonych dżemów wiśniowych.....	73
MONIKA TRZĄSKOWSKA, ANITA TRZCIŃSKA, ŻANETA KAPICA: Jakość sensoryczna i przeżywalność potencjalnie probiotycznych szczepów <i>Lactobacillus</i> w fermentowanym napoju miodowym.....	87
MARIOLA KOZŁOWSKA, MAŁGORZATA ZIARNO, MAGDALENA RUDZIŃSKA, KATARZYNA TARNOWSKA, EWA MAJEWSKA, DOROTA KOWALSKA: Skład chemiczny olejku eterycznego z kolendry i jego wpływ na wzrost wybranych szczepów bakterii kwasu mlekowego	97
BARBARA WÓJCIK-STOPCZYŃSKA, BARBARA JAKUBOWSKA: Ocena <i>in vitro</i> aktywności przeciwgrzybowej niektórych suszonych przypraw ziołowych.....	112
AGATA ZNAMIROWSKA, PRZEMYSŁAW ROŻEK, MAGDALENA BUNIEWSKA, DOROTA KALICKA, PIOTR KUŹNIAR: Zastosowanie czosnku niedźwiedziego (<i>Allium ursinum</i> L.) do produkcji mleka fermentowanego przez <i>Bifidobacterium animalis</i> ssp. <i>lactis</i> BB-12	126
MICHAŁ HALAGARDA, JOANNA PTASIŃSKA-MARCINKIEWICZ, KAMIL FIJOREK: Porównanie zawartości związków mineralnych w mleku konwencjonalnym i ekologicznym z południowej Polski	137
ANNA AUGUSTYŃSKA-PREJSNAR, ZOFIA SOKOŁOWICZ: Wpływ rasy i obróbki termicznej na jakość mięśni piersiowych kur z chowu ekologicznego po pierwszym roku użytkowania nieśnego	151
EWA BIAŁECKA-FLORJAŃCZYK, NATALIA SOBOROWSKA, ANNA KUNDYS: Barwniki spożywcze w produktach dla dzieci na podstawie deklaracji producentów	163
GRAŻYNA MORKIS: Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym	177
LESŁAW JUSZCZAK: Nowe książki	180
Technolog Żywności	184

Zamieszczone artykuły są recenzowane

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

FOOD. Science. Technology. Quality

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

No 1 (114)

Kraków 2018

Vol. 25

CONTENTS

From the Editor.....	3
BARTŁOMIEJ ZIENIUK, AGATA FABISZEWSKA: Fish and fish wastes as source of bioactive compounds and raw material for energy industry.....	5
MARTA DUDA, BARBARA SOKOŁOWSKA: Methods for disinfection of carrot and other root vegetables.....	17
HALINA GAMBUŚ, GABRIELA ZIĘĆ, DOROTA LITWINEK, MONIKA DRUŻKOWSKA, FLORIAN GAMBUŚ, BARBARA MICKOWSKA: Comparison of baking value of spelt wheat flour with common wheat flour	30
DOROTA LITWINEK, HALINA GAMBUŚ, KRZYSZTOF BUKSA, MAŁGORZATA MAKAREWICZ, GABRIELA ZIĘĆ, FLORIAN GAMBUŚ, MAGDALENA KOWALCZYK, JAKUB BORECZEK: quality and aging of bread from wholemeal common wheat and spelt flours, and from wholemeal rye flour	50
ANNA BANAŚ, ANNA KORUS: Influence of plant-derived raw materials on the antioxidant properties of low-sugar cherry jams	73
MONIKA TRZĄSKOWSKA, ANITA TRZCIŃSKA, ŻANETA KAPICA: Sensory quality and viability of potentially probiotic strains of <i>Lactobacillus</i> in fermented honey beverage	87
MARIOLA KOZŁOWSKA, MAŁGORZATA ZIARNO, MAGDALENA RUDZIŃSKA, KATARZYNA TARNOWSKA, EWA MAJEWSKA, DOROTA KOWALSKA: Chemical composition of coriander essential oil and its effect on growth of selected lactic acid bacteria	97
BARBARA WÓJCIK-STOPCZYŃSKA, BARBARA JAKUBOWSKA: <i>In vitro</i> assessment of antifungal activity of some dried herbs	112
AGATA ZNAMIROWSKA, PRZEMYSŁAW ROŻEK, MAGDALENA BUNIEWSKA, DOROTA KALICKA, PIOTR KUŹNIAR: Using wild garlic (<i>Allium ursinum</i> L.) in production of milk fermented with <i>Bifidobacterium animalis</i> ssp. <i>lactis</i> BB-12.....	126
MICHAŁ HALAGARDA, JOANNA PTASIŃSKA-MARCINKIEWICZ, KAMIL FIJOREK: A comparison of mineral elements content in conventional and organic milk from Southern Poland	137
ANNA AUGUSTYŃSKA-PREJSNAR, ZOFIA SOKOŁOWICZ: Effect of breed and thermal treatment on breast muscles quality of organically reared hens after their first year as layers	151
EWA BIAŁECKA-FLORJAŃCZYK, NATALIA SOBOROWSKA, ANNA KUNDYS: Food colourants in products for children based on manufacturers' declarations	163
GRAŻYNA MORKIS: Food problems in Polish and EU legislation.....	177
LESŁAW JUSZCZAK: Book reviews	180
The Food Technologist	184

Only reviewed papers are published

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

OD REDAKCJI

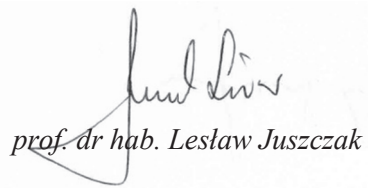
Szanowni Czytelnicy,

przekazujemy Państwu nr 1 (114) czasopisma Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, w którym publikujemy artykuły naukowe o zróżnicowanej tematyce, zawierające wyniki badań z krajowych ośrodków zajmujących się szeroko pojętą nauką o żywności. Zapraszamy również do lektury tzw. stałych działów, 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 zamieszczone zostały pełne zeszyty czasopisma Żywność. Nauka. Technologia. Jakość oraz poszczególne artykuły opublikowane od 1994 roku. Ponadto na stronie internetowej utworzona została baza danych do wyszukiwania oraz zmodernizowana została wyszukiwarka, która umożliwi odszukanie interesujących Państwa artykułów według różnych kryteriów. Realizacja wymienionych zadań była możliwa dzięki wsparciu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego środkami przeznaczonymi na działalność upowszechniającą naukę. Zapraszamy do odwiedzania naszej strony internetowej: <http://wydawnictwo.pttz.org>

Kraków, marzec 2018 r.

Redaktor Naczelny



prof. dr hab. Lesław Juszcak

**POLSKIE TOWARZYSTWO TECHNOLOGÓW ŻYWNOŚCI
ODDZIAŁ MAŁOPOLSKI**



**WYDZIAŁ TECHNOLOGII ŻYWNOŚCI
UNIwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja
w Krakowie**

zapraszają na

XIII Konferencję Naukową

z cyklu

„Żywność XXI wieku”

pod patronatem
Komitetu Nauk o Żywności i Żywieniu PAN

ŻYWNOŚĆ A SKŁADNIKI BIOAKTYWNE

Kraków, 24 - 25 września 2018

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

BARTŁOMIEJ ZIENIUK, AGATA FABISZEWSKA

RYBY ORAZ ODPADY RYBNE JAKO ŹRÓDŁO SKŁADNIKÓW BIOAKTYWNYCH ORAZ SUROWIEC DLA PRZEMYSŁU ENERGETYCZNEGO

Streszczenie

Celem niniejszej pracy była charakterystyka mięsa ryb oraz odpadów przemysłu rybnego jako źródła cennych składników odżywczych oraz surowca dla przemysłu energetycznego. Mięso ryb i przetwory rybne są ważnym elementem zróżnicowanej diety. Ryby i odpady rybne mogą być źródłem wielonienasyconych kwasów tłuszczowych omega-3 – kwasu dokozaheksaenowego (DHA) i eikozapentaenowego (EPA), czyli związków wywierających pozytywny wpływ na organizm człowieka. W technologii żywności stosuje się dodatki funkcjonalne pochodzące z ryb, w tym żelatynę rybną różniącą się właściwościami fizykochemicznymi od żelatyny wieprzowej, a także witaminy rozpuszczalne w tłuszczach oraz barwniki karotenoidowe o działaniu przeciwutleniającym. Z ryb mogą być także izolowane peptydy wykazujące przeciwdrobnoustrojowe oddziaływanie na różne gatunki bakterii Gram-dodatnich i Gram-ujemnych. W pracy wskazano również na możliwość wykorzystania poprodukcyjnych odpadów rybnych do pozyskiwania składników cennych pod względem żywieniowym. Oprócz wykorzystania odpadów rybnych do produkcji pasz i mączek rybnych, olejów oraz kiszzonek, jak również hydrolizatów białkowych jako przypraw w kuchni azjatyckiej, możliwe jest ich wykorzystanie w przemyśle energetycznym, m.in. do produkcji paliwa ciekłego typu biodiesel lub do produkcji biogazu. W pracy omówiono także aspekt bezpieczeństwa spożywania mięsa ryb, które mogą zawierać szkodliwe lipofilowe związki organiczne oraz metale ciężkie kumulowane przez te zwierzęta w środowisku bytowania, czyli w zanieczyszczonych słodkich i słonych wodach.

Słowa kluczowe: ryby, odpady rybne, wielonienasycone kwasy tłuszczowe (PUFA – *polyunsaturated fatty acids*), składniki bioaktywne, biodiesel, biogaz

Wprowadzenie

Mięso ryb jest bardzo wartościowym produktem spożywczym, będącym źródłem tłuszczu, w tym długołańcuchowych wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, jak

*Mgr inż. B. Zieniuk, dr inż. A. Fabiszewska, Katedra Chemii, Wydz. Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa.
Kontakt: agata_fabiszewska@sggw.pl*

również łatwo przyswajalnych białek o korzystnym składzie aminokwasowym, składników mineralnych oraz witamin A, D i E [2, 18, 38]. Zawartość wymienionych związków chemicznych jest zróżnicowana i zależy od takich czynników, jak: gatunek ryby, jej wiek, rodzaj spożywanego pokarmu czy miejsce żerowania. Ponadto pozytywny wpływ na zdrowie człowieka, wynikający ze spożywania ryb i przetworów rybnych, jest uzależniony od porcji tych produktów w codziennej diecie oraz od jakości i stopnia przetworzenia surowców.

Celem niniejszej pracy była charakterystyka mięsa ryb oraz odpadów przemysłu rybnego jako źródła cennych składników funkcjonalnych oraz surowca m.in. dla przemysłu energetycznego.

Charakterystyka przemysłu rybnego w Polsce

Gospodarka morska obejmuje m.in. rybołówstwo i przetwórstwo rybne. Ten sektor gospodarki stanowi jedną z najmniejszych dziedzin przemysłu. Wskazuje na to mała liczba podmiotów gospodarczych, których w roku 2015 było 14,1 tys., co stanowiło jedynie 0,3 % wszystkich podmiotów, a liczba zatrudnionych wynosiła w 2015 r. 93,7 tys. (0,7 % ogółu) [7].

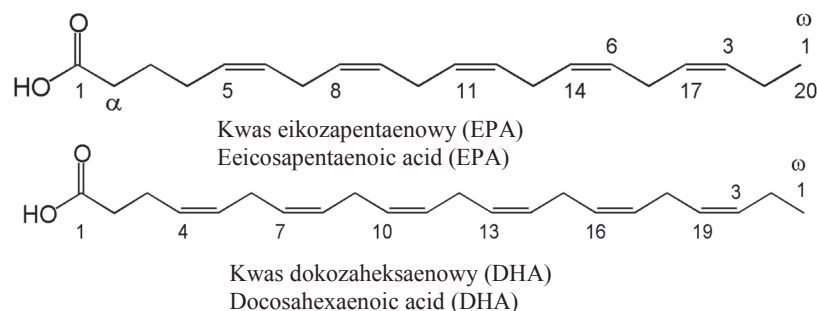
Największe połowy ryb oraz skorupiaków i mięczaków w Polsce odnotowywano w latach 70. i 80. XX wieku. Od roku 1980 połowy ryb morskich zmniejszają się systematycznie. W roku 1985 wynosiły one 652 tys. ton, w 1990 – 430 tys. ton, a w 2000 – 200 tys. ton. Po 2010 r. wielkość połowów organizmów wodnych plasuje się na zbliżonym poziomie i w 2015 roku wynosiła 187 tys. ton [6, 7]. Czynniki wpływające bezpośrednio na gospodarkę rybną jest dostępność surowca, potencjał floty i przemysłu rybnego oraz administracja i organizacja rynku rybnego [19].

Do ryb najczęściej poławianych przez polskich rybaków w 2015 roku należały: szproty, śledzie, ostroboki i dorsze. Stanowiły one ponad 85 % masy połowów. Ryby najczęściej poddaje się przetwarzaniu. Największy udział w rynku przetworów rybnych stanowią konserwy, marynaty i prezerwy rybne, których produkuje się ponad 150 tys. ton rocznie [7]. Na terenie Polski funkcjonuje obecnie 68 podmiotów gospodarczych zajmujących się przetwórstwem i konserwowaniem ryb oraz bezkręgowców morskich. Wartość produkcji sprzedanej tych wyrobów w 2015 roku wynosiła 8,9 mld złotych, co stanowiło 0,9 % wartości wszystkich wyrobów przemysłowych i 5,4 % wartości artykułów spożywczych [8].

Wielonienasycone kwasy tłuszczowe w tłuszczu rybnym

Tłuszcz w rybach gromadzi się głównie w mięśniach, pod skórą oraz w wątrobie i gonadach [33]. Tłuszcz rybny stanowi źródło wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (ang. *polyunsaturated fatty acids*, PUFA), niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania organizmu. Najczęściej spotykanymi PUFA w rybach są kwasy z szeregu

omega-3 – kwas eikozapentaenowy (EPA) i kwas dokozaheksaenowy (DHA) – rys. 1. Na przykład w oleju śledziowym stężenie kwasu EPA wynosi 14 %, a zawartość DHA dochodzi do 11 % w odniesieniu do sumy wszystkich kwasów tłuszczowych w tym oleju [15].



Rys. 1. Wielonienasycone kwasy tłuszczowe występujące w oleju rybnym

Fig. 1. Polyunsaturated fatty acids occurring in fish oil

Produkty spożywcze zawierające kwasy omega-3 mogą być zaliczane do tzw. żywności funkcjonalnej, czyli żywności wywierającej pozytywny i potwierdzony klinicznie wpływ na zdrowie człowieka, jego stan umysłu i sprawność fizyczną [20]. Cząsteczki kwasów tłuszczowych z grupy omega-3 wchodzi w skład błon komórkowych oraz odgrywają rolę w procesach przeciwzapalnych. Niższa częstość zapadania na choroby serca jest obserwowana np. w Japonii, czyli kraju o wysokim spożyciu ryb [30]. W zaleceniach amerykańskie oraz europejskie towarzystwa kardiologiczne rekomendują spożycie 1 g kwasów EPA i DHA dziennie w profilaktyce oraz wspomaganiu leczenia po zawale mięśnia sercowego [32]. Ponadto znaczne ilości DHA znajdują się w mózgu i siatkówce oka człowieka [35] oraz odgrywa on kluczową rolę w rozwoju mózgu w okresie pre- i postnatalnym [25].

Spożywanie wielonienasyconych kwasów tłuszczowych zawartych w rybach, bezkręgowcach morskich i przetworach z organizmów morskich przysparza niewątpliwie wielu korzyści zdrowotnych. Konsumpcja mięsa ryb oraz tłuszczów rybnych może jednak stwarzać ryzyko spożycia toksycznych ksenobiotyków, np. metali ciężkich, polichlorowanych bifenyli (PCB), pozostałości pestycydów chloroorganicznych czy polichloropochodnych dioksyn (PCDD) i furanów (PCDF). W badaniach, które prowadzili Bordajandi i wsp. [3], oceniono zawartość wybranych ksenobiotyków w mięśniach pstrąga, węgorza i brzana. Mięśnie węgorza zawierały najwięcej metali ciężkich, jak i pozostałych badanych związków organicznych (PCB i DDT – insektycydów z grupy polichlorowanych węglowodorów), lecz stężenia metali nie przekroczyły dozwolonych poziomów zanieczyszczeń [3]. Marcotrigiana i Storelli [21] wykazali,

że zawartość lipofilowych ksenobiotyków w tuszach ryb jest tym większa, im większa jest w nich zawartość tkanki tłuszczowej. Podobne badania prowadzili Szlinder-Richert i wsp. [37], którzy oznaczyli zawartość składników odżywczych oraz zanieczyszczeń chemicznych, m.in. metali ciężkich, pozostałości leków weterynaryjnych, barwników oraz PCB, PCDD i PCDF w tkankach mięśniowych 9 popularnych na polskim rynku gatunków ryb pochodzących z Morza Bałtyckiego, hodowli na terenie Polski oraz ryb sprowadzanych z Chin i Wietnamu. Analizowane gatunki ryb były bogatym źródłem aminokwasów i różniły się stopniem zanieczyszczeń. W tkankach mięśniowych łososia i śledzia bałtyckiego stwierdzono przekroczenie zawartości PCDD, PCDF i dl-PCB (ang. *dioxin-like polychlorinated biphenyls*) ponad dopuszczalne limity. W przypadku pozostałych ksenobiotyków wykryte stężenia związków nie stanowiły zagrożenia dla zdrowia konsumentów [37].

W trosce o bezpieczeństwo konsumentów Światowy Fundusz na Rzecz Przyrody (ang. *World Wide Fund for Nature*, WWF) co roku publikuje poradnik o rybach i owocach morza zatytułowany: "Jaka ryba na obiad?" [11]. Poradnik stworzono, aby wesprzeć przeciętnych konsumentów w podejmowaniu odpowiednich decyzji żywieniowych.

Żelatyna rybna

Żelatyna jest białkiem zwierzęcym otrzymywanym ze skór i/lub kości pochodzenia wieprzowego, wołowego i rybnego [15]. Ten hydrokoloid produkuje się z wykorzystaniem metod chemiczno-termicznych w wyniku częściowej hydrolizy kolagenu – białka o rozbudowanej strukturze, którego zawartość w skórze zwierząt wynosi ok. 20 % [40]. Żelatynę szeroko wykorzystuje się do produkcji żywności, farmaceutyków, kosmetyków czy w fotografii [13]. Jej skład aminokwasowy jest zbliżony do składu kolagenu. W łańcuchu aminokwasowym białka występuje powtarzająca się tripeptydowa sekwencja: Gly-X-Y, gdzie oprócz glicyny (Gly), X to najczęściej prolina, a Y to hydroksyprolina [15].

Popyt na żelatynę wzrasta od lat, a dane z 2008 roku wskazują, że jej roczna produkcja wynosiła 326 tys. ton, przy czym 46 % produkcji stanowiła żelatyna ze skór wieprzowych, a 29,4 % – białka pochodzenia bydlęcego [13]. W wielu krajach zabroniono używania żelatyny wołowej (bydlęcej) w związku z epidemią gąbczastej encefalopatii bydła (BSE). Białko to nie jest również spożywane przez osoby na diecie wegetariańskiej i wegańskiej, dlatego w przemyśle spożywczym coraz częściej wykorzystuje się hydrokoloidy pochodzenia roślinnego, mikrobiologicznego lub ekstrakty z wodorostów [15, 40].

Żelatyna rybna różni się od żelatyny wieprzowej i bydlęcej głównie pod względem temperatury topnienia, żelowania i wytrzymałości żelu. Uważa się, że na te właściwości ma wpływ skład aminokwasowy, a w szczególności zawartość prolina i hy-

droksyproliny. Oba aminokwasy tworzą wiązania wodorowe odpowiedzialne za stabilizację III-rzędowej struktury kolagenu. Im mniejsza zawartość proliny i hydroksyproliny, tak jak ma to miejsce w przypadku żelatyny rybnej, tym niższa jest temperatura topnienia i żelowania [26].

Produkcja żelatyny z odpadowych skór rybnych to jeden z najlepszych sposobów na ich zagospodarowanie [13]. Żelatyna wyprodukowana z ryb żyjących w zimnych wodach nie żeluje w temperaturze pokojowej – temperatura jej żelowania wynosi ok. $8 \div 10$ °C, dlatego może znaleźć zastosowanie w produktach mrożonych lub chłodzonych, gotowych do spożycia po wyjęciu z lodówki lub po rozmrożeniu, a także w produktach suszonych i mikrokapsułkowanych. Jej zastosowanie ograniczają jedynie słabsze właściwości reologiczne w porównaniu z żelatyną wieprzową i wołową [13].

Inne bioaktywne składniki znajdujące się w rybach

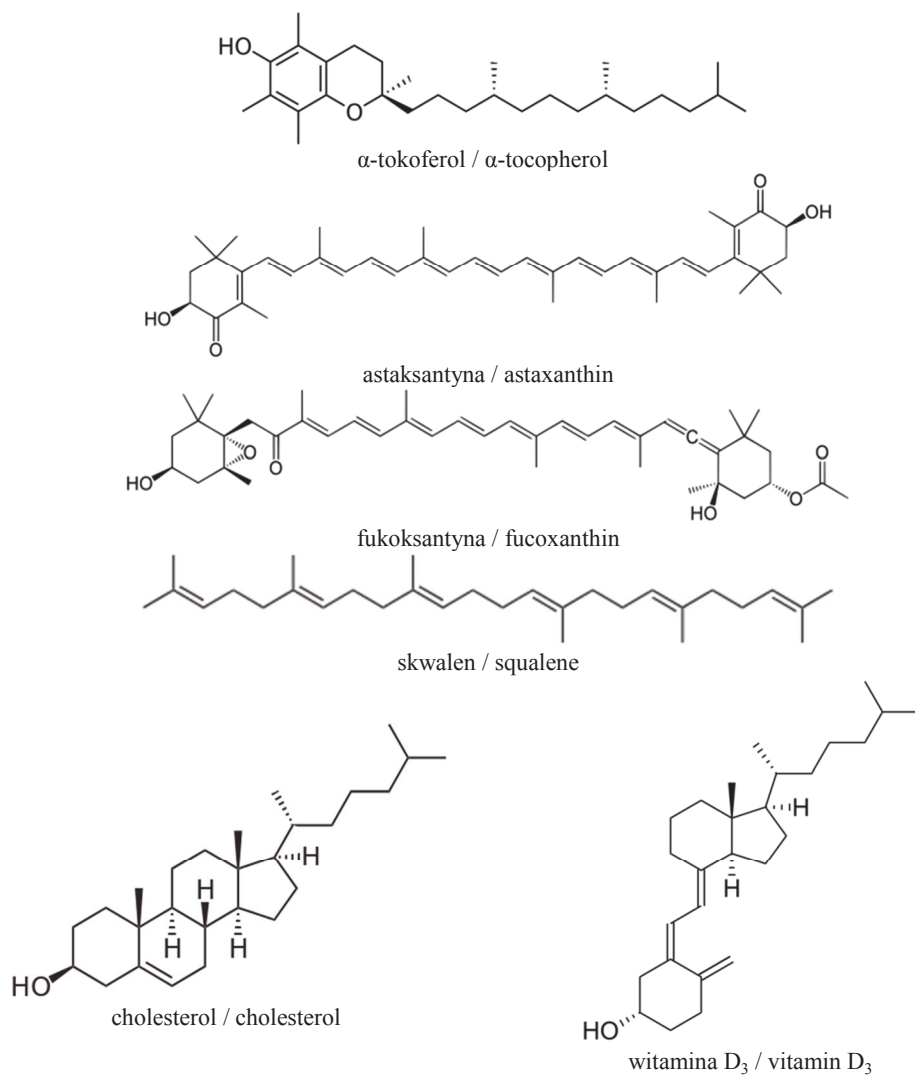
Wśród bioaktywnych związków chemicznych znajdujących się w rybach wymienić należy tokoferole (witamina E) o właściwościach przeciwutleniających. W grupie tokoferoli wyróżnia się: α -, β -, γ - i δ -tokoferol oraz α -, β -, γ -, δ -tokotrienol, z czego w rybach występuje głównie α -tokoferol (rys. 2). Zróżnicowanie zawartości witaminy E w tkankach ryb wynika głównie z różnic w składzie ich pokarmu, gdyż ryby nie są zdolne do syntezy tokoferoli [36].

Inną, również interesującą grupą składników bioaktywnych są karotenoidy. Podobnie jak w przypadku witaminy E, nie są syntetyzowane przez ryby, lecz pobierane przez nie wraz z pokarmem. Kumulowane są najczęściej w skórze, mięśniach, ikrze, wątrobie i oczach. Oprócz powszechnie występującego w organizmach morskich β -karotenu w różnych częściach anatomicznych ryb pojawia się również astaksantyna i fukoksantyna [1].

Astaksantyna jest ksantofilem o zdolnościach do neutralizacji wolnych rodników i innych utleniaczy (rys. 2). W wielu badaniach wykazano jej zdolność do obniżania stresu oksydacyjnego, stężenia białka C-reaktywnego (CRP) czy innych markerów stanu zapalnego. Ponadto obecność astaksantyny wpływała na obniżenie stężenia triacylogliceroli w surowicy krwi oraz na poprawę ostrości widzenia [14]. Fukoksantyna to ksantofil o brązowej barwie, mający silne działanie przeciwutleniające (rys. 2). Dodatkowo potwierdzony jest wpływ tego związku na obniżanie masy ciała, zwiększanie oporności na insulinę i obniżanie poziomu glukozy we krwi [1].

Ważnymi dla organizmu człowieka związkami występującymi w tkankach ryb są skwalen i sterole. Skwalen to wielonienasycony węglowodór zaliczany do grupy terpenów (rys. 2). Duże ilości tego węglowodoru znajdują się w oleju z wątroby rekina, a także w oliwie z oliwek z pierwszego tłoczenia i w oleju z amarantusa. Skwalen jest prekursorem cholesterolu i innych steroli. Wykorzystywany jest w przemyśle kosme-

tycznym, a także w medycynie tradycyjnej w Japonii i Azji Południowo-Wschodniej w chorobach skóry i wątroby [16].



Rys. 2. Wybrane bioaktywne składniki występujące w tkankach ryb

Fig. 2. Selected bioactive compounds found in fish tissues

Cholesterol to związek, którego nadmierne spożycie może prowadzić do rozwoju miażdżycy naczyń krwionośnych, ale jest to także niezbędny składnik w funkcjonowaniu organizmu (rys. 2) jako prekursor hormonów steroidowych, kwasów żółciowych i witaminy D₃ (cholekalcyferolu). W mięśniach ryb to główny sterol stanowiący 80 %

ogólnej zawartości tych związków, a jego stężenie nie jest skorelowane z zawartością tłuszczu w tkankach [34]. W porównaniu jednak z produktami pochodzenia zwierzęcego, mięso ryb morskich uważane jest za stosunkowo ubogie w cholesterol, gdyż zawiera przeciętnie 5-krotnie mniej cholesterolu niż masło (240 mg/ 100 g) i ok. 20-krotnie mniej niż żółtko jaj (1000 mg/ 100 g) [33].

Do witamin rozpuszczalnych w tłuszczach zalicza się również witaminy z grupy D – ergokalcyferol (witamina D₂) i cholekalcyferol (witamina D₃ – rys. 2), przy czym ten drugi związek chemiczny jest ok. dwa razy bardziej aktywny w porównaniu z witaminą D₂. Najważniejszymi źródłami cholekalcyferolu są ryby, a zwłaszcza olej pozyskiwany z wątroby ryb. Witamina D₃ reguluje gospodarkę wapniowo-fosforową. Jej niedobory w organizmie mogą prowadzić do krzywicy u dzieci oraz zaburzeń w mineralizacji kości, skutkując osłabieniem ich struktury i zwiększeniem podatności na złamania, co szczególnie widoczne jest u osób starszych. Witamina D₃ syntetyzowana jest przez organizm ludzki w czasie ekspozycji na promieniowanie słoneczne, ale musi być suplementowana w okresach o obniżonym nasłonecznieniu w ciągu dnia, zwłaszcza jesienią i zimą [15, 38].

Peptydy przeciwdrobnoustrojowe

Bioaktywnymi składnikami, które znajdują się także w rybach, są peptydy o działaniu przeciwdrobnoustrojowym, takie jak protaminy i pardaksyna. Protaminy to zasadowe białka o dużej zawartości argininy w składzie aminokwasowym, które zostały zidentyfikowane w jądrach ponad 50 gatunków ryb. Wykazują one aktywność wobec przetrwalników bakterii z rodzaju *Bacillus* [29]. Pardaksyna to 33-aminokwasowy peptyd wykazujący aktywność przeciwbakteryjną zarówno wobec bakterii Gram-dodatnich, jak i Gram-ujemnych. W badaniach prowadzonych przez Huanga i wsp. [10] pardaksyna wspomagała gojenie się ran oraz wpływała na zwalczenie zakażenia metycylinoopornymi bakteriami z gatunku *Staphylococcus aureus* (ang. *methicillin-resistant Staphylococcus aureus*, MRSA). Ponadto Hu i wsp. [9] wyizolowali peptydy ze skóry tilapii nilowej (*Oreochromis niloticus*) o ciekawych właściwościach. Polipeptyd o masie mniejszej niż $5 \cdot 10^3$ Da był skutecznym i obiecującym środkiem w leczeniu oparzeń i gojeniu się ran, co potwierdzają badania prowadzone na królikach.

Produkty spożywcze i paszowe pozyskiwane z odpadów rybnych

Odpady pochodzące z zakładów przetwórstwa rybnego obejmują głównie głowy, ości i wnętrzności rybne. W przypadku Japonii, w której konsumpcja ryb i bezkręgowców morskich jest bardzo duża, ilość odpadów szacuje się na ok. 2 mln ton rocznie [42]. W Polsce, z uwagi m.in. na małe spożycie ryb, ta ilość jest prawdopodobnie dużo mniejsza, choć brak jest aktualnych danych obrazujących skalę problemu. Według

danych z 2011 roku w ciągu roku powstaje ponad 33 tys. ton odpadów rybnych pochodzących tylko z przetwarzania wędzonych łososi na produkty plastrowane [22].

Odpady rybne mogą być wykorzystywane do produkcji hydrolizatów białek. Otrzymuje się je w procesach rozkładu białek do peptydów w wyniku hydrolizy chemicznej kwasowej lub zasadowej czy też enzymatycznej (drogą autolizy lub po dodaniu handlowych preparatów enzymatycznych) [17, 29]. Hydrolizaty białek rybnych są często wykorzystywane w kuchni azjatyckiej do wyrobu m.in. sosów rybnych i surimi. Pierwszy wyrób produkowany jest w ilości 250 tys. ton rocznie w wyniku spontanicznej fermentacji związków organicznych zawartych w mięsie ryb, które jest mieszane z solą i przechowywane przez 6 - 12 miesięcy. Surimi jest to mielone, rozdrobnione mięso ryb, które przemywa się kilkukrotnie wodą lub roztworami soli, a następnie uzupełnia o odpowiednie krioprotektanty oraz inne dodatki [29].

Światowy wyładunek ryb i owoców morza wynosi ok. 100 mln ton rocznie, z czego 28 % przetwarzane jest na mączkę rybną i olej. Odpady z ryb nienadające się do spożycia mogą zostać przekształcone w składniki podłoży mikrobiologicznych, pasze, mączki rybne i kiszonki, które następnie wykorzystywane są w produkcji zwierzęcej [5, 12, 23]. Mączka rybną jest materiałem paszowym, najważniejszym źródłem białka o wysokiej strawności używanym w żywieniu ryb od wielu lat [12]. Ryby i produkty rybne zawierają białka bogate w niezbędne aminokwasy, takie jak lizyna, metionina i cysteina oraz charakteryzują się większym udziałem tych aminokwasów w 1 g białka w porównaniu ze wzorcem standardowego białka FAO [38]. Mączki rybne wykorzystywane są także jako pokarm dla mięsożernych zwierząt futerkowych m.in. norek i lisów, a zgodnie z rozporządzeniem Komisji Europejskiej nr 56/2013 [27] stosowanie mączek pochodzenia zwierzęcego jest zabronione w karmieniu przeżuwaczy.

Kiszonki rybne są źródłem białka o wysokiej wartości biologicznej. Mogą być produkowane z martwych ryb, produktów ubocznych z połowów morskich, odpadów pochodzących z handlu i przemysłu [39]. Powstają w wyniku fermentacji spontanicznej lub po dodaniu odpowiedniej kultury starterowej np. bakterii z gatunku *Lactobacillus plantarum*. W wyniku aktywności bakterii dochodzi do obniżenia pH przez syntetyzowany kwas mlekowy, poprawie ulegają cechy sensoryczne oraz wartość odżywcza produktu. Dodatkowo zmniejsza się ilość amin biogennych, które mogą powstawać w rybach z powodu wysokiej zawartości białka [4]. Norwegia jest największym producentem kiszonek z ryb (140 tys. ton rocznie), do produkcji których wykorzystuje produkty uboczne hodowli i przetwórstwa łososia. Zaletą produkcji tego typu pasz są niskie koszty inwestycyjne oraz niewysoka cena produktu gotowego [29].

Biopaliwa pozyskiwane z odpadów rybnych

Odpady rybne można wykorzystać do produkcji palnego biogazu. Biogaz powstaje w wyniku fermentacji metanowej materii organicznej w warunkach beztlenowych.

W procesie fermentacji biorą udział bakterie beztlenowe różnych gatunków, a produktem procesów mikrobiologicznych jest gaz składający się głównie z metanu i dwutlenku węgla. Pozostałość po fermentacji wykorzystywana jest jako nawóz organiczny. Salam i wsp. [31] zaproponowali sposób produkcji biogazu w warunkach laboratoryjnych, wykorzystując podroby i skrzela rybne oraz krowie odchody w różnych proporcjach. Zaobserwowano, że w przypadku użycia samych odpadów rybnych wydajność produkcji biogazu wynosiła $0,15 \text{ dm}^3/\text{kg}$ odpadu, a czas fermentacji wynosił 10 dni. W przypadku zastosowania mieszaniny odpadów rybnych i odchodów krowich w stosunku 1 : 1,2 otrzymano 2 dm^3 gazu/kg odpadów, a czas fermentacji skrócił się do 7 dni.

Innym biopaliwem otrzymywanym z użyciem odpadowych olejów rybnych jest biodiesel, produkowany na drodze transestryfikacji triacylogliceroli niskocząsteczkowym alkoholem np. metylowym lub etylowym. Produktem reakcji są glicerol i estry metylowe (ang. *fatty acid methyl esters*, FAME) lub etylowe (ang. *fatty acid ethyl esters*, FAEE) kwasów tłuszczowych. Substratami do produkcji biodiesela mogą być oleje roślinne, tłuszcze zwierzęce i oleje odpadowe [24]. Obecnie prowadzone są próby otrzymywania paliwa typu biodiesel z wykorzystaniem oleju z odpadów przetwórstwa rybnego. Takie badania przeprowadzili m.in. Yahyae i wsp. [41]. Z 7 kg odpadów pozyskali 768 g oleju, który został następnie użyty do reakcji transestryfikacji metanolem, katalizowanej wodorotlenkiem potasu, a zgodnie z wyliczeniami autorów z jednego dm^3 oleju otrzymano $0,9 \text{ dm}^3$ biodiesela. Uzyskane paliwo charakteryzowało się podobnymi wartościami temperatury zapłonu, lepkości i gęstości co biodiesel produkowany z oleju rzepakowego [41]. Przytoczone badania wskazują na potencjał zagospodarowania odpadowego oleju rybnego do produkcji biodiesela, choć zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Energii z dnia 25 maja 2016 r. w sprawie wymagań jakościowych dla biopaliw ciekłych [28] estry metylowe kwasów tłuszczowych w swoim składzie nie mogą zawierać więcej niż 12 % (m/m) kwasu linolenowego i 1 % (m/m) wielonienasyconych kwasów tłuszczowych zawierających co najmniej 4 wiązania podwójne. Dlatego też obecnie odpadowy olej rybny na terenie Polski nie może zostać zagospodarowany w ten sposób.

Podsumowanie

Obserwuje się wciąż niskie spożycie ryb i przetworów rybnych w Polsce, gdyż surowiec ten jest niedoceniany przez konsumentów, choć niezwykle promowany przez dietetyków i lekarzy. W opracowaniu przedstawiono składniki mięsa ryb oraz rybnych odpadów wykorzystywanych jako dodatki funkcjonalne w technologii żywności oraz kilka przykładów związków bioaktywnych. Obok znanych z pozytywnego wpływu na zdrowie człowieka wielonienasyconych kwasów tłuszczowych z grupy omega-3, zwrócono uwagę na tokoferole, karotenoidy, witaminę D₃, skwalen oraz sterole obecne

w tuszkach rybnych. Wspomniano także o doniesieniach ostatnich lat na temat obecności peptydów przeciwdrobnoustrojowych w mięsie ryb.

Przedstawiono także przykłady wykorzystania stałych i płynnych odpadów przetwórstwa rybnego, które stanowią poważne obciążenie dla środowiska, do produkcji hydrolizatów białkowych, mączek i olejów rybnych czy pasz dla zwierząt. Ze względu na dużą zawartość wody takie odpady są bardziej podatne na zanieczyszczenie drobnoustrojami, a znaczna zawartość tłuszczu czyni je podatnymi na utlenianie. Odpady rybne mogą być wykorzystane wielotorowo. Produktami powstającymi w wyniku zagospodarowania odpadów rybnych są także te o właściwościach dietetycznych, np. chitozan, naturalne barwniki oraz kolagen i żelatyna. Innym kierunkiem zagospodarowania odpadów rybnych może stać się produkcja paliw typu biodiesel i biogaz.

*Publikacja została przygotowana w ramach Grantu Wewnętrznego Wydziału Nauk o Żywności Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie pt. „Wykorzystanie właściwości lipolitycznych drożdży *Yarrowia lipolytica* do waloryzacji odpadowego oleju po procesie wędzenia ryb”.*

Literatura

- [1] Adamska A., Rutkowska J., Białek M.: Charakterystyka i właściwości prozdrowotne wybranych karotenoidów występujących w rybach i skorupiakach. *Probl. Hig. Epidemiol.*, 2014, 95 (1), 36-40.
- [2] Arciszewska A.: Wykorzystanie ryb w technologii gastronomicznej. W: *Wybrane zagadnienia z technologii żywności*. Red. M. Mitek, M. Słowiński. Wyd. SGGW, Warszawa 2006, ss. 447-457.
- [3] Bordajandi L.R., Gomez G., Fernandez M.A., Abad E., Rivera J., Gonzalez M.J.: Study on PCBs, PCDD/Fs, organochlorine pesticides, heavy metals and arsenic content in freshwater fish species from the River Turia (Spain). *Chemosphere*, 2003, 53, 163-171.
- [4] Dapkevicius M.L.N.E., Nout M.J.R., Rombouts F.M., Houben J.H., Wymenga W.: Biogenic amine formation and degradation by potential fish silage starter microorganisms. *Int. J. Food Microbiol.*, 2000, 57, 107-114.
- [5] Fabiszewska A., Pielńska A., Mazurczak P., Zieniuk B., Wołoszynowska M.: Wpływ wybranych czynników na wydajność ekstrakcji i skład kwasów tłuszczowych oleju mikrobiologicznego otrzymanego z komórek drożdży *Yarrowia lipolytica*. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2017, 24, 1 (110), 59-69.
- [6] GUS: Rocznik Statystyczny Gospodarki Morskiej 2010. Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa 2010.
- [7] GUS: Rocznik Statystyczny Gospodarki Morskiej 2016. Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa 2016.
- [8] GUS: Rocznik Statystyczny Przemysłu 2016. Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa 2016.
- [9] Hu Z., Yang P., Zhou C., Li S., Hong P.: Marine collagen peptides from the skin of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): Characterization and wound healing evaluation. *Marine Drugs*, 2017, 15 (102), 1-11.
- [10] Huang H.-N., Pan C.-Y., Chan Y.-L., Chen J.-Y., Wu C.-J.: Use of the antimicrobial peptide pardaxin (GE33) to protect against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* infection in mice with skin injuries. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 2014, 58 (3), 1538-1545.

- [11] Jaka ryba na obiad? Poradnik konsumenta o rybach i owocach morza.[on line]. WWF Polska. Dostęp w Internecie [25.07.2017]: <http://ryby.wwf.pl/jaka-ryba-na-obiad-poradnik-konsumenta>
- [12] Jayathilakan K., Sultana K., Radhakrishna K., Bawa A.S.L.: Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: A review. J. Food Sci. Technol., 2012, 49 (3), 278-293.
- [13] Karim A.A., Bhat R.: Fish gelatin: Properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins. Food Hydrocoll., 2009, 23, 563-576.
- [14] Kidd P.M.: Astaxanthin, cell membrane nutrient with diverse clinical benefits and anti-aging potential. Alternative Medicine Review, 2011, 16 (4), 355-364.
- [15] Kołodziejczyk A.: Naturalne związki organiczne. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2013.
- [16] Kopicova Z., Vavreinova S.: Occurrence of squalene and cholesterol in various species of Czech freshwater fish. Czech J. Food Sci., 2007, 25, 195-201.
- [17] Kristinsson H.G., Rasco B.A.: Fish protein hydrolysates: Production, biochemical, and functional properties. Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 2000, 40 (1), 43-81.
- [18] Łatkowska M., Wołosiak R.: Zawartość tokoferoli w tuszkach oraz zalewach wybranych konserw rybnych. Bromat. Chem. Toksykol., 2012, XLV (3), 852-857.
- [19] Marciniak M.: Analiza i ocena zmian w polskiej gospodarce rybnej po akcesji do Unii Europejskiej. Zesz. Nauk. SGGW. Problemy Rolnictwa Światowego, 2009, 7 (22), 70-79.
- [20] Marciniak-Lukasiak K., Krygier K.: Charakterystyka kwasów omega 3 i ich zastosowanie w żywności funkcjonalnej. Przem. Spoż., 2004, 12, 32-36.
- [21] Marcotrigiano G.O., Storelli M.M.: Heavy metal, polychlorinated biphenyl and organochlorine pesticide residues in marine organisms: Risk evaluation for consumers. Veter. Res. Comm., 2003, 27 Suppl. 1, 183-195.
- [22] Mazur K., Kołodziej K., Kołodziejski W.: Ocena przydatności technologicznej odpadowych skór z łososi do pozyskiwania z nich oleju rybnego metodą tłoczenia. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2011, 4 (77), 151-159.
- [23] Mazurczak P., Zieniuk B., Fabiszewska A., Nowak D., Wołoszynowska M., Białecka-Florjańczyk E.: Utylizacja odpadów pochodzących z zakładów przemysłu spożywczego i paliwowego z wykorzystaniem lipolitycznych drożdży *Yarrowia lipolytica*. Zesz. Probl. Post. Nauk. Roln., 2017, 588, 15-24.
- [24] Meng X., Yang J., Xu X., Zhang L., Nie Q., Xian M.: Biodiesel production from oleaginous micro-organism. Renewable Energy, 2009, 34, 1-5.
- [25] Mirowski A., Jachnis A.: Kwas dokozaheksaenowy – składnik odżywczy o kluczowym znaczeniu w okresie ciąży. Część I. Niedobór kwasu dokozaheksaenowego. Życie Weter., 2016, 91 (12), 922-923.
- [26] Norziah M.H., Al-Hassan A., Khairulnizam A.B., Mordi M.N., Norita M.: Characterization of fish gelatin from surimi processing wastes: Thermal analysis and effect of transglutaminase on gel properties. Food Hydrocoll., 2009, 23, 1610-1616.
- [27] Rozporządzenie Komisji (UE) nr 56/2013 z dnia 16 stycznia 2013 r. zmieniające załączniki I i IV do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 999/2001 ustanawiającego zasady dotyczące zapobiegania, kontroli i zwalczania niektórych przenośnych gąbczastych encefalopatii. Dz. Urz. UE L 21, ss. 3-16, z 24.01.2013.
- [28] Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 25 maja 2016 r. w sprawie wymagań jakościowych dla biopaliw ciekłych. Dz.U. 2016 r., poz. 771.
- [29] Rustad T.: Utilisation of marine by-products. EJEAFChe, 2003, 2 (4), 458-463.
- [30] Ruxton C.H.S., Reed S.C., Simpson M.J.A., Millington K.J.: The health benefits of omega-3 polyunsaturated fatty acids: A review of the evidence. J. Hum. Nutr. Diet., 2004, 17 (5), 449-459.
- [31] Salam B., Islam M., Rahman M.T.: Biogas from anaerobic digestion of fish waste. Proc. Int. Conf. on Mechanical Engineering 2009, Dhaka, Bangladesh 2009, December, 26-28, pp. 1-3.

- [32] Von Schacky C., Harris W.S.: Cardiovascular benefits of omega-3 fatty acids. *Cardiovascular Research*, 2007, 73, 310-315.
- [33] Sikorski Z.E.: Ryby i bezkręgowce morskie. Pozyskiwanie, właściwości i przetwarzanie. WNT, Warszawa 2004.
- [34] Stanek M., Dąbrowski J., Roślewska A., Janicki B.: Ocena zawartości tłuszczu i cholesterolu w mięsie samic oraz samców okonia (*Perca fluviatilis* L.) z Jeziora Gopło. *Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin. Agric., Aliment. Pisc., Zootech.*, 2009, 271 (10), 5-10.
- [35] Swanson D., Block R., Mousa S.A.: Omega-3 fatty acids EPA and DHA: Health benefits throughout life. *Adv. Nutr.*, 2012, 3, 1-7.
- [36] Syvaola E.-L., Salminen K., Piironen V., Varo P., Kerojoki O., Koivistoinen P.: Tocopherols and tocotrienols in finnish foods: Fish and fish products. *JAOCs*, 1985, 62 (8), 1245-1248.
- [37] Szlinder-Richter J., Usydus Z., Malesa-Ciećwierz M., Polak-Juszczak L., Ruczyńska W.: Marine and farmed fish on the Polish market: Comparison of the nutritive value and human exposure to PCDD/Fs and other contaminants. *Chemosphere*, 2011, 85, 1725-1733.
- [38] Usydus Z., Szlinder-Richter J.: Functional properties of fish and fish products: A review. *Int. J. Food Prop.*, 2012, 15 (4), 823-846.
- [39] Vidotti R.M., Viegas E.M.M., Carneiro D.J.: Amino acid composition of processed fish silage using different raw materials. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 2003, 105, 199-204.
- [40] Waszkiewicz-Robak B., Świdorski F.: Hydrokoloidy pochodzenia roślinnego jako zamienniki żelatyny. *Bezpieczna Żywność*, 2001, 1, 31-37.
- [41] Yahyae R., Ghobadian B., Najafi G.: Waste fish oil biodiesel as a source of renewable fuel in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2013, 17, 312-319.
- [42] Yano Y., Oikawa H., Satomi M.: Reduction of lipids in fish meal prepared from fish waste by a yeast *Yarrowia lipolytica*. *Int. J. Food Microbiol.*, 2008, 121, 302-307.

FISH AND FISH WASTES AS SOURCE OF BIOACTIVE COMPOUNDS AND RAW MATERIAL FOR ENERGY INDUSTRY

S u m m a r y

The objective of the study was to characterize fish meat and fish industry waste as a source of valuable nutritional components and raw material for energy industry. Fish meat and fish products are an important element of the diversified diet. Fish and fish wastes can be a source of omega-3 polyunsaturated fatty acids: docosahexaenoic acid (DHA) and eicosapentaenoic acid (EPA), i.e. of the compounds that have positive effects on human body. Functional additives from fish are often used in the food technology, such as fish gelatine that differs from pork gelatine in its physical-chemical properties, fat-soluble vitamins, and carotenoid pigments with antioxidant effects. Peptides can be isolated from fish; they have antimicrobial effects on various species of Gram-positive and Gram-negative bacteria. In the study, a possibility has been shown of using fish wastes from the fish industry to produce valuable nutritional components. In addition to the use of fish wastes in the production of fish feed and meals, fish oils and silages as well as protein hydrolysates utilized as spices in the Asian cuisine, it is possible to use those fish wastes as a raw material for the energy industry, among other things in the production of biodiesel - a type of liquid fuel and in the production of biogas. Also, safety aspects have been discussed of consuming fish, which may contain harmful lipophilic organic compounds and heavy metals accumulated by those animals in their natural living environment, i.e. in the contaminated freshwater and in salty waters.

Key words: fish, fish waste, PUFA (polyunsaturated fatty acids), bioactive components, biodiesel, biogas



MARTA DUDA, BARBARA SOKOŁOWSKA

METODY DEZYNFEKCJI MARCHWI I INNYCH WARZYW KORZENIOWYCH

Streszczenie

Mikroorganizmy znajdujące się na powierzchni owoców i warzyw pochodzą nie tylko ze środowiska naturalnego, ale również z każdego etapu łańcucha żywnościowego, jakiemu są one poddawane (przetwarzanie, pakowanie, transport). W zakładach przemysłowych mycie i dezynfekcja surowców przeznaczonych do bezpośredniego spożycia lub produkcji soków niepasteryzowanych jest zwykle jedynym etapem, w którym można zredukować liczbę mikroorganizmów zanieczyszczających i patogennych. Szczególną uwagę należy zwrócić na warzywa korzeniowe, ponieważ ich części jadalne mają bezpośredni kontakt z glebą, która jest siedliskiem wielu różnych grup drobnoustrojów. W przemyśle owocowo-warzywnym jako dezynfektant najczęściej stosuje się podchloryn sodu, który mimo wysokiej skuteczności ma też wiele wad: powoduje korozję urządzeń, niekorzystnie wpływa na wygląd, smak i zapach warzyw, przyczynia się do powstawania niebezpiecznych trihalometanów. W artykule przedstawiono alternatywne dla podchlorynu sodu substancje stosowane do dezynfekcji warzyw korzeniowych, głównie marchwi, jako ważnego surowca w polskim przemyśle sokowniczym. Przedstawiono przegląd literaturowy dotyczący takich związków, jak kwaśny chloryn sodu, dwutlenek chloru, nadtlenek wodoru, kwas nadoctowy, woda elektrolizowana i ozon. Przedstawiono ich właściwości przeciwdrobnoustrojowe wobec drożdży, pleśni, bakterii Gram-ujemnych i Gram-dodatnich, a także wady, zalety, mechanizm działania oraz wpływ na cechy sensoryczne i przedłużenie trwałości warzyw. Wśród opisanych dezynfektantów na uwagę zasługują woda elektrolizowana i kwaśny chloryn sodu ze względu na swą wysoką skuteczność działania oraz brak negatywnego wpływu na tkanki warzyw, środowisko i organizm człowieka.

Słowa kluczowe: marchew, dezynfekcja, podchloryn sodu, kwaśny chloryn sodu, woda elektrolizowana

Wprowadzenie

Współczesny konsument jest świadomy, jak ważne dla zdrowia jest codzienne spożywanie warzyw i owoców w różnej postaci, głównie świeżych i mało przetworzo-

Mgr inż. M. Duda, dr hab. inż. B. Sokołowska, prof. nadzw., Zakład Mikrobiologii, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego w Warszawie, ul. Rakowiecka 36, 02-532 Warszawa. Kontakt: marta.duda@ibprs.pl

nych, np. niepasteryzowanych świeżo wyciskanych soków (jednodniowych) oraz surowek. Produkty niepoddawane obróbce cieplnej stanowią jednak źródło różnego rodzaju mikroorganizmów (drożdży, pleśni, bakterii fermentacji mlekowej), które powodują psucie się produktów w czasie przechowywania. Mogą one zawierać także bakterie patogenne. Na szczególną uwagę zasługują warzywa korzeniowe, których części jadalne mają bezpośredni kontakt z glebą. Na owocach i warzywach znajdują się drobnoustroje pochodzące nie tylko ze środowiska naturalnego, ale również od ludzi i zwierząt, które dostają się na ich powierzchnię na każdym etapie łańcucha żywnościowego (przetwarzania, pakowania, transportu). Najczęściej występującymi patogenami są bakterie *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Shigella* spp., *Salmonella* spp., *Bacillus cereus*, *Campylobacter jejuni* [11, 14]. Oprócz nich warzywa mogą być również zasiedlane przez drożdże i grzyby pleśniowe wytwarzające mikotoksyny lub powodujące psucie się tkanki roślinnej podczas przechowywania, np. na marchwi mogą rozwijać się pleśnie z rodzaju *Alternaria* [4].

W badaniach przeprowadzonych w Instytucie Warzywnictwa w 2010 roku wykazano, że na warzywach korzeniowych pochodzących z polskich upraw, zarówno konwencjonalnych, jak i ekologicznych, znajdowały się znaczne liczby kolonii mikroorganizmów. Z 1 ml zhomogenizowanej zawiesiny próbek marchwi izolowano $10^6 \div 10^7$ jtk bakterii, $10^4 \div 10^5$ jtk drożdży i pleśni, do 10^5 jtk bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae*, do 10^3 jtk bakterii z grupy coli, przy czym większym stopniem zanieczyszczenia charakteryzowały się warzywa uprawiane ekologicznie [21].

W 2015 roku tylko 0,2 % próbek warzyw RTE (*ready-to-eat*) przebadanych w Unii Europejskiej było niezgodnych z kryteriami dotyczącymi obecności bakterii z rodzaju *Salmonella* w żywności, natomiast wszystkie próbki owoców gotowych do spożycia i niepasteryzowanych soków były zgodne z tymi wymaganiami. Obecność bakterii *Listeria monocytogenes* wykryto w 2,3 % próbek sałatek RTE oraz w 1,4 % próbek owoców i warzyw RTE i była to wartość dwukrotnie niższa niż w roku 2014. W 0,1 % próbek owoców i warzyw RTE wykryto również, podobnie jak w poprzednich latach, obecność bakterii werotoksycznych *E. coli*. Według EFSA w 2015 roku 1,6 % zatruc pokarmowych wywołanych przez bakterie *Salmonella* sp. miało miejsce po spożyciu owoców, warzyw i soków [3].

W zakładach przemysłowych mycie i dezynfekcja warzyw i owoców gotowych do spożycia lub przeznaczonych do produkcji soków najczęściej jest jedynym etapem, w którym można zredukować liczbę drobnoustrojów szkodliwych i patogennych. Nie jest możliwe ich całkowite wyeliminowanie, dlatego tak ważne jest zminimalizowanie zanieczyszczenia mikrobiologicznego produktu, by wydłużyć okres jego przechowywania i by stał się on bardziej bezpieczny dla konsumenta. FDA uznaje za skuteczny ten proces, który pozwala na redukcję liczby mikroorganizmów mogących występować w sokach i zagrażających zdrowiu człowieka rzędu 5 log [5]. Odpowiedni dezynfektant

nie powinien powodować większych zmian sensorycznych w produkcie, ponieważ mogą się one jeszcze pogłębić podczas przechowywania warzyw, a – jak wiadomo – ich wygląd i barwa odgrywają kluczową rolę w podejmowaniu decyzji o zakupie [8, 16].

Najczęściej stosowanymi środkami odkażającymi w przemyśle owocowo-warzywnym są substancje zawierające chlor, ponieważ są tanie, łatwe w użyciu, mają wysoką skuteczność i całkowicie rozpuszczają się w wodzie, nie są one jednak obojętne dla zdrowia ludzi, środowiska i jakości sensorycznej mytych warzyw [18]. W artykule omówiono wady i zalety kilku obecnie stosowanych środków odkażających w aspekcie możliwości ich zastosowania do dezynfekcji warzyw korzeniowych.

Podchloryn sodu

Zalecane stężenie podchlorynu sodu (NaClO) stosowane do dezynfekcji świeżych warzyw wynosi $50 \div 200 \text{ mg/l}$, jednak środek ten ma ograniczoną skuteczność działania, co wynika przede wszystkim z porowatej struktury i nierównej powierzchni produktu oraz obecności znacznej ilości materii organicznej w wodzie recyrkulowanej stosowanej do mycia. Wysokie stężenia podchlorynu sodu mogą niekorzystnie wpływać na wygląd warzyw, powodować korozję urządzeń i odkładanie się sodu na powierzchni produktów. Ponadto chlor reaguje ze związkami fenolowymi, tworząc chlorofenole nadające produktowi nieprzyjemny smak i zapach. Jednak największą wadą stosowania NaClO są podrażnienia skóry i układu oddechowego, a także powstawanie w wyniku reakcji chloru ze związkami organicznymi niebezpiecznych dla zdrowia trihalometanów [14, 18, 19, 20].

Skuteczność dezynfekcji warzyw korzeniowych za pomocą podchlorynu sodu była przedmiotem wielu badań. Umożliwia on redukcję liczby wielu gatunków drobnoustrojów w zależności od zastosowanych stężeń (tab. 1). Efektywność działania podchlorynu sodu silnie zależy również od czasu kontaktu z produktem, temperatury i rodzaju wody – wykazuje on zdecydowanie lepsze działanie bakteriobójcze w wodzie wodociągowej, która w odróżnieniu od recyrkulowanej wody technologicznej zawiera mało materii organicznej. Ponadto przechowywanie w warunkach chłodniczych próbek warzyw dezynfekowanych podchlorynem sodu prowadzi do zmiany ich barwy i obniżenia ogólnej akceptowalności [14, 16, 17].

Nawet jeśli wyniki badań skuteczności działania tego związku są pozytywne, większość z nich odnosi się jednak do wyższych, a więc bardziej szkodliwych stężeń NaClO , a kilkudniowe przechowywanie produktu często niweluje tę skuteczność. Dlatego też trwają poszukiwania innych substancji służących do dezynfekcji owoców i warzyw, które byłyby bezpieczne dla organizmu oraz środowiska, a także tanie, skuteczne w małych dawkach i umożliwiały dłuższe przechowywanie świeżych warzyw czy soków.

Tabela 1. Redukcja liczby wybranych mikroorganizmów podczas dezynfekcji warzyw korzeniowych przy użyciu NaClO

Table 1. Reduction of number of selected microorganisms during disinfection of root vegetables with NaClO

Mikroorganizm Microorganism	Redukcja Reduction [log]	Rodzaj warzywa Type of vegetable	Warunki dezynfekcji (czas, stężenie) / Disinfection condi- tions (time, concentration)	Źródło Reference
Bakterie tlenowe mezofilne / Aerobic mesophilic bacteria	2,6	seler / celery	5 min, 100 mg/l	[11]
	1,8	marchew / carrot	3 - 5 min, 100 mg/l	[16]
	1	marchew / carrot	2 min, 200 mg/l	[17]
<i>Bacillus cereus</i>	> 5	marchew / carrot	5 min, 100 mg/l	[14]
<i>Campylobacter jejuni</i>	1	marchew / carrot	5 min, 100 mg/l	[14]
<i>Escherichia coli</i>	2,6 ÷ 4	marchew / carrot	5 - 15 min, 50 ÷ 200 mg/l	[2]
	2,6	seler / celery	5 min, 100 mg/l	[11]
	2,3	marchew / carrot	3 min, 100 mg/l	[16]
	1 ÷ 3	marchew / carrot	2 min, 200 mg/l	[17]
<i>Listeria monocytogenes</i>	1,7 ÷ 1,9	marchew / carrot	5 - 10 min, 100 mg/l	[14]
	2,1	marchew / carrot	3 min, 100 mg/l	[16]
	1 ÷ 2,3	marchew / carrot	2 min, 200 mg/l	[17]
<i>Salmonella</i> spp.	2,8	seler / celery	5 min, 100 mg/l	[11]
	2 ÷ 3,2	marchew / carrot	5 - 10 min, 100 mg/l	[14]
	1,5 ÷ 3	marchew / carrot	2 min, 200 mg/l	[17]
Drożdże i pleśnie Yeasts and moulds	1,8	marchew / carrot	3 - 5 min, 100 mg/l	[16]

Kwaśny chloryn sodu

Kwaśny chloryn sodu (ASC – *acidified sodium chlorite*) otrzymuje się poprzez zmieszanie chlorynu sodu z kwasem organicznym dopuszczonym do stosowania w żywności (np. cytrynowym, jabłkowym, fosforowym, chlorowodorowym). W wyniku reakcji powstaje kwas chlorowy (HClO_2), który rozpada się na cząsteczki o właściwościach przeciwdrobnoustrojowych: jon chlorynowy (ClO_2^-), chloranowy (ClO_3^-) i dwutlenek chloru w proporcjach zależnych od pH roztworu. Ich działanie polega na uszkodzaniu błon komórkowych, utlenianiu wiązań siarczkowych i disiarczkowych w aminokwasach enzymów oraz hamowaniu metabolizmu mikroorganizmów. Dużą zaletą ASC jest to, że wszystkie jony ostatecznie redukują się do jonu chlorkowego (będącego naturalnym składnikiem komórek), a ClO_2 bardzo szybko wyparowuje, więc po zastosowaniu kwaśnego chlorynu sodu nie pozostają żadne produkty uboczne na powierzchni warzyw i urządzeń. ASC jest dopuszczony do stosowania jako środek

dezynfekujący warzywa i owoce w Stanach Zjednoczonych i Australii w stężeniu $500 \div 1200 \text{ mg/l}$ [7, 22].

W badaniach naukowych najczęściej wykorzystuje się kwaśny chloryn sodu w stężeniu 500 mg/l . Dezynfekcja marchwi tym związkiem pozwoliła zredukować liczbę drobnoustrojów tlenowych mezofilnych o $2,8 \text{ log}$, lecz podczas przechowywania próbek przez 6 dni w temp. 10°C ich liczba wzrosła o ok. 1 cykl logarytmiczny. Rozwój bakterii z grupy coli został natomiast całkowicie zahamowany podczas mycia, jednak po 6 dniach przechowywania ich liczba wzrosła do 10^3 jtk/g [20]. Kwon i wsp. [14], wykorzystując kwaśny chloryn sodu również w tak wysokim stężeniu, uzyskali redukcję liczby bakterii *Salmonella* Typhimurium i *Listeria monocytogenes* w marchwi o $2,5 \div 2,6 \text{ log}$. Ruiz-Cruz i wsp. [17] wykazali wysoką skuteczność dezynfekcji korzeni marchwi tym związkiem przy każdym zastosowanym stężeniu ($100, 250$ i 500 mg/l). Uzyskano zmniejszenie liczby bakterii *E. coli* O157:H7 i *Salmonella* spp. prawie o 5 log , a *L. monocytogenes* – o $2,5 \text{ log}$, niezależnie od tego, czy stosowano wodę wodociągową, czy procesową. Aby jednak zminimalizować wpływ środka odkażającego na jakość produktu, autorzy sugerują stosowanie niższych stężeń przez dłuższy czas kontaktu.

Dwutlenek chloru

Dwutlenek chloru, oprócz hamowania syntezy białek, utlenienia składniki błony komórkowej, powodując zmianę transmembranowego gradientu jonowego, zmniejszenie przepuszczalności błony i w konsekwencji śmierć komórki. Może być stosowany jako gaz lub ciecz. Uważa się, że gazowy ClO_2 wykazuje większą skuteczność dezynfekcji ze względu na lepszą penetrację nierównych powierzchni warzyw i owoców, jednak jego działanie zależy od obecności materii organicznej [9]. Dwutlenek chloru nie reaguje ze związkami azotowymi i fenolowymi, więc nie powoduje powstawania trihalometanów i chloramin oraz nieprzyjemnego zapachu i smaku [18, 19]. Jest on akceptowany przez FDA jako dezynfektant warzyw i owoców [6].

Singh i wsp. [19] badali wpływ stężenia ClO_2 , zarówno w formie gazu, jak i roztworu wodnego, na redukcję liczby bakterii *E. coli* O157:H7 na powierzchni marchwi. Aplikując na próbkę wodny roztwór dwutlenku chloru przez 15 min, uzyskali redukcję liczby bakterii o $1,7 \text{ log}$ (przy 5 mg/l ClO_2), $2,2 \text{ log}$ (przy 10 mg/l ClO_2) oraz $2,5 \text{ log}$ (przy 20 mg/l ClO_2), natomiast w ciągu 1 - 5 min dezynfekcji przy każdym stężeniu wyniki te były istotnie niższe. Stosując gazowy dezynfektant przez 15 min odnotowali zmniejszenie liczby *E. coli* o $1,7 \text{ log}$ przy $0,5 \text{ mg/l ClO}_2$, $2,3 \text{ log}$ – przy $0,75 \text{ mg/l ClO}_2$ oraz 3 log – przy 1 mg/l ClO_2 , co wskazuje na dużo większą skuteczność działania gazowego dwutlenku chloru. Łącząc dezynfekcję roztworem ClO_2 z wykorzystaniem wody ozonowanej lub olejku tymiankowego, można osiągnąć lepszą efektywność redukcji nawet o $1,5$ cyklu logarytmicznego.

W innym doświadczeniu gazowy dwutlenek chloru (1,33 mg/l) umożliwił redukcję bakterii tlenowych mezofilnych na powierzchni marchwi o 1,9 log, bakterii psychrofilnych – o 1,7 log, bakterii fermentacji mlekowej – o 2,6 log i drożdży – o 0,7 log. Po przechowywaniu próbek przez 9 dni wykazano, że ClO_2 powoduje jedynie subletalne uszkodzenia komórek mikroorganizmów, ponieważ redukcja utrzymywała się tylko przez 2 dni – po tym czasie liczba bakterii mezofilnych, psychrofilnych i fermentacji mlekowej zaczęła się zwiększać. Wyjątkiem były drożdże, które od razu po procesie dezynfekcji zaczęły się namnażać. Podczas przechowywania wygląd i smak próbek nadal były do zaakceptowania, w przeciwieństwie do zapachu. Niemniej jednak autorem udało się przedłużyć czas przechowywania próbek marchwi o jeden dzień [8]. São José i Vanetti [18] również nie uzyskały znaczącej redukcji liczby mikroorganizmów z użyciem dwutlenku chloru. Po zastosowaniu 10 mg/l ClO_2 do odkażania korzeni pietruszki stwierdziły obniżenie liczby drożdży i pleśni oraz bakterii tlenowych mezofilnych jedynie o ok. $0,7 \div 1$ log, przy czym także nie zaobserwowały zmiany barwy warzyw.

Nadtlenek wodoru

H_2O_2 jest silnym utleniaczem i generuje wolne rodniki, które są toksyczne dla komórek. Bardzo szybko ulega on jednak rozkładowi, ale może powodować brązowienie tkanek warzyw [15]. FDA nie dopuszcza tego związku jako osobnego środka do mycia warzyw i owoców, a jedynie w przypadku, gdy służy on do wytwarzania kwasu nadoctowego [6].

Interesujących wyników dostarczyły badania efektywności działania na marchew nadtlenku wodoru w ciągu 30 - 90 s i w stężeniu $0,5 \div 1,5$ %. Największą redukcję bakterii tlenowych spowodowało zastosowanie najniższego stężenia H_2O_2 (0,5 %) przez najdłuższy czas (90 s), a wynosiła ona tylko 1 log. Natomiast rozwój drożdży i pleśni został całkowicie zahamowany przy stężeniu dezynfektanta 1 i 1,5 % już po 30 s jego działania. Najwyższy stopień redukcji (0,9 log) liczby bakterii *E. coli* stwierdzono po 60 s mycia marchwi 1,5-procentowym H_2O_2 . Pomimo braku wpływu czynnika odkażającego na barwę warzywa obserwowano istotne zmniejszenie zawartości karotenoidów. Niski poziom inaktywacji mikroorganizmów w porównaniu z innymi omówionymi metodami dezynfekcji wskazuje na ograniczone działanie przeciwdrobnoustrojowe nadtlenku wodoru wobec mikroflory korzeni marchwi [1].

Lepszą skuteczność nadtlenku wodoru wobec drożdży i pleśni niż bakterii potwierdziły również São José i Vanetti [18] – 5-procentowy roztwór H_2O_2 po 10 min działania na korzenie pietruszki zmniejszył liczbę tych drobnoustrojów odpowiednio o 1,9 i 1,7 log. Połączenie działania nadtlenku wodoru z ultradźwiękami nie spowodowało znaczącej zmiany redukcji zanieczyszczenia mikrobiologicznego.

Kwas nadoctowy

Kwas nadoctowy wykazuje silne właściwości dezynfekujące: wytwarza wolne rodniki uszkadzające DNA i lipidy w błonach komórkowych, denaturuje białka i unieczynnia enzymy, a także utlenia wiązania disiarczkowe, zwiększając przepuszczalność ścian komórkowych mikroorganizmów. Odkazujące działanie kwasu nadoctowego jest efektywne również w obecności zanieczyszczeń organicznych w szerokim zakresie temperatury i pH, a ponadto nie powoduje powstawania niebezpiecznych dla zdrowia substancji. Wady to przede wszystkim duże koszty w porównaniu z podchlorynem sodu oraz niska stabilność w stężeniach powyżej 15 % [23]. Zgodnie z wytycznymi FDA, może on być stosowany do dezynfekcji w przemyśle owocowo-warzywnym [6].

Ruiz-Cruz i wsp. [17] uzyskali wyniki potwierdzające brak zależności pomiędzy wodą użytą do badań a skutecznością działania kwasu nadoctowego [17]. Redukcja liczby bakterii *E. coli* w marchwi wynosiła ok. 1,2 log przy zastosowaniu zarówno wody wodociągowej, jak i procesowej, bakterii *Salmonella* spp. – 2,2 log, a *L. monocytogenes* – tylko 0,8 cyklu logarytmicznego. Użycie wody wodociągowej efektywnie wpływało jednak na redukcję tych bakterii w czasie dalszego przechowywania próbek w temp. 5 °C – w niektórych przypadkach obserwowano całkowite zahamowanie ich rozwoju.

Wśród wielu badanych przez de São José i Vanetti [18] metod dezynfekcji korzeni pietruszki najbardziej skuteczny okazał się kwas nadoctowy (w stężeniu 40 mg/l) stosowany osobno (zmniejszenie liczby mezofilów tlenowych o 5,2 log oraz drożdży i pleśni – o 4 log) lub w połączeniu z ultradźwiękami (redukcja odpowiednio o ok. 5,8 log i 4,5 log). Kwas nadoctowy powodował jednak zmianę zapachu pietruszki, a zastosowany w połączeniu z ultradźwiękami – zmianę jej wyglądu (ciemnienie tkanek).

Vandekinderen i wsp. [23] stosowali do dezynfekcji marchwi komercyjny środek zawierający 5 % kwasu nadoctowego, 23 % nadtlenu wodoru i 8 % kwasu octowego rozcieńczonego w ten sposób, by uzyskać ustalone stężenie kwasu nadoctowego (25, 80, 150, 250 mg/l). Tak przygotowanymi roztworami myjącymi traktowali oni próbki marchwi przez 1, 5 i 10 min. Im wyższe było stężenie kwasu nadoctowego, tym większy stopień redukcji mikroorganizmów należących do naturalnej mikroflory tego warzywa obserwowano. Czas kontaktu roztworu z próbkami nie wpływał istotnie na tę redukcję, z wyjątkiem dezynfekcji roztworem o najwyższym stężeniu. Ponadto odkazane próbki nie zmieniły swej barwy, smaku i zapachu bezpośrednio po procesie.

Woda elektrolizowana

Woda elektrolizowana powstaje podczas elektrolizy roztworu chlorku sodu w komorze elektrolitycznej. Przy katodzie powstaje woda alkaliczna AIEW (*alkaline*

electrolyzed water, pH 10 - 11,5), która zawiera wodorotlenek sodu i gazowy wodór. Przy anodzie powstaje woda kwasowa AcEW (*acidic electrolyzed water*, pH 2,5 ÷ 3,5), która zawiera kwas solny HCl, kwas podchlorynowy HClO, jon podchlorynowy ClO⁻, gazowy chlor oraz tlen. Najsilniejszym związkiem o działaniu przeciwdrobnoustrojowym jest w tym przypadku HClO, który niszczy komórki wielokierunkowo: hamuje biosyntezę białek, oddychanie komórkowe, metabolizm węglowodanów (poprzez utlenianie wiązań disiarczkowych w ważnych enzymach), powoduje dekarboksylację aminokwasów i degradację DNA. Zastosowanie komory bez membrany rozdzielającej pozwala na uzyskanie lekko kwasowej wody elektrolizowanej (SAcEW – *slightly acidic electrolyzed water*), która najczęściej wykorzystywana jest w badaniach. Jej skuteczność porównywalna jest ze skutecznością podchlorynu sodu, a zaletą jest dużo niższe stężenie wolnego chloru (ok. 10 ÷ 30 mg/l w porównaniu z NaClO zawierającym 100 mg/l chloru) i pH bardziej zbliżone do neutralnego (5 ÷ 6,5, NaClO ok. 9,7), dzięki czemu nie powoduje ona korozji urządzeń oraz nie wpływa szkodliwie na organizm człowieka i środowisko [10, 11, 13, 16].

Badania prowadzone z wodą elektrolizowaną skupiają się na ocenie stopnia dezynfekcji warzyw przy różnym stężeniu wolnego chloru w SAcEW, temperaturze wody i czasie mycia. Zhang i wsp. [25] zaobserwowali, że im wyższe jest stężenie chloru, tym większa jest redukcja mikroorganizmów – mycie selera lekko kwasową wodą elektrolizowaną zawierającą 15 mg/l chloru skutkowało redukcją drożdży i pleśni o 1,3 log i bakterii tlenowych mezofilnych o 2,3 log, natomiast dwukrotnie wyższe stężenie pozwoliło zmniejszyć liczbę wszystkich bakterii o 4,2 ÷ 4,6 cyklu logarytmicznego, bez negatywnego wpływu na wygląd warzyw. Wyniki tych badań dowiodły też, że inaktywacja wszystkich grup mikroorganizmów jest tym większa, im dłuższy jest czas przebywania próbki w badanej wodzie. W doświadczeniu Rahmana i wsp. [16] zarówno liczba mikroorganizmów tlenowych mezofilnych, jak i liczba drożdży oraz pleśni zmalały o 1 log podczas mycia próbek marchwi przez 1 min, natomiast o 2,3 log, gdy czas mycia wynosił 3 i 5 min. Również temperatura roztworu myjącego wpływała na stopień inaktywacji drobnoustrojów: im była wyższa, tym większą inaktywację obserwowano (ok. 1,5 log w przypadku wody o temp. 1 °C, ok. 2,5 log przy 50 °C). Koide i wsp. [13] porównywali właściwości dezynfekujące lekko kwasowej wody elektrolizowanej o temp. 18 i 45 °C. Traktowanie marchwi podgrzaną wodą skutkowało większym stopniem dezynfekcji zarówno bakterii tlenowych mezofilnych, jak i drożdży oraz pleśni (różnica ok. 1,5 log w porównaniu z chłodną wodą elektrolizowaną). Zastosowanie SAcEW o temp. 18 °C spowodowało taki sam efekt jak zastosowanie wody wodociągowej o temp. 45 °C. Ponadto badacze nie zaobserwowali istotnego wpływu rodzaju i temperatury zastosowanej wody na zawartość kwasu askorbinowego i β-karotenu w marchwi. Z kolei Zhang i wsp. [25] nie stwierdzili, by podnoszenie temperatury użytej wody (w zakresie 4 ÷ 37 °C) zwiększało istotnie inak-

tywację drobnoustrojów na selerze traktowanym SAcEW. Issa-Zacharia i wsp. [11] uzyskali znacznie wyższą redukcję liczby patogenów za pomocą dezynfekcji SAcEW o stężeniu chloru 22 mg/l w porównaniu z próbkami mytymi wodą wodociągową (WW): w przypadku *E. coli* – 2,7 log (WW 0,9 log), a *Salmonella* spp. – 2,9 log (WW 0,4 log).

W trakcie przechowywania warzyw w temp. 4 °C przez 6 dni nie zaobserwowano wzrostu liczby bakterii tlenowych, drożdży i pleśni ani w próbkach kontrolnych, ani traktowanych SAcEW o stężeniu chloru 25 mg/l przez 5 min. Natomiast gdy temperatura przechowywania wynosiła 20 °C, liczba wszystkich mikroorganizmów wzrosła o ok. 1 cykl logarytmiczny (zarówno w próbkach odkażanych, jak i kontrolnych) [25].

Doświadczenia z wykorzystaniem alkalicznej wody elektrolizowanej prowadzili m.in. Rahman i wsp. [16]. Stosując AIEW do dezynfekcji marchwi uzyskali oni redukcję mikroorganizmów tlenowych mezofilnych oraz drożdży i pleśni o 1 log podczas mycia w ciągu 1 min. Gdy czas mycia wynosił 3 i 5 min, redukcja była rzędu 1,8 log w każdym przypadku. Badania nad wpływem temperatury roztworu myjącego na skuteczność odkażania potwierdziły, że wyższa temperatura prowadzi do większej inaktywacji wszystkich badanych grup mikroorganizmów (redukcja o ok. 1,5 log w przypadku 1 °C, ok. 2,5 log – 50 °C). Zastosowanie AIEW o temp. 50 °C pozwoliło również istotnie zmniejszyć liczbę bakterii patogennych zarówno *L. monocytogenes*, jak i *E. coli* o 2,7 cyklu logarytmicznego. Naukowcy zbadali również wpływ dodatku kwasu cytrynowego do alkalicznej wody elektrolizowanej na skuteczność dezynfekcji marchwi i na podstawie uzyskanych wyników zaproponowali połączenie działania AIEW z 1-procentowym kwasem cytrynowym przez 3 min i w temp. 50 °C jako najbardziej efektywną mieszankę. W takich warunkach redukcja *L. monocytogenes* i *E. coli* osiągnęła aż 4 log (3 min, 50 °C). Badania nie wykazały znacznego pogorszenia barwy, smaku i zapachu próbek marchwi poddanych takiej skojarzonej dezynfekcji i przechowywanych przez 15 dni w warunkach chłodniczych w porównaniu z próbkami kontrolnymi. W przypadku próbek kontrolnych maksymalny czas przechowywania produktu (bez znacznego obniżenia jakości konsumenckiej) wyniósł 9 dni, a próbek doświadczalnych – aż 15 dni.

Ozon

Ozon, reaktywna forma tlenu O₃, jest powszechnie stosowany do uzdatniania wody pitnej. Jego działanie polega na utlenianiu lipidów w błonach komórkowych oraz lipopolisacharydach bakterii Gram-ujemnych, a także hamowaniu aktywności enzymów wewnątrzkomórkowych. Dość szybko rozpada się do tlenu, stąd nie pozostawia szkodliwych produktów ubocznych. Jest on jednak niestabilny w otoczeniu cząstek materii organicznej, a jego skuteczność w dużej mierze zależy od pH i temperatury. Im wyższa temperatura wody, do której ozon jest pompowany, tym niższa rozpuszczal-

ność i stopień działania. Ozon jest silnym utleniaczem, dlatego może też wpływać na wygląd i właściwości produktu [2, 12]. FDA umieściło ozon na liście substancji dozwolonych do stosowania w przemyśle owocowo-warzywnym [6].

Najczęściej w badaniach stosowane są dwie metody ozonowania: dozowanie gazu bezpośrednio na warzywa oraz ich mycie za pomocą wody z rozpuszczonym wcześniej ozonem. Wyniki są bardzo rozbieżne w zakresie oceny ich skuteczności. Karaca i Velioglu [12] wykazali wyższą redukcję liczby bakterii *E. coli* i *Listeria innocua* (ponad 2 log) po odkazaniu korzeni pietruszki wodą ozonowaną (15 min, stężenie ozonu 12 mg/l) niż ozonem w postaci gazu (20 min, 1 mg/l, 1,2 ÷ 1,3 log), przy czym w żadnym przypadku nie obserwowali zmian zawartości chlorofilu. Ozon w formie gazowej przyczynił się jednak istotnie do zmniejszenia zawartości kwasu askorbinowego (o 40 %), związków fenolowych (o 12 %) oraz aktywności przeciwutleniającej (o 41 %) w porównaniu z próbą kontrolną, w odróżnieniu od ozonu rozpuszczonego w wodzie, który nie spowodował znaczących zmian. Dezynfekcja wodą ozonowaną okazała się bardziej skuteczna niż mycie pietruszki wodą destylowaną. Redukcja liczby bakterii *L. innocua* była identyczna jak w wodzie chlorowanej, lecz niższa w przypadku *E. coli*. Odmienne wyniki uzyskali Singh i wsp. [19] – traktowanie marchwi przez 15 min bezpośrednio gazowym ozonem umożliwiło zmniejszenie liczby bakterii *E. coli* O157:H7 o 2,5 cyklu logarytmicznego, podczas gdy wodą ozonowaną – tylko o 1,3 log. Nawet zwiększając stężenie rozpuszczonego ozonu w wodzie do 16,5 mg/l, nie odnotowali oni takiej redukcji, jaka miała miejsce podczas dezynfekcji marchwi gazowym ozonem w stężeniu 7,6 mg/l.

Im wyższe było stężenie ozonu w wodzie, tym większą inaktywację bakterii mezofilnych tlenowych stwierdzano w próbkach selera poddawanych myciu. W zakresie stężeń 0,03 ÷ 0,18 mg/l redukcja wynosiła 0,8 ÷ 1,7 cyklu logarytmicznego, jednak w ciągu 9 dni przechowywania dezynfekowanych próbek w temp. 4 °C liczba mikroorganizmów zwiększyła się o 1,4 ÷ 2,2 log. Zawartość witaminy C ulegała zmniejszeniu podczas kilkudniowego przechowywania niezależnie od zastosowanego stężenia ozonu, jednak w żadnym przypadku nie do tego stopnia, jak w próbie kontrolnej (niepoddawanej dezynfekcji). Co ciekawe, ogólna akceptacja próbki selera była tym większa, im wyższe zastosowano stężenie ozonu w wodzie. Ponadto nie odnotowano żadnych istotnych różnic pod względem jakości sensorycznej próbek dezynfekowanych wodą ozonowaną o stężeniu 0,18 mg/l i przechowywanych aż przez 9 dni w stosunku do próby kontrolnej, w której już po 3 dniach odnotowano znaczące różnice [26].

Rodzaj produktu a efektywność dezynfekcji

Badania prowadzone z różnymi owocami i warzywami wykazują, że oprócz metody dezynfekcji, dużą rolę w skuteczności tego procesu odgrywa również struktura i rodzaj powierzchni produktu. Warzywa mające gładką powierzchnię i luźniejszą

strukturę komórkową (np. pomidor) są bardziej podatne na wszelkie czynniki dezynfekujące niż warzywa twarde, mające pory i bruzdy, które ułatwiają wnikanie mikroorganizmów do głębiej położonych tkanek, a utrudniają wnikanie dezynfektantów (np. marchew) [2]. Zdjęcia z mikroskopu skaningowego potwierdzają umiejscawianie się bakterii głównie wewnątrz bruzd, w których chronione są przed dostępem czynnika dezynfekującego [14]. Dodatkowo krojenie i rozdrabnianie warzyw również umożliwia drobnoustrojom penetrowanie głębszych części tkanek [19, 23].

Podsumowanie

W artykule przedstawiono zaledwie kilka substancji służących do dezynfekcji warzyw korzeniowych przeznaczonych do bezpośredniego spożycia i produkcji soków lub surówek, które mogłyby w przyszłości zastąpić stosowanie niebezpiecznego podchlorynu sodu. Istnieją również inne związki chemiczne oraz metody, które są rozpatrywane pod tym względem, np. dichloroizocyjanuran sodu, ultradźwięki [18], diwęglan dimetylu [24], kwasy organiczne (np. cytrynowy), promieniowanie UV [2, 16]. Jednakże efektywność działania każdego środka dezynfekującego zależeć będzie przede wszystkim od rodzaju produktu, jego powierzchni oraz poziomu i rodzaju zanieczyszczenia mikrobiologicznego. Duże oczekiwania wiążą się z kwaśnym chlorynem sodu, a szczególnie z wodą elektrolizowaną, jednak jej zastosowanie wiąże się z zakupem specjalnej aparatury. Należy również rozważyć, czy nietoksyczność stosowanego środka jest ważniejsza niż jego mniejsza skuteczność w porównaniu z podchlorynem sodu. Podczas prowadzenia badań nad skutecznością działania różnych dezynfektantów należy jak najwierniej odwzorować warunki przemysłowe, czyli m.in. uwzględnić rodzaj wody, ponieważ obecność materii organicznej, często o bardzo wysokim stężeniu w przypadku stosowania mycia w obiegu zamkniętym, z wielokrotną recyrkulacją wody, może wpływać istotnie na otrzymane wyniki.

Nie można całkowicie wyeliminować drobnoustrojów podczas dezynfekcji warzyw. Najważniejsze jest więc, by pochodziły one z prawidłowo prowadzonego gospodarstwa rolnego i by podczas łańcucha żywnościowego zachowane były wszelkie zasady dobrej praktyki produkcyjnej, tak aby na żadnym jego etapie nie narażać produktów na dodatkowe zanieczyszczenie mikrobiologiczne.

Literatura

- [1] Augspole I., Rakcejeva T.: Effect of hydrogen peroxide on the quality parameters of shredded carrots. Annual 19th Int. Scient. Conf. Proc., "Research for Rural Development", Jelgava, Latvia, 2013, May, 15-17, Volume 1, pp. 91-97.
- [2] Bermúdez-Aguirre D., Barbosa-Cánovas G.V.: Disinfection of selected vegetables under nonthermal treatments: Chlorine, acid citric, ultraviolet light and ozone. Food Control, 2013, 29, 82-90.

- [3] European Food Safety Authority and European Centre for Disease Prevention and Control: The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2015. [on line]. EFSA. Dostęp w Internecie [08.11.2017]: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2016.4634/epdf>
- [4] Farrar J.J., Pryor B.M., Davis R.M.: *Alternaria* diseases of carrot. Plant Dis., 2004, 88 (8), 776-784.
- [5] Electronic Code of Federal Regulations: Food and Drugs – Part 120: Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) systems. [on line]. Dostęp w Internecie [28.11.2017]: <https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=d00687e7959173cb3a0f0d3d246c24a5&mc=true&node=pt21.2.120&rgn=div5>
- [6] Electronic Code of Federal Regulations: Food and Drugs – Part 173: Secondary direct food additives permitted in food for human consumption. [on line]. Dostęp w Internecie [28.11.2017]: <https://www.ecfr.gov/cgi-bin/retrieveECFR?gp=&SID=0498a7f641098aea8809fe5084f6ffd3&mc=true&n=sp21.3.173.d&r=SUBPART&ty=HTML#se21.3.173>
- [7] Food Standards Australia New Zealand: Final Assessment Report: Acidified sodium chlorite as a processing aid. [on line]. FSANZ. Dostęp w Internecie [02.11.2017]: http://www.foodstandards.gov.au/code/applications/documents/A476_Chlorite_Final_Assessment_Report.pdf
- [8] Gómez-López V.M., Devlieghere F., Ragaert P., Debevere J.: Shelf-life extension of minimally processed carrots by gaseous chlorine dioxide. Int. J. Food Microbiol., 2007, 116, 221-227.
- [9] Gómez-López V.M., Rajkovic A., Ragaert P., Smigic N., Devlieghere D.: Chlorine dioxide for minimally processed produce preservation: A review. Trends Food Sci. Technol., 2009, 20, 17-26.
- [10] Huang Y.R., Hung Y.C., Hsu S.Y., Huang Y.W., Hwang D.F.: Application of electrolyzed water in the food industry. Food Control, 2008, 19, 329-345.
- [11] Issa-Zacharia A., Kamitani Y., Miwa N., Muhimbula H., Iwasaki K.: Application of slightly acidic electrolyzed water as a potential non-thermal food sanitizer for decontamination of fresh ready-to-eat vegetables and sprouts. Food Control, 2011, 22, 601-607.
- [12] Karaca H., Velioglu Y.S.: Effects of ozone treatments on microbial quality and some chemical properties of lettuce, spinach and parsley. Postharvest Biol. Technol., 2014, 88, 46-53.
- [13] Koide S., Shitanda D., Note M., Cao W.: Effects of mildly heated, slightly acidic electrolyzed water on the disinfection and physicochemical properties of sliced carrot. Food Control, 2011, 22, 452-456.
- [14] Kwon K.Y., Kang K.A., Yoon K.S.: Effects of sodium hypochlorite and acidified sodium chlorite on the morphological, microbiological, and sensory qualities of selected vegetables. Food Sci. Biotechnol., 2011, 20 (3), 759-766.
- [15] Meireles A., Giaouris E., Simões M.: Alternative disinfection methods to chlorine for use in the fresh-cut industry. Food Res. Int., 2016, 82, 71-85.
- [16] Rahman S.M.E., Jin Y.G., Oh D.H.: Combination treatment of alkaline electrolyzed water and citric acid with mild heat to ensure microbial safety, shelf-life and sensory quality of shredded carrots. Food Microbiol., 2011, 28, 484-491.
- [17] Ruiz-Cruz S., Acedo-Félix E., Díaz-Cinco M., Islas-Osuna M.A., González-Aguilar G.A.: Efficacy of sanitizers in reducing *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes* populations on fresh-cut carrots. Food Control, 2007, 18, 1383-1390.
- [18] São José J.F.B., Vanetti M.C.D.: Application of ultrasound and chemical sanitizers to watercress, parsley and strawberry: Microbiological and physicochemical quality. Food Sci. Technol., 2015, 63, 946-952.

- [19] Singh N., Singh R.K., Bhunia A.K., Stroshine R.L.: Efficacy of chlorine dioxide, ozone, and thyme essential oil or a sequential washing in killing *Escherichia coli* O157:H7 on lettuce and baby carrots. Food Sci. Technol., 2002, 35 (8), 720-729.
- [20] Sun S.H., Kim S.J., Kwak S.J., Yoon K.S.: Efficacy of sodium hypochlorite and acidified sodium chlorite in preventing browning and microbial growth on fresh-cut produce. Prev. Nutr. Food Sci., 2012, 17, 210-216.
- [21] Szczech M., Kowalska B.: Mikroflora warzyw ekologicznych. Nowości Warzywnicze, 2010, 51, 65-72.
- [22] United States Department of Agriculture: Technical Evaluation Report: Acidified sodium chlorite. Handling/processing. [on line]. Dostęp w Internecie [02.11.2017]: <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/S%20Chlorite%20A2%20report.pdf>
- [23] Vandekinderen I., Devlieghere F., De Meulenaer B., Ragaert P., Van Camp J.: Optimization and evaluation of a decontamination step with peroxyacetic acid for fresh-cut produce. Food Microbiol., 2009, 26, 882-888.
- [24] Wang C., Chen Y., Xu Y., Wu J., Xiao G., Zhang Y., Liu Z.: Effect of dimethyl dicarbonate as disinfectant on the quality of fresh-cut carrot (*Daucus carota* L.). J. Food Process. Pres., 2013, 37 (5), 751-758.
- [25] Zhang C., Cao W., Hung Y.C., Li B.: Disinfection effect of slightly acidic electrolyzed water on celery and cilantro. Food Control, 2016, 69, 147-152.
- [26] Zhang L., Lu Z., Yu Z., Gao X.: Preservation of fresh-cut celery by treatment of ozonated water. Food Control, 2005, 16, 279-283.

METHODS FOR DISINFECTION OF CARROT AND OTHER ROOT VEGETABLES

S u m m a r y

Microorganisms on surfaces of fruits and vegetables come not only from the natural environment but also from every stage of the food chain through which they have to pass (handling, packaging, and transportation). In the industrial processing plants, washing and disinfecting raw materials intended for direct consumption or production of unpasteurized juices is usually the only step in reducing the number of contaminating and pathogenic microorganisms. Particular attention should be paid to root vegetables because their edible parts have direct contact with the soil that is a habitat for many different groups of microorganisms. In the fruit and vegetable industry, sodium hypochlorite is the most commonly used disinfectant, which, despite its high efficiency, has many disadvantages: it causes corrosion of devices, may adversely affect the appearance, taste and smell of vegetables, and it contributes to the formation of dangerous trihalomethanes. In the paper, there are presented alternative to sodium hypochlorite substances used to disinfect root vegetables, mainly carrots, since those root vegetables are an important raw material in the Polish juice industry. The paper contains also a review of the literature relating to such compounds as acidified sodium chlorite, chlorine dioxide, hydrogen peroxide, peracetic acid, electrolyzed water, and ozone. There were depicted antimicrobial properties of disinfectants against yeasts, moulds, Gram-negative and Gram-positive bacteria as well as their disadvantages, advantages, mechanism of action, and effect on the organoleptic characteristics and lifespan prolongation of vegetables. Among the disinfectant described, the electrolyzed water and acidified sodium chlorite are highlighted owing to their high efficacy and no negative impacts on vegetable tissues, environment, and consumer health.

Key words: carrot, disinfection, sodium hypochlorite, acidified sodium chlorite, electrolyzed water ☒

HALINA GAMBUŚ, GABRIELA ZIEĆ, DOROTA LITWINEK,
MONIKA DRUŻKOWSKA, FLORIAN GAMBUŚ, BARBARA MICKOWSKA

PORÓWNANIE WARTOŚCI WYPIEKOWEJ MĄKI Z PSZENICY ORKISZOWEJ Z MĄKĄ Z PSZENICY ZWYCZAJNEJ

Streszczenie

Celem pracy było porównanie składu chemicznego i wartości wypiekowej mąki typu 500 z pszenicy zwyczajnej z mąką z pszenicy orkiszowej uzyskanych podczas przemiału laboratoryjnego ziarna uprawianego w gospodarstwach ekologicznych. Materiałem doświadczalnym były mąki i chleby pszenne wypieczone z tych mąk. Oceniono wartość technologiczną mąki, w tym wodochłonność metodą AACC oraz skład chemiczny mąk metodami AOAC. Wypieczone chleby metodą bezpośrednią oceniono organoleptycznie, a następnie zmierzono ich objętość, wilgotność i parametry tekstury miękkiszu w dniu wypieku, jak również podczas trzydobowego przechowywania.

Mąka pszenna orkiszowa odznaczała się dużą wodochłonnością i zawartością glutenu o słabej jakości, co potwierdziły wypieki, gdyż objętość chlebów z mąki orkiszowej była istotnie mniejsza w porównaniu z objętością chleba pszennego z mąki handlowej. Mąka z trzech odmian pszenicy orkiszowej odznaczała się istotnie większą zawartością białka ogółem w porównaniu z mąką z pszenicy zwyczajnej, natomiast pod względem zawartości pozostałych składników chemicznych, tj. skrobi, włókna pokarmowego, tłuszczu i popiołu, mąki orkiszowe nie różniły się istotnie od mąki z pszenicy zwyczajnej tego samego typu 500 zakupionej w młynie przemysłowym. Zawartość aminokwasów egzogennych oraz wskaźniki: aminokwasu ograniczającego – CS i aminokwasów egzogennych EAA w mące orkiszowej i mące z pszenicy zwyczajnej były porównywalne. Na podstawie wyników wilgotności miękkiszu i jego profilu tekstury (analiza TPA) nie można autorytatywnie stwierdzić, że pieczywo wyprodukowane z mąki orkiszowej ulega szybkiemu starzeniu się, jak również nie można potwierdzić doniesień o dłuższym zachowaniu świeżości przez to pieczywo w porównaniu z chlebami z mąki z pszenicy zwyczajnej.

Słowa kluczowe: pszenica orkisz i zwyczajna, wartość wypiekowa mąki, składniki odżywcze, jakość pieczywa

Prof. dr hab. inż. H. Gambuś, dr G. Zieć, dr D. Litwinek, mgr inż. M. Drużkowska, Katedra Technologii Węglowodanów, dr B. Mickowska, Katedra Technologii Gastronomicznej i Konsumpcji, Wydz. Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków, prof. dr hab. inż. F. Gambuś, Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Wydz. Rolniczo-Ekonomiczny, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al A. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków. Kontakt: rrgambus@cyf-kr.edu.pl

Wprowadzenie

Produkty zbożowe to składniki diety powstające po przetworzeniu ziaren zbóż. Są to najbardziej rozpowszechnione produkty żywnościowe zawierające zarówno całe ziarno, jak i jego części składowe, takie jak zarodek czy otręby w postaci gotowych preparatów, które mogą wzbogacać codzienne posiłki. Zboża dostarczają organizmowi niezbędnych składników odżywczych, co ważne, w ilościach zaspokajających ich dzienne zapotrzebowanie [9].

Jednym z najważniejszych i najpopularniejszych zbóż jest pszenica – źródło węglowodanów (szczególnie skrobi), białek, witamin, składników mineralnych i włókna pokarmowego [22], jak również przeciwutleniaczy, wśród których najliczniejszą grupę stanowią polifenole [21].

Jak podkreśla się we wcześniejszych badaniach innych autorów, największe spożycie spośród różnych grup żywności dotyczy przetworów pszenicznych. Postęp, jaki dokonuje się w dziedzinie genetyki, prowadzi do tworzenia odmian zbóż wysokopienne, niestety o niewystarczającej wartości odżywczej. To skłania hodowców do powtórnego wykorzystania pierwotnych odmian pszenicy, które choć mniej plenne, odznaczają się ziarnem o dużej wartości odżywczej [34].

Interesującą formą pszenicy jest orkisz – pszenica znana już w starożytności, wyparta następnie przez pszenicę zwyczajną, przeżywająca obecnie swój renesans. Odznacza się ona wieloma cechami umożliwiającymi jej uprawę w gospodarstwach ekologicznych, m.in. źle znosi wysokie dawki nawozów – charakteryzuje się bowiem długą łodygą i zbyt intensywne nawożenie prowadzi do jej wylegania [32]. Ograniczone stosowanie nawożenia powoduje, że wśród odbiorców żywności ekologicznej pszenica orkisz wzbudza największe zainteresowanie. Ponadto, jak wynika z literatury przedmiotu [6, 33], jej wartość odżywcza jest większa od pszenicy zwyczajnej. Pszenicy orkiszowej przypisuje się również wiele walorów zdrowotnych, o których wiedzieli już przodkowie [8].

Celem pracy było porównanie składu chemicznego i wartości wypiekowej mąki typu 500 z pszenicy zwyczajnej z mąką z pszenicy orkisz, uzyskanych podczas prze-miału laboratoryjnego ziarna z uprawy w gospodarstwach ekologicznych, w tym samym rejonie klimatycznym, tj. w województwie kujawsko-pomorskim.

Material i metody badań

Materiałem do badań było ziarno mieszanki pszenicy zwyczajnej, pochodzącej z dwóch gospodarstw ekologicznych w województwie kujawsko-pomorskim:

- ziarno pszenicy zwyczajnej z gospodarstwa „Bartkowski” w Brodnicy oznaczone w pracy jako pszenica BIO I,

- ziarno pszenicy zwyczajnej z gospodarstwa „Tykarska” w Brodnicy oznaczone w pracy jako pszenica BIO II.

Materiałem doświadczalnym było także ziarno z trzech odmian pszenicy orkisz pochodzące z gospodarstwa ekologicznego „Aleksandra i Mieczysław Babalscy” w Pokrzydowie:

- dwóch odmian ozimych – Oberkulmer Rotkorn oraz Frankenkorn,
- jednej odmiany jarej o nieznanej nazwie.

Ziarno obu form pszenicy zmielono na mąkę w laboratoryjnym młynie Quadrumat Senior i uzyskano mąkę jasną typu 500. Do dalszych badań używano także mąki pszennej typu 500 wyprodukowanej w młynie przemysłowym PZZ w Krakowie S. A.

Materiałem doświadczalnym były także chleby wypieczone metodą bezpośrednią z ww. surowców.

Przeprowadzono analizę mąki, która obejmowała: liczbę opadania – metodą Haddberga Pertena w aparacie Falling Number 1800 (Szwecja) [13], analizę glutenu – w aparacie Glutomatic 2200 firmy Falling Number (Szwecja) [13], wartość indeksu glutenowego – w specjalnej wirówce typu 2015 (Szwecja) zgodnie z instrukcją firmy Perten, a także wodochłonność – w aparacie Farinograph firmy Brabender (Niemcy) [1].

Skład chemiczny badanych mąk, tj. zawartość: wody, białka ogółem, tłuszczu, związków mineralnych w postaci popiołu oraz włókna pokarmowego – frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej oznaczano metodami AOAC [3]. Oznaczano także zawartość makro- i mikropierwiastków (P, K, Mg, Ca, Na, Fe, Zn, Mn, Cu). Próbkę spopielił na sucho przez 4 h w temp. 900 °C, a popiół rozpuszczano w kwasie azotowym(V). Wapń i potas oznaczano metodą emisji atomowej, pozostałe badane składniki mineralne – spektrofotometrem emisyjnym z indukcyjnie wzbudzoną plazmą JI 238 Ultrac firmy Jobin Yvon (Francja), a skład aminokwasowy analizatorem aminokwasów AAA 400 Ingos (Czechy) [29]. Na podstawie ilości i rodzaju aminokwasów obliczano wskaźniki wartości odżywczej białka – wskaźnik aminokwasu ograniczającego (CS) oraz zintegrowany wskaźnik aminokwasów egzogennych (EAA).

Wypiek laboratoryjny przeprowadzano metodą bezpośrednią. Ciasto na chleb pszenny i orkiszowy sporządzano według receptury przedstawionej w tab. 1.

Proces przygotowania ciasta chlebowego obejmował: mieszanie ciasta przez 9 min, pierwszą fermentację ciasta (15 min w temp. 40 °C), formowanie kęsów ciasta o masie 250 g, drugą fermentację (20 min, w foremkach, w temp. 40 °C). Chleby wypiekano w temp. 230 °C przez 30 min w piecu Miwe Condo, typ CO 2608 (Miwe, Niemcy).

Tabela 1. Receptury badanych chlebów

Table 1. Recipes of breads analysed

Rodzaj chleba Type of bread	Mąka pszenna Wheat flour [g]	Woda Water [cm ³]	Drożdże Yeast [g]	Sól Salt [g]
Z handlowej mąki pszennej typu 500 (standard) Made from commercial wheat flour type 500	1000	620*	30	15
Z pszenicy BIO I Made from common wheat BIO I	1000	625	30	15
Z pszenicy BIO II Made from common wheat BIO II	1000	620	30	15
Z pszenicy orkisz ozimej odmiany Oberkulmer Rothkorn / Made from Oberkulmer Rothkorn winter spelt wheat variety	1000	645	30	15
Z pszenicy orkisz ozimej odmiany Frankenkorn Made from Frankenkorn winter spelt wheat variety	1000	680	30	15
Z pszenicy orkisz jarej Made from spring spelt wheat	1000	720	30	15

Objaśnienia / Explanatory notes:

* – oznaczona wodochłonność 500 j.B + 30 cm³ H₂O w celu doprowadzenia do konsystencji ciasta 350 j.B / water binding capacity determined at 500 B.U. + 30 cm³ of H₂O in order to achieve a dough consistency of 350 B.U.

Po wyjęciu z pieca chleby studzono przez ok. 2 h, następnie ważono, mierzono objętość w laserowym mierniku objętości Volscan Profiler (Wielka Brytania). Wykonywano także organoleptyczną ocenę punktową zgodnie z normą [24] przez 10-osobowy zespół o sprawdzonej wrażliwości sensorycznej. Wyliczano również całkowitą stratę wypiekową oraz wydajność otrzymanego pieczywa [4].

Chleby przechowywano przez 3 doby w woreczkach z folii polietylenowej (LDPE), w stałych warunkach wilgotności względnej (64 %) oraz w temp. 20 °C. Zarówno w dniu wypieku, jak i w każdym kolejnym dniu przechowywania oznaczano wilgotność miękkiszu chleba [3] oraz wybrane cechy mechaniczne miękkiszu metodą TPA, tj. twardość, żujność, odbojność i spójność analizatorem tekstury TA. XT Plus (Stable Micro Systems, Wielka Brytania). Test polegał na dwukrotnym ściśnięciu próbki w środkowej części kromki o grubości 3 cm trzpieniem o średnicy 20 mm, z prędkością przesuwu 2 mm·min⁻¹. Przerwa między cyklami wynosiła 2 s, a stopień kompresji – 3 mm.

Wszystkie analizy wykonano w co najmniej dwóch powtórzeniach. Jednoczynnikową analizę wariancji wykonano przy użyciu programu komputerowego Statistica 10.0. Istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi weryfikowano testem Duncana ($p = 0,05$).

Wyniki i dyskusja

W badanych mąkach oznaczono zawartość podstawowych składników chemicznych (tab. 2). Istotnie większą zawartością białka ogółem spośród wszystkich analizowanych prób wyróżniały się mąki z pszenicy orkisz, zarówno odmian ozimych, jak i jarej (na poziomie 13 % s.s.). Mąka handlowa z produkcji przemysłowej odznaczała się istotnie, ale niewiele mniejszą zawartością białka (12,65 % s.s.) w porównaniu z mąką pszenną orkiszową, natomiast obie analizowane mąki z pszenicy zwyczajnej z gospodarstw ekologicznych wyróżniały się najmniejszą zawartością białka (BIO I – 7,59 %, BIO II – 8,92 %), o kilka procent mniejszą w odniesieniu do mąki handlowej (tab. 2). Zawartość białka w pszenicy orkiszowej nie odbiegała od wyników opublikowanych wcześniej przez innych autorów [17].

Tabela 2. Zawartość podstawowych składników chemicznych w mące orkiszowej i w mące z pszenicy zwyczajnej

Table 2. Content of basic chemical compounds of spelt wheat and common wheat flours

Rodzaj mąki Type of flour	Białko ogółem [% s.s.] Total protein [% d.m.] (N×5,7)	Włókno pokarmowe [% s.s.] Dietary fibre [% d.m.]			Skrobia [% s.s.] Starch [% d.m.]	Tłuszcz [% s.s.] Fat [% d.m.]
		Rozpuszczalne Soluble	Nierozpuszczalne Insoluble	Całkowite Total		
Handlowa typu 500 (standard) Commercial type 500	12,56 ^c ± 0,22	0,84 ^a ± 0,04	2,44 ^c ± 0,04	3,28 ^b ± 0,08	79,15 ^b ± 0,13	1,45 ^{bc} ± 0,09
Pszenna BIO I Common wheat BIO I	7,57 ^a ± 0,14	1,53 ^d ± 0,08	2,30 ^b ± 0,04	3,83 ^d ± 0,01	83,63 ^d ± 0,01	1,26 ^b ± 0,00
Pszenna BIO II Common wheat BIO II	8,92 ^b ± 0,11	1,11 ^b ± 0,03	1,87 ^a ± 0,01	2,98 ^a ± 0,01	78,98 ^b ± 0,06	0,85 ^a ± 0,08
Orkiszowa odmiana ozima Oberkulmer Rothkorn Oberkulmer Rothkorn winter spelt wheat variety	13,18 ^d ± 0,12	1,23 ^c ± 0,06	1,82 ^a ± 0,02	3,05 ^a ± 0,04	75,91 ^a ± 0,19	1,57 ^c ± 0,08
Orkiszowa odmiana ozima Frankenkorn / Frankenkorn winter spelt wheat variety	13,25 ^d ± 0,18	1,85 ^e ± 0,01	1,85 ^a ± 0,00	3,70 ^c ± 0,01	80,45 ^c ± 0,09	1,49 ^c ± 0,00
Orkiszowa odmiana jara Spring spelt wheat	13,00 ^d ± 0,09	1,46 ^d ± 0,03	1,85 ^a ± 0,07	3,31 ^b ± 0,04	80,81 ^c ± 0,28	1,50 ^c ± 0,17

Objaśnienia / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; n = 6; a, b, c, d, e – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie (p ≤ 0,05) / mean values in columns denoted by different letters differ statistically significantly (p ≤ 0.05).

Pod względem zawartości oznaczonych aminokwasów egzogennych mąki orkiszowe nie różniły się od mąki z pszenicy zwyczajnej pochodzącej z młyna przemysłowego (tab. 3). Nie potwierdza to wyników wcześniej opublikowanych przez innych autorów [11], którzy oznaczyli większą zawartość wszystkich aminokwasów egzogennych w mące orkiszowej w porównaniu z mąką z pszenicy zwyczajnej, z wyjątkiem zawartości lizyny, która była porównywalna w obydwu rodzajach mąk. Jak wynika z danych zawartych w tab. 3., w dwóch badanych próbach mąki orkiszowej (Frankenkorn i orkiszu jarego) oznaczono niewiele większą, ale statystycznie istotną zawartość lizyny w odniesieniu do pozostałych mąk. Najmniejszą zawartością wszystkich aminokwasów egzogennych charakteryzowały się mąki z pszenicy zwyczajnej BIO I i BIO II (tab. 3), w których oznaczono najmniejszą zawartość białka (tab. 2).

Tabela 3. Zawartość wybranych aminokwasów egzogennych w badanych mąkach
Table 3. Content of selected exogenous amino acids in flours analysed

Rodzaj mąki Type of flour	Thr	Val	Ile	Leu	Phe	Met	Lys
	[mg/g s.s.] / [mg/g d.m.]						
Handlowa typu 500 (standard) Commercial type 500	3,34 ^c ± 0,03	5,40 ^c ± 0,01	4,71 ^c ± 0,01	8,85 ^c ± 0,00	6,44 ^c ± 0,01	2,73 ^c ± 0,02	2,52 ^{bc} ± 0,00
Pszenna BIO I Common wheat BIO I	2,30 ^a ± 0,06	3,79 ^a ± 0,12	3,10 ^a ± 0,03	6,09 ^a ± 0,02	4,02 ^a ± 0,01	1,87 ^a ± 0,04	2,18 ^a ± 0,06
Pszenna BIO II Common wheat BIO II	2,76 ^b ± 0,03	4,02 ^b ± 0,00	3,79 ^b ± 0,01	7,13 ^b ± 0,01	5,06 ^b ± 0,00	2,30 ^b ± 0,02	2,18 ^a ± 0,00
Orkiszowa odmiana ozima Oberkulmer Rothkorn / Oberkulmer Rothkorn winter spelt wheat variety	3,34 ^c ± 0,00	5,86 ^c ± 0,05	4,94 ^c ± 0,02	9,73 ^c ± 0,03	6,67 ^c ± 0,03	2,99 ^d ± 0,03	2,52 ^{bc} ± 0,02
Orkiszowa odmiana ozima Frankenkorn Frankenkorn winter spelt wheat variety	3,68 ^c ± 0,07	6,09 ^c ± 0,12	5,30 ^c ± 0,13	10,00 ^c ± 0,18	7,24 ^c ± 0,05	3,05 ^d ± 0,13	2,87 ^c ± 0,02
Orkiszowa odmiana jara Spring spelt wheat	3,34 ^c ± 0,01	4,60 ^c ± 0,03	4,83 ^c ± 0,04	9,31 ^c ± 0,10	6,67 ^c ± 0,07	2,99 ^d ± 0,02	2,64 ^{bc} ± 0,00

Objaśnienia / Explanatory notes:

Thr – treonina / threonine; Val – walina / valine; Ile – izoleucyna / isoleucine; Leu – leucyna / leucine; Phe – fenyloalanina / phenylalanine; Met – metionina / methionine; Lys – lizyna / lysine.

Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 2. / Other explanatory notes as in Tab. 2.

Nie zaobserwowano także istotnych różnic pomiędzy zawartością oznaczonych aminokwasów endogennych w mąkach orkiszowych i handlowej mące z pszenicy zwyczajnej (tab. 4), co potwierdza dane opublikowane przez Galovą i Knoblochową

[11]. I w tym przypadku najmniejszą zawartość aminokwasów endogennych oznaczono w mąkach z pszenicy zwyczajnej BIO I i BIO II.

Ze względu na to, że metody chemicznego oznaczania aminokwasów pozwalają jedynie określić ich zawartość w produkcie, nie mogą one być głównym kryterium oceny jakości białka. Nie uwzględniają one bowiem strawności białka oraz stopnia jego przyswajalności i zapotrzebowania na indywidualne aminokwasy, szczególnie egzogenne [10, 14]. Dlatego też zawartość aminokwasów w 100 g badanego białka porównuje się ze wzorcem zaproponowanym przez FAO/WHO [10]. Na podstawie analiz wykazano, że aminokwasem ograniczającym wartość biologiczną białka badanych mąk była lizyna.

Tabela 4. Zawartość wybranych aminokwasów endogennych w badanych mąkach

Table 4. Content of selected endogenous amino acids in flours analysed

Rodzaj mąki Type of flour	Asp	Ser	Glu	Pro	Gly	Ala	Cys	Tyr	His	Arg
	[mg/g s.s.] / [mg/g d.m.]									
Handlowa typu 500 (standard) Commercial type 500	5,17 ^{ab} ± 0,01	6,09 ^c ± 0,01	45,29 ^c ± 0,08	17,36 ^c ± 0,08	4,60 ^b ± 0,00	3,79 ^b ± 0,01	3,92 ^c ± 0,05	4,02 ^b ± 0,01	3,33 ^b ± 0,02	5,75 ^b ± 0,03
Pszenka BIO I Common wheat BIO I	4,02 ^a ± 0,02	3,91 ^a ± 0,05	26,21 ^a ± 0,13	10,46 ^a ± 0,05	3,22 ^a ± 0,00	2,87 ^a ± 0,02	2,82 ^a ± 0,05	2,53 ^a ± 0,06	2,18 ^a ± 0,02	4,37 ^a ± 0,00
Pszenka BIO II Common wheat BIO II	4,18 ^a ± 0,01	4,83 ^b ± 0,01	34,02 ^b ± 0,06	12,99 ^b ± 0,02	3,56 ^a ± 0,01	3,10 ^a ± 0,00	3,36 ^b ± 0,01	2,87 ^a ± 0,01	2,53 ^b ± 0,02	4,71 ^a ± 0,01
Orkiszowa odmiana ozima Oberkulmer Rothkorn / Oberkulmer Rothkorn winter spelt wheat variety	5,29 ^b ± 0,01	6,09 ^c ± 0,00	46,44 ^c ± 0,13	18,16 ^c ± 0,01	4,48 ^b ± 0,00	3,79 ^b ± 0,01	4,25 ^d ± 0,04	4,25 ^b ± 0,01	3,33 ^b ± 0,40	5,75 ^b ± 0,03
Orkiszowa odmiana ozima Frankenkorn Frankenkorn winter spelt wheat variety	4,94 ^{ab} ± 0,11	6,44 ^c ± 0,13	48,51 ^c ± 0,52	19,54 ^c ± 0,57	4,94 ^b ± 0,08	4,14 ^b ± 0,08	4,31 ^d ± 0,16	4,14 ^b ± 0,05	3,45 ^b ± 0,00	6,09 ^b ± 0,13
Orkiszowa odmiana jara Spring spelt wheat	5,75 ^b ± 0,01	6,09 ^c ± 0,07	45,52 ^c ± 0,48	17,93 ^c ± 0,15	4,48 ^b ± 0,04	3,91 ^b ± 0,04	4,26 ^d ± 0,04	4,02 ^b ± 0,04	3,33 ^b ± 0,01	5,63 ^b ± 0,03

Objaśnienia / Explanatory notes:

Asp – asparagina / asparagine; Ser – seryna / serine; Glu – kwas glutaminowy / glutamic acid; Pro – prolina / proline; Gly – glicyna / glycine; Ala – alanina / alanine; Cys – cysteina / cysteine; Tyr – tyrozyna / tyrosine; His – histydyna / histidine; Arg – arginina / arginine.

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; n = 6; a, b, c, d – wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) / mean values in lines denoted by different letters differ statistically significantly ($p \leq 0,05$).

Wskaźnik aminokwasu ograniczającego (CS) we wszystkich mąkach orkiszowych ($34,82 \div 36,89$ %) był porównywalny z mąką pszenną handlową – 35,88 % (tab. 5) i istotnie mniejszy od mąki z pszenicy zwyczajnej BIO I (50,25 %) i BIO II (41,40 %). Mąki z pszenicy zwyczajnej BIO I i BIO II wyróżniały się też największym zintegrowanym wskaźnikiem aminokwasów egzogennych (EAA), odpowiednio: 90,84 i 88,31 %, co świadczy o większej wartości biologicznej białka w tych mąkach w porównaniu z mąkami orkiszowymi, w których EAA zawierał się w granicach $84,96 \div 85,81$ % (tab. 5).

Tabela 5. Wskaźnik aminokwasu ograniczającego (CS) i wskaźnik aminokwasów egzogennych (EAA) badanych mąk

Table 5. Chemical Score (CS) Index and Exogenous Amino Acids (EAA) Index of flours analysed

Rodzaj mąki / Type of flour	CS [%]	EAA [%]
Handlowa typu 500 (standard) / Commercial type 500	$35,88^{ab} \pm 0,93$	$85,46^a \pm 0,62$
Pszenna BIO I / Common wheat BIO I	$50,25^d \pm 1,39$	$90,87^c \pm 0,71$
Pszenna BIO II / Common wheat BIO II	$41,40^c \pm 0,45$	$88,31^b \pm 0,25$
Orkiszowa odmiana ozima Oberkulmer Rothkorn Oberkulmer Rothkorn winter spelt wheat variety	$34,82^a \pm 1,19$	$84,96^a \pm 0,71$
Orkiszowa odmiana ozima Frankenkorn Frankenkorn winter spelt wheat variety	$36,89^b \pm 1,04$	$85,81^a \pm 0,52$
Orkiszowa odmiana jara / Spring spelt wheat	$36,42^{ab} \pm 1,49$	$85,68^a \pm 0,98$

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

Uzyskane wyniki dotyczące zarówno wskaźnika CS, jak i EAA nie upoważniają więc do poparcia stanowiska podkreślającego większą wartość biologiczną białka pszenicy orkisz w porównaniu z białkiem z pszenicy zwyczajnej [8].

Mąka z pszenicy BIO I, o najmniejszej zawartości białka, charakteryzowała się jednocześnie największą zawartością skrobi i największą zawartością włókna pokarmowego w porównaniu ze wszystkimi pozostałymi mąkami (tab. 2).

W mące z pszenicy BIO II, drugiej pod względem małej zawartości białka, oznaczono też najmniejszą zawartość włókna pokarmowego i porównywalną z innymi mąkami zawartość skrobi.

We wszystkich badanych mąkach oznaczono zawartość włókna pokarmowego w granicach $2,98 \div 3,83$ % s.s. (tab. 2). Mąki orkiszowe nie wyróżniły się pod tym względem, bowiem największą i porównywalną zawartość włókna pokarmowego ogółem oznaczono zarówno w mące orkiszowej z ziarna odmiany Frankenkorn (3,70 % s.s.), jak i w mące z pszenicy zwyczajnej BIO I (3,83 % s.s.), co jest zgodne z wynikami badań wcześniejszych [30]. We wszystkich mąkach oznaczono większą zawartość frakcji włókna nierozpuszczalnego, z wyjątkiem mąki z pszenicy orkiszowej

Frankenkorn, w której włókno pokarmowe występowało w jednakowej ilości (po 50 %) we frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej.

Najmniejszą zawartość skrobi (75,91 %) oznaczono w mące orkiszowej z ziarna odmiany Oberkulmer Rothkorn, w odniesieniu do wszystkich badanych mąk (tab. 2). Zawartość skrobi w tej mące była także istotnie mniejsza w porównaniu z pozostałymi mąkami orkiszowymi (80,45 i 80,81 %), co nie znajduje potwierdzenia w zawartości białka, (porównywalnej we wszystkich mąkach orkiszowych), a jak wiadomo znana jest odwrotnie proporcjonalna zależność zawartości białka i skrobi w ziarnach zbóż [7]. W dotychczas opublikowanych pracach wykazano znacznie mniejszą zawartość skrobi w mąkach orkiszowych w granicach $48,29 \div 66,66$ % [2, 23]. Różnice te mogą być spowodowane takimi czynnikami, jak odmiana, warunki klimatyczne czy agroekologiczne. W większości przypadków autorzy nie podają typu analizowanych mąk, pisząc tylko, że była to mąka „jasna”, „sitkowa” lub „całoziarnowa”.

W mąkach orkiszowych oznaczono porównywalną zawartość substancji tłuszczowych – ok. 1,5 % s.s. i była to zawartość istotnie większa od zawartości tego składnika w mąkach z pszenicy zwyczajnej – $0,85 \div 1,45$ % s.s. (tab. 2). W badaniach innych autorów wyniki oznaczenia tego składnika zarówno w mąkach, jak i ziarnie orkiszu były zróżnicowane – $0,74 \div 1,26$ % [23].

Tabela 6. Zawartość wybranych makroelementów w badanych mąkach

Table 6. Content of selected macroelements in flours analysed

Rodzaj mąki Type of flour	Zawartość makroelementów / Content of macroelements [mg/kg]				
	P	K	Mg	Ca	Na
Handlowa typu 500 (standard) Commercial type 500	$998^b \pm 2,12$	$1302^d \pm 2,83$	$129^d \pm 1,70$	$28^c \pm 1,06$	$25^{ab} \pm 0,71$
Pszenna BIO I Common wheat BIO I	$938^b \pm 10,61$	$1710^e \pm 19,09$	$112^b \pm 0,92$	$28^c \pm 0,21$	$25^a \pm 0,78$
Pszenna BIO II Common wheat BIO II	$832^a \pm 11,31$	$1195^c \pm 60,81$	$103^a \pm 0,42$	$27^c \pm 0,07$	$27^{bc} \pm 0,99$
Orkiszowa odmiana ozima Oberkulmer Rothkorn Oberkulmer Rothkorn winter spelt wheat variety	$1022^b \pm 70,71$	$732^a \pm 15,56$	$121^c \pm 3,82$	$27^c \pm 0,21$	$28^c \pm 0,14$
Orkiszowa odmiana ozima Frankenkorn / Frankenkorn winter spelt wheat variety	$1324^c \pm 28,99$	$1105^b \pm 4,95$	$176^f \pm 0,78$	$22^a \pm 0,28$	$25,1^a \pm 0,71$
Orkiszowa odmiana jara Spring spelt wheat	$1339^c \pm 46,67$	$1246^{cd} \pm 43,13$	$149^e \pm 1,56$	$25^b \pm 0,64$	$34,4^d \pm 0,21$

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

Przy zbliżonej zawartości popiołu we wszystkich analizowanych mąkach, w mąkach orkiszowych oznaczono istotnie większą zawartość fosforu (P) – $(1022 \div 1339 \text{ mg/kg})$ w porównaniu z mąką z pszenicy zwyczajnej $(832 \div 998 \text{ mg/kg})$ – tab. 6. Potwierdza to dane literaturowe z wcześniejszych badań [25] odnośnie do zawartości fosforu. W dwóch próbach mąki orkiszowej (z orkiszu ozimego odmiany Frankenkorn i z orkiszu jarego) oznaczono też istotnie większą zawartość magnezu (Mg) – $148,9 \div 176,3 \text{ mg/kg}$ w odniesieniu do pozostałych prób $(103 \div 128,7 \text{ mg/kg})$. Zawartość pozostałych oznaczonych makroelementów, tj. K, Ca, i Na w mąkach orkiszowych była zbliżona do oznaczonej w mąkach z pszenicy zwyczajnej (tab. 6). Oceniane mąki orkiszowe nie odbiegały też od mąk z pszenicy zwyczajnej pod względem zawartości oznaczonych mikroelementów (tab. 7). Mąki te wyróżniały się istotnie jedynie zawartością żelaza (Fe), choć ziarno było uprawiane w tych samych warunkach agrotechnicznych. Wyniki przedstawione w tej pracy nie potwierdzają więc opinii zawartej w publikacji Rachoń i Szumiły [26], w której podkreślono większą zawartość Cu, Fe, Mn w mąkach orkiszowych w porównaniu z mąką z pszenicy zwyczajnej. Jak wynika z danych zawartych w tab. 7., największą zawartością Fe, Mn i Cu odznaczała się mąka z pszenicy zwyczajnej BIO I, ale najprawdopodobniej było to spowodowane obecnością otrąb w tej mące, co jednocześnie uniemożliwiało wymycie z niej glutenu (tab. 8).

Tabela 7. Zawartość popiołu i wybranych mikroelementów w badanych mąkach

Table 7. Content of total ash and selected macroelements in flours analysed

Rodzaj mąki Type of flour	Popiół całkowity Total ash [%]	Fe	Zn	Mn	Cu
		[mg/kg]			
Handlowa typu 500 (standard) Commercial type 500	$0,50^b \pm 0,00$	$15,50^c \pm 1,34$	$14,85^a \pm 0,71$	$4,45^b \pm 0,01$	$0,62^{bc} \pm 0,01$
Pszenna BIO I Common wheat BIO I	$0,50^b \pm 0,00$	$48,91^d \pm 0,14$	$19,22^b \pm 0,28$	$6,36^c \pm 0,10$	$1,30^e \pm 0,10$
Pszenna BIO II Common wheat BIO II	$0,41^a \pm 0,01$	$13,22^b \pm 0,35$	$14,63^a \pm 0,64$	$4,67^b \pm 0,01$	$0,70^c \pm 0,10$
Orkiszowa odmiana ozima Oberkulmer Rothkorn Oberkulmer Rothkorn winter spelt wheat variety	$0,39^a \pm 0,04$	$10,02^a \pm 0,64$	$19,07^b \pm 0,78$	$2,66^a \pm 0,16$	$0,37^a \pm 0,01$
Orkiszowa odmiana ozima Frankenkorn / Frankenkorn winter spelt wheat variety	$0,50^b \pm 0,00$	$10,55^a \pm 0,28$	$15,41^a \pm 0,50$	$2,53^a \pm 0,03$	$0,51^b \pm 0,01$
Orkiszowa odmiana jara Spring spelt wheat	$0,50^b \pm 0,01$	$9,25^a \pm 0,50$	$22,5^c \pm 0,57$	$4,61^b \pm 0,16$	$0,94^d \pm 0,02$

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

Ogólnie należy stwierdzić, że pod względem zawartości podstawowych składników chemicznych mąka z trzech odmian pszenicy orkiszowej nie różniła się znacząco od mąki tego samego typu zakupionej w młynie przemysłowym. Natomiast mąki uzyskane z pszenicy BIO I i II, uprawianej w tych samych warunkach agroekologicznych, odznaczały się dużo mniejszą zawartością białka w odniesieniu do badanych mąk orkiszowych.

Oceniając aktywność enzymatyczną badanych mąk można wyróżnić mąkę z orkiszu jarego o najmniejszej aktywności amylolitycznej (największa LO – 428 s) oraz mąkę z orkiszu ozimego odmiany Oberkulmer Rothkorn o największej aktywności (LO – 298 s). Pozostałe mąki odznaczały się generalnie niską i porównywalną aktywnością enzymów amylolitycznych w granicach 319 ÷ 376 s (tab. 8), co jest zgodne z wynikami oznaczenia tego parametru opublikowanymi przez innych autorów [5, 17].

Tabela 8. Wyniki oceny wartości technologicznej analizowanych mąk

Table 8. Assessment results of technological value of flours analysed

Rodzaj oznaczenia Type of parameter analysed	Rodzaj mąki / Type of flour					
	handlowa typu 500 (standard) commercial type 500	pszenna BIO I common wheat BIO I	pszenna BIO II common wheat BIO II	orkiszowa odmiana ozima Oberkulmer Rothkorn Oberkulmer Rothkorn winter spelt wheat variety	orkiszowa odmiana ozima Frankenkorn Frankenkorn winter spelt wheat variety	orkiszowa odmiana jara spring spelt wheat
Liczba opadania LO Falling number [s]	376 ^d ± 0,15	319 ^b ± 0,23	355 ^c ± 1,45	298 ^a ± 0,98	332 ^b ± 1,15	428 ^c ± 0,23
Wodochłonność mąki / Water binding capacity of flour [%]	58,9 ^a ± 1,65	59,3 ^{ab} ± 0,67	59,2 ^{ab} ± 0,73	61,5 ^c ± 1,12	67,8 ^d ± 1,87	65,9 ^d ± 1,23
Ilość glutenu mokrego / Amount of wet gluten [%]	30,2 ^b ± 1,09	10*	20,3 ^a ± 0,15	39 ^d ± 0,12	36,2 ^c ± 1,85	36,4 ^c ± 0,09
Indeks glutenu Gluten index [%]	93 ^e ± 0,65	-	75 ^d ± 0,45	53 ^b ± 0,89	58 ^c ± 1,21	64 ^a ± 0,98

Objaśnienia / Explanatory notes:

*Gluten nie wymywa się w systemie aparatu Glutomatic 2200 Norma ICC Standard No 137 / * Gluten does not elute in Glutomatic 2200 system. Norm: ICC Standard No. 137

Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 4. / Other explanatory notes as in Tab. 4.

Wprawdzie zawartością glutenu mokrego wyróżniały się wszystkie badane mąki orkiszowe (36,2 ÷ 39 %), ale indeks glutenowy w granicach 53 ÷ 64 % wskazuje na słabą jakość tego glutenu, bowiem do mąk o dobrej wartości wypiekowej zalicza się takie, których wartość indeksu glutenowego mieści się w granicach 60 ÷ 75 % [28]. Do

takiej mąki można zaliczyć mąkę z pszenicy zwyczajnej BIO II i mąkę z orkiszu jarego, natomiast mąkę z młyna przemysłowego można zaliczyć do mąk o bardzo dobrej wartości wypiekowej (indeks glutenowy $> 75\%$) [28]. Ogólnie należy stwierdzić, że przedstawione w niniejszej pracy wyniki potwierdzają dużą zawartość i słabą jakość glutenu w mąkach orkiszowych, odnotowaną przez innych autorów we wcześniejszych badaniach [5, 18].

Potwierdzeniem słabej jakości glutenu w mące orkiszowej są wykonane wypieki laboratoryjne. Największą objętością bochenka (780 cm^3) wyróżniał się chleb z mąki pszennej z przemiału przemysłowego i jemu też przypisano najwyższą liczbę punktów w ocenie organoleptycznej (tab. 9). Wszyscy paneliści jednakowo ocenili badane chleby ze względu na smak, choć źródła internetowe oraz artykuły w prasie popularno-naukowej podkreślają wyjątkowy, orzechowy smak pieczywa orkiszowego [15, 20]. Nieco tylko mniejszą objętością charakteryzował się chleb z mąki orkiszowej odmiany Frankenkorn, ale został on zaklasyfikowany do drugiej klasy jakości ze względu na zbyt duże pory i zbyt gębczą strukturę miększu.

Chleb z pszenicy BIO I, mimo zadowalającej objętości, odznaczał się ciemnym miększem z wyraźnie widocznymi otrębami. W ocenie konsumentów przypominał wyglądem chleb z mąki ciemnej, o wyraźnie „rozlanym” kształcie bochenka odbiegającym od pozostałych chlebów, przypominającym kształt foremki, dlatego został on zakwalifikowany do drugiej klasy jakości (tab. 9). Prawdopodobnie z powodu dużej zawartości otrąb w tej mące oznaczono największą zawartość włókna pokarmowego ($3,83\%$ s.s.) – tab. 2, ale było to również przyczyną uniemożliwiającą wymycie glutenu z tej mąki (tab. 8).

Pod względem wydajności pieczywa wszystkie wypieki z pszenicy zwyczajnej były porównywalne, a wypieki z mąki orkiszowej odznaczały się nieznacznie większą wartością tego parametru (tab. 9).

Ocena procesu starzenia się uzyskanych chlebów od dnia wypieku i podczas 3-dobowego przechowywania obejmowała oznaczenie wilgotności miększu oraz parametrów jego tekstury przy zastosowaniu analizy TPA.

Wilgotność miększu ocenianych chlebów podczas całego okresu przechowywania uległa niewielkiemu zmniejszeniu niezależnie od surowca użytego do ich wypieku (tab. 10). Po trzech dobach przechowywania najmniejszą wilgotność stwierdzono w chlebie z mąki handlowej (zmniejszenie wilgotności o 6%), zaś w pozostałych chlebach zawartość wody zmniejszyła się w miększu średnio o ok. 2% (tab. 10).

Różnice pod względem ubytku wody w miększu podczas przechowywania tylko w pojedynczych przypadkach okazały się statystycznie istotne, co należy zawdzięczać prawidłowemu przechowywaniu chlebów w woreczkach z folii polietylenowej i w stałych warunkach wilgotności i temperatury. Wyniki te są potwierdzeniem teorii, że chleb niekoniecznie musi tracić wilgoć w procesie starzenia się, gdyż stary, twardy

mięksisz zawiera często tyle samo wody, co świeży [12, 16]. Według Sentiego i Dimlera [27], pozorne wysuszenie miększu chleba może być wynikiem transferu wody z miększu do skórki, a zmniejszenie zawartości wody w glutenie lub skrobi albo w obydwu tych koloidach powoduje wzrost sztywności ścian porów powietrznych miększu i przez to wzrost jego twardości, co potwierdziła w badaniach modelowych Gambuś [12].

Tabela 9. Wyniki oceny jakości chlebów pszennych

Table 9. Evaluation results of wheat breads quality

Rodzaj mąki użytej do wypieku chleba Type of flour used to bake bread	Masa chleba zimnego Mass of cold bread [g]	Objętość chleba Volume of bread [cm ³]	Wydajność pieczywa Bread yield [%]	Strata wypiekowa całkowita Total baking loss [%]	Wilgotność miększu Moisture of crumb [%]	Ocena organoleptyczna Organoleptic assessment	
						Suma pkt Score	Klasa jakości Quality class
Handlowa typu 500 (standard) Commercial type 500	216 ^{ab} ± 2,12	780 ^c ± 14,14	139,7 ^a ± 1,34	13,8 ^{ab} ± 0,85	42,6 ^c ± 0,11	39 ± 1,12	I
Pszenna BIO I Common wheat BIO I	216 ^{ab} ± 2,12	640 ^{bc} ± 7,07	140,1 ^a ± 1,41	13,8 ^{ab} ± 0,85	42,2 ^b ± 0,18	31 ± 7,8	II
Pszenna BIO II Common wheat BIO II	217 ^{ab} ± 2,12	6,59 ^c ± 9,19	140,3 ^a ± 1,41	13,4 ^{ab} ± 0,85	41,5 ^a ± 0,10	38 ± 0,56	I
Orkiszowa odmiana ozima Oberkulmer Rothkorn / Oberkulmer Rothkorn II winter spelt wheat variety	215 ^{ab} ± 5,66	610 ^{ab} ± 2,38	141,5 ^a ± 3,75	14,0 ^{ab} ± 2,26	41,6 ^a ± 0,10	35 ± 0,08	II
Orkiszowa odmiana ozima Frankenkorn Frankenkorn winter spelt wheat variety	211 ^a ± 0,71	713 ^d ± 28,99	143,9 ^{ab} ± 0,50	15,8 ^b ± 0,28	42,3 ^{bc} ± 0,19	35 ± 0,07	II
Orkiszowa odmiana jara Spring spelt wheat	220 ^b ± 4,24	586 ^a ± 24,75	148,0 ^b ± 2,83	12,0 ^b ± 1,70	44,2 ^d ± 0,17	38 ± 0,02	I

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

W badaniach profilu tekstury miększu chleba zaobserwowano, że mimo niewielkiego ubytku wody przez miększ podczas przechowywania badane chleby przejawiały wyraźne oznaki starzenia się, o czym świadczą zmiany parametrów profilu tekstury pomiędzy dniem wypieku a trzecią dobą przechowywania (rys. 1 - 3). Najmniejsza wilgotność miększu chleba standardowego nie znalazła potwierdzenia w jego twardo-

ści, bowiem zarówno w dniu wypieku, jak i po trzech dobach przechowywania miękisz ten wykazał najmniejszą twardość (rys. 1).

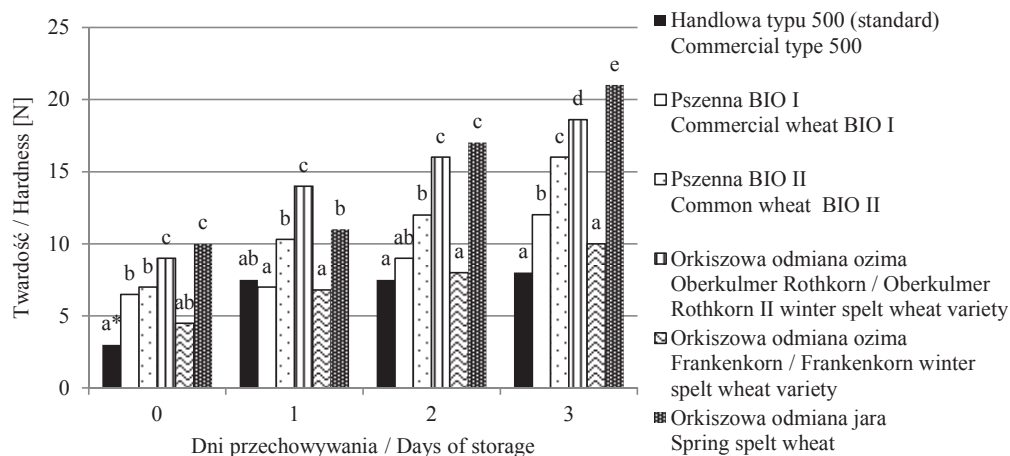
Tabela 10. Wilgotność miękiszu chleba podczas przechowywania

Table 10. Moisture of bread crumb during storage

Rodzaj mąki użytej do wypieku chleba Type of flour used to bake bread	Dni przechowywania Days of storage	Wilgotność miękiszu Moisture of crumb [%]
Handlowa typu 500 (standard) / Commercial type 500	0*	42,6 ^c ± 0,01
Pszenna BIO I / Common wheat BIO I		42,1 ^b ± 0,18
Pszenna BIO II / Common wheat BIO II		41,5 ^a ± 0,10
Orkiszowa odmiana ozima Oberkulmer Rothkorn Oberkulmer Rothkorn winter spelt wheat variety		41,6 ^a ± 0,10
Orkiszowa odmiana ozima Frankenkorn Frankenkorn winter spelt wheat variety		42,3 ^{bc} ± 0,19
Orkiszowa odmiana jara / Spring spelt wheat		44,2 ^d ± 0,18
Handlowa typu 500 (standard) / Commercial type 500	1	42,1 ^c ± 0,10
Pszenna BIO I / Common wheat BIO I		41,6 ^b ± 0,30
Pszenna BIO II / Common wheat BIO II		41,1 ^a ± 0,02
Orkiszowa odmiana ozima Oberkulmer Rothkorn Oberkulmer Rothkorn II winter spelt wheat variety		40,9 ^a ± 0,02
Orkiszowa odmiana ozima Frankenkorn Frankenkorn winter spelt wheat variety		41,6 ^b ± 0,11
Orkiszowa odmiana jara / Spring spelt wheat		43,5 ^d ± 0,17
Handlowa typu 500 (standard) / Commercial type 500	2	41,4 ^b ± 0,32
Pszenna BIO I / Common wheat BIO I		40,5 ^a ± 0,08
Pszenna BIO II / Common wheat BIO II		40,9 ^{ab} ± 0,13
Orkiszowa odmiana ozima Oberkulmer Rothkorn Oberkulmer Rothkorn II winter spelt wheat variety		40,5 ^a ± 0,23
Orkiszowa odmiana ozima Frankenkorn Frankenkorn winter spelt wheat variety		40,9 ^{ab} ± 0,08
Orkiszowa odmiana jara / Spring spelt wheat		42,9 ^c ± 0,18
Handlowa typu 500 (standard) / Commercial type 500	3	36,6 ^a ± 0,31
Pszenna BIO I / Common wheat BIO I		39,8 ^{ab} ± 0,16
Pszenna BIO II / Common wheat BIO II		40,0 ^b ± 0,08
Orkiszowa odmiana ozima Oberkulmer Rothkorn Oberkulmer Rothkorn II winter pelt wheat variety		40,0 ^b ± 0,33
Orkiszowa odmiana ozima Frankenkorn Frankenkorn winter spelt wheat variety		39,8 ^{ab} ± 0,13
Orkiszowa odmiana jara / Spring spelt wheat		42,0 ^c ± 0,21

Objaśnienia / Explanatory notes:

*0 – dzień wypieku / baking day, 1 – pierwszy dzień po wypieku / first day after baking, 2 – drugi dzień po wypieku / second day after baking, 3 – trzeci dzień po wypieku / third day after baking; Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 2. / Other explanatory notes as in Tab. 2.



Objaśnienia / Explanatory notes:

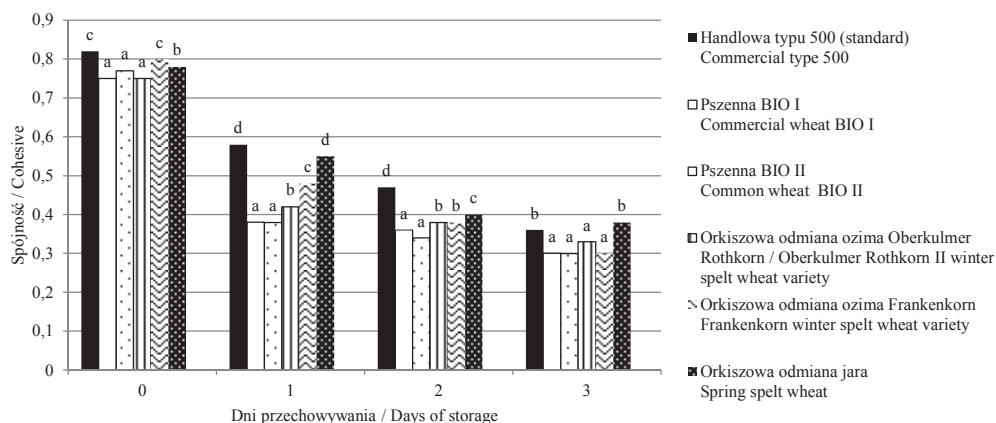
a, b, c, d, e – wartości średnie oznaczone różnymi literami różną się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) / mean values denoted by different letters differ statistically significantly ($p \leq 0.05$).

Rys. 1. Zmiany twardości miększu badanych chlebów podczas przechowywania

Fig. 1. Changes in crumb hardness of analysed breads during storage

Wyraźnie większą twardość miększu (choć zmiany te okazały się statystycznie nieistotne – rys. 1) wykazano w trzecim dniu przechowywania w chlebach z mąki z pszenicy BIO I i orkiszu ozimego Frankenkorn, a miększe pozostałych chlebów (z mąki pszenicy BIO II, orkiszu ozimego Oberkulmer Rothkorn i orkiszu jarego) stwardniał w znacznie większym stopniu (zmiany statystycznie istotne – rys. 1).

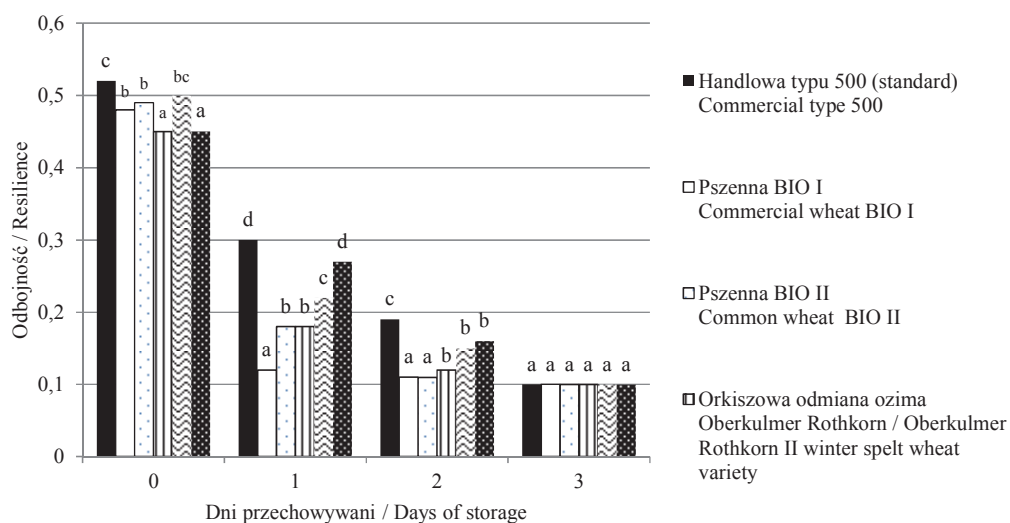
Na podstawie wyników przedstawionych w niniejszej pracy nie można autorytatywnie stwierdzić, że pieczywo wyprodukowane z mąki orkiszowej ulega szybko czerstwieniu, jak tego dowodził Seiffert [26]. Szybkie twardnienie miększu wymieniony autor tłumaczył szczególną wrażliwością ciasta orkiszowego na obróbkę mechaniczną. W celu poprawy właściwości mechanicznych ciasta zalecał on przy wytwarzaniu ciasta z mąki orkiszowej stosowanie zakwasu żytniego lub zaczynu pszennego w ilości do 10 % masy mąki, uprzedzając jednak, że zakwas z mąki orkiszowej charakteryzuje się zbyt dużą kwasowością, co ujemnie wpływa na aromat pieczywa. W miarę procesu starzenia się miększu malała jego spójność i odbojność, w najmniejszym jednak stopniu w chlebie standardowym (rys. 2 i 3).



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

Rys. 2. Zmiany spójności miększu badanych chlebów podczas przechowywania

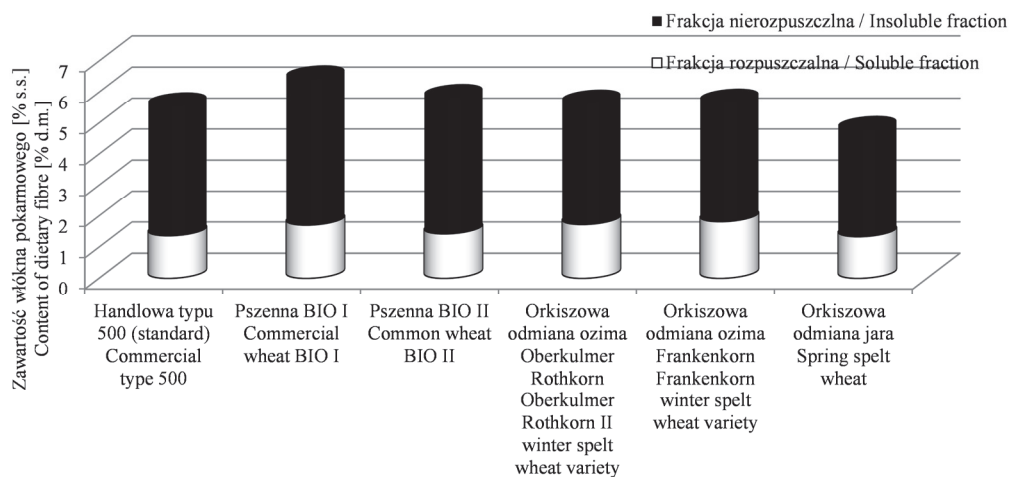
Fig. 2. Changes in cohesiveness of analysed bread crumbs during storage



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

Rys. 3. Zmiany odbojności miększu badanych chlebów podczas przechowywania

Fig. 3. Changes in resilience of analysed bread crumbs during storage



Rys. 4. Zawartość włókna pokarmowego w badanych chlebach

Fig. 4. Content of dietary fibre in breads analysed

W produktach finalnych oznaczono zawartość włókna pokarmowego, frakcji nierozpuszczalnej i rozpuszczalnej (rys. 4) i porównano ją z zawartością tego składnika w mąkach użytych do wypieku – tab. 2. Wykazano o 1,5 ÷ 3,5 punktu procentowego s.s. większą zawartość włókna pokarmowego ogółem, a szczególnie frakcji nierozpuszczalnej w chlebach w odniesieniu do użytych mąk. Jedynym wytłumaczeniem wzrostu zawartości tego fizjologicznie ważnego składnika jest retrogradacja skrobi, głównie amylozy, podczas wypieku oraz chłodzenia po wypieku. Do tej analizy chemicznej użyto powietrznie suchych, zmielonych chlebów, które poddano procesowi studzenia od razu w dniu wypieku. Na skutek procesu retrogradacji powstała wówczas skrobia oporna na trawienie enzymatyczne tzw. *resistant starch* typu RS 3, którą ze względu na podobne funkcje fizjologiczne zalicza się do nierozpuszczalnej frakcji włókna pokarmowego [19]. Nie stwierdzono jednak wyraźnej zależności pomiędzy zawartością skrobi w badanych mąkach (tab. 2) a wzrostem zawartości włókna pokarmowego w ocenianych chlebach (rys. 4).

Wnioski

1. Mąka z trzech odmian pszenicy orkiszowej uprawianej w tych samych warunkach klimatycznych w gospodarstwie ekologicznym odznaczała się istotnie większą zawartością białka ogółem w porównaniu z mąką z pszenicy zwyczajnej uprawianej w tych samych warunkach oraz z handlową mąką pszenną, natomiast nie różniła się zawartością skrobi, włókna pokarmowego, tłuszczu i popiołu.
2. Uzyskane wyniki dotyczące zarówno zawartości aminokwasów egzogennych, jak i wskaźników CS i EAA, nie upoważniają do poparcia stanowiska podkreślającego

- większą wartość biologiczną białka pszenicy orkiszowej w porównaniu z białkiem pszenicy zwyczajnej.
3. Z wyjątkiem istotnie większej zawartości fosforu i magnezu, w ocenianych mąkach orkiszowych oznaczono porównywalną zawartość wszystkich pozostałych badanych makro- i mikroelementów w odniesieniu do mąk z pszenicy zwyczajnej.
 4. W mąkach orkiszowych stwierdzono dużą zawartość i słabą jakość glutenu (bardzo niski indeks glutenowy). Potwierdzeniem słabej jakości glutenu w mąkach orkiszowych okazał się wypiek laboratoryjny, podczas którego stwierdzono istotnie mniejszą objętość i niższe noty oceny organoleptycznej chlebów z mąki orkiszowej w odniesieniu do chlebów z mąki z pszenicy zwyczajnej.
 5. Na podstawie wyników wilgotności miększu i jego profilu tekstury (analiza TPA) nie można autorytatywnie stwierdzić, że pieczywo wyprodukowane z mąki orkiszowej ulega szybkiemu starzeniu się, jak również nie można potwierdzić doniesień o dłuższym zachowaniu świeżości przez to pieczywo w odniesieniu do chlebów z mąki z pszenicy zwyczajnej.

Badania zostały sfinansowane z dotacji przyznanej przez MNiSW na działalność statutową

Literatura

- [1] AACC: Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 10th ed. AACC, Saint Paul, Minnesota, 2000.
- [2] Abdel-Aal El Sayed M., Rabalski I.: Effect of baking on nutritional properties of starch in organic spelt whole grain products. Food Chem., 2008, 111, 150-156.
- [3] AOAC: Official Methods of Analysis. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists International, Gaithersburg 2006.
- [4] Jakubczyk T., Haber T.: Analiza zbóż i przetworów zbożowych. Wyd. SGGW-AR, Warszawa 1983.
- [5] Ceglińska A.: Technological value of spelt and common wheat hybrid. Food Sci. Technol., 2003, 6, 1.
- [6] Christa K.: Orkisz – cudowne ziarno. Przegl. Zboż. Młyn., 2010, 54, 2, 11.
- [7] Cygankiewicz A.: Wartość technologiczna materiałów hodowlanych pszenicy ozimej i jarej na tle badań własnych i światowych. Biuletyn IHAR, 1997, 204, 219-235.
- [8] Czerwińska D.: Walory żywieniowe i zastosowanie orkisz. Przegl. Zboż. Młyn., 2009, 53 (2), 14-15.
- [9] Dewettinck K., von Bochstaele F., Kiihne B., von de Walie D., Courtens T.M., Gellynch X.: Nutritional value of bread. Influence of processing, food interaction and consumer perception. J. Cereal Sci., 2008, 48, 243-257.
- [10] FAO/WHO.: Protein quality evaluation report of a joint FAO/WHO expert consultation. Technical report. Food and Agriculture Organization, Rome 1991.
- [11] Galova Z., Knoblochova H.: Biochemical characteristics offiye spelt wheat cultivars (*Triticum spelta* L.). Acta Fytotech. Zootech., 2001, 4, 85-87.

- [12] Gambuś H.: Wpływ fizyczno-chemicznych właściwości skrobi na jakość i starzenie się pieczywa (badania modelowe). Zesz. Nauk. AR w Krakowie. Rozprawy, 1997, nr 226.
- [13] ICC: Standard Methods of the International Association for Cereal Science and Technology (ICC). ICC, Vienna 1995.
- [14] Jabłoński E.: Czynniki determinujące i modyfikujące wartość odżywczą białka. *Pediatr. Współcz. Gastroenterol. Hepatol. Żywienie Dziecka*, 2000, 2 (2), 83-87.
- [15] Jurga R.: Wybrane informacje o pszenicy orkisz i wartości wypiekowej mąki. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2008, 52 (7), 8-9.
- [16] Kim S.K., D'Appolonia B.L.: Effect of pentosans on the retrogradation of wheat starch gels. *Cereal Chem.*, 1977, 54, 150-153.
- [17] Krawczyk P., Ceglińska A., Izdebska K.: Porównanie właściwości reologicznych ciasta i jakości pieczywa otrzymanego z mąki orkisz i pszenicy zwyczajnej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, 4 (59), 141-151.
- [18] Krawczyk P., Ceglińska A., Kordialik J.: Porównanie wartości technologicznej ziarna orkisz z pszenicą zwyczajną. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, 5 (60), 43-51.
- [19] Leszczyński W.: Skrobia oporna i jej znaczenie. *Przegl. Piek. Cuk.*, 2004, 7, 2-5.
- [20] Majewska K., Dąbkowska E., Żuk-Golaszewska K., Tyburski J.: Wartość wypiekowa mąki otrzymanej z ziarna wybranych odmian orkisz (*Triticum spelta* L.). *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, 2 (51), 60-71.
- [21] Marciniak A., Obuchowski W.: Prozdrowotne właściwości ziarna zbóż. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2006, 50, 5, 11-13.
- [22] Mościcki L., Wójtowicz A.: Produkty pełnoziarniste. Witaminy i mikroelementy obecne w produktach zbożowych. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2009, 53, 4, 4-7.
- [23] Piecyk M., Kulka D., Worobiej E.: Charakterystyka i wartość odżywcza ziarna orkisz i produktów orkiszowych. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2009, 3, 247-251.
- [24] PN-A-74108:1996. Pieczywo. Metody badań.
- [25] Rachoń L., Szumiło G.: Comparison of chemical composition of selected winter wheat species. *J. Elementol.*, 2009, 14, 1, 135-146.
- [26] Seiffert M.: Herstellung von Dinkelspezialitäten mit Vorteigen. *Getreidetechnologie*, 2005, 59 (1), 26-35.
- [27] Senti F.R., Dimler R.J.: Changes in starch and gluten during ageing of bread. *The Bakers Digest*, 1960, 34, 28-33.
- [28] Sierakowski K.: Indeks glutenowy – nowy sposób wyrażania jakości glutenu pszennego. *Przem. Spoż.*, 1990, 44 (8), 190-191.
- [29] Smith B.J. (Ed.): *Protein Sequencing Protocols*. Human Press, Totowa, New Jersey, 2003.
- [30] Sulewska A., Kozłara W., Panasiewicz K., Ptaszyńska G., Morozowska M.: Chemical composition of grain and protein yield of spelt varieties depended on selected agrotechnical factors. *J. Res. Applic. Agric. Eng.*, 2008, 53 (4), 92-95.
- [31] Szczypski J.: Orkisz wraca do łask. *Przegl. Piek. Cuk.*, 2005, 3, 14-15.
- [32] Tyburcy A.: Wzrost znaczenia orkisz w przetwórstwie zbożowym. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2005, 49 (7), 32-33.
- [33] Witkowski M.: Zdrowy dodatek – orkisz. *Cuk. Piek.*, 2009, 13, 11, 32.
- [34] Wiwart M., Perkowski J.: Dawniej uprawiane pszenice stają się znów atrakcyjne. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2005, 10, 5-7.

**COMPARISON OF BAKING VALUE OF SPELT WHEAT FLOUR
WITH COMMON WHEAT FLOUR****S u m m a r y**

The objective of the research study was to compare the chemical composition and baking value of a common wheat flour type 500 with spelt flour; the two flour types were produced by milling, in a laboratory, relevant grains grown in organic farms. The material for analyses consisted of flours and wheat bread baked using those flours. The technological quality of the flour, including its water binding capacity, was assessed using an AACC method, and the chemical composition of the flours was assessed by AOAC methods. The bread loaves baked using a straight method were assessed organoleptically and, next, on the day of baking and on the 3rd day of storing them, their parameters were measured, i.e.: volume, moisture content, and texture parameters of the crumb.

The spelt flour was characterized by a high water binding capacity and by a poor quality of gluten contained therein; this was confirmed by the baked samples as the volume of the spelt loaves was significantly smaller as compared to the volume of the wheat bread from the commercial flour. The flour made from the three varieties of spelt was characterized by a significantly higher amount of total proteins as compared to the common wheat flour; however, as regards the contents of other chemical constituents, i.e. starch, dietary fibre, fat and ash, the spelt flours did not differ significantly from the common wheat flour type 500 bought in an industrial mill. In the spelt and common wheat flours, the contents of exogenic amino acids and the indices: CS – a limiting amino acid index and EAA – essential amino acids were comparable. Based on the results of moisture analysis and the texture profile (analysis TPA) of the bread crumb, it cannot be authoritatively stated that the breadstuffs made from the spelt flour age faster; either, the reports cannot be authoritatively confirmed that they stay fresh longer than the breadstuffs made from common wheat flour.

Key words: spelt wheat and common wheat, baking value of flour, nutrients, quality of breadstuff ☒

DOROTA LITWINEK, HALINA GAMBUŚ, KRZYSZTOF BUKSA,
MAŁGORZATA MAKAREWICZ, GABRIELA ZIĘĆ, FLORIAN GAMBUŚ,
MAGDALENA KOWALCZYK, JAKUB BORECZEK

JAKOŚĆ I PROCES STARZENIA SIĘ CHLEBÓW Z RAZOWYCH MĄK PSZENNYCH: Z PSZENICY ZWYCZAJNEJ I ORKISZ ORAZ Z ŻYTA

Streszczenie

Celem pracy była ocena jakości chlebów z razowej mąki pszennej z pszenicy zwyczajnej i orkiszowej oraz z żyta, uzyskanych na zakwasie spontanicznym z mąki razowej z danego zboża oraz określenie procesu starzenia się tego pieczywa w trakcie przechowywania. W piekarni „Vini” sporządzono z wymienionych trzech mąk razowych zakwasy spontaniczne i dodano je w odpowiedniej proporcji do sporządzenia ciasta. Z 600-gramowych kęsów ciasta wypieczono chleby i po ochłodzeniu oznaczono ich masę, zmierzono objętość, wyliczono stratę wypiekową całkowitą oraz wykonano ocenę organoleptyczną. We wszystkich chlebach oznaczono zawartość: wody, białka ogółem, błonnika pokarmowego (frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej), popiołu (wybranych makro- i mikroelementów), tłuszczu surowego, wybranych mikotoksyn, fosforanów mio-inozytolu, substancji kształtujących smak i zapach oraz akryloamid. Wykonano również pomiary profilu tekstury miększu w dniu wypieku oraz podczas 7-dobowego przechowywania. Oznaczono liczbę tlenowych bakterii amylolitycznych (OLBA), liczbę tlenowych przetrwałikujących bakterii amylolitycznych (OLBAP), liczbę drożdży i pleśni (OLG) w 1 g pieczywa oraz trwałość termostatową pieczywa po 1., 2., 5. i 7. dobie przechowywania.

Największą objętością wyróżniały się chleby z mąki z pszenicy zwyczajnej graham i one też uzyskały najlepszą akceptację konsumentów w ocenie organoleptycznej, zwłaszcza za smak i zapach. Chleby żytnie i z mąki z pszenicy orkisz cechowały się podobną objętością bochenków, przy czym chleby żytnie w większym stopniu niż orkiszowe były akceptowane przez konsumentów. W chlebach z mąki pszennej, zarówno graham, jak i orkiszowej oznaczono zbliżony stosunek zawartości kwasu mlekowego do octowego – średnio 78 : 22, natomiast w chlebie żytnim udział kwasu mlekowego był mniejszy, octowego – większy niż w pieczywie pszennym, a stosunek zawartości kwasu mlekowego do octowego wynosił śred-

Dr inż. D. Litwinek, prof. dr hab. inż. H. Gambuś, dr hab. inż. K. Buksa, dr G. Zięć, Katedra Technologii Węglowodanów, dr M. Makarewicz, Katedra Technologii Fermentacji i Mikrobiologii Technicznej, Wydz. Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków, prof. dr hab. inż. F. Gambuś, Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Wydz. Rolniczo-Ekonomiczny, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków, dr M. Kowalczyk, mgr inż. J. Boreczek, Zakład Biochemii Drobnoustrojów, Instytut Biochemii i Biofizyki PAN, ul. Pawińskiego 5A, 02-106 Warszawa. Kontakt: dorota.litwinek@urk.edu.pl

nio 68 : 32. W chlebie razowym żytnim oznaczono największą zawartość glukozy. W chlebach razowych pszennych, zarówno orkiszowych, jak i graham, w odróżnieniu od chlebów żytnich, oznaczono zarówno niższe fosforany mio-inozytolu (IP_3 i IP_2), jak i wyższe fosforany tego związku – IP_5 i IP_4 . W razowych chlebach orkiszowych nie oznaczono nawet śladowych zawartości akryloamidu, a w pozostałych chlebach ilości tego związku były śladowe. Badane chleby wykazały dużą trwałość mikrobiologiczną. W dniu wypieku największą wilgotnością miękiszu odznaczały się chleby żytnie (ok. 50 %), natomiast średnia wilgotność miękiszu chlebów pszennych (orkiszowych i graham) wynosiła ok. 47,5 %. Po 7 dobach przechowywania wilgotność miękiszu wszystkich chlebów zmniejszyła się w bardzo małym stopniu – o 0,5 ÷ 1 p.p., mimo to zaobserwowano postępujący wzrost jego twardości podczas przechowywania, najmniejszy w chlebach żytnich.

Słowa kluczowe: chleb razowy na zakwasie: z mąki żytniej, z mąki z pszenicy zwyczajnej i orkisz, zakwas spontaniczny, jakość chleba, starzenie się chleba

Wprowadzenie

Prowadzona kampania medialna na rzecz prawidłowego odżywiania powoduje, że jedyną grupą asortymentową wśród wyrobów piekarskich wykazującą wzrost produkcji są wyroby z mąk z pełnego przemiału [11]. Spożycie chlebów z mąki razowej polecane jest przez specjalistów ds. żywienia człowieka jako bardzo bogatych we włókno pokarmowe i wiele składników bioaktywnych, które nadają im charakteru żywności o działaniu prozdrowotnym. Pieczywo takie jest ponadto zalecane w dietach odchudzających, ponieważ charakteryzuje się niskim indeksem glikemicznym (ok. 50) w odróżnieniu od pieczywa z mąki jasnej (70 ÷ 95). Pieczywo to spełnia zalecenia WHO w programie zwalczania otyłości. Coraz większa świadomość konsumentów wymusza na producentach dbałość o odpowiednią podaż na rynku pieczywa o działaniu funkcjonalnym, wyprodukowanego zarówno z tradycyjnych surowców chlebowych, tj. z razowej mąki pszennej i żytniej, jak również z surowców niekonwencjonalnych, a nawet reliktowych, tj. z mąki orkiszowej (*Triticum spelta*) [15, 26, 28].

Wyprodukowanie smacznego i akceptowanego chleba żytniego wymaga ukwaszenia mąki, natomiast pieczywo pszenne (w tym orkiszowe) wypiekane jest głównie z udziałem drożdży w procesie fermentacji alkoholowej. Obecnie do produkcji zakwasów piekarskich stosuje się kultury starterowe, stąd zalecane jest stosowanie ukwaszania wszystkich rodzajów mąki ze względu na korzystne procesy zachodzące podczas jej fermentacji, przede wszystkim wytwarzanie kwasów organicznych wpływających na smak i aromat pieczywa, produkcję witamin z grupy B, inaktywację organizmów patogennych, rozkład fitynianów, a tym samym zwiększenie przyswajalności składników mineralnych, rozkład mikotoksyn i wydłużenie procesu świeżości pieczywa [2, 15].

Jak wykazali inni autorzy we wcześniejszych badaniach, chleby uzyskane z mąki całoziarnowej z pszenicy orkisz nie odznaczały się większą wartością odżywczą [26]

czy też większą zawartością związków bioaktywnych [30] niż chleby z mąki z pszenicy zwyczajnej [28]. Nie nadają się one również do stosowania w diecie bezglutenowej [14]. Ze względu jednak na dużą zawartość białka w ziarnie pszenicy orkisz i możliwość uprawy ekologicznej tego zboża, wydaje się uzasadnione stosowanie całościarnowej mąki orkiszowej do produkcji chleba [16].

Z uwagi na żywieniowo istotną rolę zakwasu piekarskiego, chleby z mąki z pszenicy orkisz należałoby prowadzić na zakwasie. W dostępnej literaturze znajduje się tylko jedna publikacja, w której autorzy użyli kultury starterowej do ukwaszenia całościarnowej mąki orkiszowej [8]. Inni autorzy [4, 26] do sporządzenia ciasta z całościarnowej mąki orkiszowej zastosowali wyłącznie drożdże. El-Sayed i Rabalski [8] po ukwaszeniu mąki orkiszowej uzyskali chleb o mniejszej objętości i niżej oceniony pod względem cech organoleptycznych w porównaniu z chlebem otrzymanym z całościarnowej mąki z pszenicy HRS.

Celem pracy była ocena jakości chlebów z razowej mąki pszennej z pszenicy zwyczajnej i orkiszowej oraz z mąki żytniej uzyskanych na zakwasie spontanicznym sporządzonym z wyżej wymienionych mąk oraz analiza procesu starzenia się tego pieczywa w trakcie przechowywania.

Materiał i metody badań

Materiałem do badań były: 2 mąki graham oraz 2 mąki razowe z pszenicy orkisz i 2 razowe mąki żytnie, używane do wypieku chlebów razowych w piekarni „Vini” w Rogoźniku Śląskim.

Zakwasy spontaniczne sporządzano według opisu zawartego w publikacji Litwinek i wsp. [18]. Ciasto o temp. 37 °C sporządzano z poszczególnych mąk, zgodnie z recepturami podanymi w tab. 1 - 3.

Zarówno zakwasy z mąki pszennej i mąki żytniej, jak i ciasto na wszystkie ww. chleby razowe sporządzano w piekarni „Vini”. Ciasto dzielono na kęsy o masie 600 g, kształtowano i fermentowano w foremkach przez 4 h w warunkach piekarni. Wypiek prowadzono w temp. 210 °C przez 1 h.

Chleby wypiekano z udziałem zakwasów fermentowanych w procesie spontanicznym. Ze względu na brak powtarzalności jakości chlebów z udziałem różnych zakwasów sporządzonych z tego samego rodzaju mąki, każdy wypiek traktowano indywidualnie. Analizowano 6 rodzajów chleba z zakwasem spontanicznym: chleb żytni z pierwszej partii (VSZ1), chleb żytni z drugiej partii (VSZ2), chleb pszenny z pierwszej partii (VSP1), chleb pszenny z drugiej partii (VSP2), chleb orkiszowy z pierwszej partii (VSO1), chleb orkiszowy z drugiej partii (VSO2).

Wykonywano pomiar masy zimnych bochenków i obliczano średnią masę pieczywa. Na podstawie uzyskanych wyników i receptury obliczano wydajność pieczywa oraz całkowitą stratę wypiekową [13]. Mierzono również objętość bochenków w apa-

racie Volscan Profiler (Stable Micro System, Wielka Brytania) i obliczano średnią objętość pieczywa. Analizy wykonano w 6 powtórzeniach z każdego rodzaju chleba.

Tabela 1. Receptura ciasta z razowej mąki żytniej

Table 1. Recipe for dough from wholemeal rye flour

Sposób dodawania Way of adding	Mąka żytnia / Rye flour [kg]	Woda / Water [kg]	Sól / Salt [kg]
Dodawana do dzieży Added to vessel	35,75	22,0	0,83 (2 % masy mąki / of flour weight)
Dodana z zakwasem Added with sourdough	4,84 (12 % masy mąki / of flour weight)	7,26	-
	Łącznie 12,10 kg zakwasu In total 12.10 kg of sourdough		
Całkowita ilość Total amount	40,59	29,26	0,83

Objaśnienia / Explanatory notes:

Wydajność zakwasu z mąki żytniej wynosiła 250 %, a wydajność ciasta – 172 % / Yield of rye sourdough was 250 % and yield of dough: 172 %.

Tabela 2. Receptura ciasta z razowej mąki pszennej orkiszowej

Table 2. Recipe for dough from wholemeal spelt wheat flour

Sposób dodawania Way of adding	Mąka z pszenicy orkisz Flour from spelt wheat [kg]	Woda / Water [kg]	Sól / Salt [kg]
Dodawana do dzieży Added to vessel	34,38	24,09	0,66 (1,7 % masy mąki / of flour weight)
Dodana z zakwasem Added with sourdough	3,45 (9 % masy mąki / flour mass)	5,19	-
	Łącznie 8,64 kg zakwasu In total 8.64 kg of sourdough		
Całkowita ilość Total amount	37,83	29,28	0,66

Objaśnienia / Explanatory notes:

Wydajność zakwasu z mąki orkiszowej wynosiła 250 %, a wydajność ciasta – 177 % / Yield of sourdough from spelt wheat flour was 250 % and yield of dough: 177 %.

Otrzymane chleby poddawano ocenie organoleptycznej metodą punktową według PN-A-74108:1996 [22] przez minimum 15-osobowy panel o sprawdzonej wrażliwości sensorycznej. Badano cechy jakościowe pieczywa, tj. wygląd zewnętrzny, barwę i grubość skórki, elastyczność i porowatość miękiszu, smak i zapach. Każdy rodzaj pieczywa kwalifikowano do odpowiedniej klasy jakości.

Tabela 3. Receptura ciasta z razowej mąki z pszenicy zwyczajnej

Table 3. Recipe for dough from wholemeal common wheat flour

Sposób dodawania Way of adding	Mąka z pszenicy zwyczajnej Flour from common wheat [kg]	Woda / Water [kg]	Sól / Salt [kg]
Dodawana do dzieży Added to vessel	38,75	18,20	0,73 (1,7 % masy mąki / of flour weight)
Dodana z zakwasem Added with sourdough	4,48 (10 % masy mąki / of flour weight)	6,72	-
	Łącznie 11,2 kg zakwasu In total 11.2 kg of sourdough		
Całkowita ilość Total amount	43,12	24,92	0,73

Objaśnienia / Explanatory notes:

Wydajność zakwasu z mąki pszennej wynosiła 240 %, a wydajność ciasta – 158 % / Yield of sourdough from wheat flour was 240 % and yield of dough: 158 %.

W chlebach utrwalonych przez powietrzne wysuszenie w minimum 2 powtórzeniach oznaczano zawartość: popiołu (według AOAC 930.05 [1]), wybranych składników mineralnych (według AOAC 985.01 [1]), białka ogółem (według AOAC 950.36 [1]), błonnika pokarmowego (według AOAC 991.43 [1]), tłuszczu surowego (według AOAC 930.05 [1]) oraz zawartość akryloamidu metodą HPLC/UV według Paleologosa i Kontaminasa [20] z modyfikacją własną polegającą na odbiałczaniu otrzymanych ekstraktów roztworami Carreza i odwirowaniu przez 25 min z prędkością 12000 rpm. W świeżym miększu oznaczano zawartość: wybranych mikotoksyn zgodnie z instrukcją obsługi aparatu Rapid-Kinetik-Assay® (Aokin AG, Niemcy), fosforanów mioinozytolu według Chena i Li [6] oraz substancji kształtujących aromat pieczywa – metodą HPLC/UV, którą opisali Levebvre i wsp. [17]. Spośród związków aromatycznych oznaczano zawartość kwasów organicznych (mlekowego, octowego, propionowego, jabłkowego, winowego i cytrynowego), cukrów (maltozy i glukozy) oraz alkoholi (glicerolu i etanolu). Ponadto określano kwasowość potencjalną miększu chlebów metodą miareczkową według PN-A-74108:1996 [22].

Wykonywano również analizę wilgotności miększu chlebów metodą suszarkową (według AOAC 925.10 [1]) oraz profilu tekstury miększu analizatorem tekstury TA.XT Plus (Stable Micro Systems, Wielka Brytania). Pomiar tekstury wykonywano testem TPA w środku kromki o grubości 3 cm przy użyciu sondy aluminiowej P-20, z szybkością przesuwu sondy 5 mm·s⁻¹. Mierzono odkształcenie w warstwie o grubości 50 % całkowitej wysokości próbki. Przy użyciu oprogramowania Exponent v. 4.0.13.0. i standardowego programu makro dla testu TPA (Stable Micro Systems, Wielka Brytania) mierzono twardość, spójność, żujność oraz odbojność miększu.

Otrzymane chleby przechowywano przez 7 dób. W celu określenia zmian zachodzących podczas starzenia się pieczywa wykonywano analizę wilgotności i profilu tekstury miękkiszu po 1., 2., 5. i 7. dobie przechowywania metodami podanymi wyżej.

Wszystkie analizy chlebów wykonywano minimum w dwóch powtórzeniach. Uzyskane wyniki poddano jednoczynnikowej analizie wariancji (ANOVA) w programie Statistica 10. Istotność różnic między wartościami średnimi weryfikowano testem Duncana przy $p \leq 0,05$.

Trwałość mikrobiologiczną pieczywa wyznaczano metodą termostatową PN-A-74102:1999 [25]. Wykonywano również posiewy mikrobiologiczne mające na celu określenie w 1 g pieczywa: liczby tlenowych bakterii amylolitycznych (OLBA), liczby tlenowych przetrwalnikujących bakterii amylolitycznych (OLBAP) – zgodnie z PN-A-74134-4:1998 [23], liczby drożdży i pleśni (OLG) – zgodnie z PN-A-74134-6:1998 [24]. Wszystkie analizy mikrobiologiczne wykonywano w trzech powtórzeniach w 1., 5. i 7. dobie przechowywania pieczywa.

Wyniki i dyskusja

Uzyskane zakwasy zostały użyte do sporządzenia ok. 70 kg ciasta. Stosowano zbliżone, ale nie identyczne ilości poszczególnych surowców, tj. mąki, zakwasu, soli i wody, tak, aby uzyskać porównywalną konsystencję ciasta z różnych mąk. Ukwaszona mąka razowa wprowadzona do ciasta w formie zakwasu stanowiła 9 % całości mąki orkiszowej, 11 % całości mąki pszennej graham i 12 % mąki żytniej (tab. 1 - 3).

Największa ilość zakwasu w cieście żytnim wynikała z konieczności największego ukwaszenia mąki żytniej ze względu na potrzebę zahamowania działania α -amylazy i umożliwienia utworzenia struktury ciasta. Ponadto w środowisku kwaśnym ciasta pszennego i żytniego uaktywnia się enzym fitaza (co zwiększa dostępność pierwiastków) oraz enzymy proteolityczne, co prowadzi do utworzenia związków aromatycznych oraz związków przeciwbakteryjnych. Tworzą się ponadto egzopolisacharydy biorące udział w kształtowaniu struktury ciasta i opóźnianiu starzenia się chleba [2, 7]. Z ww. powodów w cieście żytnim zastosowano największy udział soli (3 %), która również przyczynia się do zmniejszenia aktywności amylolitycznej.

Strata wypiekowa całkowita wszystkich ocenianych chlebów zawierała się w przedziale $12 \div 15,5$ %, przy czym nie była ona zależna od rodzaju badanego pieczywa (tab. 4). Najmniejszą stratą wypiekową odznaczał się chleb VS01 z mąki orkiszowej MO1, w której oznaczono o 3,5 % więcej glutenu mokrego niż w mące orkiszowej MO2 [18]. Chleb z mąki VSO2 charakteryzował się za to istotnie większą objętością w porównaniu z chlebem VS01.

Największą objętością wyróżniały się chleby z mąki graham z pszenicy zwyczajnej (tab. 4) i one też zyskały największą akceptację konsumentów w ocenie organoleptycznej (tab. 4). Należy podkreślić, że w ocenie organoleptycznej chleby razowe

z mąki z pszenicy zwyczajnej zostały wyróżnione największą liczbą punktów ze względu na smak i zapach. Mimo że chleby żytnie i orkiszowe były zbliżone pod względem objętości, to jednak większą akceptacją konsumentów – ze względu na smak i zapach – wyróżniały się chleby żytnie (tab. 4).

Preferencje konsumentów mogły być związane ze stosunkiem kwasu mlekowego do octowego w chlebach, gdyż wskaźnik ten w największym stopniu wpływa na smak i zapach pieczywa na zakwasie. W chlebach pszennych graham oznaczono trzykrotnie większą ilość kwasu mlekowego niż octowego (tab. 5), podobnie jak w chlebach orkiszowych, które jednak zyskały mniejszą akceptację konsumentów (tab. 4). Chleby te odznaczały się też zbliżoną kwasowością miękiszu (tab. 5). Interesujące wydaje się to, że mimo największej kwasowości miękiszu spowodowanej prawdopodobnie większą obecnością kwasu octowego, w odniesieniu do pozostałych chlebów, razowy chleb żytni bardziej smakował oceniającym niż orkiszowy. Być może wpłynęła na tę ocenę największa zawartość glukozy oznaczona w tym chlebie (tab. 6), wyraźnie większa w porównaniu z innymi chlebami, co mogło nadać miększowi chleba żytniego ciekawy, słodko-kwaśny smak i wyrazisty zapach związany z większą zawartością kwasu octowego. Najmniejszą zawartość maltozy i glukozy oznaczono w chlebie orkiszowym VS01, w którym jednocześnie odnotowano ok. 10-krotnie większą zawartość etanolu w porównaniu z pozostałymi chlebami (tab. 6).

Jak wynika z danych zawartych w tab. 4., chleby wypieczone z udziałem zakwasów fermentowanych spontanicznie należy traktować indywidualnie ze względu na brak powtarzalności jakości chlebów z różnych zakwasów z tego samego rodzaju mąki.

Największą zawartość białka oznaczono w chlebach z mąki orkiszowej, pośrednią – w chlebach z mąki z pszenicy zwyczajnej, zaś najmniejszą (w porównaniu z chlebami orkiszowymi nawet o połowę mniejszą) – w chlebach z razowej mąki żytniej (tab. 7). Jest to przypuszczalnie wynikiem różnic zawartości białka w mąkach, co przedstawiono we wcześniejszej publikacji [18], z których ten chleb wypieczono.

Mimo wykazanej statystycznej istotności różnic pod względem zawartości tłuszczu, wyniki analizy tego składnika we wszystkich rodzajach chlebów należy uznać za porównywalne, bowiem oznaczona zawartość tłuszczu powyżej 2 %, a nawet 3 %, najprawdopodobniej pochodzi z tłuszczu dodanego, stosowanego do smarowania form.

Analizowane chleby charakteryzowały bardzo niewielkie, ale istotne różnice pod względem zawartości substancji mineralnych w postaci popiołu (tab. 7), choć najmniejszą jego ilość oznaczono w chlebach z mąki pszennej graham, co uwiaryściło się w najmniejszej zawartości potasu (K) – tab. 8. oraz miedzi (Cu) – tab. 9. w tych chlebach. Największa zawartość popiołu w chlebie z mąki orkiszowej VS01 (tab. 7) skutkowałą natomiast największą zawartością fosforu (P) – tab. 8., żelaza (Fe) i cynku (Zn) – tab. 9. w tym chlebie.

Tabela 4. Wyniki analizy jakości oraz oceny organoleptycznej chleba
Table 4. Results of quality and organoleptic assessment of bread

Rodzaj chleba Type of bread	Masa bochenka Loaf weight [g]	Objętość pieczywa Volume of bread [cm ³]	Całkowita strata wypiekowa Total baking loss [%]	Wydajność ciasta Yield of dough [%]	Wydajność pieczywa Yield of bread [%]	Wyniki oceny organoleptycznej Results of organoleptic assessment		
	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$			Liczba punktów Scores	Punkty za smak i zapach Scores for taste and flavour	Klasa jakości Quality class
VSZ1	514 ^{bc} ± 5	897 ^b ± 24	14,4 ^{bc} ± 0,8	174	149 ^c ± 1	33,8	5,0	2
VSZ2	519 ^c ± 7	863 ^a ± 21	13,5 ^b ± 1,1	174	151 ^{cd} ± 2	35,5	5,3	1
VSO1	526 ^d ± 10	888 ^b ± 33	12,4 ^a ± 1,6	179	157 ^e ± 3	35,4	5,4	2
VSO2	509 ^{ab} ± 5	955 ^c ± 16	15,1 ^{cd} ± 0,8	179	152 ^d ± 1	35,5	4,6	1
VSP1	514 ^{bc} ± 4	1024 ^d ± 15	14,3 ^{bc} ± 0,6	160	137 ^b ± 1	37,4	5,6	1
VSP2	507 ^a ± 7	897 ^b ± 24	15,6 ^d ± 1,2	160	135 ^a ± 2	38,1	5,8	1

Objaśnienia / Explanatory notes:

VSZ1 – chleb żytni – partia 1 / rye bread – batch 1; VSZ2 – chleb żytni – partia 2 / rye bread – batch 2; VSO1 – chleb orkiszowy – partia 1 / spelt bread – batch 1; VSO2 – chleb orkiszowy – partia 2 / spelt bread – batch 2; VSP1 – chleb pszenno-żytni – partia 1 / wheat-rye bread – batch 1; VSP2 – chleb pszenno-żytni – partia 2 / wheat-rye bread – batch 2. W tabeli przedstawiono wartości średnie ($\bar{x}$) ± odchylenia standardowe (SD) / Table shows mean values ($\bar{x}$) ± standard deviations (SD); n = 6; a, b, c, d – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values in columns and denoted by different letters differ statistically significantly $p \leq 0.05$.

Tabela 5. Kwasowość mękiszu oraz zawartość wybranych kwasów organicznych kształtujących smak i aromat chleba
 Table 5. Acidity of crumb and content of selected organic acids giving taste and aroma of bread

Rodzaj chleba Type of bread	Kwasowość miękiszu Acidity of crumb	Kwas / Acid						Suma kwasów organicznych Organic Acids in total	Stosunek ilości kwasu mlekowego do octowego Content rate of lactic acid to acetic acid
		Mlekowy Lactic	Octowy Acetic	Propionowy Propionic	Jabłkowy Malic	Winowy Tartaric	Cytrynowy Citric		
[°kw]	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	[%]		
VSZ1	10,1 ^g ± 0,1	1,014 ^b ± 0,029	0,459 ^d ± 0,013	0,193 ^b ± 0,030	0,049 ^b ± 0,005	0,007 ^b ± 0,001	-	1,722	68,8 : 31,2
VSZ2	10,9 ^f ± 0,1	1,162 ^c ± 0,023	0,575 ^e ± 0,011	0,369 ^b ± 0,013	0,143 ^d ± 0,006	0,033 ^c ± 0,000	0,003 ^a ± 0,002	2,285	66,9 : 33,1
VSO1	10,6 ^e ± 0,0	1,634 ^e ± 0,028	0,381 ^b ± 0,024	0,220 ^{bc} ± 0,016	0,072 ^d ± 0,010	0,007 ^b ± 0,002	-	2,314	81,1 : 18,9
VSO2	8,6 ^c ± 0,0	1,364 ^d ± 0,018	0,424 ^d ± 0,008	0,240 ^d ± 0,004	0,058 ^c ± 0,018	0,004 ^a ± 0,001	0,017 ^c ± 0,004	2,107	76,3 : 23,7
VSP1	8,2 ^b ± 0,0	1,445 ^d ± 0,031	0,373 ^{bc} ± 0,012	0,166 ^b ± 0,025	0,049 ^b ± 0,001	0,003 ^a ± 0,001	-	2,036	79,5 : 20,5
VSP2	9,5 ^d ± 0,1	1,093 ^c ± 0,019	0,378 ^c ± 0,030	0,221 ^c ± 0,017	0,043 ^a ± 0,001	0,002 ^a ± 0,000	0,009 ^b ± 0,001	1,746	74,3 : 25,7

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

Tabela 6. Zawartość wybranych cukrów i alkoholi kształtujących smak i aromat chleba

Table 6. Content of selected sugars and alcohols giving taste and aroma of bread

Rodzaj chleba Type of bread	Zawartość [g/100 g s.m.] / Content [g/100 g d.m.]			
	Cukry / Sugars		Alkohole / Alcohols	
	Maltoza / Maltose	Glukoza / Glucose	Glicerol / Glycerin	Etanol / Ethanol
	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$
VSZ1	0,4188 ^c ± 0,0097	0,5519 ^e ± 0,0040	0,2251 ^a ± 0,0264	0,0779 ^d ± 0,0010
VSZ2	0,8924 ^d ± 0,0006	0,8378 ^e ± 0,0207	0,2592 ^{ab} ± 0,0185	0,0504 ^b ± 0,0029
VSO1	0,0369 ^a ± 0,0003	0,0909 ^a ± 0,0156	0,2831 ^b ± 0,017	0,5233 ^b ± 0,0018
VSO2	0,3628 ^c ± 0,0181	0,3803 ^d ± 0,0218	0,2726 ^c ± 0,0232	0,0530 ^c ± 0,0019
VSP1	0,4173 ^c ± 0,0137	0,2794 ^c ± 0,0070	0,2147 ^a ± 0,0039	0,0410 ^a ± 0,0035
VSP2	0,2318 ^b ± 0,0010	0,1435 ^b ± 0,0006	0,2639 ^b ± 0,0017	0,0506 ^b ± 0,0012

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

Tabela 7. Podstawowy skład chemiczny badanych chlebów

Table 7. Basic chemical composition of bread studied

Rodzaj chleba Type of bread	Sucha masa [g/100 g próbki] Dry mass [g/100 g sample]	Białko ogółem [g/100 g s.m.] Total protein [g/100 g d.m.]	Tłuszcz surowy [g/100 g s.m.] Raw fat [g/100 g d.m.]	Związki mineralne w postaci popiołu [g/100 g s.m.] Mineral compounds in form of total ash [g/100 g d.m.]
	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$
VSZ1	92,65 ^d ± 0,02	7,05 ^a ± 0,02	2,28 ^a ± 0,03	3,65 ^d ± 0,02
VSZ2	90,44 ^c ± 0,08	7,53 ^b ± 0,05	3,25 ^c ± 0,11	3,54 ^c ± 0,01
VSO1	93,05 ^e ± 0,03	14,58 ^f ± 0,00	2,96 ^d ± 0,02	3,72 ^e ± 0,02
VSO2	90,35 ^c ± 0,06	13,39 ^e ± 0,23	3,04 ^d ± 0,01	3,30 ^b ± 0,01
VSP1	89,98 ^a ± 0,05	12,18 ^c ± 0,04	2,71 ^c ± 0,07	3,07 ^a ± 0,02
VSP2	90,10 ^b ± 0,03	12,70 ^d ± 0,02	2,51 ^b ± 0,12	3,09 ^a ± 0,02

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

Z danych literaturowych wiadomo, że zawartość składników mineralnych jest zwykle związana z zawartością błonnika pokarmowego w chlebach. Składniki te w największych ilościach znajdują się bowiem w zewnętrznych warstwach ziarniaków [3]. Zależności takie nie zostały jednak potwierdzone w analizowanych chlebach, gdyż największą zawartość błonnika (15 %) oznaczono w chlebie żytnim VSZ2 (tab. 10), o przeciętnej zawartości popiołu (tab. 7). Natomiast chleb VSO1 z mąki orkiszowej o największej zawartości popiołu odznaczał się zawartością błonnika (13,3 %) zbliżoną do zawartości tego składnika w chlebie z mąki z pszenicy zwyczajnej VSP2 – 12,9 % (tab. 10), w której oznaczono najmniejszą zawartość popiołu (tab. 7).

Tabela 8. Zawartość makroelementów w badanych chlebach [mg/kg s.m.]

Table 8. Content of macroelements in bread studied [mg/kg d.m.]

Rodzaj chleba Type of bread	Mg $\bar{x} \pm SD$	K $\bar{x} \pm SD$	P $\bar{x} \pm SD$	Ca $\bar{x} \pm SD$	Na $\bar{x} \pm SD$
VSZ1	1085 ^a ± 10	4554 ^{bc} ± 591	3269 ^a ± 182	194 ^a ± 1	8153 ^b ± 484
VSZ2	1118 ^a ± 2	4292 ^{abc} ± 324	3472 ^{ab} ± 108	271 ^c ± 2	7906 ^b ± 72
VSO1	1765 ^d ± 98	4726 ^c ± 99	5206 ^d ± 156	304 ^d ± 19	6378 ^a ± 149
VSO2	1324 ^c ± 26	4322 ^{bc} ± 144	4107 ^c ± 7	293 ^d ± 6	6598 ^a ± 47
VSP1	1238 ^b ± 19	3889 ^{ab} ± 0	3591 ^b ± 10	245 ^b ± 5	6509 ^a ± 19
VSP2	1237 ^b ± 8	3579 ^a ± 51	3596 ^b ± 45	305 ^d ± 7	6369 ^a ± 180

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

Tabela 9. Zawartość mikroelementów w badanych chlebach [mg/kg s.m.]

Table 9. Content of microelements in bread studied [mg/kg d.m.]

Rodzaj chleba Type of bread	Cu $\bar{x} \pm SD$	Fe $\bar{x} \pm SD$	Mn $\bar{x} \pm SD$	Zn $\bar{x} \pm SD$
VSZ1	4,02 ^c ± 0,09	64,9 ^{ab} ± 4,1	44,2 ^c ± 0,4	28,7 ^a ± 0,1
VSZ2	3,49 ^b ± 0,05	73,2 ^b ± 3,6	39,2 ^d ± 0,2	30,9 ^b ± 0,3
VSO1	4,35 ^d ± 0,09	104,6 ^d ± 0,1	28,4 ^a ± 0,7	33,5 ^c ± 0,9
VSO2	4,82 ^e ± 0,10	62,3 ^a ± 3,7	34,9 ^c ± 0,2	32,7 ^c ± 0,3
VSP1	2,96 ^a ± 0,03	82,6 ^c ± 3,6	27,2 ^a ± 0,3	32,5 ^c ± 0,2
VSP2	2,95 ^a ± 0,11	56,1 ^a ± 5,0	30,0 ^b ± 0,9	29,0 ^a ± 1,3

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

Tabela 10. Zawartość błonnika pokarmowego w badanych chlebach [g/100 g s.m.]

Table 10. Content of dietary fibre in investigated breads [g/100 g d.m.]

Rodzaj chleba Type of bread	Frakcja nierozpuszczalna Insoluble fraction $\bar{x} \pm SD$	Frakcja rozpuszczalna Soluble fraction $\bar{x} \pm SD$	Błonnik ogółem Total fibre $\bar{x} \pm SD$
VSZ1	9,51 ^a ± 0,04	2,63 ^c ± 0,05	12,15 ^b ± 0,08
VSZ2	11,33 ^d ± 0,02	3,72 ^e ± 0,03	15,04 ^e ± 0,05
VSO1	10,34 ^c ± 0,04	2,99 ^d ± 0,08	13,34 ^d ± 0,05
VSO2	9,37 ^a ± 0,17	2,24 ^b ± 0,05	11,61 ^a ± 0,13
VSP1	10,25 ^{bc} ± 0,01	1,34 ^a ± 0,10	11,59 ^a ± 0,11
VSP2	10,06 ^b ± 0,13	2,84 ^d ± 0,03	12,90 ^c ± 0,10

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

Na skutek działania bakterii kwasu mlekowego i drożdży w czasie fermentacji kwasowej rozkładowi ulegają fosforany mio-inozytolu, dzięki czemu zostają uwolnione składniki mineralne związane w mące przez te związki i dopiero w takiej formie mogą być przyswojone przez organizm ludzki. Fermentacja spontaniczna zakwasów

sporządzonych z razowych mąk pszennych (z pszenicy zwyczajnej i orkiszowej) oraz z mąki żytniej spowodowała we wszystkich chlebach znaczące zmniejszenie zawartości fosforanów mio-inozytolu w stosunku do surowców, czyli mąk razowych użytych do wypieku [18].

Najmniejszą zawartość sześćfosforanów inozytolu (0,02 i 0,04 % s.m.) – tab.11, oznaczono w chlebach żytnich, podczas gdy w razowej mące żytniej występują one w ilości 1,65 % s.m. [18]. Zmniejszenie zawartości tych związków należy szacować na ok. 80-krotne.

Tabela 11. Zawartość fosforanów mio-inozytolu w badanych chlebach

Table 11. Content of myo-inositol phosphates in bread studied

Rodzaj chleba Type of bread	Zawartość suchej masy w próbce Content of dry matter in sample [%]	Zawartość fosforanów mio-inozytolu [% s.m.] Content of myo-inositol phosphates [% d.m.]		Zawartość fosforanów mio-inozytolu [$\mu\text{mol/g}$ s.m.] Content of myo-inositol phosphates [$\mu\text{mol/g}$ d.m.]		Oznaczone fosforany mio-inozytolu Determined myo-inositol phosphates
		IP ₂ -IP ₆	IP ₆	IP ₂ -IP ₆	IP ₆	
		$\bar{x} \pm \text{SD}$	$\bar{x} \pm \text{SD}$	$\bar{x} \pm \text{SD}$	$\bar{x} \pm \text{SD}$	
VSZ1	60,70	0,10 ^b $\pm$ 0,01	0,02 ^a $\pm$ 0,01	1,5 $\pm$ 0,1	0,3 $\pm$ 0,2	IP ₆ , IP ₃ , IP ₂
VSZ2	58,20	0,11 ^b $\pm$ 0,01	0,04 ^b $\pm$ 0,00	1,7 $\pm$ 0,2	0,6 $\pm$ 0,1	IP ₆ , IP ₃ , IP ₂
VSP1	59,81	0,65 ^d $\pm$ 0,02	0,29 ^c $\pm$ 0,02	9,9 $\pm$ 0,3	4,4 $\pm$ 0,2	IP ₆ , IP ₅ , IP ₄ , IP ₃ , IP ₂
VSP2	60,92	0,52 ^c $\pm$ 0,01	0,26 ^c $\pm$ 0,01	7,8 $\pm$ 0,1	4,0 $\pm$ 0,2	IP ₆ , IP ₅ , IP ₄ , IP ₃ , IP ₂
VSO1	56,12	1,27 ^e $\pm$ 0,05	0,58 ^e $\pm$ 0,03	19,3 $\pm$ 0,7	8,8 $\pm$ 0,5	InsP ₆ , InsP ₅ , InsP ₄ , InsP ₃ , InsP ₂
VSO2	63,94	0,54 ^c $\pm$ 0,01	0,33 ^d $\pm$ 0,01	8,2 $\pm$ 0,1	5,1 $\pm$ 0,1	InsP ₆ , InsP ₅ , InsP ₄ , InsP ₃ , InsP ₂

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

Znacznie większą zawartość sześćfosforanów mio-inozytolu oznaczono w chlebach z mąki graham z pszenicy zwyczajnej (0,29 i 0,26 % s.m.) przy ok. 1,62 % s.m. tych związków występujących w mące z tej pszenicy [18]. Nastąpiło zatem ok. 56-krotne zmniejszenie zawartości IP₆ w chlebie pszennym. Największą jednak zawartość tych związków oznaczono w chlebach orkiszowych (1,27 i 0,54 % – tab. 11), przy zawartości sześćfosforanów inozytolu w surowcu, czyli w mące orkiszowej, w ilości odpowiednio: 2,05 i 1,66 % s.m. [18]. Nastąpiło zatem zmniejszenie zawartości IP₆ w chlebach odpowiednio: 1,5-krotne i 3-krotne.

Po analizie danych zawartych w tab. 11. należy podkreślić, że oprócz sześćfosforanów inozytolu IP₆ w badanych chlebach oznaczono także niższe izomery tego związku – od IP₂ do IP₅ (tab. 11). Całkowita ilość fitynianów kształtowała się w bada-

nych chlebach analogicznie do zawartości IP₆. Natomiast zaobserwowano istotne różnice pod względem zawartości poszczególnych niższych fosforanów mio-inozytolu. W chlebach żytnich, w których nastąpiła największa degradacja fitynianów, oznaczono izomery IP₆, IP₃ oraz IP₂. Nie zidentyfikowano izomerów IP₅ oraz IP₄, co może świadczyć o większej aktywności endogennej fitazy zawartej w mące żytniej, która w większym stopniu rozłożyła sześćfosforan inozytolu do niższych izomerów tego związku – IP₃ oraz IP₂. Na podstawie współczesnych badań izomerom tym przypisuje się właściwości prozdrowotne, m.in. rolę wewnątrzkomórkowych przekaźników regulujących układ nerwowy i krwionośny czy też związków zapobiegających nowotworom i krystalizacji hydroksyapatytu, który inicjuje powstawanie kamieni nerkowych [21, 29].

W chlebach razowych pszennych, zarówno orkiszowych, jak i z mąki z pszenicy zwyczajnej, także oznaczono wyższe fosforany inozytolu, tj. IP₅ i IP₄ oraz fosforany IP₃ i IP₂. Obecność wyższych fosforanów, zwłaszcza IP₅, może świadczyć o mniejszej aktywności fitazy pszennej. Przy takim samym pH zakwasu (ok. 3,7) enzym ten nie był w stanie zhydrolizować sześćfosforanów mio-inozytolu do niższych izomerów, które nie wiążą pierwiastków, ale spełniają inne funkcje w metabolizmie człowieka. Prawdopodobnie pH wyprodukowanych zakwasów już po pierwszej dobie fermentacji było zbyt niskie dla endogennej fitazy zawartej zarówno w mące pszennej, jak i w żytniej, optymalne bowiem warunki aktywujące ten enzym w mące pszennej to pH = 5,5 i temp. 50 ÷ 55 °C, a w mące żytniej – pH ok. 5,0 i temp. 55 °C. Wydaje się więc, że wobec zbliżonych warunków fermentacji w żurowniku, to większa ilość i aktywność fitazy w mące żytniej była przyczyną tak radykalnego rozłożenia fitynianów IP₆ w czasie pierwszej doby fermentacji, kiedy pH wynosiło ok. 6,5 ÷ 4,0 [18].

Tabela 12. Zawartość akryloamidu w badanych chlebach

Table 12. Content of acrylamide in bread studied

Rodzaj chleba Type of bread	Zawartość akryloamidu [µg/kg próbki] Content of acrylamide [µg/kg sample]
	$\bar{x} \pm SD$
VSZ1	33,83 ^b ± 0,01
VSZ2	40,38 ^d ± 0,03
VSO1	mniej niż 20 (poniżej granicy detekcji) less than 20 (below level of detection)
VSO2	mniej niż 20 (poniżej granicy detekcji) less than 20 (below level of detection)
VSP1	35,67 ^c ± 0,01
VSP2	29,43 ^a ± 0,04

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

Badanych chlebów nie można uznać za znaczące źródło akryloamidu, jak to przyjmuje się w odniesieniu do chlebów pszennych wypiekanych na drożdżach [10, 19]. Zakwaszenie ciasta, obecność bakterii kwasu mlekowego, a także duża wilgotność miększu, dochodząca nawet do 50 % w chlebach żytnich (rys. 1), ograniczyły powstawanie tego związku, zwłaszcza w chlebach orkiszowych, w których zawartość akryloamidu wynosiła mniej niż 20 µg/kg próbki i okazała się ilością poniżej granicy detekcji HPLC (tab. 12). Przyczyną tego mogła być mniejsza zawartość cukrów prostych (maltozy i glukozy) w tych chlebach (tab. 6).

W badanych chlebach oznaczono zawartość mikotoksyn, jednak zawartość DON i zearalenonu okazała się poniżej poziomu detekcji Aokinmycontrol – systemu do oznaczania mikotoksyn, z wyjątkiem chleba z pszenicy zwyczajnej VSP2, w którym oznaczono śladowe ilości DON (78 µg/kg próbki) – znacznie mniejsze niż wynosi poziom dopuszczalny przez Rozporządzenie Komisji (WE) [27], czyli 500 µg/kg próbki. Chleb ten jako jedyny nie mógł być oceniony pod względem tekstury miększu w końcowym okresie przechowywania, gdyż po 5 dobach uległ spleśnieniu. W tym samym chlebie VSP2 oznaczono największą liczbę drożdży i pleśni ($1,6 \times 10^2$ jtk/g próbki) spośród wszystkich badanych chlebów (tab. 13).

Tabela 13. Liczba tlenowych bakterii amylolitycznych (OLBA), tlenowych przetrwalnikujących bakterii amylolitycznych (OLBAP) oraz liczba pleśni i drożdży (OLG) po 1., 5. i 7. dobie przechowywania

Table 13. Counts of amylolytic aerobic bacteria (OLBA), amylolytic aerobic spore-forming bacteria (OLBAP), and counts of mould and yeasts (OLG) after the 1st, 5th, and 7th day of storage

Rodzaj chleba Type of bread	OLBA			OLBAP			OLG		
	Po 1. dobie After 1 st day of storage	Po 5. dobie After 5 th day of storage	Po 7. dobie After 7 th day of storage	Po 1. dobie After 1 st day of storage	Po 5. dobie After 5 th day of storage	Po 7. dobie After 7 th day of storage	Po 1. dobie After 1 st day of storage	Po 5. dobie After 5 th day of storage	Po 7. dobie After 7 th day of storage
	[jtk/g pieczywa / jtk/g of bread]								
VSZ1	0	0	0	0	0	0	$2,0 \times 10^1$	$1,0 \times 10^1$	$2,0 \times 10^1$
VSZ2	0	0	0	0	0	0	0	0	$6,0 \times 10^1$
VSO1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VSO2	0	0	0	0	0	0	0	0	$1,4 \times 10^2$ drożdże yeast
VSP1	10	0	0	0	0	0	0	0	0
VSP2	0	0	0	0	0	0	0	0	$1,6 \times 10^2$

Należy podkreślić, że wszystkie badane chleby razowe cechowały się dużą trwałością mikrobiologiczną, bowiem minimalna trwałość termostatowa wszystkich rodzajów pieczywa wynosiła 10 dób, tj. 240 h (tab. 14). W badanym pieczywie nie stwier-

dzono obecności tlenowych bakterii amylolitycznych (OLBA), tlenowych przetrwalnikujących bakterii amylolitycznych (OLBAP), a tylko w pojedynczych przypadkach odnotowano wzrost grzybów strzępkowych, głównie z rodzaju *Penicylum* i *Aspergillus* (tab. 13).

Tabela 14. Trwałość mikrobiologiczną pieczywa metodą termostatową

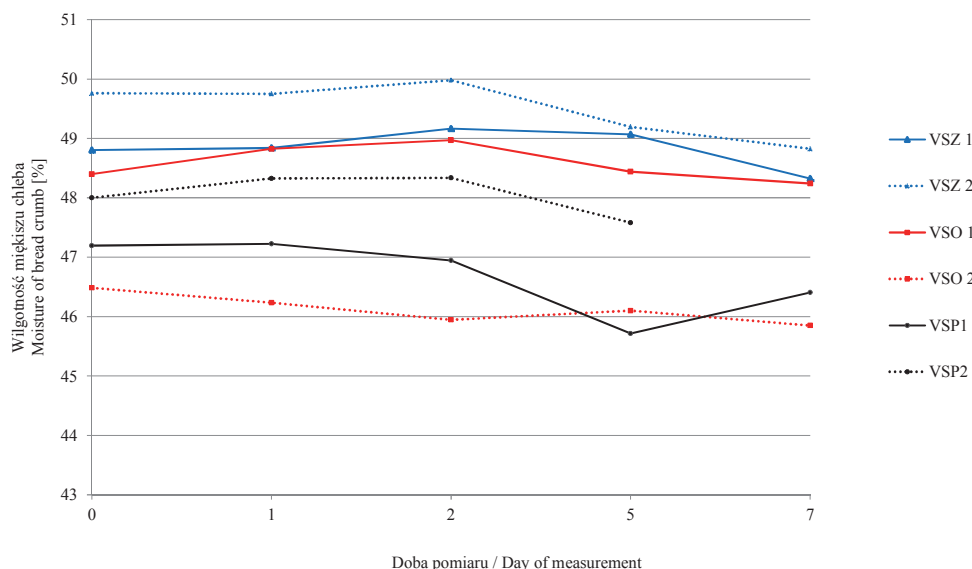
Table 14. Microbiological stability of bread by thermostatic method

Rodzaj chleba Type of bread	Liczba dni bez widocznych objawów Number of days without visible symptoms
VSZ1	216 h (9 dni / days)
VSZ2	192 h (8 dni / days)
VSO1	264 h (11 dni / days)
VSO2	360 h (15 dni / days)
VSP1	336 h (14 dni / days)
VSP2	456 h (19 dni / days)

W ocenie profilu tekstury wykonanej teksturometrem TAXT Plus uwzględniono następujące wskaźniki tekstury miękiszu: twardość, spójność, żujność i odbojność. Oznaczono także wilgotność miękiszu, która wywiera znaczący wpływ na wszystkie ww. parametry.

W dniu wypieku największą wilgotnością wyróżniały się chleby żytnie (49 ÷ 50 %) – rys. 1. Nieznacznie mniejszą zawartość wody oznaczono w miękiszu chlebów pszennych, zarówno z mąki z pszenicy orkiszowej, jak i z pszenicy zwyczajnej. Średnia zawartość wody w tych chlebach wynosiła ok. 47,5 %. Wydaje się, że większa zawartość wody wywarła korzystny wpływ na twardość miękiszu, chleby z mąki żytniej odznaczały się bowiem najmniej twardym miękiszem – ponad dwukrotnie bardziej miękkim niż oba rodzaje chlebów pszennych (rys. 2) oraz mniejszą żujnością (rys. 3). Chleby te niestety odznaczały się także najmniejszymi wartościami pozostałych parametrów miękiszu, tj. spójności i odbojności, choć nie wszystkie różnice były statystycznie istotne.

Wydaje się, że wpływ na profil tekstury miękiszu wywarła nie tylko jego wilgotność, mógł on zależeć także od sposobu związania i zatrzymania wody przez składniki miękiszu. W mące żytniej składnikami najsilniej wiążącymi wodę są z pewnością pentozany, zaś w chlebach z mąki pszennej – białka glutenowe i skrobia. Pentozany znacznie silniej wiążą wodę w ukwaszonym cieście niż białka glutenowe, zaś skrobia w temperaturze poniżej 60 °C wykazuje bardzo ograniczoną zdolność wiązania wody – maksymalnie 30 % swojej masy [5].



Objaśnienia symboli jak pod tab. 4. / Explanation of symbols as in Tab 4.

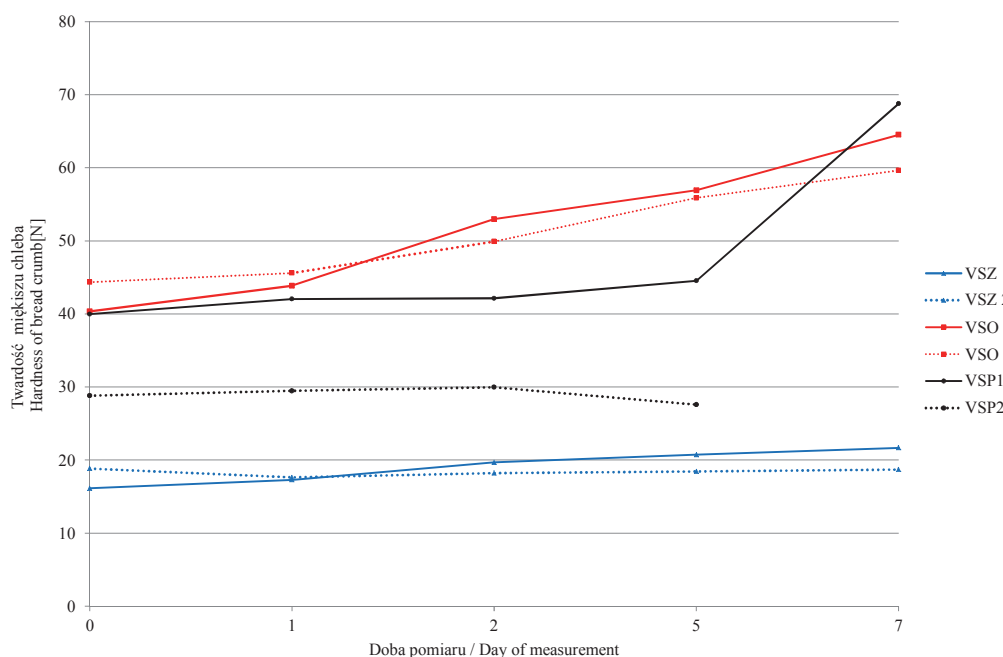
Rys. 1. Zmiany wilgotności miększu chleba w czasie przechowywania

Fig. 1. Changes in moisture of bread crumb during storage

Podczas wypieku, w miarę wzrostu temperatury w całej objętości bochenka, skrobia sukcesywnie zwiększa zdolność wiązania wody, odcinając ją ze składników, które ją wcześniej zatrzymały. Substancje białkowe łatwiej oddają wodę niż pentozany, stąd skrobia kleikuje w cieście chleba pszennego w znacznie większym stopniu niż w chlebie żytnim. Skleikowana skrobia natychmiast zaczyna retrogradować, tzn. dąży do odzyskania swej krystalicznej struktury, tworząc uporządkowane, twarde regiony w miększu chleba. Proces ten postępuje już podczas chłodzenia chleba po wypieku i intensywnie przebiega w czasie pierwszej doby przechowywania, przy czym w kolejnych dniach po wypieku jego intensywność znacznie maleje [9, 12].

Badania profilu tekstury miększu podczas kolejnych dni przechowywania chlebów potwierdzają powyższą teorię starzenia się miększu chleba, gdyż miększ chlebów żytnich przez cały okres przechowywania odznaczał się wyraźnie mniejszą twardością i żuźnością (rys. 2 i 3) niż miększ obu rodzajów chleba pszennego. Zatem można przypuszczać, że proces retrogradacji skrobi w chlebach pszennych i żytnich przebiegał z różną intensywnością. W chlebach razowych żytnich twardość miększu wzrosła od 16 i 18 N w dniu wypieku do 22 i 19 N w 7. dobie przechowywania (rys. 2). W obu rodzajach chlebów pszennych odnotowano natomiast znacznie większy wzrost twardości miększu pomiędzy dniem wypieku a 7. dobą przechowywania. W miększu chleba orkiszowego wzrost ten wynosił od 40 i 44 N w dniu wypieku do

60 i 65 N w 7. dobie przechowywania, a w miękiszu chleba z pszenicy zwyczajnej – od 29 i 40 N w dniu wypieku do 30 i 69 N w 7. dobie przechowywania (rys. 2). Zmiany twardości miękiszu w obu rodzajach chlebów pszennych były zatem bardzo zbliżone.

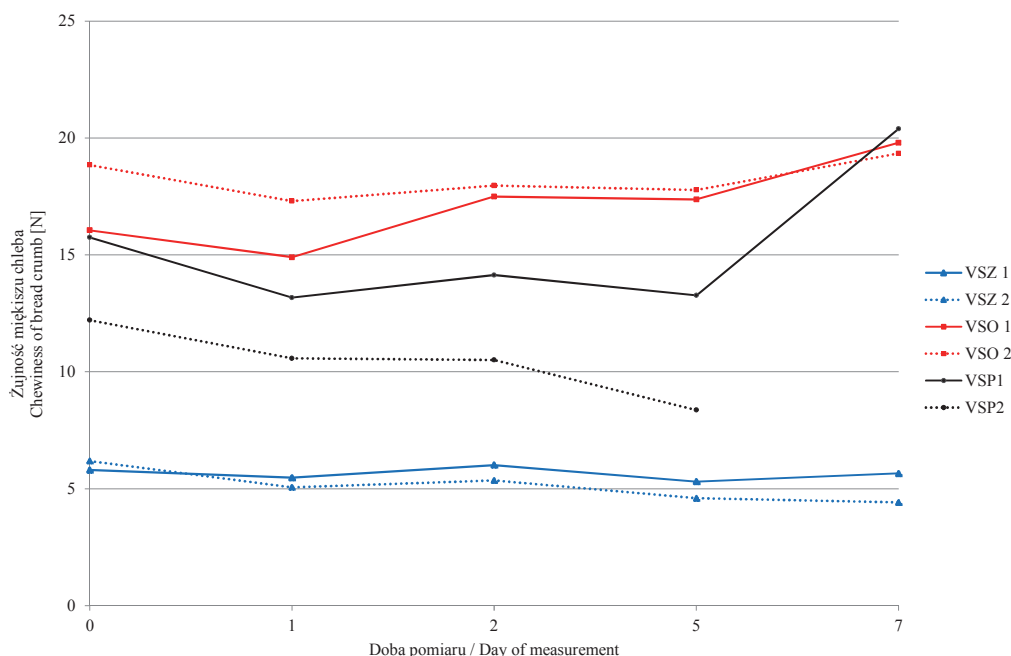


Objaśnienia jak pod tab. 4. / Explanatory notes as in Tab. 4.

Rys. 2. Zmiany twardości miękiszu chleba w czasie przechowywania

Fig. 2. Changes of hardness of bread crumb during storage

Zaobserwowane znaczne różnice twardości miękiszu pomiędzy chlebami z mąki z pszenicy zwyczajnej (rys. 2) można najprawdopodobniej przypisać innej zawartości i jakości glutenu obecnego w tych mąkach, co wykazano we wcześniejszych badaniach Litwinek i wsp. [18]. Wydaje się jednak, że mąka z pszenicy zwyczajnej, która była surowcem do wypieku chleba VSP1, charakteryzowała się dużo słabszym glutenem niż mąka stanowiąca surowiec do wypieku chleba VSP2, bowiem gluten ten nie był w stanie zatrzymać wody podczas wypieku chleba, kiedy pęczniąca i kleikująca skrobia zaczęła wykazywać aktywność. Skutkowało to w następnej kolejności retrogradacją tej skleikowanej skrobi i dużą twardością miękiszu, sukcesywnie postępującą podczas całego okresu przechowywania (rys. 1). W miękiszu chleba VSP2 zaobserwowano natomiast proces odwrotny.



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

Rys. 3. Zmiany żujności miękiszu chleba w czasie przechowywania

Fig. 3. Changes in chewiness of bread crumb during storage

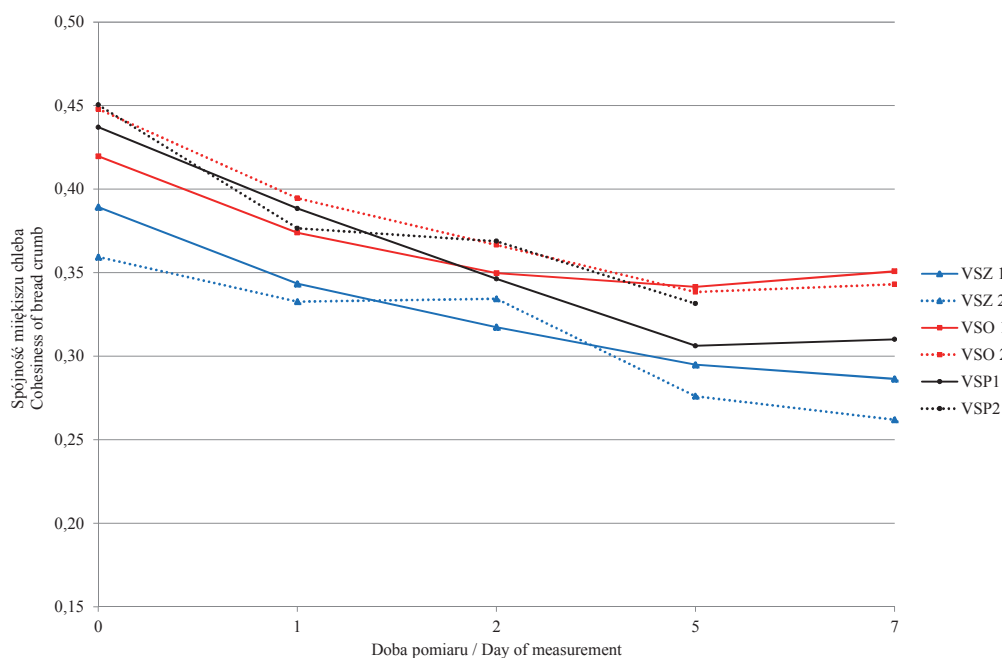
Jak pokazano na rys. 1. i 2., im większa była wilgotność miękiszu, tym mniejsza jego twardość. Zmiany twardości miękiszu były jednak dużo większe niż zmiany jego wilgotności: $46,5 \div 50 \%$ w dniu wypieku do $46 \div 49 \%$ w 7. dobie przechowywania, tj. o $0,5 \div 1$ p.p. (rys. 1). Efekt ten jest potwierdzeniem, że nie utrata wody przez miękisz jest głównym powodem zwiększania się jego twardości podczas przechowywania, ale zmiany w strukturze skrobi, tj. jej kleikowanie i postępująca retrogradacja [9, 12].

Żujność miękiszu badanych chlebów kształtowała się proporcjonalnie do twardości, tzn. jej wartości były najmniejsze w przypadku chlebów żytnich i niewiele zmieniały się podczas przechowywania, w odróżnieniu od miękiszu chlebów pszennych, w których niezależnie od rodzaju żujność miękiszu w niewielkim stopniu wzrastała, z wyjątkiem chleba VSP2 (rys. 3), którego miękisz po 5 dobach uległ spleśnieniu.

Miękisz w chlebach żytnich odznaczał się nieznacznie mniejszą spójnością w dniu wypieku w porównaniu z chlebami pszennymi i tendencja malejąca dotycząca tej cechy utrzymywała się do końca okresu przechowywania. Podobną tendencję wykazano w miękiszu chlebów pszennych (rys. 4).

Miękisz chlebów żytnich odznaczał się w dniu wypieku mniejszą odbojnością niż miękisz chlebów pszennych (rys. 5), a czas przechowywania wpływał ujemnie na tę

cechę. Podobną tendencję zaobserwowano w miększu chlebów pszennych, choć miękisz ten generalnie do końca okresu przechowywania (7 dób) odznaczał się większą odbojnością niż miękisz chlebów żytnich (rys. 5).

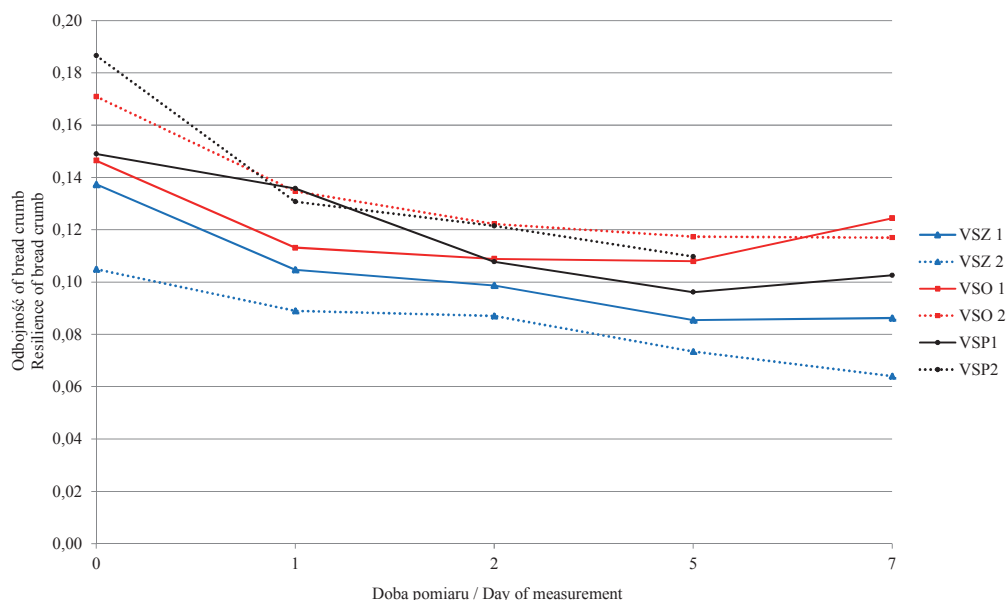


Objaśnienia jak pod tab. 4. / Explanatory notes as in Tab. 4.

Rys. 4. Zmiany spójności miększu chleba w czasie przechowywania

Fig. 4. Changes in cohesiveness of bread crumb during storage

Podsumowując, można stwierdzić, że wszystkie zastosowane ukwaszone mąki razowe, tj. pszenna z pszenicy zwyczajnej i orkiszowej oraz żytnia nadawały się do wypieku chlebów. Razowe chleby orkiszowe objętością bochenków były zbliżone do chlebów z mąki żytniej, choć wyraźnie różniły się one smakiem i zapachem zależnym od stosunku kwasu mlekowego do octowego oraz zawartości cukrów prostych w tych chlebach. Najlepiej przez konsumentów został oceniony chleb graham z mąki z pszenicy zwyczajnej, który odznaczał się najmniejszą kwasowością miększu. Największą wilgotnością i najmniejszą twardością oraz żujnością miększu przez cały okres 7-dobowego przechowywania wyróżniał się chleb żytni, zaś chleby graham i orkiszowe starzały się porównywalnie i znacznie szybciej.



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

Rys. 5. Zmiany odbojności miękiszu chleba w czasie przechowywania

Fig. 5. Changes in resilience of bread crumb during storage

Wnioski

1. Największą objętością wyróżniały się chleby graham z mąki z pszenicy zwyczajnej i one były najbardziej akceptowane przez konsumentów podczas oceny organoleptycznej, zwłaszcza za smak i zapach. Chleby żytnie i z mąki z pszenicy orkisz były do siebie zbliżone pod względem objętości bochenków, ale większą akceptacją konsumentów wyróżniały się chleby żytnie.
2. W chlebach z mąki pszennej, zarówno graham, jak i orkiszowej, stwierdzono zbliżony stosunek zawartości kwasu mlekowego do octowego, średnio 78 : 22, natomiast w chlebie żytnim było więcej kwasu octowego i stosunek ten wynosił średnio 68 : 32. W chlebie razowym żytnim wykazano też największą zawartość glukozy.
3. W odróżnieniu od chlebów żytnich w chlebach razowych pszennych, zarówno orkiszowych, jak i graham, oprócz zawartości niższych fosforanów mio-inozytolu IP_3 i IP_2 wykazano także wyższe fosforany tego związku – IP_5 i IP_4 , świadczące o mniejszej aktywności endogennej fitazy pszennej.

4. Zakwaszenie ciasta, obecność bakterii kwasu mlekowego oraz bardzo duża wilgotność miękiszu ograniczyły powstawanie akryloamidu w badanych chlebach, zwłaszcza wyprodukowanych z mąki pszennej orkiszowej.
5. Badane chleby odznaczały się dużą trwałością mikrobiologiczną, z wyjątkiem jednego chleba z mąki graham z pszenicy zwyczajnej, na którym stwierdzono oznaki pleśni po 7 dobach przechowywania.
6. W dniu wypieku największą wilgotnością miękiszu wyróżniały się chleby żytnie (ok. 50 %), natomiast średnia wilgotność miękiszu chlebów pszennych (orkiszowych i graham) wynosiła ok. 47,5 %. W 7. dobie przechowywania wilgotność miękiszu wszystkich chlebów zmniejszyła się w bardzo małym stopniu, o 0,5 ÷ 1 p.p.
7. Mimo niewielkich zmian wilgotności miękiszu zaobserwowano postępujący wzrost jego twardości i żuźności podczas przechowywania – najmniejszy w chlebach żytnich.
8. Miękiś chlebów żytnich odznaczał się w dniu wypieku najmniejszą spójnością i odbojnością, a czas przechowywania wpływał ujemnie na te cechy.

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

Literatura

- [1] AOAC: Official Methods of Analysis. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists International, Gaithersburg 2006.
- [2] Arendt E.K., Ryan L.A.M., Bello F.D.: Impact of sourdough on the texture of bread. Food Microbiol., 2007, 24, 165-174.
- [3] Bartnikowska E.: Przetwory z ziarna owsa jako źródła ważnych substancji prozdrowotnych w żywieniu człowieka. Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl., 2003, 229, 235-245.
- [4] Bojnanska T., Franakova H.: The use of spelt wheat (*Triticum spelta* L.) for baking applications. Rostlinna Vyroba, 2002, 48 (4), 141-147.
- [5] Bushuk W.: Rye. Production, Chemistry and Technology. AACC, Saint Paul, Minnesota, USA, 2001, pp. 87, 172, 185.
- [6] Chen Q.-Ch., Li B.W.: Separation of phytic acid and other related inositol phosphates by high-performance ion chromatography and its applications. J. Chromatogr. A, 2003, 1018, 41-52.
- [7] De Vuyst L., Neysns P.: The sourdough microflora: Biodiversity and metabolic interactions. Trends Food Sci. Technol., 2005, 16 (1-3), 43-56.
- [8] Abdel-Aal E.-S. M., Rabalski I.: Effect of baking on nutritional properties of starch in organic spelt whole grain products. Food Chem., 2008, 111, 150-156.
- [9] Fik M.: Czerstwienie pieczywa i sposoby przedłużania jego świeżości. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2004, 2 (39), 5-22.
- [10] Friedman M.A.: Chemistry, biochemistry and safety of acrylamide: A review. J. Agric. Food Chem., 2003, 51, 4504-4526.

- [11] Gambuś H., Litwinek D.: Medycyna praktyczna dla pacjentów. Pieczywo – dlaczego warto jeść? [online]. Dostęp w Internecie [02.10.2012]: <http://dieta.pl/zasady>
- [12] Gambuś H.: Funkcja skrobi w produktach piekarskich. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2000, 3 (24), 20-32.
- [13] Jakubczyk T., Haber T.: Analiza zbóż i przetworów zbożowych. Wyd. SGGW-AR, Warszawa 1981.
- [14] Kasarda D.D., D'Ovidio R.: Deduced amino acid sequence of an α -gliadin gene from spelt wheat (spelta) includes sequences active in celiac disease. *Cereal. Chem.*, 1999, 76, 548-551.
- [15] Kawka A.: Przetwory zbożowe – aspekty wzbogacania wartości odżywczej. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2009, 53 (10), 2-7.
- [16] Kohajdova Z., Karovicova J.: Nutritional value and banking applications of spelt wheat. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.*, 2008, 7 (3), 5-14.
- [17] Lefebvre D., Gabriel V., Vayssier Y., Fontagné-Faucher C.: Simultaneous HPLC determination of sugars, organic acids and ethanol in sourdough process. *LWT - Food Sci. Technol.*, 2002, 35, 407-414.
- [18] Litwinek D., Buksa K., Gambuś H., Boreczek J., Kowalczyk M.: Ocena jakości handlowych mąk całoziarnowych – pszennej orkiszowej, pszennej zwyczajnej i żytniej oraz uzyskanych z nich kwasów spontanicznych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2017, 4 (113), 76-89.
- [19] Orzeł D., Biernat J.: Furan i akrylamid w żywności. *Bromatol. Chem. Toksykol.*, 2011, 44 (3), 225-232.
- [20] Paleologos E.K., Konotominas M.G.: Determination of acrylamide and methacrylamide by normal phase high performance liquid chromatography and UV detection. *J. Chromatogr. A*, 2005, 1077 (2), 128-35.
- [21] Park H.-R., Ahn H.-J., Kim S.-H., Lee C.-H., Byun M.-W., Lee G.-W.: Determination of the phytic acid levels in infant foods using different analytical methods. *Food Control*, 2006, 17, 727-732.
- [22] PN-A-74108:1996. Pieczywo. Metody badań.
- [23] PN-A-74134-4:1998. Wyroby i półprodukty ciastkarskie. Badania mikrobiologiczne. Oznaczanie liczby tlenowych bakterii przetrwalnikujących amylolitycznych.
- [24] PN-A-74134-6:1998. Wyroby i półprodukty ciastkarskie. Badania mikrobiologiczne. Oznaczanie liczby drożdży i pleśni.
- [25] PN-A-74102:1999. Wyroby i półprodukty piekarskie. Pobieranie próbek i metody badań mikrobiologicznych. Załącznik D: Oznaczanie trwałości mikrobiologicznej pieczywa metodą termostatową.
- [26] Ranhotra G.S., Gerot J.A., Glaser B.K., Lorenz K.J.: Baking and nutritional qualities of a spelt wheat sample. *LWT - Food Sci. Technol.*, 1995, 28 (1), 118-122.
- [27] Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych. *Dz. Urz. UE L 364*, s. 5-24, z 20.12.2006 z późn. zm.
- [28] Shewry P.R., Hey H.: Do "ancient" wheat species differ from modern bread wheat in their contents of bioactive components? *J. Cereal Sci.*, 2015, 65, 236-243.
- [29] Szkuderski T.: Phytic acid – its influence on organism. *J. Anim. Feed Sci.*, 1997, 6, 427-438.
- [30] Zieliński H., Ceglińska A., Michalska A.: Bioactive compounds in spelt bread. *Eur. Food Res. Technol.*, 2008, 226, #537, DOI :10.1007/s00217-007-0568-1.

QUALITY AND AGING OF BREAD FROM WHOLEMEAL COMMON WHEAT AND SPELT FLOURS, AND FROM WHOLEMEAL RYE FLOUR

Summary

The objective of the research study was to assess the quality of bread baked from wholemeal common wheat and spelt wheat wholemeal flours, and from a rye wholemeal flour using a spontaneous sourdough based on the respective wholemeal flour derived from a given cereal, and to determine the aging process of this bread during storage. In a conventional bakery, spontaneous sourdough starters were made from the above named three types of flour and added to the dough in an appropriate proportion. The 600 g pieces of the dough were baked and, after cooling, their weight was determined, their volume was measured, a baking loss was calculated, and an organoleptic assessment was performed. In all the bread loaves, there were determined the contents of: water, total protein, dietary fibre (soluble and insoluble fractions), ash (of the selected macro- and microelements), raw fat, some selected micotoxins, myo-inositol phosphates, substances that give bread its taste and aroma, and acrylamid. Also, the texture profile of bread crumb was measured on the day of baking and during a 7 day period of storage. Moreover, in 1 g of bread, the count of aerobic amylolytic bacteria (OLBA) was determined as were the counts of spore-forming aerobic amylolytic bacteria (OLBAP), yeasts and moulds (OLG); the thermostatic stability of bread was determined after the 1st, 2nd, 5th and 7th day of storage.

Bread baked from the common wheat Graham flour was characterized by the highest volume and the samples of this bread received, especially for its smell and taste, the highest acceptance of the consumers, who assessed them organoleptically. The rye and spelt bread loaves were characterized by a comparable loaf volume; however, the rye bread was accepted higher by the consumers than the spelt bread. In the bread made from both the common wheat and spelt wheat flour, a similar ratio was determined of lactic to acetic acid (68/32, on average). The highest level of glucose was measured in the rye bread. In contrast to the rye bread, in the bread produced from common and spelt wholemeal flours, there were determined lower contents of myo-inositol phosphates (IP₃ and IP₂) and higher contents of phosphates of that compound (IP₅ and IP₄). In the bread from spelt wholemeal flour, even trace contents of acrylamide were not found, and in the other bread loaves, trace amounts of this compound were determined. The bread analysed had a high microbiological stability. On the day of baking, the highest moisture content was reported in the rye bread loaves (approx. 50 %) while the average content of moisture was 47.5 % in the crumb of wheat bread (from common Graham and spelt wheat flour). After 7 days of storage, the moisture content in all the bread loaves decreased to a very low degree: 0.5 to 1 p.p., although their crumbs progressively hardened during storage; the rye bread crumb hardened the slowest.

Key words: wholemeal bread made with spontaneous sourdough from: rye flour, common wheat flour, spelt wheat flour, spontaneous sourdough, bread quality, bread aging ☒

ANNA BANAŚ, ANNA KORUS

INFLUENCE OF PLANT-DERIVED RAW MATERIALS ON THE ANTIOXIDANT PROPERTIES OF LOW-SUGAR CHERRY JAMS

S u m m a r y

Fruits are a good source of bioactive compounds exhibiting pro-health properties. The objective of the study was to evaluate the effect of adding chokeberry, elderberry, Japanese quince, flax seeds and wheat germs on the antioxidant properties of low-sugar cherry jams stored at refrigeration (10 °C) or room temperature (20 °C) for 12 months. The highest levels of total polyphenols (3.036 g/kg), total flavonoids (1.372 g/kg) and total anthocyanins (0.902 g/kg) were recorded in the cherry jam with 15 % chokeberry fruit added, immediately after its production. In the cherry jams studied, the following polyphenols were identified: *p*-cumaric acid, ferulic acid, caffeic acid, rutin and (+)- catechin. In the jam without plant ingredients the dominant polyphenols were (+)-catechin (0.023 g/kg) and caffeic acid (0.019 g/kg). The content of vitamin C was the highest (0.085 g/kg) in the jam with Japanese quince added. The level of antioxidant activity (ABTS^{•+}, DPPH[•] and FRAP) was the highest in the cherry jam with 15 % added chokeberry fruit. Both the longer time of storage and higher storage temperature resulted in a decrease in the value of all the parameters analyzed. Enriching cherry jams with pro-health ingredients improved the quality of the final product. These products are a valuable source of antioxidants in daily diet.

Key words: cherry fruit, jam, pro-health additives, antioxidants, polyphenols, storage

Introduction

In recent years, studies were conducted on the health-promoting properties of fruit and their use in the food production. In addition to nutrients, those foods also have compounds showing preventive and therapeutic effects on physical and mental health. In particular, those studies were focused on bioactive compounds that occur naturally in fruit and on the methods used in the production of food, which make it possible to maintain the highest possible level of bioactivity [3].

Mgr inż. A. Banaś, dr hab. inż. A. Korus, Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Grzybów, 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

The bioactive compounds with antioxidant properties include polyphenols, vitamin A and C, tocopherols, carotenoids, as well as organic acids and minerals [30]. Polyphenols have a beneficial effect on the human immune system and show anti-inflammatory, antimicrobial and anticancer properties. They comprise phenolic acids, and flavonoids including anthocyanins, stilbenes and lignans [21].

Sour cherries (*Prunus cerasus* L.) are increasingly valued not only for their taste and nutritional and mineral compounds contained therein, but also because they contain anthocyanins and other flavonoids exhibiting strong antioxidant and anti-inflammatory properties [32]. Anthocyanins are responsible for the colour of the cherry fruit; their content depends on the variety and the stage of maturity [11]. Over 1.4 million tons of sour cherry are produced annually worldwide. The biggest producers of sour cherry are Russia, Poland and Turkey [9]. The sour cherry fruit is an unstable raw material. Moreover, sour cherries should be quickly processed as their harvest period is limited. They are the raw material for producing concentrated juices, frozen foods, compotes, drinks and jams [1].

Sour cherry jams are willingly added to breakfasts, dinners and desserts, especially the low-sugar ones for the calorie content therein is reduced. They maintain the same excellent quality and sensory features as the fruit they are made from. However, the conditions and the time of storage of jams are important factors that affect their quality, including changes in the level of antioxidant activity [24].

The objective of the research study was to assess the effect of adding plant materials with pro-health properties (black chokeberry, elderberry, Japanese quince, flax seeds and wheat germs) on the level of antioxidants in low-sugar sour cherry jams. The jams for the analysis were stored at refrigeration (10 °C) and room temperature (20 °C) for 6 and 12 months.

Materials and methods

Material

The material studied consisted of low-sugar jams prepared from the “Łutówka” sour cherry cv. (*Prunus cerasus* L.) without plant ingredients and of jams containing enriching ingredients such as black chokeberry (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott), elderberry (*Sambucus nigra* L.), Japanese quince (*Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach), flax seeds (*Linum* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) germ.

The jams analysed were produced from frozen fruits, which were prepared from the fully ripened fresh fruits. Those fruit were sorted and washed immediately after harvest and inedible parts were discarded. The sour cherries were frozen as a whole, while the fruit of black chokeberry, elderberry and Japanese quince were homogenized prior to freezing. After freezing the raw fruit material was kept in polypropylene bags

at -30 °C until production. Flax was added in the form of ground defatted flax seeds (Oleofarm, Poland) with residual fat content of 10 %. The wheat germs from wheat grain were purchased directly from the producer (Sante, Poland). Sucrose, steviol glycoside (Bio Nature24) as a partial sucrose replacement, low-esterified citrus-apple pectin (NECJ-A2, Naturex, France) and citric acid (Chem Point, Poland) were also used in the production of jams.

Production of jam

All the jams with a final refractometric extract of about 30 % were sweetened with sucrose and steviol glycoside. Steviol glycoside was added to replace part of the sucrose and to reduce the caloric value of jams. Steviol glycoside was added in the maximum quantity as permitted in the European Union, i.e. 200 mg/kg of the product [8]. The fruit comprised 50 % of the weight of the final product; the total acidity of the jam was set at 1 %. The following variants of jams were manufactured: SC0 – sour cherry jam without plant ingredients, SCCh – sour cherry jam with 15 % black chokeberry added, SCE – sour cherry jam with 15 % elderberry added, SCJ – sour cherry jam with 8 % Japanese quince added, SCF – sour cherry jam with 3 % flax seeds added, SCWG – sour cherry jam with 3 % wheat germs added.

The fruit were boiled together with the sweeteners and water in an open pan (for 20 min at 103 °C). Afterwards, a previously prepared 4 % solution of gelling agent was added and the whole batch was mixed and boiled again for several minutes. Finally, citric acid was added and mixed. Then the products were then packaged in glass jars (0.2 l), pasteurized at 82 ÷ 85 °C for 15 min, and finally cooled to 20 ± 2 °C.

Storage of jam

The jams produced were stored in dark warehouses at two temperatures: refrigeration temperature (10 °C) and room temperature (20 °C) until their assessment carried out immediately after production and after 6 and 12 months of storage.

Chemical determination

In order to determine total polyphenols, total flavonoids and antioxidant activity, sample extracts were prepared using 80 % ethanol. The polyphenols were determined by a Folin-Ciocalteu method [31]. The content of polyphenols was read on the standard curve prepared for (+)-catechin.

The content of total flavonoids was determined using an aluminium chloride assay [35]. The content of flavonoids was read on the standard curve prepared for (+)-catechin.

The polyphenols were separated and identified with the use of high performance liquid chromatography (HPLC) according to the method described by Klimczak *et al.* [15], with the modifications by the authors of the study. The jams studied were ground

in a laboratory mill and distilled water was added at a ratio of 1 : 1, next NaOH (2 mol/l) at a ratio of 1 : 1 w/w was added. Subsequently the samples were mixed using a Labnet vortex mixer (Edison, USA) and left in the dark for 4 h at a temperature of 20 °C and then neutralized to pH 2.2 - 2.8 with HCl (2 mol/l) using a Metrohm pH meter (Herisau, Switzerland). Next, the samples were centrifuged at 4.000 x g for 20 min at 4 °C in a MPW-260R centrifuge (Warsaw, Poland) and transferred quantitatively into a volumetric flask using a 1 % L-ascorbic acid dissolved in methanol (HPLC grade). Prior to chromatographic analysis, the material examined was centrifuged for the second time (18.000 x g, 20 min, 4 °C); the samples with wheat germs and those enriched with flax were centrifuged twice. Afterwards, they were filtered through an L-PTFE filter with a pore diameter of 22 µm. Before the chromatographic analysis the samples were stored at 4 °C.

The chromatographic analysis was performed using a Dionex Ultimate 3000 HPLC set equipped with Thermo Scientific DAD detector (Germering, Germany). A column (XBridge™ C18 250 × 4.6 mm; 3.5 µm) with a pre-column (XBridge™ C18, 20 × 4.6 mm; 3.5 µm (Waters, Wexford, Ireland)) was employed for analysis performed. The mobile phase consisted of two eluents: A – a 2 % aqueous solution of acetic acid, and B – 100 % acetonitrile. The flow rate was 0.8 ml/min. The analysis was carried out for 80 min using the following gradient – eluent A: 15 min, 14 %; 20 min, 18 %; 30 min, 25 %; 55 min, 55 %; and 62 min, 100 %; until the end of analysis.

The total anthocyanins and the degradation index were determined by means of the spectroscopic method [10]. The content of anthocyanins, expressed as cyanidin-3-glucoside equivalent, was calculated from the absorbance measured and the coefficient of sample dilution. The absorbance of each sample was measured at 510 and 700 nm, against distilled water as a blank. Degradation index (ID) was obtained as the ratio between total anthocyanins and the monomeric anthocyanins:

$$ID = (\text{Total anthocyanins})_{\text{single pH method}} / (\text{Monomeric anthocyanins})_{\text{pH differential method}}$$

The vitamin C content, as a total of ascorbic and dehydroascorbic acid, was determined using spectrophotometrical method [13]. An oxalic acid solution (2 %) was used to extract the ascorbic acid. The following were measured spectrophotometrically at 500 nm and compared with a vitamin C reference standard: the quantitative reduction of 2,6-dichlorophenolindophenol dyestuff by the ascorbic acid, the extraction of the excess dyestuff using xylene and the excess.

The antioxidant activity was determined by means of the three spectrophotometric methods: as the scavenging activity against DPPH· (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) free radical [25]; applying ABTS·⁺ (2,2'-azinobis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonate) cation radical [28] and by the ferric reducing antioxidant power (FRAP) method [4].

For the aforementioned methods the absorbance was measured at 516 nm, 734 nm, and 595 nm respectively.

A Hitachi U-2900 double beam spectrophotometer (Hitachi Europe Ltd) was used to analyse the total polyphenols, flavonoids, anthocyanins, vitamin C and antioxidant activity.

Statistical analysis

All the analyses were carried out in four experimental replications. The results were subjected to two-factor analysis of variance (the first factor – variant of jam; the second factor – storage) on the basis of Snedecor F and Student's t tests. The least significant difference (LSD) was calculated at a probability level of $p < 0.05$. The Statistica 12.0 (StatSoft; Poland) program was applied.

Results and discussion

Numerous studies indicate that polyphenols are a very important component of the daily diet [2, 6]. Their level in food depends on the type, species and quality of the raw material. The results obtained immediately after the jam production indicate a high content of total polyphenols and total flavonoids in the sour cherry jam without plant ingredients (Tab. 1). However the enriching additives added, such as black chokeberry, elderberry and Japanese quince, caused the content of total polyphenols to significantly increase ($p < 0.05$); the increase ranged from 21 to 173 %. As for the content of total flavonoids, in addition to the aforementioned fruits, wheat germs and flax seeds also contributed to an increase in the level of these compounds. The highest levels of total polyphenols (3036 mg/kg) and total flavonoids (1372 mg/kg) were recorded in the jam with 15 % chokeberry fruit added. This confirms the findings of Wojdyło *et al.* [34], who reported a significant increase in the total polyphenol content in strawberry jam after adding chokeberry.

Throughout storage there was a significant decrease ($p < 0.05$) in the total contents of polyphenols and flavonoids in the sour cherry jams. After one year of storage the smallest losses of polyphenols were found in the jams with the Japanese quince added – 28 % at 20 °C on average, and the highest in those with the elderberry added – 49 % at 20 °C on average. With regard to the flavonoids, their total losses were higher than the losses of total polyphenols and they ranged from 34 (SCE) to 54 % (SCWG) in the jams stored at room temperature.

Anthocyanins belong to the largest group of plant-derived water-soluble pigments, which are responsible for the characteristic, intense colour. Owing to those properties, anthocyanins are highly valued in the food and pharmaceutical industries [5]. In this study, the cherry jam without plant ingredients and analysed immediately after production contained 363 mg/kg of total anthocyanins (Tab. 1). A similar level

Tabela 1. Zawartość polifenoli ogółem, flawonoidów ogółem, antocyjanów ogółem oraz indeks degradacji w dżemach wiśniowych podczas składowania

Parameter analysed Badany parametr	Type of jam Rodzaj dżemu	Storage time at 10 °C and 20 °C [months] Czas składowania w temp. 10 i 20 °C [miesiące]					$\bar{x}$
		0	6 temp. 10 °C	6 temp. 20 °C	12 temp. 10 °C	12 temp. 20 °C	
Total polyphenols [mg/kg f.m.] Polifenole ogółem [mg/kg ś.m.]	SC0	1113 ± 60	997 ± 44	845 ± 45	955 ± 138	761 ± 45	
	SCCh	3036 ± 147	2561 ± 115	2074 ± 88	2159 ± 56	1792 ± 153	2324
	SCE	2061 ± 130	1638 ± 48	1409 ± 65	1221 ± 128	1053 ± 41	1476
	SCJ	1349 ± 88	1301 ± 53	1170 ± 81	1144 ± 58	972 ± 66	1187
	SCF	1222 ± 46	1022 ± 65	891 ± 55	900 ± 48	674 ± 47	942
	SCWG	1197 ± 71	996 ± 91	913 ± 59	876 ± 91	708 ± 62	938
	$\bar{x}$	1663	1419	1217	1209	930	
	LSD p < 0.05	I – 52.2, II – 47.7, I × II – 116.8					
Total flavonoids [mg/kg f.m.] Flawonoidy ogółem [mg/kg ś.m.]	SC0	413 ± 18	296 ± 17	245 ± 21	240 ± 43	208 ± 24	280
	SCCh	1372 ± 35	1131 ± 63	921 ± 61	1014 ± 77	843 ± 26	1056
	SCE	895 ± 65	791 ± 55	686 ± 35	671 ± 41	595 ± 79	728
	SCJ	640 ± 39	535 ± 31	455 ± 22	469 ± 29	399 ± 60	499
	SCF	556 ± 50	443 ± 24	312 ± 36	404 ± 52	266 ± 18	396
	SCWG	506 ± 35	422 ± 34	293 ± 40	388 ± 21	233 ± 26	369
	$\bar{x}$	731	603	485	531	424	
	LSD p < 0.05	I – 27.0, II – 24.7, I × II – 60.4					
Total anthocyanins [mg/kg f.m.] Antocyjany ogółem [mg/kg ś.m.]	SC0	363 ± 37	345 ± 42	268 ± 26	277 ± 19	196 ± 38	290
	SCCh	902 ± 70	855 ± 25	778 ± 26	706 ± 158	572 ± 53	763
	SCE	668 ± 28	643 ± 30	577 ± 7	543 ± 29	439 ± 70	574
	SCJ	371 ± 55	344 ± 67	290 ± 39	268 ± 42	226 ± 22	300
	SCF	361 ± 47	341 ± 45	288 ± 13	238 ± 67	194 ± 36	284
	SCWG	347 ± 43	320 ± 25	279 ± 45	243 ± 65	177 ± 28	273
	$\bar{x}$	502	475	413	379	301	
	LSD p < 0.05	I – 32.0, II – 29.3, I × II – n.s.					
Degradation index Indeks degradacji	SC0	1.25 ± 0.10	1.42 ± 0.09	1.46 ± 0.18	1.80 ± 0.19	1.99 ± 0.17	1.58
	SCCh	1.20 ± 0.03	1.17 ± 0.01	1.26 ± 0.02	1.40 ± 0.06	1.46 ± 0.17	1.30
	SCE	1.17 ± 0.05	1.22 ± 0.04	1.27 ± 0.08	1.37 ± 0.05	1.45 ± 0.12	1.30
	SCJ	1.17 ± 0.06	1.34 ± 0.25	1.43 ± 0.31	1.42 ± 0.36	1.73 ± 0.40	1.42
	SCF	1.27 ± 0.07	1.40 ± 0.15	1.51 ± 0.07	1.60 ± 0.27	1.84 ± 0.10	1.52
	SCWG	1.27 ± 0.09	1.38 ± 0.13	1.46 ± 0.17	1.59 ± 0.31	1.84 ± 0.33	1.51
	$\bar{x}$	1.22	1.32	1.40	1.53	1.72	
	LSD p < 0.05	I – 0.115, II – 0.105, I × II – n.s.					

Explanatory notes / objaśnienia:

SC0 – sour cherry jam without plant ingredients / dżem wiśniowy bez dodatków roślinnych, SCCh – sour cherry jam with 15 % black chokeberry added / dżem wiśniowy z 15-procentowym dodatkiem czarnej aronii, SCE – sour cherry jam with 15 % elderberry added / dżem wiśniowy z 15-procentowym dodatkiem czarnego bzu, SCJ – sour cherry jam with 8 % Japanese quince added / dżem wiśniowy z 8-procentowym dodatkiem pigwowca japońskiego, SCF – sour cherry jam with 3 % flax seeds added / dżem wiśniowy z 3-procentowym dodatkiem nasion lnu, SCWG – sour cherry jam with 3 % wheat germs added / dżem wiśniowy z 3-procentowym dodatkiem zarodków pszennych.

Table shows mean values ($\bar{x}$) $\pm$ standard deviation / W tabeli przedstawiono wartości średnie ($\bar{x}$) $\pm$ odchylenia standardowe; n = 4.

LSD $p < 0.05$ for / LSD $p < 0,05$ dla: type of jams (I) / rodzaj dżemu (I), storage (II) / przechowywanie (II), interaction (I $\times$ II) / interakcja (I $\times$ II); n.s. – not significant / nieistotne.

(426 mg/kg) thereof in the cherry jam was also reported by Poiana *et al.* [26]. Of the jams studied, the highest anthocyanin content was found in the black chokeberry jam (902 mg/kg) and elderberry jam (668 mg/kg). In the other jams, the anthocyanin content was similar to that of the jam without plant ingredients. As for the jams containing the largest amounts of those pigments and compared to the non-stored jams, the smallest decrease in their content was found during storage, within the range of 19 $\div$ 22 %. The reduction in the amount of anthocyanins in the product depends on many factors (pH, content and type of organic acids, sugar content, temperature and time of storage) [23].

The jams stored for 12 months at 10 °C had 19 $\div$ 41 % more anthocyanins than those stored at 20 °C, depending on the type of jam. This confirms the findings of Koca and Ustun [16], who reported better anthocyanin retention in the cherry jam stored at 4 °C than at 20 °C. The highest losses of anthocyanins after one year of storage were found in the jam with flax seeds and wheat germs added, while the smallest were observed in the elderberry jams. Both the longer time of storage and higher storage temperatures have significantly impacted the drop in the content of anthocyanins. This confirms the findings of Hartmann *et al.* [12], who examined strawberry juice and puree throughout the storage. The anthocyanin degradation index (ID) is an indicator of the stability of anthocyanins; the higher the value, the lower the stability of those compounds. In this study, the degradation index ranged from 1.17 to 1.27 depending on the type of jam, but there were no significant differences in ID in all the jams analysed (Tab. 1). However, there was a significant increase in ID during storage, 25 % at 10 °C and 41 % at 20 °C on average, as a result of the previously reported losses of anthocyanins in the jams during storage.

The following polyphenols were identified in the sour cherry jams studied: *p*-coumaric acid, ferulic acid, caffeic acid, rutin, and (+)-catechin (Tab. 2); in the jam without plant ingredients (+)-catechin (22.93 mg/kg) and caffeic acid (19.37 mg/kg)

Table 2. Individual phenolic compounds in sour cherry jams during storage [mg/kg]

Tabela 2. Poszczególne związki fenolowe w dżemach wiśniowych podczas składowania [mg/kg]

Component analysed Badany parametr	Type of jam Rodzaj dżemu	Storage time at 10 °C and 20 °C [months] Czas składowania w temp. 10 i 20 °C [miesiące]			$\bar{x}$
		0	12	12	
			temp. 10 °C	temp. 20 °C	
<i>p</i> -coumaric acid Kwas <i>p</i> -kumarowy	SC0	12.52 ± 0.24	9.07 ± 0.72	5.11 ± 0.10	8.90
	SCCh	24.20 ± 0.14	22.36 ± 0.36	18.19 ± 0.31	21.58
	SCE	19.52 ± 0.20	18.52 ± 0.20	16.72 ± 0.19	18.25
	SCJ	18.71 ± 0.25	16.32 ± 0.05	14.79 ± 0.11	16.61
	SCF	19.24 ± 0.45	17.48 ± 0.05	15.22 ± 0.31	17.31
	SCWG	19.48 ± 0.05	17.23 ± 0.17	15.75 ± 0.05	17.49
	$\bar{x}$	18.94	16.83	14.30	
	LSD $p < 0.05$	I – 0.264, II – 0.186, I × II – 0.457			
Ferulic acid Kwas felurowy	SC0	3.05 ± 0.01	2.93 ± 0.03	2.52 ± 0.04	2.83
	SCCh	6.69 ± 0.27	5.61 ± 0.24	4.55 ± 0.11	5.62
	SCE	5.21 ± 0.18	4.72 ± 0.05	4.21 ± 0.04	4.71
	SCJ	3.60 ± 0.07	3.43 ± 0.14	3.20 ± 0.07	3.41
	SCF	10.98 ± 0.98	10.08 ± 0.65	7.54 ± 0.32	9.53
	SCWG	9.80 ± 0.43	9.03 ± 0.19	8.56 ± 0.27	9.13
	$\bar{x}$	6.55	5.97	5.10	
	LSD $p < 0.05$	I – 0.319, II – 0.225, I × II – 0.552			
Caffeic acid Kwas kawowy	SC0	19.37 ± 0.92	15.73 ± 0.13	14.22 ± 0.76	16.44
	SCCh	50.97 ± 0.82	47.57 ± 1.56	42.43 ± 2.43	46.99
	SCE	17.82 ± 0.01	15.37 ± 0.54	14.01 ± 0.90	15.74
	SCJ	21.38 ± 0.94	17.22 ± 0.20	9.86 ± 0.84	16.16
	SCF	24.25 ± 0.22	21.87 ± 0.19	20.92 ± 0.11	22.35
	SCWG	16.18 ± 0.06	14.80 ± 0.12	13.51 ± 0.13	14.83
	$\bar{x}$	25.00	22.09	19.16	
	LSD $p < 0.05$	I – 0.823, II – 0.582, I × II – 1.425			
Rutin Rutyna	SC0	7.18 ± 0.08	5.18 ± 0.03	3.54 ± 0.16	5.30
	SCCh	15.50 ± 0.02	9.62 ± 0.52	9.43 ± 0.74	11.51
	SCE	17.51 ± 0.14	12.84 ± 0.18	13.90 ± 0.37	14.75
	SCJ	6.53 ± 0.00	5.59 ± 0.08	5.16 ± 0.05	5.76
	SCF	17.93 ± 0.19	13.67 ± 0.22	10.66 ± 0.34	14.09
	SCWG	17.07 ± 0.28	11.82 ± 0.07	10.39 ± 0.14	13.09
	$\bar{x}$	13.62	9.79	8.85	
	LSD $p < 0.05$	I – 0.262, II – 0.185, I × II – 0.454			
(+)–catechin (+)–katechina	SC0	22.93 ± 0.87	21.08 ± 0.62	19.01 ± 0.29	21.01
	SCCh	23.46 ± 0.90	20.57 ± 0.71	17.41 ± 1.16	20.48
	SCE	36.62 ± 1.67	24.37 ± 0.83	16.89 ± 0.87	25.96

	SCJ	45.56 ± 5.40	22.68 ± 0.79	21.45 ± 0.06	29.90
	SCF	29.10 ± 0.75	25.44 ± 0.65	23.83 ± 0.45	26.12
	SCWG	24.23 ± 0.21	21.92 ± 0.82	17.52 ± 0.46	21.22
	$\bar{x}$	30.32	22.68	19.35	
	LSD $p < 0.05$ I – 1.425, II – 1.008, I × II – 2.468				

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

were dominant. Adding enriching plant ingredients caused the level of the polyphenols identified to increase ($p < 0.05$). The jam with black chokeberry added had the highest content of *p*-coumaric acid and caffeic acid; whereas, the highest levels of ferulic acid and rutin were recorded in the jams with flax seeds added. With regard to (+)-catechin, its highest content was recorded in the jam with Japanese quince added. This confirms the findings of Wojdyło *et al.* [34] on advantages of jam's enrichment, who observed the highest increase in the content of (+)-catechin in the strawberry jam after adding Japanese quince flowers, while adding black chokeberry fruit resulted in the highest increases in *p*-coumaric acid and caffeic acid. Numerous studies in various food industry branches confirm the beneficial effects of enriching food products. For example, Ducruet *et al.* [7] have shown that adding goji berries to beer led to a significant increase in the antioxidant activity as well as in the level of bioactive substances such as rutin and 2-*o*- β -D-glucopyranosyl-L-ascorbic acid. Sęczyk *et al.* [29] noted an increase in the free-radical scavenging ability on account of a green tea extract added to soy milk, and Kucharska *et al.* [18] showed an increase in the polyphenol content and antioxidant activity when the pumpkin jam was enriched with Japanese quince fruit added.

In the jams analysed, ferulic acid was the most stable polyphenol; its average losses after one year of storage amounted to 9 % (10 °C) and 22 % (20 °C). On the other hand, the losses in the rutin content were the highest, 28 % (10 °C) and 35 % (20 °C) on average. Wojdyło *et al.* [34] reported substantially higher losses in the level of polyphenols in the strawberry jam after 6 months of storage at 4 °C. With regard to ferulic acid the losses were 30 % in the jam without additives, 45 % in the jam with black chokeberry added, and 19 % in the jam containing rhubarb. In turn, results reported in this research study are more congruent with the findings of Mäkilä *et al.* [20]. The authors found a 4 % drop in the ferulic acid content in blackcurrant juice after 12 months of storage at 4 °C.

Sour cherries contain small amounts of vitamin C, about 113 mg/kg fresh weight, which varies depending on the variety [33]. Therefore, enriching sour cherry jams with the ingredients rich in vitamin C allows their pro-health properties to be enhanced, and this in turn makes such products more attractive to consumers. The content of vitamin

Table 3. Content of vitamin C and antioxidant activity (ABTS^{•+}, DPPH[•] and FRAP) in sour cherry jams during storageTabela 3. Zawartość witaminy C oraz aktywność przeciwutleniająca (ABTS^{•+}, DPPH[•] i FRAP) w dżemach wiśniowych podczas składowania

Parameter analysed Badany parametr	Type of jam Rodzaj dżemu	Storage time at 10 °C and 20 °C [months] Czas składowania w temp. 10 i 20 °C [miesiące]					$\bar{x}$
		0	6 temp. 10 °C	6 temp. 20 °C	12 temp. 10 °C	12 temp. 20 °C	
Vitamin C Witamina C [mg/kg]	SC0	52.9 ± 11.0	46.7 ± 10.0	41.3 ± 9.7	40.6 ± 4.8	32.3 ± 5.9	
	SCCh	73.2 ± 5.4	70.0 ± 7.2	67.3 ± 5.3	62.4 ± 6.7	53.0 ± 7.9	65.2
	SCE	77.9 ± 6.0	73.2 ± 3.2	69.7 ± 7.7	65.4 ± 7.7	50.1 ± 8.6	67.3
	SCJ	84.9 ± 7.1	80.5 ± 4.3	77.2 ± 4.3	74.4 ± 3.0	64.1 ± 6.5	76.2
	SCF	51.6 ± 5.7	45.9 ± 8.8	40.3 ± 2.5	37.2 ± 6.7	30.7 ± 8.7	41.1
	SCWG	51.1 ± 4.2	43.8 ± 5.1	40.7 ± 3.0	38.8 ± 7.3	31.6 ± 7.7	41.2
	$\bar{x}$	65.3	60.0	56.1	53.1	43.6	
	LSD p < 0.05	I – 4.25, II – 3.88, I × II – n.s.*					
ABTS ^{•+} [μmol Tx/g]	SC0	117.5 ± 7.8	105.7 ± 10.7	73.7 ± 10.1	90.1 ± 7.9	62.6 ± 13.0	89.9
	SCCh	171.0 ± 18.3	165.3 ± 15.7	145.5 ± 13.7	150.2 ± 4.2	124.9 ± 5.5	151.4
	SCE	148.4 ± 24.9	138.7 ± 21.9	108.1 ± 5.2	101.5 ± 0.9	84.9 ± 2.4	116.3
	SCJ	131.5 ± 22.2	120.0 ± 11.6	103.5 ± 5.9	101.5 ± 1.4	81.0 ± 9.4	107.5
	SCF	125.4 ± 10.4	113.5 ± 7.5	91.2 ± 14.5	84.1 ± 14.5	61.8 ± 7.2	95.2
	SCWG	120.8 ± 15.4	115.2 ± 6.9	87.7 ± 2.7	86.8 ± 2.1	63.6 ± 3.3	94.8
	$\bar{x}$	135.8	126.4	101.6	102.4	79.8	
	LSD p < 0.05	I – 7.22, II – 6.59, I × II – n.s.					
DPPH [•] [μmol Tx/g]	SC0	32.0 ± 1.1	30.1 ± 0.9	25.5 ± 1.8	26.8 ± 0.9	22.5 ± 0.9	27.4
	SCCh	50.0 ± 1.8	44.6 ± 1.7	40.8 ± 2.7	40.6 ± 3.4	35.9 ± 1.5	42.4
	SCE	42.0 ± 2.5	38.0 ± 1.3	33.6 ± 1.1	34.8 ± 3.8	29.5 ± 1.7	35.6
	SCJ	39.5 ± 1.0	36.6 ± 1.6	29.9 ± 1.5	32.3 ± 4.8	26.9 ± 2.4	33.0
	SCF	37.4 ± 2.1	35.1 ± 2.7	26.0 ± 1.8	32.5 ± 1.6	23.1 ± 1.4	30.8
	SCWG	35.7 ± 0.9	32.2 ± 1.0	26.8 ± 1.2	27.1 ± 4.5	24.3 ± 1.5	29.2
	$\bar{x}$	39.4	36.1	30.4	32.3	27.0	
	LSD p < 0.05	I – 1.37, II – 1.25, I × II – 3.06					
FRAP [μmol Fe ²⁺ /g]	SC0	47.5 ± 0.6	45.0 ± 2.3	38.8 ± 1.3	41.4 ± 0.8	33.6 ± 2.4	41.3
	SCCh	85.8 ± 0.7	82.2 ± 7.5	74.3 ± 6.6	78.7 ± 5.2	63.2 ± 4.6	76.8
	SCE	63.1 ± 6.6	60.6 ± 3.4	58.5 ± 5.3	55.0 ± 3.4	50.6 ± 3.0	57.6
	SCJ	57.6 ± 1.8	53.5 ± 1.0	48.9 ± 1.1	50.9 ± 3.8	44.5 ± 2.4	51.1
	SCF	53.2 ± 1.6	50.6 ± 1.5	46.8 ± 1.6	46.7 ± 5.7	39.3 ± 1.0	47.3
	SCWG	49.6 ± 0.6	47.3 ± 0.9	44.3 ± 1.4	42.1 ± 1.2	39.6 ± 1.8	44.6
	$\bar{x}$	59.5	56.5	51.9	52.5	45.1	
	LSD p < 0.05	I – 2.12, II – 1.93, I × II – n.s.					

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

C in the non-stored sour cherry jams fluctuated between 51.1 mg/kg and 84.9 mg/kg (Tab. 3). The highest level of vitamin C (84.9 mg/kg), 60 % higher compared to the jam without plant ingredients, was found in the jam with Japanese quince fruit added. In this case, vitamin C was the most stable during storage. In turn, the jams with black chokeberry and elderberry added had, respectively, a 38 % and 47 % higher content of vitamin C compared to the jam without additives. In the jams enriched with flax seeds and wheat germs the level of vitamin C was comparable to the cherry jam without plant ingredients.

During storage, the degradation of vitamin C was reported in all samples; however, after 12 months of storage the losses thereof were significantly lower at 10 °C and averaged 18 % compared to the non-stored jams. Then again the losses were higher ($p < 0.05$) at higher temperatures and they were 32 %, on average. This confirms the findings of Poiana *et al.* [26], who found 22 % losses of vitamin C in cherry jams stored at 20 °C for 3 months.

In the jams analysed, the level of antioxidant activity was determined using three methods: ABTS^{•+}, DPPH[•] and FRAP assay. In non-stored jams the level of activity varied from 117.5 $\mu\text{mol Trolox eq./g}$ to 171.0 $\mu\text{mol Trolox eq./g}$ (ABTS^{•+}) and from 32.0 $\mu\text{mol Trolox eq./g}$ to 50.0 $\mu\text{mol Trolox eq./g}$ (DPPH[•]) – Tab. 3. The highest antioxidant activity was found in the black chokeberry jam, while the lowest was in the sour cherry jam without plant ingredients. This confirms the findings of Wojdyło *et al.* [34]. According to the authors of this paper the strawberry jam enriched with chokeberry puree had the highest antioxidant activity measured against ABTS^{•+} (5.03 $\mu\text{mol Trolox eq./g dry matter}$) and against DPPH[•] (40.32 $\mu\text{mol Trolox eq./g dry matter}$). Chokeberry fruit are deemed to be valuable additives to enrich various fruit products [22], owing to their content of numerous phenolic acids, high antioxidant potential [14] and the presence of many bioactive compounds [17] as well as their health-promoting properties [19].

After one year of storing the jams at 10 °C, a reduction was shown in the radical scavenging activity, 25 % (ABTS^{•+}) and 18 % (DPPH[•]) on average. The reduction could be attributed to the degradation of individual components with antioxidant properties. After 12 months storage at 10 °C the level of activity increased 17 % (ABTS^{•+}) and 13 % (DPPH[•]) compared to that at 20 °C. This confirms the findings of Rababah *et al.* [27], who reported a 68 % drop in the DPPH[•] level in the cherry jam after 5 month storage at 25 °C.

As for ABTS^{•+} and DPPH[•] the highest FRAP was determined in the jam with black chokeberry added, where the power was on average 81 % higher ($p < 0.05$) compared to the jam without plant ingredients. Also the level of the ferric ions captured in the enriched sour cherry jams increased significantly ($p < 0.05$): 33 % (elderberry), 21 % (Japanese quince) and 12 % (flax seeds). After 12 months of storage at the room

temperature the level of activity decreased from 20 % (jams with elderberry and wheat germs) to 29 % (jam without plant ingredients). Poiana *et al.* [26] showed an 11 % decrease in FRAP in the cherry jam after 3 months of storage at 20 °C.

Conclusions

1. The enrichment of sour cherry jam with black chokeberry, elderberry, Japanese quince as well as flax seeds or wheat germs led to an increase in total polyphenols, total flavonoids and the antioxidant activity.
2. In the majority of the jams containing plant ingredients, there was also an increase in the number of polyphenols identified, such as p-coumaric acid, ferulic acid, caffeic acid, rutin and (+)-catechin, compared to the jam without plant ingredients.
3. The adding of chokeberry and elderberry caused the content of total anthocyanins in the jams to increase 2.5 and 1.8 times, respectively, and the fruit of Japanese quince added have enriched the sour cherry jams with vitamin C.
4. In order to minimize losses in the antioxidant properties the storage temperature of jams should be decreased and the time of storage of those products should be maximally reduced.

Acknowledgements

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

References

- [1] Aghbashlo M.M., Kianmehr H., Hassan-Beygi S.R.: Drying and rehydration characteristics of sour cherry (*Prunus cerasus* L.). J. Food Process. Pres., 2010, 34, 351-365.
- [2] Arts I.C.W., Hollman P.C.H.: Polyphenols and disease risk in epidemiologic studies. Am. J. Clin. Nutr., 2005, 81, 317-325.
- [3] Ayseli M.T., Ayseli Y.I.: Flavors of the future: Health benefits of flavor precursors and volatile compounds in plant foods. Trends Food Sci. Tech., 2016, 48, 69-77.
- [4] Benzie I.F., Strain J.J.: The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. Anal. Biochem., 1996, 239, 70-76.
- [5] Calogero G., Yum J., Sinopoli A., Marco G.D., Grätzel M., Nazeeruddin M.K.: Anthocyanins and betalains as light harvesting pigments for dye-sensitized solar cells. Solar Energy, 2012, 86, 1563-1575.
- [6] Chun O.K., Chung S.J., Song W.O.: Estimated dietary flavonoid intake and major food sources of U.S. adults. J. Nutr., 2007, 137, 1244-1252.
- [7] Ducruet J., Rébénacque P., Diserens S., Kosińska-Cagnazzo A., Héritier I., Andlauer W.: Amber ale beer enriched with goji berries - the effect on bioactive compound content and sensorial properties. Food Chem., 2017, 226, 109-118.

- [8] Commission Regulation (EU) No 1131/2011 of 11 November 2011 amending Annex II to Regulation (EC) No 1333/2008 of the European Parliament and of the Council with regard to steviol glycosides. Off. J. EU L 295, pp. 205-211, from 12.11.2011.
- [9] FAOSTAT Database. [on line]. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Dostęp w Internecie [27.01.2018]: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- [10] Giusti M.M., Wrolstad R.E.: Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. Curr. Protoc. Food Analyt. Chem., 2001, F1.2, 1-13.
- [11] Goncalves B., Silva A.P., Moutinho-Pereira J., Bacelar E., Rosa E., Meyer A.S.: Effect of ripeness and postharvest storage on the evolution of colour and anthocyanins in cherries (*Prunus avium* L.). Food Chem., 2007, 103, 976-984.
- [12] Hartmann A., Patz C.D., Andlauer W., Dietrich H., Ludwig M.: Influence of processing on quality parameters of strawberries. J. Agr. Food Chem., 2008, 56, 9484-9489.
- [13] ISO 6557-2:1984. Fruits, vegetables and derived products. Determination of ascorbic acid content. Part 2: Routine methods.
- [14] Kedzierska M., Malinowska J., Kontek B., Kolodziejczyk-Czepas J., Czernek U., Potemski P., Olas B.: Chemotherapy modulates the biological activity of breast cancer patients plasma: The protective properties of black chokeberry extract. Food Chem. Toxicol., 2013, 53, 126-132.
- [15] Klimczak I., Małecka M., Szlachta M., Gliszczyńska-Świgło A.: Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. J. Food Compos. Anal., 2007, 20, 313-322.
- [16] Koca I., Ustun N.S.: Colour stability in sour cherry jam during storage. Asian J. Chem., 2009, 21 (2), 1011-1016.
- [17] Kokotkiewicz A., Jaremicz Z., Luczkiewicz M.: Aronia plants: A review of traditional use, biological activities, and perspectives for modern medicine. J. Med. Food, 2010, 13 (2), 255-269.
- [18] Kucharska A.Z., Kowalczyk K., Nawirska-Olszańska A., Sokół-Łętowska A.: Wpływ dodatku aronii, truskawek i malin na skład fizykochemiczny przecieru dereniowego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2010, 4 (71), 95-106.
- [19] Kulling S.E., Rawel H.M.: Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) – a review on the characteristic components and potential health effects. Planta Med., 2008, 74, 1625-1634.
- [20] Mäkilä L., Laaksonen O., Kallio H., Yang B.: Effect of processing technologies and storage conditions on stability of black currant juices with special focus on phenolic compounds and sensory properties. Food Chem., 2017, 221, 422-430.
- [21] Manach C., Scalbert A., Morand C., Rémésy C., Jiménez, L.: Polyphenols: Food sources and bioavailability. Am. J. Clin. Nutr., 2004, 79, 727-747.
- [22] Oszmiański J., Wojdyło A.: Aronia melanocarpa phenolics and their antioxidant activity. Eur. Food Res. Technol., 2005, 221, 809-813.
- [23] Patras A., Brunton N.P., O'Donnell C., Tiwari B.K.: Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods, mechanisms and kinetics of degradation. Trends Food Sci. Tech., 2010, 21, 3-11.
- [24] 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 Bioprocess Tech., 2011, 4, 1245-1252.
- [25] Pekkarinen S.S., Heinonen I.M., Hopia A.I.: Flavonoids quercetin, myricetin, kaemferol and (+)-catechin and antioxidants in methyl linoleate. J. Sci. Food Agr., 1999, 79, 499-506.
- [26] Poiana M.A., Moigradean D., Dogaru D., Mateescu C., Raba D., Iosif Gergen I.: Processing and storage impact on the antioxidant properties and color quality of some low sugar fruit jams. Romanian Biotechnol. Letters, 2011, 16 (5), 6504-6512.
- [27] Rababah T.M., Al-Mahasneh M.A., Kilani I., Yang W., Alhamad M.N., Ereifej K., Al-U'datt M.: Effect of jam processing and storage on total phenolics, antioxidant activity, and anthocyanins of different fruits. J. Sci. Food Agr., 2011, 91, 1096-1102.

- [28] Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C.: Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Bio. Med.*, 1999, 26, 1231-1237.
- [29] Sęczyk Ł., Świeca M., Gawlik-Dziki U.: Soymilk enriched with green coffee phenolics - Antioxidant and nutritional properties in the light of phenolics-food matrix interactions. *Food Chem.*, 2017, 223, 1-7.
- [30] Sharma R., Singh R.B.: Bioactive foods and nutraceutical supplementation criteria in cardiovascular protection. *Open Nutraceuticals J.*, 2010, 3, 141-153.
- [31] Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventós R.M.: Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Method. Enzymol.*, 1999, 299, 152-178.
- [32] Tarhan S., Ergunes G., Taser F.O.: Selection of chemical and thermal pretreatment combination to reduce the dehydration time of sour cherry (*Prunus cerasus* L.). *J. Food Process Eng.*, 2006, 29, 651-663.
- [33] Wojdyło A., Nowicka P., Laskowski P., Oszmiański J.: Evaluation of sour cherry (*Prunus cerasus* L.) fruits for their polyphenol content, antioxidant properties, and nutritional components. *J. Agr. Food Chem.*, 2014, 62 (51), 12332-12345.
- [34] Wojdyło A., Oszmiański J., Bober I.: The effect of addition of chokeberry, flowering quince fruits and rhubarb juice to strawberry jams on their polyphenol content, antioxidant activity and colour. *Eur. Food Res. Technol.*, 2008, 227, 1043-1051.
- [35] Zhishen J., Mengcheng T., Jianming W.: The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem.*, 1999, 64, 555-559.

WPŁYW SUROWCÓW ROŚLINNYCH NA WŁAŚCIWOŚCI PRZECIWUTLENIAJĄCE NISKOSŁODZONYCH DŻEMÓW WIŚNIOWYCH

Streszczenie

Owoce są bardzo dobrym źródłem związków bioaktywnych o właściwościach prozdrowotnych. Celem pracy była ocena wpływu dodatku owoców aronii, bzu czarnego, pigwowca japońskiego, nasion lnu i zarodków pszennych na właściwości przeciwutleniające niskosłodzonych dżemów wiśniowych przechowywanych przez 12 miesięcy w temperaturze chłodniczej (10 °C) i pokojowej (20 °C). Najwyższe poziomy polifenoli ogółem (3,036 g/kg), flawonoidów ogółem (1,372 g/kg) i antocyjanów ogółem (0,902 g/kg) bezpośrednio po produkcji stwierdzono w dżemie wiśniowym z 15-procentowym dodatkiem owoców aronii. W badanych dżemach wiśniowych zidentyfikowano następujące polifenole: kwas *p*-kumarowy, kwas felurowy, kwas kawowy, rutynę, (+)-katechinę. W dżemie bez dodatków dominującymi polifenolami były (+)-katechina (0,023 g/kg) i kwas kawowy (0,019 g/kg). Zawartość witaminy C (0,085 g/kg) była największa w dżemie z dodatkiem owoców pigwowca japońskiego. Poziom aktywności przeciwutleniającej (ABTS^{•+}, DPPH[•] i FRAP) był najwyższy w dżemie wiśniowym z 15-procentowym dodatkiem owoców aronii. Zarówno dłuższy czas, jak i wyższa temperatura przechowywania wpłynęły na zmniejszenie wartości wszystkich badanych parametrów. Wzbogacenie dżemów wiśniowych dodatkami o właściwościach prozdrowotnych wpłynęło na poprawę jakości wyrobu gotowego. Produkty te mogą być cennym źródłem przeciwutleniaczy w codziennej diecie.

Słowa kluczowe: owoce wiśni, dżem, dodatki prozdrowotne, przeciwutleniacze, polifenole, przechowywanie ☒

MONIKA TRZĄSKOWSKA, ANITA TRZCIŃSKA, ŻANETA KAPICA

JAKOŚĆ SENSORYCZNA I PRZEŻYWALNOŚĆ POTENCJALNIE PROBIOTYCZNYCH SZCZEPÓW *LACTOBACILLUS* W FERMENTOWANYM NAPOJU MIODOWYM

Streszczenie

Celem pracy było określenie możliwości zastosowania bakterii potencjalnie probiotycznych *Lactobacillus johnsonii* K4 lub *Lactobacillus casei* O12 do produkcji napoju miodowego akceptowanego sensorycznie i zawierającego żywe mikroorganizmy. Materiałem do badań były napoje miodowe przygotowane z miodu wielokwiatowego i wody wodociągowej (12,05 g/100 ml). Napoje poddano 2-, 3-, 4- i 5-dniowej fermentacji monokulturą bakterii (po inokulacji ok. $7 \log \text{ jtk/cm}^3$) w temp. 30 i 37 °C. Średnia liczba bakterii po fermentacji zawierała się w przedziale $6,75 \div 8,14 \log \text{ jtk/cm}^3$. Wzrost bakterii był zależny od szczepu, czasu i temperatury fermentacji ($p < 0,05$). Te same czynniki istotnie wpłynęły na średnie wartości pH we wszystkich próbach w kolejnych dniach fermentacji i mieściły się w granicach $4,6 \div 4,8$ ($p < 0,05$). Czas fermentacji był czynnikiem statystycznie istotnie wpływającym na ocenę sensoryczną ($p < 0,05$). Najwyższe noty w ocenie sensorycznej przyznano próbkom fermentowanym szczepem *Lb. casei* O12 przez 2 dni w temp. 37 °C. Wybrane bakterie z rodzaju *Lactobacillus* można zastosować do wytwarzania innowacyjnego napoju o pożądanych cechach sensorycznych. Na tym etapie badań produkt nie może być nazwany probiotycznym, jednak jakość sensoryczna i zakres przeżywalności szczepów predysponuje do dalszej oceny ich właściwości probiotycznych.

Słowa kluczowe: napój miodowy, probiotyk, fermentacja, *Lactobacillus*

Wprowadzenie

Dążeniem nowoczesnego konsumenta jest poprawa jakości życia, m.in. przez odpowiednio skomponowaną dietę, która umożliwi długotrwałe utrzymanie organizmu w dobrym zdrowiu i sprawności fizycznej. Poprawa świadomości dotyczącej zdrowego trybu życia, jak również naukowo udowodniony wpływ diety na prewencję i łagodze-

Dr inż. M. Trzaskowska, mgr inż. A. Trzcińska, mgr inż. Ż. Kapica, Katedra Technologii Gastronomicznej i Higieny Żywności, Wydz. Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa.
Kontakt: monika_trzaskowska@sggw.pl

nie dolegliwości wielu chorób, wpłynęły na wyodrębnienie oddzielnej kategorii żywności nazwanej żywnością funkcjonalną [11, 16]. Do tej grupy zalicza się produkty spożywcze wzbogacone w probiotyki, które definiuje się jako żywe mikroorganizmy, które po podaniu w odpowiednich ilościach przynoszą korzyści zdrowotne gospodarzowi [5].

Miodem nazywa się słodką substancję, produkowaną przez pszczoły *Apis mellifera* z wydzielin żywych części roślin, nektaru kwiatowego lub wydzielin owadów wysysających żywe części roślin, które pszczoły zbierają, przerabiają, łączą z wydzielinami swoich gruczołów, odwadniają, magazynują i pozostawiają do dojrzewania w plastrach [4]. Miód dostarcza cennych składników budulcowych, energetycznych oraz regulujących i dzięki temu poprawia zarówno psychiczną, jak i fizyczną kondycję spożywających go osób. Wykazuje również działanie terapeutyczne i profilaktyczne w wielu schorzeniach [14].

Rynek napojów funkcjonalnych jest rozwijającym się sektorem przemysłu spożywczego. Poza produkcją tradycyjnych napojów prowadzi się innowacyjne badania mające na celu rozwój probiotycznych fermentowanych napojów bezmlecznych z różnych substratów, w tym mleka sojowego, serwatki, zbóż, soków warzywnych i owocowych [15].

Wyróżnia się trzy grupy kryteriów uwzględnianych podczas poszukiwania szczepów probiotycznych: (i) wymagania ogólne, np. pochodzenie, bezpieczeństwo; (ii) wymagania technologiczne, np. wzrost i przeżywalność w produkcji; (iii) działanie dobroczynne [8].

Celem pracy było określenie możliwości zastosowania bakterii potencjalnie probiotycznych *Lactobacillus johnsonii* K4 lub *Lactobacillus casei* O12 do produkcji napoju miodowego akceptowanego sensorycznie i zawierającego żywe mikroorganizmy.

Materiał i metody badań

Materiałem do badań był napój miodowy przygotowany samodzielnie z miodu wielokwiatowego i wody wodociągowej. Miód zakupiono w jednym z lokalnych sklepów. Zgodnie z deklaracją producenta była to mieszanka miodów pochodząca z pasiek państw członkowskich Unii Europejskiej, jak i z pasiek nieeuropejskich. Miód był konfekcjonowany przez firmę „HUZAR” Sp. z o.o. pod marką „Złota Pasieka”, specjalnie dla sieci sklepów Biedronka (Jeronimo Martins Polska S.A.).

Do badań wykorzystano dwa potencjalnie probiotyczne szczepy fermentacji mlekowej – *Lb. casei* O12, wyizolowany z ukwaszonych ogórków i *Lb. johnsonii* K4, wyizolowany z kiszonej kapusty [19].

Do badań przygotowano 8 wariantów napoju miodowego, które różniły się dodatkowym szczepem bakterii, temperaturą i czasem fermentacji. Napój miodowy bez dodatku bakterii stanowił próbę kontrolną.

Wodę wodociągową doprowadzano do wrzenia, po czym przelewano do sterylnych słoików i studzono do temperatury ok. 40 °C. Następnie rozpuszczano w niej miód, aby stężenie sacharydów wynosiło 10 %, tj. 12,05 g miodu w 100 cm³ wody.

Kultury macierzyste (*Lb. casei* O12 i *Lb. johnsonii* K4) przechowywano w stanie zamrożonym w temp. -80 °C w 20-procentowym glicerolu (m/v). Oczko z rozmrożonej kultury macierzystej przenoszono do 5 ml bulionu MRS (Merck, Polska), inkubowano 24 h w temp. 37 °C. Następnie 1 cm³ uzyskanej hodowli przenoszono do 9 cm³ bulionu MRS i inkubowano kolejne 24 h w temp. 37 °C. W wyniku tej procedury uzyskano liczbę bakterii na poziomie $8 \div 9 \log \text{ jtk/cm}^3$. Uzyskaną hodowlę wirowano 5 min przy 1000 obr./min. Po usunięciu supernatantu do probówki dodawano 10 cm³ jałowej wody. Do 100 cm³ napoju miodowego dodawano niezwłocznie 1 cm³ monokultury i uzyskiwano liczbę bakterii na poziomie średnio $7,02 \log \text{ jtk/cm}^3$. Mieszaninę poddawano 2-, 3-, 4- i 5-dniowej fermentacji w temp. 30 i 37 °C. Fermentację wykonywano w dwóch wariantach: w pierwszym napój miodowy fermentowano 2 i 4 dni, w drugim – 3 i 5 dni.

Po fermentacji określano liczbę bakterii, mierzono poziom pH oraz przeprowadzano ocenę sensoryczną napojów. Proces fermentacji wykonano w trzech powtórzeniach.

Liczbę bakterii fermentacji mlekowej oznaczano metodą płytkową, wgłębną. W dniu posiewu fermentowany napój miodowy mieszano przez 2 min, pobierano 1 cm³ i dodawano do 9 cm³ sterylnej wody peptonowej (Biokar, Polska). Wykonywano szereg rozcieńczeń dziesiętnych od 10⁻¹ do 10⁻⁶. Następnie z rozcieńczenia 10⁻⁵ i 10⁻⁶ przenoszono po 0,1 cm³ zawiesiny na płytki Petriego (w dwóch powtórzeniach), zalewano agarą MRS (Merck, Niemcy) i dokładnie mieszano. Po zestaleniu się pożywki płytki inkubowano w temp. 37 °C przez 48 h i liczono typowe kolonie.

Pomiar pH wykonywano po 3 i 5 dniach fermentacji. Przed pomiarem próby pozostawiano w temp. 20 ± 2 °C, aby wyrównać różnice temperaturowe podczas fermentacji. Pomiar pH wykonywano metodą potencjometryczną za pomocą aparatu Elmetron CP501 (Elmetron Sp.j., Polska).

Do przeprowadzenia semikonsumenckiej analizy sensorycznej wykorzystano 9-stopniową skalę hedoniczną. Zadanie oceniającego polegało na wpisaniu kodu próbki w odpowiednim miejscu na karcie odpowiedzi, spróbowaniu napoju miodowego i przyporządkowaniu mu jednego z dziewięciu określeń podanych na karcie, zgodnie z wrażeniem sensorycznym, jakie wywołała oceniana próbka. Określenia były następujące: 1 – wyjątkowo niepożądana, 2 – bardzo niepożądana, 3 – niepożądana, 4 – nieco niepożądana, 5 – ani pożądana, ani niepożądana, 6 – nieco pożądana, 7 – pożądana, 8 – bardzo pożądana, 9 – wyjątkowo pożądana. Osobami oceniającymi byli studenci oraz pracownicy Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Ocena była przeprowadzana bezpośrednio po procesie fermentacji, przy czym po fer-

mentacji 2-dniowej wykonano 50 ocen, po 3-dniowej – 30 ocen, a po 4-dniowej – 53 oceny. Próby po 5-dniowej fermentacji nie były poddawane ocenie ze względu na dyskwalifikujący zapach napojów.

Analizę statystyczną wyników wykonano w programie Statistica 12.0. Obliczono wartości średnie, odchylenia standardowe i zastosowano test t – dla prób niezależnych i wieloczynnikową analizę wariancji ANOVA. Do porównania średnich post-hoc wykorzystano test Bonferroniego. Różnicę uznawano za statystycznie istotną przy $p < 0,05$.

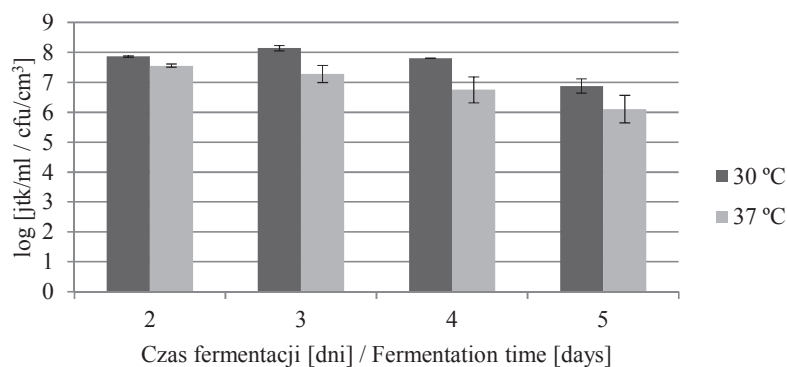
Wyniki i dyskusja

Zgodnie z definicją probiotyków [5] ich korzystny wpływ na zdrowie człowieka wymaga stosowania go w określonej liczbie. Działanie probiotyczne jest związane ze szczepem i efektami zdrowotnymi (poszczególne efekty mogą wymagać różnej liczby probiotyku). Jednocześnie wiadomo, że to nie może być mała dawka mikroorganizmów [1]. Do tej pory podjęto kilka prób zdefiniowania tej dawki i pierwsze wytyczne były określone na poziomie $6 \div 8 \log \text{ jtk/g}$ produktu w czasie konsumpcji. Odpowiada to dawce $8 \div 10 \log \text{ jtk/100 g}$ produktu [10]. Wielkość dawki zależy jednak od szczepu probiotycznego i możliwa jest do ustalenia wyłącznie na podstawie badań klinicznych [17].

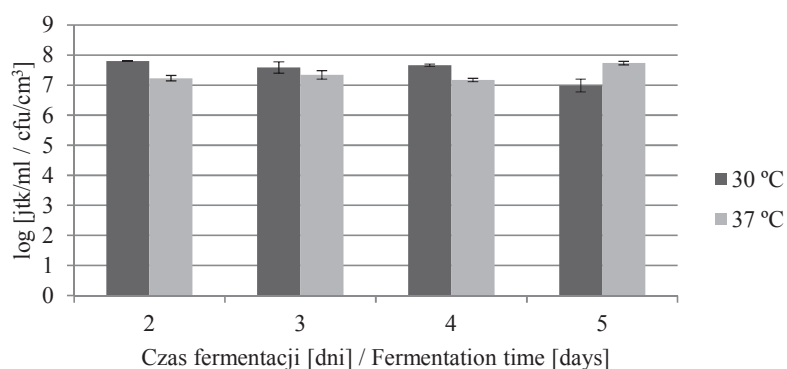
Zielińska i wsp. [19] potwierdzają, że szczepy wyizolowane z produktów fermentowanych, takich jak kiszona kapusta (*Lb. johnsonii* K4) lub ogórki (*Lb. casei* O12) są zdolne do przeżywania w warunkach panujących w przewodzie pokarmowym oraz adhezji do ściany jelita. Właściwości te pozwalają zaliczyć szczepy do potencjalnych probiotyków.

Po fermentacji napoju miodowego średnia liczba bakterii była zróżnicowana w zależności od szczepu oraz czasu i temperatury fermentacji. W napoju fermentowanym *Lb. casei* O12 największą liczbę bakterii ($8,14 \log \text{ jtk/cm}^3$) stwierdzono po 3 dniach procesu w temp. 30°C . Natomiast fermentacja w 37°C skutkowała maksymalnym stężeniem tych bakterii już po 2 dobach i wynosiła $7,56 \log \text{ jtk/cm}^3$. W kolejnych dniach procesu obserwowano jednak zamieranie tych mikroorganizmów. Podczas fermentacji napoju miodowego szczepem *Lb. johnsonii* K4 w temp. 30°C , największą liczbę komórek, tj. $7,80 \log \text{ jtk/cm}^3$ stwierdzono po 2 dniach procesu. Podwyższenie temperatury fermentacji do 37°C skutkowało maksymalnym stężeniem komórek, tj. $7,73 \log \text{ jtk/cm}^3$ po 5 dniach procesu (rys. 1A i 1B). Zatem porcja 100 ml tego napoju dostarczałaby ok. $10 \log \text{ jtk}$ żywych bakterii i spełniała kryterium wymaganej liczby bakterii w żywności probiotycznej [6].

A



B



Objaśnienia / Explanatory notes:

Słupki oznaczają średnią liczbę bakterii, odcinki oznaczają odchylenia standardowe; n = 3 / Bars indicate mean count of bacteria, line segments indicate standard deviations; n = 3.

Rys. 1. Średnia liczba bakterii *Lb. casei* O12 (A) i *Lb. johnsonii* K4 (B) w napojach miodowych fermentowanych w temp. 30 lub 37 °C

Fig. 1. Mean number of *Lb. casei* O12 (A) and *Lb. johnsonii* K4 (B) in honey beverages fermented at 30 or 37 °C

Największą liczbę bakterii stwierdzono w napoju fermentowanym 3 dni w temp. 30 °C przez szczep *Lb. casei* O12. Najmniej tych bakterii było natomiast w produkcie fermentowanym przez 5 dni w temp. 37 °C, także przez szczep *Lb. casei* O12. Zaobserwowany wzrost i przeżywalność badanych szczepów *Lactobacillus* spełnia kryterium technologiczne stawiane probiotykom.

Na podstawie analizy wariancji wykazano, że na liczbę bakterii wpływ miały temperatura i czas fermentacji oraz zastosowany szczep bakterii ($p < 0,05$). Porównanie średnich post-hoc za pomocą testu Bonferroniego ujawniło, że statystycznie istotnie mniej bakterii było w próbkach fermentowanych 5 dni. Statystycznie istotne obniżenie liczby bakterii *Lb. casei* O12 stwierdzano po fermentacji prób w temp. 37 °C oraz po przedłużeniu czasu procesu do 4 i 5 dni. Natomiast podczas fermentacji napoju miodowego szczepem *Lb. johnsonii* K4 w temp. 37 °C i 5-dniowy czas fermentacji były czynnikami ograniczającymi rozwój bakterii ($p < 0,05$).

Wartość pH wszystkich prób poddanych fermentacji obniżyła się statystycznie istotnie w porównaniu z próbą kontrolną ($p < 0,05$). Średnia wartość pH we wszystkich próbach w kolejnych dniach fermentacji mieściła się w granicach $4,6 \div 4,8$ (tab. 1).

Obniżenie wartości pH w produktach poddanych fermentacji mlekowej jest naturalnym zjawiskiem, które odnotowano także w innych badaniach. Kun i wsp. [12] fermentowali różnymi szczepami z rodzaju *Bifidobacterium* sok marchwiowy, w którym nastąpiło obniżenie wartości pH z 6,4 do 4,5. Szydłowska i Kołożyn-Krajewska [18] prowadziły badania przecierów z dyni i wykazały, że w zależności od czasu i temperatury fermentacji, użytego szczepu i dodatku inuliny wartość pH w tym produkcie zmniejszyła się o $1,79 \div 2,12$ jednostki. Łapińska [13] w fermentowanym napoju miodowym również zaobserwowała obniżenie pH. Średnia wartość pH wszystkich prób napojów miodowych fermentowanych bakteriami fermentacji mlekowej obniżyła się z 6,2 do ok. 3,65. Istotny wpływ na wartość pH miało stężenie cukru i zastosowany szczep podczas procesu fermentacji ($p < 0,05$).

Tabela 1. Wartość pH fermentowanych napojów w zależności od temperatury i czasu fermentacji
Table 1. pH value of fermented beverages depending on temperature and fermentation time

Szczep Strain	Temperatura fermentacji Fermentation temperature [°C]	Próba kontrolna Control sample	Czas fermentacji [dni] Fermentation time [days]	
			3	5
<i>Lb. casei</i> O12	30	$6,70^a \pm 0,10$	$4,90^{Ab} \pm 0,15$	$4,80^{Ab} \pm 0,15$
	37	$6,60^a \pm 0,12$	$4,70^{Ab} \pm 0,10$	$4,50^{Ab} \pm 0,10$
<i>Lb. johnsonii</i> K4	30	$6,70^a \pm 0,15$	$4,70^{Ab} \pm 0,15$	$4,70^{Ab} \pm 0,10$
	37	$6,60^a \pm 0,10$	$4,60^{Ab} \pm 0,15$	$4,70^{Ab} \pm 0,15$

Objaśnienia / Explanatory notes:

a, b – wartości średnie oznaczone różnymi literami (małymi w rzędach, dużymi w kolumnach) różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$) / mean values denoted by different letters (lowercase in rows, uppercase in columns) differ statistically significantly ($p < 0.05$); $n = 3$.

Ocena semikonsumencka przeprowadzana jest w celu określenia upodobań konsumentów i sprawdzenia stopnia pożądalności produktów poddawanych ocenie. Prefe-

rencje konsumentów uzależnione są od atrakcyjności sensorycznej, wartości odżywczej oraz bezpieczeństwa stosowania wybieranych produktów [2, 3].

Ocenie semikonsumenckiej poddano tylko próby napojów miodowych otrzymanych po 2, 3 i 4 dniach fermentacji. W napojach miodowych po 5-dniowej fermentacji stwierdzono dyskwalifikujące cechy sensoryczne.

Na podstawie analizy wariancji wykazano, że spośród trzech czynników (tj. szczepu, temperatury i czasu fermentacji) na wynik oceny sensorycznej istotny wpływ miał czas fermentacji ($p < 0,05$). Dodatkowo istotna była interakcja szczep $\times$ temperatura oraz temperatura $\times$ czas fermentacji. Oznacza to, że pożądalność produktów fermentowanych w obrębie jednego szczepu jest warunkowana temperaturą fermentacji. Natomiast efekt główny „temperatura” był warunkowany czasem fermentacji. W uzyskanych danych stwierdzono zmianę wpływu temperatury na pożądalność. Po 2 dniach fermentacji wyżej oceniono produkty fermentowane w temp. 37 °C. Wydłużenie fermentacji o kolejne dni spowodowało zmianę, tj. wyższą ocenę sensoryczną przypisano produktom fermentowanym w temp. 30 °C. Porównanie średnich post-hoc za pomocą testu Bonferroniego dowiodło, że statystycznie istotnie wyżej ocenione zostały próby fermentowane w ciągu 2 dni przez *Lb. casei* O12 w temp. 37 °C. Statystycznie istotnie niżej ocenione były próby fermentowane w ciągu 3 i 4 dni przez *Lb. johnsonii* K4 w temp. 37 °C oraz przez *Lb. casei* O12 w temp. 30 °C przez 3 dni ($p < 0,05$) – tab. 2.

Tabela 2. Średnie wyniki oceny semikonsumenckiej fermentowanych napojów w zależności od temperatury i czasu fermentacji

Table 2. Mean results of semi-consumer evaluation of fermented beverages depending on temperature and fermentation time

Szczep Strain	Temperatura fermentacji Fermentation temperature [°C]	Czas fermentacji [dni] Fermentation time [days]		
		2	3	4
<i>Lb. casei</i> O12	30	5,24 $\pm$ 2,10	4,27 $\pm$ 2,36	5,06* $\pm$ 2,60*
	37	5,96* $\pm$ 1,95	5,23 $\pm$ 2,53	4,83* $\pm$ 2,28
<i>Lb. johnsonii</i> K4	30	5,24 $\pm$ 1,84	5,53 $\pm$ 1,74	5,40 $\pm$ 1,97
	37	5,50 $\pm$ 2,22	3,93* $\pm$ 2,03	4,30* $\pm$ 2,06
Próba kontrolna / Control sample		5,04 $\pm$ 2,10	5,16 $\pm$ 2,12	6,09 $\pm$ 1,97
-		N = 50	N = 30	N = 53

Objaśnienia / Explanatory notes:

* – wartości średnie oznaczone gwiazdką są statystycznie istotnie różne od próby kontrolnej ($p < 0,05$) / mean values denoted by asterisk differ statistically significantly from control sample ($p < 0,05$).

Wpływ szczepu i zawartości sacharydów (8 i 10 %) na pożądalność sensoryczną fermentowanego napoju miodowego oceniono w badaniu Łapińskiej [13]. Najwyżej

oceniono napoje miodowe zawierające 10 % sacharydów, fermentowane w temp. 32 i 37 °C z udziałem szczepu *Lb. acidophilus* CH-2.

Wśród wyników badań dostępnych w literaturze, dotyczących zastosowania miodu i probiotyków, można zacytować badania Fiorda i wsp. [7]. Napój probiotyczny otrzymany przez ww. autorów na bazie hydrolizatu sojowego, siary bydlęcej, miodu oraz ziaren kefirowych i zawierający potencjalnie probiotyczne szczepy (*Lb. statsumensis*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Bacillus megaterium*, *Saccharomyces cerevisiae* i *Lachancea fermentati*) wykazywał działanie ochronne DNA i właściwości antyoksydacyjne. Kantachote i wsp. [9] wyprodukowali napój funkcjonalny z tzw. mleka kokosowego z dodatkiem potencjalnie probiotycznego *Lb. plantarum* DW12. Zwiększone korzyści zdrowotne napoju były związane z wytwarzaniem przez probiotyk kwasu γ -aminomasłowego (GABA), witaminy B₁₂, przeciwutleniaczy i związków przeciwbakteryjnych. Dodatek miodu zwiększył akceptowalność sensoryczną napoju.

Wnioski

1. Potencjalnie probiotyczne bakterie przeżywały w napoju miodowym maksymalnie w liczbie 8,14 log jtk/cm³. Zatem spełniły istotne kryterium technologiczne stawiane probiotykom.
2. W trzech wariantach fermentacja dłuższa niż 3 dni skutkowała zamieraniem komórek w produkcji.
3. Na podstawie prawidłowego przebiegu procesu fermentacji i korzystnej oceny sensorycznej produktu wskazane jest stosowanie do produkcji szczepu *Lactobacillus casei* O12 oraz prowadzenie fermentacji przez 2 dni w temp. 37 °C.
4. Istnieje konieczność doboru szczepu i warunków fermentacji innowacyjnego napoju o pożądanych cechach sensorycznych. Porcja ok. 100 ml będzie dostarczać ok. 10 log jtk żywych potencjalnie probiotycznych mikroorganizmów. Na tym etapie badań produkt nie może być nazwany probiotycznym, jednak jakość sensoryczna i zakres przeżywalności szczepów predysponuje do dalszej oceny ich właściwości probiotycznych.

Literatura

- [1] Aureli P., Capurso L., Castellazzi A.M., Clerici M., Giovannini M., Morelli L., Pregliasco F., Salvini F., Zuccotti G.V.: Probiotics and health: An evidence-based review. *Pharmacol. Res.*, 2011, 63 (5), 366-376.
- [2] Babicz-Zielińska E., Zabrocki R.: Postawy konsumentów wobec prozdrowotnej wartości żywności. *Żywność. Nauka Technologia. Jakość*, 2007, 6 (55), 81-89.
- [3] Barylko-Pikielna N., Matuszewska I.: *Sensoryczne badania żywności. Podstawy. Metody. Zastosowania*. Wyd. II. Wyd. Nauk. PTTŻ, Kraków 2014.

- [4] Dyrektywa Rady 2001/110/WE z dnia 20 grudnia 2001 r. odnosząca się do miodu. Dz. Urz. UE L 10, ss. 47-52, z 12.01.2002 z późn. zm.
- [5] FAO/WHO: Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food. Raport of a Joint FAO/WHO Working Group on Drafting Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Foods. London, Ontario, Canada, 2002.
- [6] Farnworth E.R., Champagne C.P.: Production of probiotic cultures and their incorporation into foods. In: Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics. Ed. R.R. Watson, V.R. Preedy. Academic Press, San Diego 2016, pp. 303-318.
- [7] Fiorda F.A., de Melo Pereira G.V., Thomaz-Soccol V., Medeiros A.P., Rakshit S.K., Soccol C.R.: Development of kefir-based probiotic beverages with DNA protection and antioxidant activities using soybean hydrolyzed extract, colostrum and honey. LWT - Food Sci. Technol., 2016, 68, 690-697.
- [8] Holzapfel W.H., Schillinger U.: Introduction to pre- and probiotics. Food Res. Int., 2002, 35, 109-116.
- [9] Kantachote D., Ratanaburee A., Hayisama W., Sukhoom A., Nunkaew T.: The use of potential probiotic *Lactobacillus plantarum* DW12 for producing a novel functional beverage from mature coconut water. J. Funct. Foods, 2017, 32, 401-408.
- [10] Klindt-Toldam S., Larsen S.K., Saaby L., Olsen L.R., Svenstrup G., Müllertz A., Knøchel S., Heimdal H., Nielsen D.S., Zielińska D.: Survival of *Lactobacillus acidophilus* NCFM® and *Bifidobacterium lactis* HN019 encapsulated in chocolate during *in vitro* simulated passage of the upper gastrointestinal tract. LWT - Food Sci. Technol., 2016, 74, 404-410.
- [11] Kudelka W., Łobaza D.: Charakterystyka żywności funkcjonalnej. Zesz. Nauk. UE w Krakowie, 2007, 743, 91-120.
- [12] Kun S., Rezessy-Szabó J.M., Nguyen Q.D., Hoschke Á.: Changes of microbial population and some components in carrot juice during fermentation with selected *Bifidobacterium* strains. Process Biochem., 2008, 43, 816-821.
- [13] Łapińska E.: Wpływ wybranych czynników technologicznych na jakość mikrobiologiczną i sensoryczną fermentowanych napojów miodowych. Praca magisterska. SGGW, Warszawa 2013.
- [14] Majewska E., Trzanek J.: Właściwości przeciwutleniające miodów wielokwiatowych i innych produktów pszczelich. Bromatol. Chem. Toksykol., 2009, XLII, 1089-1094.
- [15] Marsh A.J., Hill C., Ross R.P., Cotter P.D.: Fermented beverages with health-promoting potential: Past and future perspectives. Trends Food Sci. Technol., 2014, 38, 113-124.
- [16] Obiedzińska A., Waszkiewicz-Robak B.: Oleje tłoczone na zimno jako żywność funkcjonalna. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, 1 (80), 27-44.
- [17] Ouwehand A.C.: A review of dose-responses of probiotics in human studies. Benef. Microbes, 2016, 8, 143-151.
- [18] Szydłowska A., Kołożyn-Krajewska D.: Zastosowanie bakterii potencjalnie probiotycznych do fermentacji przecieru z dyni. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2010, 6 (73), 109-119.
- [19] Zielińska D., Rzepkowska A., Radawska A., Zieliński K.: *In vitro* screening of selected probiotic properties of *Lactobacillus* strains isolated from traditional fermented cabbage and cucumber. Curr. Microbiol., 2014, 70, 183-194.

SENSORY QUALITY AND VIABILITY OF POTENTIALLY PROBIOTIC STRAINS OF *LACTOBACILLUS* IN FERMENTED HONEY BEVERAGE

S u m m a r y

The objective of the research study was to determine the possibility of using potentially probiotic strains of *Lactobacillus johnsonii* K4 and *Lactobacillus casei* O12 to manufacture a honey beverage having a appropriate sensory quality and containing viable microorganisms. The research material consisted of honey beverages made of multifloral honey and tap water (12.05 g/100 ml). The beverages were fermented for 2, 3, 4 and 5 days with a bacterial monoculture (after inoculation of approx. 7 log cfu/ml) at a temperature of 30 and 37 °C. The average count of bacteria ranged from 6.75 to 8.14 log cfu/ml. The growth of bacteria depended on the strain, the time and the temperature of fermentation ($p < 0.05$). The same factors significantly impacted the mean pH values of all the samples on the subsequent days of fermentation; those pH values ranged between 4.6 and 4.8 ($p < 0.05$). The fermentation time was a factor to statistically significantly impact the sensory evaluation ($p < 0.05$). The samples fermented with a *Lb. casei* O12 strain for 2 days at 37 °C were given the highest scores in the sensory evaluation. The selected bacteria of the *Lactobacillus* species can be used to manufacture an innovative beverage having desirable sensory qualities. At this stage of the research, the product cannot be called probiotic; however, the sensory quality and the range of viability of the strains predispose them to continue evaluation of their probiotic properties.

Key words: honey beverage, probiotic, fermentation, *Lactobacillus* ☒

MARIOLA KOZŁOWSKA, MAŁGORZATA ZIARNO,
MAGDALENA RUDZIŃSKA, KATARZYNA TARNOWSKA, EWA MAJEWSKA,
DOROTA KOWALSKA

SKŁAD CHEMICZNY OLEJKU ETERYCZNEGO Z KOLENDRY I JEGO WPŁYW NA WZROST WYBRANYCH SZCZEPÓW BAKTERII KWASU MLEKOWEGO

Streszczenie

Celem pracy było oznaczenie związków lotnych metodą GC/MS w olejkach eterycznych wyekstrahowanych z nasion kolendry dwiema metodami oraz określenie wpływu tych olejków na wzrost wybranych szczepów bakterii fermentacji mlekowej z rodzaju *Lactobacillus*. Olejki eteryczne otrzymano metodą destylacji z parą wodną przy użyciu zestawu do destylacji prostej oraz w aparacie Derynga. W olejku eterycznym wyodrębnionym pierwszą metodą zidentyfikowano 31 związków, a w olejku z aparatu Derynga – 25 związków. Olejek eteryczny otrzymany podczas destylacji prostej zawierał takie związki, jak: linalol (31,80 %), kamfora (11,88 %), octan geranylu (8,29 %), geraniol (7,28 %), limonen (7,81 %) oraz γ -terpinen (6,45 %), a wyekstrahowany przy użyciu aparatu Derynga charakteryzował się największym udziałem linalolu (48,89 %), kamfory (10,50 %), octanu geranylu (9,69 %) oraz p-cymenu (6,60 %). Do oceny aktywności tych olejków wobec szczepów bakterii fermentacji mlekowej zastosowano metodę dyfuzji studzienkowej. Stwierdzono, że wielkość stref zahamowania wzrostu badanych szczepów bakterii zależała od stężenia zastosowanych olejków. Wielkości tych stref zawierały się w przedziale 0,1 ÷ 5,8 mm. Olejki eteryczne z kolendry użyte w stężeniu powyżej 50 % hamowały wzrost wszystkich badanych szczepów bakterii kwasu mlekowego. Użyte natomiast w stężeniu poniżej 50 % działały tylko na wybrane szczepy bakterii z rodzaju *Lactobacillus*.

Słowa kluczowe: *Coriandrum sativum* L., olejek eteryczny, metoda GC/MS, bakterie kwasu mlekowego (*Lactobacillus* spp.)

Dr M. Kozłowska, dr inż. K. Tarnowska, dr E. Majewska, dr D. Kowalska, Katedra Chemii, dr hab. M. Ziarno, prof. nadzw., Katedra Biotechnologii, Mikrobiologii i Oceny Żywności, Wydz. Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa, dr hab. inż. M. Rudzińska, prof. nadzw., Zakład Chemii Żywności i Analizy Instrumentalnej, Wydz. Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań. Kontakt: mariola_kozłowska@sggw.pl

Wprowadzenie

Olejki eteryczne są wieloskładnikowymi mieszaninami związków chemicznych wydzielanych z roślin lub ich części, należących głównie do mono- i seskwiterpenowych węglowodorów oraz ich tlenowych pochodnych. Zawartość poszczególnych związków obecnych w olejku jest zmienna i zależy od gatunku, odmiany i części rośliny, z której został on pozyskany, a także od warunków środowiskowych jej wzrostu i rozwoju oraz metody izolacji [14]. Najczęściej olejki eteryczne otrzymuje się metodą destylacji z parą wodną (m.in. z użyciem aparatu Derynga) oraz ekstrakcji rozpuszczalnikami (np. z wykorzystaniem aparatu Soxhleta). Coraz częściej stosuje się także ekstrakcję ditlenkiem węgla w stanie nadkrytycznym, w której kluczową rolę odgrywa odpowiednie dobranie parametrów temperatury, ciśnienia i czasu ekstrakcji [28]. Każda z tych metod ma swoje wady i zalety. Olejki eteryczne wykazują szerokie spektrum właściwości biologicznych, w tym przeciwbakteryjnych, przeciwgrzybowych, przeciwutleniających, farmakologicznych, repelentnych oraz biopestycydowych. Są one stosowane do konserwowania oraz polepszania walorów smakowych i zapachowych żywności [5], w kosmetyce [1], przemyśle farmaceutycznym lub medycynie niekonwencjonalnej [8].

Jedną z aromatycznych roślin zielnych uprawianych ze względu na świeże zielone liście wykazujące w okresie wegetacji intensywny aromat oraz owoce bogate w olejek eteryczny, związki kumarynowe, flawonoidy, fitosterole i związki białkowe jest kolendra siewna (*Coriandrum sativum* L.) [11, 18]. Olejek eteryczny izolowany z owoców kolendry jest cieczą o łagodnym, słodkim i korzennym zapachu. Jego skład chemiczny zależy od stopnia dojrzałości owoców, od użytej odmiany kolendry, formy i miejsca jej uprawy. Olejek ten jest produkowany głównie w Europie Wschodniej, a wiodącym producentem jest Rosja. Przechowywany w ciemności przez rok nie zmienia smaku ani zapachu. Jego cechy sensoryczne ulegają zmianie, jeżeli jest ekspozycyjny na światło. Olejek z kolendry został zatwierdzony do stosowania w żywności przez FDA (*Food and Drug Administration*), FEMA (*Flavour and Extract Manufacturers' Association*) i Radę Europy [4]. W przemyśle spożywczym jest on głównie używany jako środek zapachowy i smakowy. W tym celu jest dodawany do napojów alkoholowych i bezalkoholowych, słodczy, tytoniu oraz wyrobów ciastkarskich. Może on być także stosowany jako środek przedłużający trwałość żywności oraz chroniący przed rozwojem niepożądanych drobnoustrojów saprofitycznych i patogennych. Wykazano jego aktywność wobec *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus haemolyticus*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* oraz *Proteus vulgaris* [2, 21, 24]. Obserwowano jego hamujący wpływ na wzrost bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* oraz pleśni po dodaniu do mięsa mielonego cielęcego przechowywanego w warunkach chłodniczych [15]. Zastosowanie kolendry w formie olejku jest atrakcyjniejsze, ponieważ jako przyprawa należy ona do najbardziej zanieczyszczonych mi-

krobiologicznie. Olejek eteryczny z kolendry mógłby być także dodawany do produktów mięsnych podlegających fermentacji z udziałem bakterii mlekowych oraz do przetworów mlecznych. Istotne wydaje się określenie wrażliwości tych bakterii w odniesieniu do użytego olejku.

Celem pracy było oznaczenie składu chemicznego olejków eterycznych wyekstrahowanych z nasion kolendry dwiema metodami oraz określenie wpływu tych olejków na wzrost wybranych szczepów bakterii kwasu mlekowego.

Materiał i metody badań

Materiał do badań stanowiły nasiona kolendry (McCormick, Polska S.A) zakupione w jednym z lokalnych sklepów w Warszawie. Izolację olejków eterycznych prowadzono metodą destylacji z parą wodną w zestawie do destylacji prostej (DP) oraz metodą destylacji z parą wodną w aparacie Derynga (WPL Gliwice; DPD). W obu przypadkach rozdrobnione w młynku elektrycznym nasiona kolendry (30 g) zalewano wodą destylowaną (400 ml) i prowadzono destylację przez 4 h. Destylat otrzymywany przy użyciu zestawu do destylacji prostej chłodzono do temp. 20 ± 2 °C, przenoszono do rozdzielacza i ekstrahowano dichlorometanem. Wydzieloną warstwę organiczną zawierającą wyekstrahowane związki suszono bezwodnym siarczanem magnezu, sączono przez sączek do kolbki, z której następnie odparowywano rozpuszczalnik za pomocą wyparki obrotowej z regulowanym ciśnieniem (Büchi, Szwajcaria) i otrzymywano oleistą substancję o charakterystycznym zapachu. Po zakończeniu procesu destylacji w aparacie Derynga zgromadzony na powierzchni wody w odbieralniku olejek umieszczano w wyskalowanej części odbieralnika i odczytywano jego objętość.

Analizę jakościową i ilościową olejków eterycznych wykonywano metodą GC/MS przy użyciu chromatografu gazowego Agilent Technologies GC 7890A sprzężonego z detektorem mas Agilent Technologies 5975C VL (Triple-Axis Detector – Agilent Technologies, Inc., USA). Rozdział związków przebiegał w kolumnie kapilarnej DB-5MS o długości 25 m, średnicy 0,2 mm i grubości filmu fazy stacjonarnej 0,33 μm . Jako gazu nośnego używano helu z przepływem 0,6 $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$. Stosowano programowaną temperaturę kolumny: 3 min w temp. 40 °C, wzrost o 4 °C $\cdot\text{min}^{-1}$ do 160 °C, następnie wzrost o 10 °C $\cdot\text{min}^{-1}$ do 280 °C. Widma masowe rejestrowano z zastosowaniem jonizacji elektronowej (70 eV), a powstałe jony skanowano w zakresie 33 ÷ 333 Da. Analizę jakościową prowadzono na podstawie widm MS, porównując je z widmami z biblioteki NIST. Tożsamość związków potwierdzano także indeksami retencji na podstawie danych literaturowych. Indeksy retencji każdego związku obliczano przy użyciu serii homologicznych n-alkanów C7-C24 [25].

Oznaczano aktywność olejków eterycznych z kolendry wobec 23 szczepów bakterii fermentacji mlekowej z rodzaju *Lactobacillus* pochodzących z kolekcji czystych kultur Zakładu Biotechnologii Mleka WNoŻ SGGW. Użyto po 7 szczepów z gatunku

Lb. acidophilus (*Lb. acidophilus* AD 200, *Lb. acidophilus* DDS-1, *Lb. acidophilus* DSM 24737, *Lb. acidophilus* La-14, *Lb. acidophilus* La3, *Lb. acidophilus* La-5, *Lb. acidophilus* ATCC 700396) i *Lb. casei* (*Lb. casei* 01, *Lb. casei* ATCC 393, *Lb. casei* DN-114001, *Lb. casei* PB121, *Lb. casei* ATCC 334, *Lb. casei* subsp. *paracasei* LCP, *Lb. casei* subsp. *rhamnosus* LCR) oraz po 3 szczepy z gatunku *Lb. rhamnosus* (*Lb. rhamnosus* 573, *Lb. rhamnosus* ATCC 53103, *Lb. rhamnosus* Lcr35), *Lb. delbrueckii* (*Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ATCC 11842, *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* DSM 24734, *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ATCC 4797) i *Lb. plantarum* (*Lb. plantarum* DSM 9843, *Lb. plantarum* ATCC 8014, *Lb. plantarum* NCAIM B.01834). Stosowano metodę dyfuzji studzienkowej. Zawiesinę bakteryjną o gęstości 10^7 jtk·cm⁻³ uzyskaną poprzez roztworzenie wyhodowanej biomasy komórkowej w jałowym płynie Ringera posiewano wgłębnie na podłoże MRS agar (średnica płytek Petriego 90 mm), a następnie wycinano w nim studzienki o średnicy 5 mm, do których наносono po 20 µl olejku w zakresie stężeń od 1 do 100 %. Olejek został rozpuszczony w mieszaninie trzech rozpuszczalników organicznych w stosunku objętościowym 4 : 1 : 1 (chloroform : metanol : DMSO). Mieszanina tych rozpuszczalników stanowiła także próbę kontrolną. Po inkubacji w cieplarni w temp. 37 °C, prowadzonej w warunkach beztlenowych przez 72 h, mierzono strefę zahamowania wzrostu bakterii (bez średnicy studzienki).

Uzyskane wyniki analizowano przy wykorzystaniu pakietu Statgraphics XVII Centurion. Obliczano wartości średnie i odchylenia standardowe. Przeprowadzono dwuczynnikową analizę wariancji, wykorzystując test HSD Tukeya przy poziomie istotności $p < 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Analiza GC/MS umożliwiła zidentyfikowanie ponad 99 % związków występujących w olejku eterycznym z nasion kolendry otrzymanym zarówno metodą destylacji z parą wodną z użyciem zestawu do destylacji prostej (DP), jak i metodą destylacji z parą wodną w aparacie Derynga (DPD). W próbce olejku DP stwierdzono obecność 31 związków, a w próbce olejku otrzymanego w aparacie Derynga – 25 związków (tab. 1). Różnice pod względem liczby zidentyfikowanych związków mogą wynikać z rozpuszczalności wyekstrahowanych substancji w rozpuszczalniku (dichlorometanie) zastosowanym po destylacji z parą wodną z użyciem zestawu do destylacji prostej. Sourgmahi i wsp. [23] wyodrębnili 32 związki w olejku z nasion kolendry, ale przy użyciu aparatu Clevengera. Natomiast Politeo i wsp. [20] scharakteryzowali 8 związków, wśród których dominował linalol (92 %). Większość zidentyfikowanych w badanych olejkach eterycznych związków należała do grupy monoterpenów i ich tlenowych pochodnych. Pod względem ilościowym w obu olejkach dominowały linalol, octan geranylu, kamfora i geraniol. Olejek eteryczny z kolendry otrzymany w aparacie De-

rynga charakteryzował się jednak większym udziałem linalolu (48,89 %) i octanu geranylu (9,69 %) niż olejek DP, w którym linalol stanowił 31,8 %, a octan geranylu – 8,29 %. Zawartość linalolu jako głównego składnika olejku eterycznego kolendry może się zmieniać wraz ze stopniem dojrzałości owoców. Niedojrzałe owoce zawierają 8 razy mniej linalolu (10,96 %) niż owoce w pełni dojrzałe (87,54 %) [17]. Zwykle też odmiana drobnoowocowa kolendry charakteryzuje się większą zawartością linalolu w oleju w porównaniu z odmianą gruboowocową. Olejek z nasion kolendry uprawianej w Bangladeszu charakteryzuje się mniejszą zawartością linalolu (37,65 %) [3] niż ten pochodzący z Algierii (73,11 %) [16]. Olejek eteryczny otrzymany metodą destylacji z parą wodną z użyciem zestawu do destylacji prostej (DP) zawierał także limonen (7,81 %), γ -terpinen (6,45 %), α -pinen (3,90 %), β -myrcen (2,53 %), terpinen-4-ol (2,31 %), kamfen (1,65 %), anetol (1,15 %), sabinen (0,65 %) oraz kwasy tłuszczowe, które zwykle są składnikami oleju uzyskiwanego z nasion kolendry. W składzie olejku wyodrębnionego z użyciem aparatu Derynga nie zidentyfikowano α -tujenu, sabinenu, limonenu, propionianu geranylu, estrów kwasu ftalowego czy też kwasu laurynowego oraz linolowego. Natomiast w niewielkich ilościach występował tlenek linalolu, cytonelol, dodekanal, 2-dodecenal oraz kariofilen należący do seskwiterpenów. Wymienione związki nie były obecne w oleju DP. Wyłącznie w składzie olejku eterycznego otrzymanego w aparacie Derynga stwierdzono obecność p-cymenu (6,60 %) występującego także w nasionach czarnuszki siewnej. Stosując ekstrakcję ditlenkiem węgla w stanie nadkrytycznym można otrzymać olejek z kolendry bogatszy w linalol, γ -terpinen, limonen, α -pinen i kamforę niż wyodrębniając go metodą hydrodestylacji [28]. Coelho i wsp. [6] nie obserwowali istotnych różnic w składzie chemicznym olejków z kolendry otrzymanych tymi dwoma metodami. Jak zauważyli Grosso i wsp. [10], większość zidentyfikowanych związków w tych olejkach należała do grupy tlenowych pochodnych monoterpenów. Stwierdzili oni także w olejkach otrzymanych metodą ekstrakcji ditlenkiem węgla w stanie nadkrytycznym mniejszą zawartość monoterpenowych węglowodorów w porównaniu z metodą hydrodestylacji. Najlepsze warunki ekstrakcji nadkrytycznej obu rodzajów tych komponentów osiągnęli przy zastosowaniu ciśnienia 90 barów, temp. 40 °C oraz szybkości przepływu ditlenku węgla – 1,10 kg/h.

Po przeanalizowaniu wartości średnich stref zahamowania wzrostu badanych szczepów bakterii fermentacji mlekowej z rodzaju *Lactobacillus* stwierdzono, że zmieniały się one w zależności od rodzaju i stężenia zastosowanego olejku oraz od użytego szczepu bakteryjnego. Wraz ze wzrostem stężenia dodawanych olejków eterycznych z kolendry obserwowano większą strefę zahamowania wzrostu testowanych bakterii kwasu mlekowego (tab. 2, 3, 4 i 5). Wielkość tych stref nie była jednak duża i tylko w przypadku 4 szczepów (*Lb. acidophilus* DDS-1, *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*

Tabela 1. Skład olejku eterycznego z nasion kolendry, otrzymanego metodą destylacji z parą wodną z użyciem zestawu do destylacji prostej (DP) oraz aparatu Derynga (DPD)

Table 1. Composition of essential oil from coriander seeds, produced by steam distillation using a straight distillation set (DP) and Deryng apparatus (DPD)

Lp No.	Związek Compound	Indeks retencji Retention Index (RI)	Zawartość / Content [%]	
			DP	DPD
1.	Heptanal / Heptanal	896	0,31	0,20
2.	α -tujen / α -thujene	926	0,20	-
3.	α -pinen / α -pinene	927	3,90	3,69
4.	Kamfen / Camphene	945	1,65	1,02
5.	Sabinen / Sabinene	968	0,65	-
6.	β -myrcen / β -myrcene	992	2,53	1,76
7.	Octanal / Octanal	984	0,05	0,12
8.	p-cymen / p-cymene	1015	-	6,60
9.	Limonen / Limonene	1021	7,81	-
10.	γ -terpinen / γ -terpinene	1058	6,45	3,97
11.	Tlenek linalolu / Oxide linalool	1068	-	0,42
12.	2-karen / 2-carene	1078	1,57	0,94
13.	Linalol / Linalool	1088	31,80	48,89
14.	Kamfora / Camphor	1140	11,88	10,50
15.	Terpinen-4-ol / Terpinen-4-ol	1180	2,31	1,16
16.	α -terpineol / α -terpineol	1186	2,37	1,50
17.	2-pinen-4-on / 2-pinen-4-on	1190	1,20	0,13
18.	Cytronelol / Citronellol	1235	-	0,36
19.	Geraniol / Geraniol	1262	7,28	6,33
20.	Anetol / Anethole	1280	1,15	0,56
21.	Octan myrtenylu / Myrtenyl acetate	1326	0,81	0,51
22.	Propionian geranylu / Geranyl propionate	1477	0,39	-
23.	Octan geranylu / Geranyl acetate	1382	8,29	9,69
24.	Dodecanal / Dodecanal	1409	-	0,10
25.	Kwas 2-decenowy / 2-decenoic acid	1417	1,35	-
26.	Kariofilen / Caryophyllene	1422	-	0,09
27.	2-dodecenal / 2-dodecenal	1462	-	0,48
28.	2-decenal / 2-decenal	1645	0,86	-
29.	Tetradecanal / Tetradecanal	1615	0,15	-
30.	Kwas laurynowy / Dodecanoic acid	2101	0,39	-
31.	Eikozen / Eicosene	2110	0,28	-
32.	7-tetradecene / 7-tetradecene	1615	0,22	-
33.	Kwas mirystynowy / Tetradecanoic acid	1775	0,51	0,20
34.	Ester butylowotetradecylowy kwasu ftalowego Phthalic acid butyl tetradecyl ester	1886	0,19	-
35.	Kwas palmitynowy / Hexadecanoic acid	1975	1,43	0,50
36.	Kwas linolowy / Octadecadienoic acid	2135	1,17	-
37.	Kwas oleinowy / Oleic acid	2148	-	0,10
38.	Ester ditridecylowy kwasu 1,2-dibenzenodikarboksylowego 1,2-dibenzenedicarboxylic acid ditridecyl ester	2550	0,31	-
Suma związków / Total compounds		-	99,46	99,78

ATCC 11842, *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* DSM 24734, *Lb. delbrueckii* subsp. *lactis* ATCC 4797) przekroczyła wartość 5 mm. Użycie olejku eterycznego z kolendry otrzymanego w aparacie Derynga, zastosowanego w stężeniu 5 %, spowodowało niewielkie zahamowanie wzrostu tylko dwóch szczepów bakteryjnych z gatunku *Lb. acidophilus* (*Lb. acidophilus* AD 200, *Lb. acidophilus* DDS-1), w stężeniu 12,5 % wrażliwość wykazały dwa kolejne szczepy (*Lb. acidophilus* La3, *Lb. acidophilus* ATCC 700396), a w stężeniu 25 % były to już wszystkie badane szczepy bakteryjne tego gatunku (tab. 2). Z kolei drugi olejek eteryczny wyodrębniony z kolendry, użyty w stężeniu 2 %, wykazał słabe działanie hamujące wobec *Lb. acidophilus* La-5, w stężeniu 5 i 12,5 % wrażliwy na jego działanie okazał się także *Lb. acidophilus* La-3, a w wyższych stężeniach pozostałe szczepy tego gatunku.

W grupie szczepów bakteryjnych z gatunku *Lb. casei* wrażliwy na działanie olejku eterycznego otrzymanego przy użyciu aparatu Derynga, zastosowanego we wszystkich stężeniach, był *Lb. casei* ATCC 393 oraz *Lb. casei* DN-114001 (tab. 3). W przypadku pozostałych szczepów tego gatunku oraz szczepów bakteryjnych gatunku *Lb. rhamnosus* strefy zahamowania wzrostu obserwowano, kiedy olejek ten został dodany do podłoża w stężeniu 12,5 % oraz wyższych. Wielkość stref powstałych po zastosowaniu tego olejku eterycznego w stężeniu 85 % i 100 % była porównywalna i nie przekroczyła 4 mm. Natomiast aktywność drugiego olejku w odniesieniu do szczepów bakteryjnych z gatunku *Lb. casei* była widoczna przy stężeniu 5 %, a wobec szczepów *Lb. rhamnosus* prawie w każdym zastosowanym stężeniu. Testowane szczepy wykazały nieznacznie większą wrażliwość wobec olejku eterycznego z aparatu Derynga niż olejku otrzymanego drugim sposobem. Wyższą aktywność w odniesieniu do szczepów bakterii kwasu mlekowego należących do gatunku *Lb. delbrueckii* (tab. 4) oraz *Lb. plantarum* (tab. 5) zaobserwowano także w przypadku olejku eterycznego z kolendry wyodrębnionego w aparacie Derynga. Największą wrażliwość na działanie tego olejku wykazały szczepy: *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ATCC 11842, *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* DSM 24734, *Lb. delbrueckii* subsp. *lactis* ATCC 4797 oraz *Lb. plantarum* DSM 9843. Wielkość stref zahamowania wzrostu tych pałeczek zawierała się w przedziale 5,0 ÷ 5,8 mm (olejek użyty w najwyższym stężeniu). Większa wrażliwość badanych szczepów bakterii kwasu mlekowego na działanie olejku z aparatu Derynga w porównaniu z drugim użytym olejkiem eterycznym może wynikać z różnic w ich składzie chemicznym. Olejek eteryczny z kolendry wyizolowany przy użyciu aparatu Derynga charakteryzował się większą zawartością linalolu oraz octanu geranylu i tylko w jego składzie stwierdzono obecność p-cymenu. Niektóre dane wskazują, że linalol jako jeden ze składników olejku wykazuje aktywność przeciwbakteryjną wobec różnych drobnoustrojów [16, 23] oraz aktywność przeciwgrzybową [22]. Duarte i wsp. [7] stwierdzili, że zarówno linalol, jak i olejek eteryczny z kolendry hamowały wzrost

Tabela 2. Wielkość stref zahamowania wzrostu bakterii z gatunku *Lb. acidophilus* determinowana działaniem olejków eterycznych z kolendry
Table 2. Size of inhibition zones of *Lb. acidophilus* species growth as determined by effect of coriander essential oils

Nazwa szczepu bakteryjnego Name of bacterial strain	Stężenie olejku / Concentration of oil [%]									
	0	1	2	5	12,5	25	50	63	75	100
Wielkość strefy zahamowania wzrostu / Size of growth inhibition zone [mm]										
Olejek eteryczny z aparatu Derynga (DPD) / Essential oil from Deryng apparatus (DPD)										
<i>Lb. acidophilus</i> AD 200	-	-	*	0,4 ^a ± 0,25	0,6 ^a ± 0,17	0,4 ^a ± 0,10	1,3 ^{ab} ± 0,29	1,6 ^b ± 0,25	1,6 ^b ± 0,25	1,9 ^{b,c} ± 0,25
<i>Lb. acidophilus</i> DDS-1	-	-	-	0,4 ^a ± 0,24	0,9 ^a ± 0,25	1,8 ^b ± 0,29	4,5 ^c ± 0,58	4,8 ^e ± 0,65	5,1 ^f ± 0,48	5,8 ^f ± 0,50
<i>Lb. acidophilus</i> DSM 24737	-	-	-	-	-	0,6 ^a ± 0,48	3,0 ^d ± 0,41	3,3 ^d ± 0,29	3,5 ^d ± 0,41	3,8 ^{d,e} ± 0,29
<i>Lb. acidophilus</i> La-14	-	-	-	-	-	0,6 ^a ± 0,48	3,3 ^d ± 0,29	3,3 ^d ± 0,24	3,6 ^d ± 0,25	3,8 ^{d,e} ± 0,29
<i>Lb. acidophilus</i> La3	-	-	-	-	0,3 ^a ± 0,22	0,8 ^{ab} ± 0,29	2,1 ^c ± 0,20	2,1 ^c ± 0,25	2,3 ^c ± 0,24	2,4 ^c ± 0,25
<i>Lb. acidophilus</i> La-5	-	-	-	-	-	0,3 ^a ± 0,24	1,4 ^b ± 0,15	1,6 ^b ± 0,25	1,9 ^{b,c} ± 0,25	2,1 ^c ± 0,25
<i>Lb. acidophilus</i> ATCC 700396	-	-	-	-	0,3 ^a ± 0,21	0,6 ^a ± 0,14	3,6 ^{d,e} ± 0,48	3,9 ^{d,e} ± 0,48	4,1 ^e ± 0,25	4,5 ^e ± 0,58
Olejek eteryczny po destylacji z parą wodną (DP) / Essential oil after steam distillation (DP)										
<i>Lb. acidophilus</i> AD 200	-	-	-	-	-	0,5 ^a ± 0,41	1,5 ^{b,c} ± 0,41	1,8 ^{b,c} ± 0,29	2,0 ^c ± 0,41	2,1 ^c ± 0,43
<i>Lb. acidophilus</i> DDS-1	-	-	-	-	-	-	1,1 ^{ab} ± 0,30	1,3 ^b ± 0,24	1,6 ^b ± 0,15	2,0 ^c ± 0,16
<i>Lb. acidophilus</i> DSM 24737	-	-	-	-	-	0,5 ^a ± 0,41	2,1 ^c ± 0,30	2,3 ^c ± 0,29	2,6 ^d ± 0,25	2,8 ^{c,d} ± 0,29
<i>Lb. acidophilus</i> La-14	-	-	-	-	-	-	2,8 ^{c,d} ± 0,24	3,3 ^d ± 0,29	3,4 ^d ± 0,25	3,8 ^d ± 0,24
<i>Lb. acidophilus</i> La3	-	-	-	0,4 ^a ± 0,24	0,4 ^a ± 0,12	0,6 ^a ± 0,30	1,9 ^{b,c} ± 0,27	2,3 ^c ± 0,29	2,3 ^c ± 0,29	2,6 ^c ± 0,30
<i>Lb. acidophilus</i> La-5	-	-	0,3 ^a ± 0,24	0,4 ^a ± 0,10	0,8 ^a ± 0,24	0,9 ^{ab} ± 0,15	1,2 ^b ± 0,22	1,1 ^b ± 0,25	1,6 ^b ± 0,33	1,6 ^b ± 0,25
<i>Lb. acidophilus</i> ATCC 700396	-	-	-	-	-	0,2 ^a ± 0,40	4,0 ^e ± 0,41	4,3 ^e ± 0,29	4,4 ^e ± 0,25	4,8 ^{e,f} ± 0,50

Objaśnienia / Explanatory notes:

* – brak hamowania wzrostu / no growth inhibition. W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; n = 4; a - f – wartości średnie oznaczone różnymi literami różną się statystycznie istotnie (p < 0,05 / mean values denoted by different letters differ statistically significantly (p < 0.05).

Tabela 3. Wielkość stref zahamowania wzrostu bakterii z gatunku *Lb. casei* i *Lb. rhamnosus* determinowana działaniem olejków eterycznych z kolendry
Table 3. Size of inhibition zones of growth of *Lb. casei* and *Lb. rhamnosus* species as determined by effect of coriander essential oils

Nazwa szczepu bakteryjnego Name of bacterial strain	Stężenie olejku / Concentration of oil [%]									
	0	1	2	5	12,5	25	50	63	75	100
Wielkość strefy zahamowania wzrostu / Size of growth inhibition zone [mm]										
Olejek eteryczny z aparatu Derynga (DPD) / Essential oil from Deryng apparatus (DPD)										
<i>Lb. casei</i> 01	-	-	-	-	-	0,3 ^a ± 0,29	0,8 ^b ± 0,24	1,1 ± 0,29	1,3 ^b ± 0,29	1,6 ^c ± 0,15
<i>Lb. casei</i> ATCC 393	-	0,3 ^a ± 0,29	0,4 ^{a,b} ± 0,27	0,4 ^{a,b} ± 0,25	0,6 ^b ± 0,15	0,9 ^b ± 0,10	1,9 ^c ± 0,25	2,3 ± 0,29	2,4 ^c ± 0,25	2,8 ^{c,d} ± 0,29
<i>Lb. casei</i> DN-114001	-	0,2 ^a ± 0,26	0,3 ^a ± 0,24	0,4 ^{a,b} ± 0,24	0,6 ^b ± 0,17	0,8 ^{a,b} ± 0,24	1,8 ^{b,c} ± 0,24	2,1 ^c ± 0,25	2,4 ^c ± 0,25	2,8 ^{c,d} ± 0,29
<i>Lb. casei</i> PB121	-	-	-	-	-	0,3 ^a ± 0,22	2,1 ^c ± 0,25	2,3 ^c ± 0,29	2,6 ^c ± 0,25	2,9 ^{c,d} ± 0,25
<i>Lb. casei</i> ATCC 334	-	-	-	-	-	-	1,3 ^b ± 0,29	1,3 ^{b,c} ± 0,56	1,9 ^{b,c} ± 0,25	2,1 ^{b,c} ± 0,25
<i>Lb. casei</i> subsp. <i>paracasei</i> LCP	-	-	-	-	-	0,1 ^a ± 0,25	0,6 ^{a,b} ± 0,25	0,8 ^b ± 0,29	0,9 ^b ± 0,25	1,1 ^b ± 0,25
<i>Lb. casei</i> subsp. <i>rhamnosus</i> LCR	-	-	-	-	-	0,3 ^a ± 0,29	0,9 ^b ± 0,63	2,3 ^c ± 0,29	2,6 ^c ± 0,25	2,8 ^c ± 0,29
<i>Lb. rhamnosus</i> 573	-	-	-	-	-	0,3 ^a ± 0,29	1,3 ^b ± 0,29	2,0 ^c ± 0,41	2,3 ^c ± 0,29	3,6 ^d ± 1,03
<i>Lb. rhamnosus</i> ATCC 53103	-	-	-	-	-	-	1,1 ^a ± 0,85	3,1 ^c ± 0,25	3,2 ^d ± 0,24	3,5 ^d ± 0,41
<i>Lb. rhamnosus</i> Lcr35	-	-	-	-	-	0,3 ^a ± 0,29	1,1 ^a ± 0,71	2,1 ^c ± 0,25	2,6 ^{c,d} ± 0,27	3,2 ^d ± 0,24
Olejek eteryczny po destylacji z parą wodną (DP) / Essential oil after steam distillation (DP)										
<i>Lb. casei</i> 01	-	-	-	-	-	-	1,1 ^{b,c} ± 0,25	1,4 ^{b,c} ± 0,25	1,4 ^b ± 0,25	1,6 ^b ± 0,25
<i>Lb. casei</i> ATCC 393	-	-	-	0,4 ^a ± 0,24	0,6 ^b ± 0,10	0,7 ^b ± 0,13	0,9 ^b ± 0,12	1,1 ^b ± 0,12	1,6 ^b ± 0,25	2,0 ^{b,c} ± 0,41
<i>Lb. casei</i> DN-114001	-	-	-	0,2 ^a ± 0,26	0,4 ^a ± 0,25	0,4 ^a ± 0,10	1,1 ^{b,c} ± 0,25	1,3 ^b ± 0,21	1,6 ^b ± 0,25	1,8 ^b ± 0,29
<i>Lb. casei</i> PB121	-	-	-	-	0,3 ^a ± 0,24	0,9 ^b ± 0,19	1,3 ^b ± 0,29	1,2 ^b ± 0,24	1,6 ^b ± 0,48	1,6 ^b ± 0,48
<i>Lb. casei</i> ATCC 334	-	-	-	-	-	-	0,8 ^b ± 0,24	1,2 ^b ± 0,24	1,3 ^b ± 0,24	1,7 ^b ± 0,24
<i>Lb. casei</i> subsp. <i>paracasei</i> LCP	-	-	-	-	-	-	0,1 ^a ± 0,25	1,1 ^b ± 0,25	1,3 ^b ± 0,24	1,6 ^{b,c} ± 0,25
<i>Lb. casei</i> subsp. <i>rhamnosus</i> LCR	-	0,3 ^a ± 0,24	0,4 ^{a,b} ± 0,48	0,8 ^b ± 0,29	0,8 ^b ± 0,29	1,2 ^{b,c} ± 0,36	1,7 ^c ± 0,17	1,9 ^c ± 0,25	2,1 ^c ± 0,25	2,1 ^c ± 0,25
<i>Lb. rhamnosus</i> 573	-	0,3 ^a ± 0,29	0,6 ^{a,b} ± 0,30	0,8 ^b ± 0,24	0,9 ^b ± 0,25	1,3 ^{b,c} ± 0,24	1,6 ^c ± 0,25	2,1 ^c ± 0,15	2,5 ^c ± 0,41	3,0 ^d ± 0,41
<i>Lb. rhamnosus</i> ATCC 53103	-	-	0,3 ^a ± 0,24	0,7 ^b ± 0,24	0,8 ^b ± 0,29	1,0 ^b ± 0,10	2,0 ^c ± 0,10	2,1 ^c ± 0,25	2,4 ^c ± 0,25	2,8 ^{c,d} ± 0,29
<i>Lb. rhamnosus</i> Lcr35	-	0,2 ^a ± 0,24	0,5 ^{a,b} ± 0,41	0,6 ^{a,b} ± 0,48	0,8 ^b ± 0,29	1,3 ^{b,c} ± 0,29	1,7 ^c ± 0,35	2,1 ^c ± 0,25	2,4 ^c ± 0,25	2,8 ^{c,d} ± 0,29

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

Tabela 4. Wielkość stref zahamowania wzrostu bakterii z gatunku *Lb. delbrueckii* determinowana działaniem olejków eterycznych z kolendry
Table 4. Size of inhibition zones of growth of *Lb. delbrueckii* species as determined by effect of coriander essential oils

Nazwa szczepu bakteryjnego Name of bacterial strain	Stężenie olejku / Concentration of oil [%]									
	0	1	2	5	12,5	25	50	63	75	100
Wielkość strefy zahamowania wzrostu / Size of growth inhibition zone [mm]										
Olejek eteryczny z aparatu Derynga (DPD) / Essential oil from Deryng apparatus (DPD)										
<i>Lb. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> ATCC 11842	-	-	-	-	0,6 ^a ± 0,43	1,5 ^{a,b} ± 0,41	4,8 ^d ± 0,50	5,2 ^d ± 0,46	5,1 ^d ± 0,48	5,6 ^e ± 0,48
<i>Lb. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> DSM 24734	-	-	-	0,1 ^a ± 0,15	0,3 ^a ± 0,24	1,5 ^{a,b} ± 0,41	3,8 ^e ± 0,50	4,2 ^d ± 0,36	4,8 ^d ± 0,29	5,3 ^{d,e} ± 0,29
<i>Lb. delbrueckii</i> subsp. <i>lactis</i> ATCC 4797	-	-	-	0,3 ^a ± 0,29	0,7 ^a ± 0,24	2,3 ^b ± 0,22	4,8 ^d ± 0,50	5,1 ^d ± 0,57	5,0 ^d ± 0,41	5,3 ^{d,e} ± 0,29
Olejek eteryczny po destylacji z parą wodną (DP) / Essential oil after steam distillation (DP)										
<i>Lb. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> ATCC 11842	-	-	-	-	-	-	1,1 ^b ± 0,25	1,4 ^b ± 0,25	1,6 ^b ± 0,25	1,9 ^b ± 0,25
<i>Lb. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> DSM 24734	-	-	-	0,7 ^a ± 0,31	0,9 ^a ± 0,12	1,7 ^b ± 0,24	3,3 ^e ± 0,50	4,0 ^d ± 0,41	4,5 ^d ± 0,41	5,1 ^{d,e} ± 0,48
<i>Lb. delbrueckii</i> subsp. <i>lactis</i> ATCC 4797	-	-	-	-	-	-	1,1 ^b ± 0,25	1,4 ^b ± 0,14	1,6 ^b ± 0,25	1,9 ^b ± 0,25

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

Tabela 5. Wielkość stref zahamowania wzrostu bakterii z gatunku *Lb. plantarum* determinowana działaniem olejków eterycznych z kolendry
Table 5. Size of inhibition zones of growth of *Lb. plantarum* species as determined by effect of coriander essential oils

Nazwa szczepu bakteryjnego Name of bacterial strain	Stężenie olejku / Concentration of oil [%]									
	0	1	2	5	12,5	25	50	63	75	100
Wielkość strefy zahamowania wzrostu / Size of growth inhibition zone [mm]										
Olejek eteryczny z aparatu Derynga (DPD) / Essential oil from Deryng apparatus (DPD)										
<i>Lb. plantarum</i> DSM 9843	-	-	-	-	0,1 ^a ± 0,25	1,5 ^b ± 0,41	4,4 ^d ± 0,48	4,5 ^d ± 0,41	4,6 ^d ± 0,48	4,8 ^d ± 0,29
<i>Lb. plantarum</i> ATCC 8014	-	-	-	-	0,3 ^a ± 0,29	1,6 ^b ± 0,43	3,1 ^c ± 0,25	3,4 ^c ± 0,25	3,8 ^{c,d} ± 0,29	4,1 ^c ± 0,25
<i>Lb. plantarum</i> NCAIM B.01834	-	-	-	-	0,3 ^a ± 0,29	0,5 ^{a,b} ± 0,33	2,1 ^c ± 0,06	2,5 ^c ± 0,41	2,8 ^c ± 0,29	3,0 ^c ± 0,41
Olejek eteryczny po destylacji z parą wodną (DP) / Essential oil after steam distillation (DP)										
<i>Lb. plantarum</i> DSM 9843	-	-	-	-	-	-	1,3 ^b ± 0,29	1,3 ^{b,c} ± 0,29	1,7 ^{b,c} ± 0,40	1,9 ^{b,c} ± 0,25
<i>Lb. plantarum</i> ATCC 8014	-	-	-	0,6 ^a ± 0,43	0,8 ^{a,b} ± 0,24	1,0 ^b ± 0,10	2,8 ^c ± 0,24	3,1 ^c ± 0,25	3,3 ^c ± 0,29	3,6 ^c ± 0,25
<i>Lb. plantarum</i> NCAIM B.01834	-	0,1 ^a ± 0,25	0,8 ^{a,b} ± 0,24	1,0 ^b ± 0,13	1,3 ^b ± 0,29	1,4 ^b ± 0,48	1,7 ^{b,c} ± 0,24	1,8 ^{b,c} ± 0,29	2,1 ^{b,c} ± 0,25	2,2 ^{b,c} ± 0,24

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

bakterii *Campylobacter jejuni* i *Campylobacter coli* odpowiedzialnych za zatrucia pokarmowe wśród mieszkańców Unii Europejskiej w 2013 roku oraz zmniejszały biomasę biofilmów wytwarzanych przez te szczepy. Zengin i Baysal [27] wykazali natomiast addytywny efekt linalolu w połączeniu z eukaliptolem wobec wszystkich badanych drobnoustrojów. We wcześniejszych badaniach Kozłowska i wsp. [13] również wykazały wrażliwość badanych bakterii kwasu mlekowego wobec handlowego olejku eterycznego z kolendry, gdy został on dodany do podłoża w zakresie stężeń $50 \div 100$ %. Olejek ten zastosowany w stężeniu poniżej 50 % działał tylko na wybrane szczepy bakterii z rodzaju *Lactobacillus*, osiągając wielkość stref zahamowania ich wzrostu w przedziale $0,1 \div 2,3$ mm. Kozłowska i wsp. [12] nie zaobserwowali także wpływu ekstraktów z roślin przyprawowych na wzrost większości badanych bakterii fermentacji mlekowej z wyjątkiem ekstraktu z rozmarynu, który był aktywny wobec szczepów *Lb. acidophilus* i *Lb. delbrueckii*. W badaniach Piaseckiej-Jóźwiak i wsp. [19] wykazano możliwość stosowania olejków eterycznych w odpowiednich stężeniach, jako komponentów preparatów probiotycznych przeznaczonych dla zwierząt. Dodatek takiego olejku mógłby poprawić walory zapachowe preparatów, a tym samym wpłynąć na jego większe pobieranie przez zwierzęta hodowlane. Elgayyar i wsp. [9] również badali wpływ olejku z kolendry na jeden szczep z gatunku *Lb. plantarum* i wykazali wielkość strefy zahamowania wzrostu tego szczepu w granicach 11 mm. Otrzymana wartość nie zawierała średnicy krążka, która wynosiła 6 mm. Badacze przyjęli, że strefa zahamowania wzrostu poniżej 6 mm wskazuje na brak wrażliwości ze strony badanych drobnoustrojów. W odniesieniu do tego założenia można wysnuć przypuszczenie, że szczepy bakterii *Lactobacillus* testowane w niniejszej pracy były odporne na zastosowane stężenia obu olejków. Świadczą o tym otrzymane wielkości stref zahamowania wzrostu badanych szczepów bakteryjnych, które nie przekroczyły 6 mm.

Wnioski

1. Przy zastosowaniu analizy GC/MS w olejku eterycznym z nasion kolendry otrzymanym metodą destylacji z parą wodną w zestawie prostym zidentyfikowano 31 związków, a w olejku otrzymanym z użyciem aparatu Derynga – 25 związków.
2. W obu olejkach z kolendry dominującym ilościowo związkiem był linalol. Jego zawartość w olejku wyodrębnionym przy użyciu aparatu Derynga była większa niż w olejku otrzymanym z użyciem zestawu do destylacji prostej i stanowiła ok. 49 %.
3. Wszystkie badane szczepy bakterii kwasu mlekowego były wrażliwe na działanie obu olejków eterycznych dodanych do podłoża w zakresie stężeń $50 \div 100$ %, przy czym średnica stref zahamowania wzrostu tych bakterii nie przekroczyła 5,8 mm.
4. Olejki eteryczne z kolendry użyte w stężeniu poniżej 50 % działały tylko na wybrane szczepy bakterii z rodzaju *Lactobacillus*, osiągając wielkość stref zahamo-

wania ich wzrostu w przedziale 0,1 ÷ 1,8 mm. Może to sprzyjać zastosowaniu tych olejków do produkcji wyrobów z udziałem pałeczek kwasu mlekowego.

Literatura

- [1] Adaszyńska M., Swarczewicz M.: Olejki eteryczne jako substancje aktywne lub konserwanty w kosmetykach. *Wiad. Chem.*, 2012, 66 (1-2), 139-158.
- [2] Adaszyńska M., Swarczewicz M., Markowska-Szczupak A., Jadczyk D.: Skład chemiczny i właściwości przeciwdrobnoustrojowe olejku eterycznego i ekstraktu z mięty pieprzowej odmiany 'Asia'. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2013, 2 (87), 116-125.
- [3] Bhuiyan M.N.I., Begum J., Sultana M.: Chemical composition of leaf and seed essential oil of *Coriandrum sativum* L. from Bangladesh. *Bangladesh J. Pharmacol.*, 2009, 4 (2), 150-153.
- [4] Burdock G.A., Carabin I.G.: Safety assessment of coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil as a food ingredient. *Food Chem. Toxicol.*, 2009, 47, 22-34.
- [5] Burt S.: Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. *Int. J. Food Microbiol.*, 2004, 94, 223-253.
- [6] Coelho J.P., Cristino A.F., Matos P.G., Rauter A.P., Nobre B.P., Mendes R.L., Barroso J.G., Mainar A., Urieta J.S., Fareleira J.M.N.A., Sovová H., Palavra A.F.: Extraction of volatile oil from aromatic plants with supercritical carbon dioxide: Experiments and modeling. *Molecules*, 2012, 17, 10550-10573.
- [7] Duarte A., Luís Â., Oleastro M., Domingues F.C.: Antioxidant properties of coriander essential oil and linalool and their potential control *Campylobacter* spp. *Food Control*, 2016, 61, 115-122.
- [8] Edris A.E.: Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents: A review. *Phytother. Res.*, 2007, 21 (4), 308-323.
- [9] Elgayyar M., Draughon F.A., Golden D.A., Mount J.R.: Antimicrobial activity of essential oils from plants against selected pathogenic and saprophytic microorganisms. *J. Food Prot.*, 2001, 64 (7), 1019-1024.
- [10] Grosso C., Ferraro V., Figueiredo A.C., Barosso J.G., Coelho J.A., Palavra A.M.: Supercritical carbon dioxide extraction of volatile oil from Italian coriander seeds. *Food Chem.*, 2008, 111, 197-203.
- [11] Kozłowska M., Ziarno M.: Kolendra – skład i zastosowanie. *Post. Fitoter.*, 2012, 13 (2), 108-112.
- [12] Kozłowska M., Ścibisz I., Zaręba D., Ziarno M.: Antioxidant properties and effect on lactic acid bacteria growth of spice extracts. *CyTA J. Food*, 2015, 13 (4), 573-577.
- [13] Kozłowska M., Ziarno M., Gruczyńska E., Kowalska D., Tarnowska K.: Wpływ olejku eterycznego z kolendry na wzrost bakterii kwasu mlekowego. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2016, 49 (3), 341-345.
- [14] Król S.K., Skalicka-Woźniak K., Kandefer-Szerszeń M., Stepulak A.: Aktywność biologiczna i farmakologiczna olejków eterycznych w leczeniu i profilaktyce chorób infekcyjnych. *Postępy Hig. Med. Dośw.*, 2013, 67, 1000-1007.
- [15] Macura R., Michalczyk M., Banaś J.: Wpływ olejków eterycznych kolendry siewnej (*Coriandrum sativum* L.) i melisy (*Melissa officinalis* L.) na jakość przechowywanego mielonego mięsa cielęcego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, 4 (77), 127-137.
- [16] Mandal S., Mandal A.: Coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil: Chemistry and biological activity. *Asian Pac. J. Trop. Biomed.*, 2015, 5 (6), 421-428.
- [17] Msaada K., Hosni K., Taarit M.B., Chahed T., Kchouk M.E., Marzouk B.: Changes on essential oil composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruits during three stages of maturity. *Food Chem.*, 2007, 102 (4), 1131-1134.

- [18] Nurzyńska-Wierdak R., Rożek E., Kuźniewska H.: Plon i skład chemiczny ziela kolendry siewnej w uprawie szklarniowej. *Ann. Univ. Mariae Curie Skłodowska Sect. EEE.*, 2012, 22 (1), 31-38.
- [19] Piasecka-Jóźwiak K., Chabłowska B., Olczak M., Kliszc M., Szkudzińska-Rzeszowiak E.: Possibility of enrichment probiotics for ruminants in plant oils for improving their activity against harmful bacteria. *J. Res. Appl. Agric. Eng.*, 2014, 59 (4), 56-61.
- [20] Politeo O., Jukić M., Miloš M.: Chemical composition and antioxidant activity of essential oil of twelve spice plants. *Croat. Chem. Acta*, 2006, 79 (4), 545-552.
- [21] Singh G., Kapoor I.P., Pandey S.K., Singh U.K., Singh R.K.: Studies on essential oils. Part 10. Antibacterial activity of volatile oils of some spices. *Phytother. Res.*, 2002, 26, 680-682.
- [22] Singh G., Maurya S., de Lampasona M.P., Catalan C.A.N.: Studies on essential oils. Part 41. Chemical composition, antifungal, antioxidant and sprout suppressant activities of coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil and its oleoresin. *Flav. Frag. J.*, 2006, 21 (3), 472-479.
- [23] Sourmaghi M.H.S., Kiaee G., Golfakhrabadi F., Jamalifar H., Khanavi M.: Comparison of essential oil composition and antimicrobial activity of *Coriandrum sativum* L. extracted by hydrodistillation and microwave-assisted hydrodistillation. *J. Food Sci. Technol.*, 2015, 52 (4), 2452-2457.
- [24] Tajkarimi M.M., Ibrahim S.A., Cliver D.O.: Antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food Control*, 2010, 21, 1199-1218.
- [25] Van den Dool H., Kratz P.D.: A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. *J. Chromatogr.*, 1963, 11, 463-471.
- [26] Zeković Z., Adamović D., Četković G., Radojković M., Vidović S.: Essential oil and extract of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *APTEFF*, 2011, 42, 1-288.
- [27] Zengin H., Baysal A.H.: Antibacterial and antioxidant activity of essential oil terpenes against pathogenic and spoilage-forming bacteria and cell structure-activity relationships evaluated by SEM microscopy. *Molecules*, 2014, 19, 17773-17798.
- [28] Zorca M., Găinar I., Bala D.: Supercritical CO₂ extraction of essential oil from coriander fruits. *An. Univ. Bucuresti – Chimie*, 2006, XV (II), 79-83.

CHEMICAL COMPOSITION OF CORIANDER ESSENTIAL OIL AND ITS EFFECT ON GROWTH OF SELECTED LACTIC ACID BACTERIA

S u m m a r y

The objective of the study was to determine, using a GC/MS method, the volatile compounds in the coriander essential oils extracted from coriander seeds by two methods, and to determine their effect on the growth of selected bacteria strains of the *Lactobacillus* genus. The essential oils were produced by a steam distillation method with the use of a straight distillation set and in a Deryng apparatus. 31 compounds were identified in the essential oil extracted by the first method and 25 compounds in the oil from the Deryng apparatus. The essential oil obtained by the straight distillation contained such compounds as: linalool (31.80 %), camphor (11.88 %), geranyl acetate (8.29 %), geraniol (7.28 %), limonene (7.81 %), and γ -terpinene (6.45 %). The oil extracted using the Deryng apparatus was characterized by the highest percent content of linalool (48.89 %), camphor (10.50 %), geranyl acetate (9.69 %), and p-cymene (6.60 %). A well diffusion method was applied to assess the activity of those oils against the strains of lactic acid bacteria. It was found that the size of the zones of the growth inhibition of tested bacterial strains depended on the concentration of the essential oils used. The sizes of those zones ranged between 0.1 ÷ 5.8 mm. The coriander essential oils used at the concentrations above 50 % inhibited the growth of all the tested strains of lactic acid bacteria. When the concentrations of coriander essential oils used were below 50 %, the oils affected only some selected bacterial strains of the *Lactobacillus* genus.

Key words: *Coriandrum sativum* L. essential oil, GC/MS method, lactic acid bacteria (*Lactobacillus* spp.)



Polskie Towarzystwo
Technologów Żywności
Oddział Wielkopolski



Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu
Uniwersytetu Przyrodniczego
w Poznaniu

zapraszają na

II Konferencję Naukową z cyklu „Nauka o zbożach”

nt. "Nowa jakość dla świadomego Konsumenta"

pod patronatem

**Dziekana Wydziału Nauk o Żywności i Żywieniu
Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu**

Poznań, 6 -7 września 2018 r.

Informacje: www.up.poznan.pl/noz

Kontakt: Sekretarz – mgr inż. Maria Różańska

e-mail: noz@up.poznan.pl; tel. 450 000 586;

BARBARA WÓJCIK-STOPCZYŃSKA, BARBARA JAKUBOWSKA

OCENA *IN VITRO* AKTYWNOŚCI PRZECIWGRZYBOWEJ NIEKTÓRYCH SUSZONYCH PRZYPRAW ZIOŁOWYCH

Streszczenie

W pracy oceniono skład chemiczny oraz aktywność przeciwgrzybową suszonych ziół przyprawowych – bazylii, oregano, rozmarynu i tymianku. Susze zakupiono w sieci handlowej w opakowaniach jednostkowych. W wymieszanym i rozdrobnionym materiale oznaczono zawartość: suchej masy, białka ogółem, cukrów ogółem, polifenoli ogółem i olejków eterycznych. Do oceny aktywności przeciwgrzybowej użyto 12 szczepów grzybów: *Alternaria alternata*., *Aspergillus flavus*, *A. fumigatus*, *A. niger*, *Cladosporium herbarum*, *Fusarium oxysporum*, *Penicillium cyclopium* oraz *Eurotium amstelodami*, *E. chevalieri*, *E. herbariorum*, *E. repens*, *E. rubrum*. W przypadku grzybów z rodzaju *Eurotium* stosowano podłoże Agar DG18, a w pozostałych – Malt Extract Agar. Na podłożach zawierających dodatek suszu (1 %) prowadzono doświadczalne hodowle grzybów, a na podłożach bez suszu – hodowle kontrolne. Próbkę kontrolną pozytywną stanowił benzoesan sodu (0,05 %). W 3. 6. i 9. dobie inkubacji mierzono średnice kolonii doświadczalnych oraz kontrolnych i obliczano procentową inhibicję wzrostu grzybów powodowaną przez susze. Stwierdzono, że aktywność przeciwgrzybowa była zróżnicowana w zależności od rodzaju suszu, gatunku grzyba i czasu inkubacji. W 9. dniu doświadczenia susz z oregano odznaczający się największą zawartością olejku (2,40 % s.m.) i dużą zawartością polifenoli (4,06 % s.m.) powodował istotnie największe średnie zahamowanie wzrostu zarówno grzybów *Eurotium* ssp. (95,5 %), jak i pozostałych grzybów (90,2 %). Susz bazyliowy o najmniejszej zawartości olejku i polifenoli, a największej – białka ogółem stymulował wzrost części grzybów. Badane susze powodowały największe zahamowanie wzrostu kolonii *A. fumigatus*, *A. alternata* i *E. amstelodami*, a najmniejsze – *A. niger* i *E. rubrum*. Hamowanie wzrostu grzybów malało wraz z czasem inkubacji, ale różnice między średnim zahamowaniem wzrostu grzybów w 6. i 9. dniu hodowli były nieistotne. Susze z oregano, tymianku i rozmarynu efektywniej hamowały wzrost kolonii grzybów niż benzoesan sodu.

Słowa kluczowe: bazylia, oregano, rozmaryn, tymianek, właściwości przeciwgrzybowe

Wprowadzenie

Do powszechnie znanych, olejkodajnych ziół z rodziny jasnotowatych (*Lamiaceae*) należą: bazylia (*Ocimum basilicum* L.), oregano (lebiodka, *Origanum vulgare* L.), rozmaryn (*Rosmarinus officinalis* L.) i tymianek (*Thymus vulgaris* L.). Od wieków wykorzystywane są ich właściwości przyprawowe, a także lecznicze i kosmetyczne. Proces suszenia nadaje ziołom trwałość i prowadzi do zwielokrotnienia ogólnej zawartości suchej masy oraz związków biologicznie czynnych [1]. Do aktywnych składników ziół należą m.in. flawonoidy, garbniki, glikozydy, saponiny, alkaloidy, sterole i olejki eteryczne [2]. Składniki aktywne kształtują nie tylko smak i zapach ziół, ale także różne ich właściwości, m.in. antyoksydacyjne i przeciwdrobnoustrojowe [11, 25]. Rosnąca świadomość konsumentów i ekologiczny trend powodują, że na przestrzeni ostatnich lat prowadzi się liczne badania aktywności ziół. Ich efektem może być chociaż częściowe zastąpienie przez substancje naturalne szkodliwych dla zdrowia i środowiska środków chemicznych stosowanych w ochronie roślin i konserwacji żywności [3, 7, 18]. Częstym obiektem badań są olejki eteryczne [10, 11, 13, 18]. Niektóre z nich stosowane są m.in. w ochronie produktów ogrodniczych [28]. Uwagę badaczy zwraca też aktywność przeciwdrobnoustrojowa proszków roślinnych [3, 6, 7], które mogą być stosowane m.in. jako naturalne zaprawy nasion [4, 16], mogą też stabilizować jakość mikrobiologiczną żywności mało przetworzonej [8].

W prowadzonych dotychczas badaniach wykazano przeciwgrzybową aktywność olejków bazylii, tymianku, oregano i rozmarynu [13, 18], natomiast właściwości przeciwgrzybowe suszy otrzymanych z tych ziół są mniej rozpoznane.

Celem pracy było określenie wpływu suszy ziołowych – bazylii, oregano, rozmarynu i tymianku, wprowadzonych do podłoża hodowlanego, na wzrost grzybów z rodzajów *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Eurotium*, *Fusarium* i *Penicillium*. Podjęto też próbę oceny aktywności przeciwgrzybowej badanych ziół w odniesieniu do ich składu chemicznego.

Materiał i metody badań

Materiałem doświadczalnym były suszone przyprawy ziołowe – bazylia, oregano (lebiodka), rozmaryn i tymianek pochodzące z sieci handlowej. Zakupiono je w opakowaniach jednostkowych, w ilości zapewniającej uzyskanie próby każdego suszu o masie ok. 300 g. Susze pochodziły z jednej krajowej firmy, a każdy jego rodzaj reprezentował tę samą partię produkcyjną. Przed wykonaniem badań próbki jednostkowe każdego rodzaju suszu mieszano, rozdrabniano w młynku laboratoryjnym i przesiewano przez sito o oczkach 1 mm. W tak przygotowanym materiale oznaczano skład chemiczny oraz aktywność przeciwgrzybową.

Ocena składu chemicznego suszu obejmowała oznaczanie zawartości: suchej masy (metodą suszarkowo-wagową), białka ogółem (jako % suchej masy) – metodą Kjeldahla oraz cukrów ogółem – metodą Luffa-Schoorla [15]. W suszach oznaczano też zawartość olejków eterycznych i polifenoli ogółem. Olejki wyodrębniano metodą hydrodestylacji zgodnie z normą [23] i wyrażano jako (% v/m) w stosunku do suchej masy. Polifenole ogółem oznaczano metodą Folina-Ciocalteu’a [27] polegającą na redukcji zawartego w odczynniku Folina-Ciocalteu’a molibdenu(VI) do molibdenu(V) przez związki fenolowe obecne w badanej próbce, w wyniku czego powstaje niebieski związek. Pomiaru intensywności zabarwienia próbek dokonywano w spektrofotometrze Helios-γ (Thomas Scientific, USA), przy długości fali $\lambda = 750$ nm. Do sporządzenia krzywej wzorcowej używano roztworu kwasu galusowego. Zawartość polifenoli ogółem wyrażano w przeliczeniu na kwas galusowy jako % suchej masy.

Właściwości przeciugrzybowe oceniano w stosunku do 12 gatunków grzybów, w tym 7 gatunków należących do rodzajów: *Alternaria* (*A. alternata*), *Aspergillus* (*A. niger*, *A. flavus*, *A. fumigatus*), *Penicillium* (*P. cyclopium*), *Cladosporium* (*C. herbarum*) i *Fusarium* (*F. oxysporum*) oraz 5 gatunków grzybów kserofilnych z rodzaju *Eurotium* (*E. amstelodami*, *E. chevalieri*, *E. herbariorum*, *E. repens*, *E. rubrum*). Szczepy grzybów pochodziły z kolekcji własnej, a także z zakupu z kolekcji Instytutu Technologii Fermentacji i Mikrobiologii Politechniki Łódzkiej i Banku Patogenów Instytutu Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego w Poznaniu. Do oceny aktywności przeciugrzybowej zastosowano dwa podłoża: Agar DG18 (firmy BTL Sp. z oo., Łódź, Polska) o $a_w = 0,95$, na którym prowadzono hodowle grzybów kserofilnych *Eurotium* ssp. [10] oraz agar na brzeczce (Malt Extract Agar – MEA,) Oxoid, Wlk. Brytania), który stosowano do hodowli pozostałych szczepów [26]. Podłoża MEA i DG18 z dodatkiem suszu w ilości 1 % (m/v) oraz bez suszu (kontrolne) rozlewano na płytki Petriego o średnicy 90 mm. Po zestaleniu inokulowano je centralnie poprzez wprowadzenie 10 μ l zawiesiny zarodników i grzybní [10^6 jtk $\cdot$ cm $^{-3}$] sporządzonej z 10-dniowych kultur grzybów. Zaszczepione płytki umieszczano w termostacie w temp. 25 °C i prowadzono hodowle przez 9 dni. Co 3 dni mierzono średnice kolonii [mm] i na podstawie ich wielkości obliczano procent zahamowania wzrostu kolonii (I) przez susze, według formuły:

$$I = [(K - B) : K] \times 100,$$

gdzie: K – średnica kolonii kontrolnej, B – średnica kolonii doświadczalnej (na podłożu z dodatkiem suszu) [3]. Równolegle, jako próbę kontrolną pozytywną, prowadzono hodowlę grzybów na podłożach MEA i DG18 zawierających benzoesan sodu (cz.d.a., PPH Stanlab, Polska) w dawce 0,05 %. Susze dodawano do podłoży przed ich pasteryzacją w aparacie Kocha, a benzoesan sodu po pasteryzacji.

Wszystkie oznaczenia wykonywano w trzech powtórzeniach. Do statystycznej oceny wyników zastosowano dwuczynnikową analizę wariancji w programie FR-ANALWAR. Istotność różnic między wartościami średnimi szacowano testem Tukeya przy poziomie istotności $p = 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Przyprawy ziołowe odznaczały się zróżnicowaną zawartością badanych składników (tab. 1). Susze oreganowy i tymiankowy zawierały istotnie więcej suchej masy (odpowiednio: 93,52 i 93,48 %) niż rozmarynowy i bazyliowy. Istotnie najwięcej białka ogółem stwierdzono w suszu bazyliowym (25,27 % s.m.), istotnie najwięcej cukrów ogółem występowało w tymianku (8,54 % s.m.), oregano odznaczało się istotnie największą zawartością olejku (2,40 % s.m.), a rozmaryn – polifenoli (4,25 % s.m.).

Tabela 1. Zawartość wybranych składników w badanych przyprawach ziołowych
Table 1. Contents of selected components in dried herbs studied

Rodzaj suszu Type of dried herb	Sucha masa Dry matter [%]	Białko ogółem [% s.m.] Total proteins [% d.m.]	Cukry ogółem [% s.m.] Total sugars [% d.m.]	Polifenole ogółem [% s.m.] Total polyphenols [% d.m.]	Olejek eteryczny [% s.m.] Essential oil [% d.m.]
Bazyliowy Basil	91,76 ^b ± 0,12	25,27 ^a ± 0,05	2,43 ^c ± 0,05	2,90 ^d ± 0,07	1,20 ^d ± 0,07
Oreganowy Oregano	93,52 ^a ± 0,08	9,85 ^c ± 0,11	6,61 ^b ± 0,09	4,06 ^b ± 0,09	2,40 ^a ± 0,05
Rozmarynowy Rosemary	90,97 ^c ± 0,09	8,22 ^d ± 0,10	2,62 ^c ± 0,06	4,25 ^a ± 0,09	2,20 ^b ± 0,04
Tymiankowy Thyme	93,48 ^a ± 0,11	18,41 ^b ± 0,08	8,54 ^a ± 0,08	3,64 ^c ± 0,06	1,90 ^c ± 0,05

Objaśnienia / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenie standardowe / Table shows mean values ± standard deviation; $n = 3$; a, b, c, d – 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 $p \leq 0.05$.

Zawartość suchej masy w badanych suszach odpowiadała wymaganiom norm [22, 24] i była zbliżona do wyników Adámkovej i wsp. [1]. W ziele różnych gatunków ziół udział białka ogółem wynosi $5,79 \div 8,27$ %, a cukrów ogółem – $0,29 \div 2,05$ % [9]. Zawartość białka w bazylii ocenianej w pracy była większa niż w bazylii ($13,4 \div 20,0$ % s.m.) badanej przez Nurzyńską i wsp. [21]. Zawartość polifenoli ogółem w suszu bazyliowym, oreganowym i tymiankowym była również większa niż w prób-

kach tych ziół z rynku krajowego analizowanych przez Modnickiego i Balcerka [20], ale kolejność malejącej średniej zawartości polifenoli w układzie „oregano < tymianek < bazylią” w badaniach własnych była zgodna z wynikami tych autorów. Większą zawartość polifenoli w rozmarynie w porównaniu z tymiankiem i bazylią wykazali Stanciu i wsp. [29]. Zawartość polifenoli oznaczona w niniejszej pracy w oregano była natomiast mniejsza, a w tymianku większa niż stwierdzona przez Adamkovą i wsp. [1] (odpowiednio: $4,73 \div 4,83$ i $2,35 \div 2,44$ % s.m.). Zawartość olejku oznaczona w suszu bazyliowym i tymiankowym była zgodna z wymaganiami norm [22, 24], a w przypadku tymianku odpowiadała też doniesieniom wskazującym, że tymianek dostępny w handlu w Polsce zawierał $1,12 \div 2,99$ % olejków [19]. Na dużą zawartość olejku w rozmarynie (do 1,7 ml w 100 g świeżej masy) wskazują Stefanovits-Bányai i wsp. [30]. W oregano zawartość olejku jest zmienna w zależności od podgatunku, a jego zawartość oznaczona w pracy była zbliżona do ilości tego związku w *O. vulgare* ssp. *hirtum* [13].

Stwierdzone w pracy zróżnicowanie zawartości badanych składników w suszonych ziołach przyprawowych wynikało z różnej ich zawartości w materiale świeżym, w którym koncentracja składników odżywczych i biologicznie czynnych zależy istotnie od gatunku ziół [9]. Na skład chemiczny ziół wpływają też inne czynniki, m.in. ich pochodzenie, warunki siedliska i uprawy [19, 30, 21], dlatego występują różnice zawartości składników oznaczanych przez różnych autorów w ziołach tych samych gatunków.

Susze ziołowe obecne w podłożach hodowlanych wywierały zróżnicowany wpływ na wzrost kolonii użytych w badaniach grzybów (tab. 2). W 9. dniu inkubacji średnie wartości średnic kolonii grzybów rosnących na podłożach MEA i DG18 z dodatkiem suszu bazyliowego i benzoesu sodu były zbliżone do wartości średnic kolonii kontrolnych, wynoszących odpowiednio: 59,2 i 57,2 mm. W przypadku suszu bazyliowego średnie wartości średnic kolonii grzybów na podłożach MEA i DG18 (odpowiednio: 60,0 i 60,8 mm) były nieznacznie większe od kontrolnych, co wskazuje na przewagę stymulującego wpływu tego suszu na wzrost grzybów. Istotnie mniejsze od średnic kontrolnych były średnie wartości średnic kolonii grzybów na podłożach MEA i DG18 z rozmarynem (odpowiednio: 39,0 i 38,2 mm), tymiankiem (odpowiednio: 10,9 i 10,3 mm) i oregano (odpowiednio: 5,8 i 2,6 mm).

Wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji wskazują (tab. 3), że wartość zahamowania wzrostu kolonii wyrażona w procentach zależała od rodzaju suszu w podłożu, gatunku grzyba oraz współdziałania obu tych czynników. Susz oreganowy obecny w podłożu DG18 i MEA powodował istotnie największe średnie zahamowanie wzrostu grzybów – odpowiednio: o 95,5 i 90,2 %. Duże było również średnie zahamowanie wzrostu grzybów na podłożach z tymiankiem – wynosiło odpowiednio: 82,0 i 81,6 %. Umiarkowanie hamował wzrost grzybów rozmaryn (średnio o 33,2 i 34,1 %), natomiast

susz bazyliowy obecny w podłożach DG18 i MEA stymulował wzrost grzybów hodowanych na nich (średnio o 6,3 i 1,4 %). Największą wrażliwość na działanie badanych suszy ziołowych wykazywały *E. amstelodami*, *A. fumigatus* i *A. alternata* (średnie zahamowanie ich wzrostu wynosiło odpowiednio [%]: 67,1, 58,9 i 57,6), a najmniejszą – *E. rubrum* i *A. niger*, których wzrost hamowany był średnio o 27,5 i 33,6 %.

Tabela 2. Średnice kolonii grzybów w 9. dobie wzrostu na podłożu kontrolnym i podłożach z dodatkiem suszu i benzoatesanu sodu

Table 2. Diameters of fungal colonies on the 9th day of growth on control medium and on media with dried herbs and sodium benzoate added

Gatunek grzyba Fungus species	Kolonia kontrolna Control colony [mm]	Średnice kolonii na podłożu z suszem Diameter of colony on medium with dried herbs [mm]				Średnica na podłożu z b. s. / Diameter on medium with s. b. [mm]
		bazylia basil	oregano oregano	rozmaryn rosemary	tymianek thyme	
<i>A. alternata</i>	54,0 ± 1,0	44,3 ± 1,1	3,0 ± 1,0	33,0 ± 1,0	10,7 ± 1,2	48,0 ± 0,8
<i>A. niger</i>	62,1 ± 2,1	79,7 ± 2,5	9,7 ± 1,5	55,3 ± 2,3	20,3 ± 1,5	60,0 ± 1,0
<i>A. flavus</i>	74,2 ± 1,5	72,0 ± 1,8	13,7 ± 0,8	44,0 ± 1,0	9,7 ± 0,8	74,0 ± 1,5
<i>A. fumigatus</i>	78,0 ± 1,0	67,3 ± 2,1	0,0 ± 0,0	41,7 ± 0,6	15,6 ± 1,6	76,5 ± 1,5
<i>C. herbarum</i>	32,0 ± 1,7	35,0 ± 1,7	0,0 ± 0,0	24,0 ± 0,0	5,0 ± 0,0	13,0 ± 0,0
<i>F. oxysporum</i>	75,0 ± 2,6	80,7 ± 3,0	9,3 ± 0,8	44,0 ± 1,0	9,0 ± 0,0	63,0 ± 2,1
<i>P. cyclopium</i>	39,1 ± 0,7	40,7 ± 0,6	4,7 ± 0,6	31,0 ± 1,7	6,0 ± 1,0	40,5 ± 1,2
$\bar{x}$	59,2 ^a ± 1,5	60,0 ^a ± 1,8	5,8 ^c ± 0,7	39,0 ^b ± 1,1	10,9 ^c ± 0,9	53,6 ^a ± 1,2
<i>E. amstelodami</i> *	53,0 ± 1,4	40,8 ± 1,2	0,0 ± 0,0	21,0 ± 1,0	8,0 ± 1,0	52,0 ± 2,0
<i>E. chevalieri</i>	35,0 ± 1,0	43,0 ± 1,0	0,0 ± 0,0	24,7 ± 1,8	17,3 ± 0,7	34,3 ± 1,7
<i>E. herbariorum</i>	77,7 ± 1,8	73,9 ± 2,1	0,0 ± 0,0	43,0 ± 0,5	8,7 ± 0,6	70,0 ± 2,0
<i>E. repens</i>	57,0 ± 1,1	63,8 ± 2,0	4,3 ± 0,7	36,3 ± 1,7	8,3 ± 0,7	51,5 ± 1,5
<i>E. rubrum</i>	63,3 ± 1,0	82,6 ± 1,6	8,7 ± 0,6	66,0 ± 2,0	9,0 ± 0,5	59,0 ± 1,0
$\bar{x}$	57,2 ^a ± 1,3	60,8 ^a ± 1,6	2,6 ^c ± 0,0	38,2 ^b ± 1,4	10,3 ^c ± 0,7	53,4 ^a ± 1,6

Objaśnienia / Explanatory notes:

b.s. – benzoatesan sodu / s.b. – sodium benzoate; * – wzrost *Eurotium* ssp. prowadzono na agarze DG18, a pozostałych grzybów na Malt Extract Agar / growth of *Eurotium* ssp. was conducted on DG18 Agar and growth of other fungi on Malt Extract Agar.

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenie standardowe / Table shows mean values ± standard deviation; n = 3; a, b, c – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values in columns denoted by different letters differ statistically significantly $p \leq 0.05$.

W badaniach wpływu poszczególnych suszy dodanych do podłoża MEA na wzrost badanych gatunków grzybów wykazano, że w 9. dobie inkubacji zahamowanie wzrostu grzybów przez susz oreganowy wynosiło od 81,5 % (*A. flavus*) do 100 % (*A. fumigatus* i *C. herbarum*) – rys. 1. Susz ten powodował istotnie największe zahamo-

wanie wzrostu *A. fumigatus*, *C. herbarum*, *A. alternata* i *A. niger*. Susz tymiankowy hamował wzrost grzybów w zakresie od 67,3 % (*A. niger*) do 88,0 % (*F. oxysporum*). Zahamowanie wzrostu *A. flavus*, *F. oxysporum* i *P. cyclopium* przez tymianek i oregano nie różniło się istotnie, ale tymianek hamował wzrost *A. flavus* i *F. oxysporum* silniej niż oregano. Hamujące działanie rozmarynu mieściło się w zakresie od 11,0 % (*A. niger*) do 46,5 % (*A. fumigatus*). Susz bazyliowy w niewielkim stopniu hamował wzrost *A. flavus*, *A. fumigatus* i *A. alternata* (3,0 ÷ 19,9 %), a stymulował wzrost czterech pozostałych szczepów w zakresie od 4,1 % (*P. cyclopium*) do 28,3 % (*A. niger*).

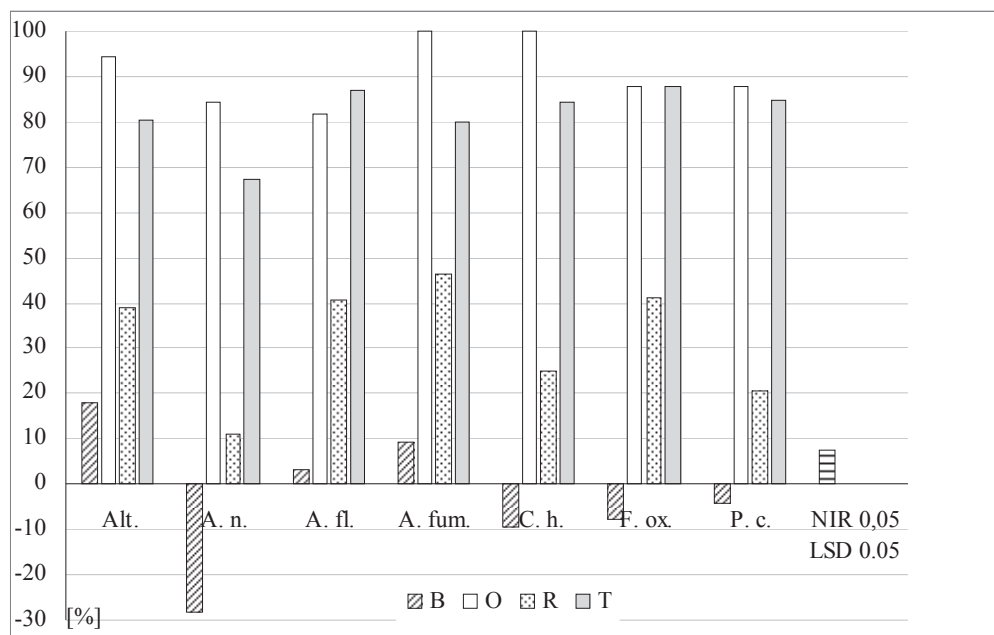
Tabela 3. Średnie zahamowanie wzrostu kolonii w 9. dobie hodowli, w zależności od rodzaju suszu w podłożu (I czynnik doświadczenia) oraz gatunku grzyba (II czynnik doświadczenia)

Table 3. Mean growth inhibition of colony on the 9th day of incubation depending on type of dried herbs in medium (1st factor of experiment) and on fungus species (2nd factor of experiment)

Czynnik doświadczenia Factor of experiment		Zahamowanie wzrostu Growth Inhibition [%]	NIR _{0,05} LSD _{0,05}	NIR _{0,05} dla interakcji LSD _{0,05} for interactions
Analiza wyników uzyskanych na agarze DG18 / Analysis of results obtained on DG18 Agar				
I – rodzaj suszu w podłożu I – type of dried herbs in medium	Bazylia / Basil	-6,3*	5,574	I/II = 12,463 II/I = 13,268
	Oregano / Oregano	95,5		
	Rozmaryn / Rosemary	33,2		
	Tymianek / Thyme	82,0		
II – gatunek grzyba II – fungus species	<i>E. amstelodami</i>	67,1	6,643	
	<i>E. chevalieri</i>	39,3		
	<i>E. herbariorum</i>	59,6		
	<i>E. repens</i>	40,5		
	<i>E. rubum</i>	34,3		
Analiza wyników uzyskanych na MEA / Analysis of results obtained on MEA				
I – rodzaj suszu w podłożu I – type of dried herbs in medium	Bazylia / Basil	-1,4	2,450	I/II = 6,483 II/I = 7,488
	Oregano / Oregano	90,2		
	Rozmaryn / Rosemary	34,1		
	Tymianek / Thyme	81,6		
II – szczep grzyba II – fungus species	<i>A. alternata</i>	57,6	3,744	
	<i>A. niger</i>	33,6		
	<i>A. flavus</i>	53,0		
	<i>A. fumigatus</i>	58,9		
	<i>C. herbarum</i>	40,0		
	<i>F. oxysporum</i>	52,5		
	<i>P. cyclopium</i>	47,3		

Objaśnienie / Explanatory note:

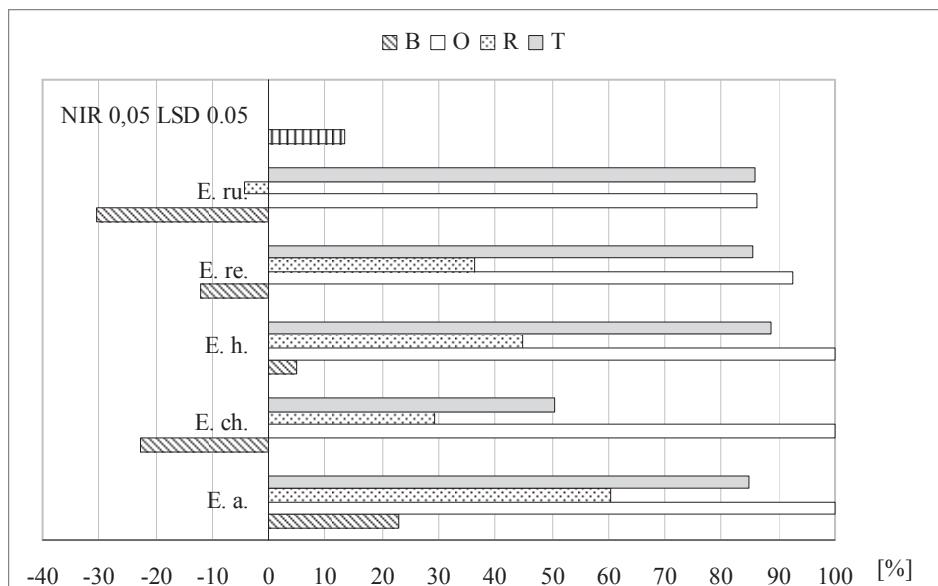
* – minus oznacza stymulowanie wzrostu grzybów / minus means growth stimulation of fungi



Rys. 1. Zahamowanie wzrostu grzybów: *A. alternata* – Alt., *A. niger* – A. n., *A. flavus* – A. fl., *A. fumigatus* – A. fum., *C. herbarum* – C.h., *F. oxysporum* – F. ox., *P. cyclopium* – P. c., przez badane susze (B – bazylia, O – oregano, R – rozmaryn, T – tymianek) w 9. dobie inkubacji

Fig. 1. Growth inhibition of: *A. alternata* – Alt.; *A. niger* – A. n.; *A. flavus* – A. fl.; *A. fumigatus* – A. fum.; *C. herbarum* – C.h.; *F. oxysporum* – F. ox.; *P. cyclopium* – P. c. by dried herbs studied (B – basil, O – oregano, R – rosemary, T – thyme) on the 9th day of incubation

Na podłożu DG18 z dodatkiem suszu oreganowego zahamowanie wzrostu grzybów wynosiło od 86,3 % (*E. rubrum*) do 100 % (*E. amstelodami*, *E. chevalieri*, *E. herbariorum*) – rys. 2. Susz oreganowy powodował istotnie największe procentowe zahamowanie wzrostu *E. amstelodami* i *E. chevalieri*, natomiast wzrost grzybów pozostałych gatunków z rodzaju *Eurotium* hamował również najsilniej, ale wartości zahamowania ich wzrostu nie różniły się istotnie od otrzymanych w przypadku suszu tymiankowego. Na podłożu DG18 z suszem tymiankowym największym zahamowaniem wzrostu (88,8 %) odznaczał się *E. herbariorum*, a najmniejszym (50,6 %) – *E. chevalieri*. Susz rozmarynowy stymulował wzrost *E. rubrum* (o 4,3 %), a wzrost pozostałych szczepów hamował w zakresie od 29,4 % (*E. chevalieri*) do 60,4 % (*E. amstelodami*). Susz bazyliowy nieznacznie hamował wzrost *E. herbariorum* (4,9 %) i *E. amstelodami* (23,0 %), a stymulował wzrost *E. repens* (o 11,9 %), *E. chevalieri* i *E. rubrum* (o 30,5 %).

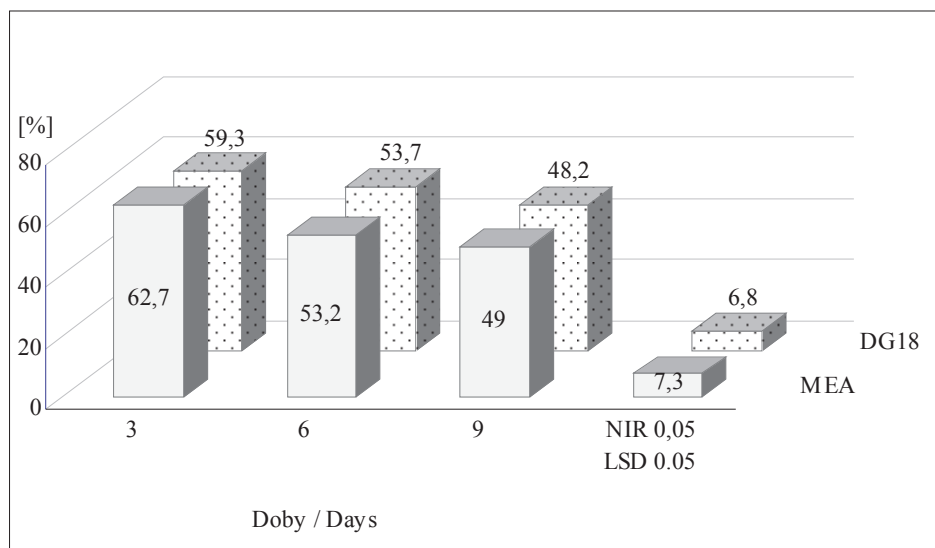


Rys. 2. Zahamowanie wzrostu grzybów: *E. amstelodami* – E. a., *E. chevalieri* – E.ch., *E. herbariorum* – E.h., *E. repens* – E.re., *E. rubrum* – E. ru. przez badane susze (B – bazylia, O – oregano, R – rozmaryn, T – tymianek) w 9. dobie inkubacji

Fig. 2. Growth inhibition of: *E. amstelodami* – E. a.; *E. chevalieri* – E.ch.; *E. herbariorum* – E.h.; *E. repens* – E.re.; *E. rubrum* – E. ru. by dried herbs studied (B – basil, O – oregano, R – rosemary, T – thyme) on the 9th day of incubation

Wykazano, że zahamowanie wzrostu badanych grzybów rosnących na podłożach DG18 i MEA z dodatkiem ocenianych suszy ziołowych malało wraz z czasem inkubacji (rys. 3). Na obydwu podłożach w 3. dobie inkubacji wartość zahamowania wzrostu była istotnie większa niż w 6. i 9. dobie, jednak średnie wartości tego wskaźnika odnotowane w 6. i 9. dobie były do siebie zbliżone, co wskazuje na stosunkowo stabilne działanie ziół.

Badane susze ziołowe, odznaczające się istotnymi różnicami pod względem zawartości składników odżywczych i biologicznie czynnych, wprowadzone do podłoża hodowlanych wywierały zróżnicowany wpływ na wzrost kolonii grzybów. Wyrażona w procentach wartość zahamowania wzrostu kolonii zależała od rodzaju suszu, gatunku grzyba i czasu inkubacji. El-Mougi i Abdel-Kader [7] również wykazali znaczenie gatunku grzyba oraz rodzaju suszu, a także jego dawki. Malejącą wraz z czasem inkubacji aktywność przeciwgrzybową olejków stwierdzili Lopez-Reyes i wsp. [18]. Różną wrażliwość drobnoustrojów na działanie naturalnych roślinnych substancji wykazano w wielu badaniach [5, 6, 12, 13, 14].



Rys. 3. Zahamowanie wzrostu grzybów w 3., 6. i 9. dobie inkubacji na podłożach DG18 i MEA zawierających dodatek suszonych ziół

Fig. 3. Growth inhibition of fungi on the 3rd, 6th, and 9th day of incubation on DG18 and MEA media with dried herbs added

Spośród badanych ziół susz oreganowy powodował istotnie największe zahamowanie wzrostu zarówno grzybów kserofilnych, jak i hodowanych na podłożu o dużej aktywności wody. Jako silny należy też ocenić wpływ suszu tymiankowego. Średnie zahamowanie wzrostu grzybów przez obydwa te susze wynosiło > 75 % i poziom ten zdaniem Askarnego i wsp. [3] pozwala zaliczyć susze do mających wysoką aktywność przeciwwgrzybową. W warunkach doświadczenia susz rozmarynowy miał umiarkowany wpływ na zahamowanie wzrostu kolonii, a bazyliowy stymulował rozwój części gatunków grzybów. O stymulowaniu wzrostu grzybów na podłożach zawierających niektóre susze roślinne świadczą też badania, które przeprowadzili Askarne i wsp. [3]. Odmienne niż w niniejszej pracy, Chalfoun i wsp. [6] stwierdzili, że susz oreganowy w niewielkim stopniu hamuje rozwój *A. niger* i *E. repens*, a jego działanie było słabsze niż tymianku. El-Mougi i Abdel-Kader [7] wykazali silniejsze zahamowanie wzrostu grzybów przez susz bazyliowy (51,1 ÷ 71,1 %) niż rozmarynowy (0,0 ÷ 50,5 %), ale, podobnie jak w badaniach własnych, susz tymiankowy był od nich efektywniejszy. W warunkach przeprowadzonego doświadczenia susze oreganowy, tymiankowy i rozmarynowy działały na zahamowanie wzrostu grzybów istotnie silniej niż benzoesan sodu. Jego niższą skuteczność w zapobieganiu rozwojowi grzybów w porównaniu z ziołami i przyprawami stwierdzili też Azzouz i wsp. [5].

Na poziom aktywności przeciwgrzybowej badanych ziół niewątpliwie wpływ wywierał ich skład chemiczny. Olejki eteryczne i polifenole wykazują aktywność przeciwdrobnoustrojową, a cukry i białka mogą wzbogacać podłoże hodowlane w składniki odżywcze. Największe zahamowanie wzrostu grzybów przejawiał susz oreganowy zawierający najwięcej olejku oraz dużo polifenoli, natomiast susz bazyliowy o istotnie najmniejszej zawartości tych związków, a największej – białka działał głównie stymulująco. Tymianek o istotnie mniejszej zawartości olejku i polifenoli niż rozmaryn odznaczał się w porównaniu z nim istotnie większą aktywnością. Jest to zgodne z danymi literaturowymi wskazującymi, że nie występuje prosta zależność między ogólną zawartością polifenoli oraz olejków w ziołach a ich aktywnością przeciwdrobnoustrojową [14, 25, 26]. Znaczenie ma bowiem skład jakościowy tych związków. Do głównych komponentów olejku tymianku i oregano należą tymol i karwakrol, linalol jest charakterystyczny dla olejku bazyliowego, a dla rozmarynowego – 1,8-cyneol, kamfora, borneol [18]. Tymol i karwakrol to fenolowe składniki olejków wykazujące największą aktywność przeciwdrobnoustrojową [12]. Przy tym samym składniku głównym olejki mogą jednak wykazywać różną aktywność, co wskazuje na znaczenie ogólnej kompozycji olejku i rolę składników drugorzędnych [26].

Przeprowadzone badania wykazały, że susz oreganowy i tymiankowy są surowcami o wysokim potencjale przeciwgrzybowym. Przy aplikacji ziół należy wziąć pod uwagę, że mogą być one źródłem znacznej liczby grzybów (10^6 jtk·g⁻¹). Termiczne metody dekontaminacji surowców ziołowych mają dużą skuteczność przy niewielkich zmianach barwy smaku i zapachu [17]. W niniejszej pracy susz oreganowy i tymiankowy wykazywały silną aktywność przeciwgrzybową po poddaniu ich pasteryzacji w podłożach hodowlanych.

Wnioski

1. Suszone zioła przyprawowe – bazylia, oregano, rozmaryn i tymianek odznaczały się istotnie zróżnicowaną zawartością białka, cukrów, polifenoli i olejków eterycznych oraz zróżnicowaną aktywnością przeciwgrzybową, uzależnioną też od gatunku grzyba oraz czasu inkubacji.
2. Susz z oregano charakteryzujący się największą zawartością olejku (2,40 % s.m.) i dużą zawartością polifenoli (4,06 % s.m.) powodował istotnie największe średnie zahamowanie wzrostu grzybów z rodzaju *Eurotium* (95,5 %) oraz pozostałych szczepów (90,2 %). Susz bazyliowy o najmniejszej zawartości olejku (1,20 % s.m.) i polifenoli (2,90 % s.m.), a największej – białka ogółem (25,27 % s.m.) stymulował wzrost części grzybów.
3. Badane susze ziołowe powodowały największe zahamowanie wzrostu *A. fumigatus*, *A. alternata* i *E. amstelodami*, a najmniejsze – *A. niger* i *E. rubrum*.

4. Działnie ziół hamujące wzrost grzybów malało wraz z czasem inkubacji, ale różnice między zahamowaniem wzrostu grzybów w 6. i 9. dobie doświadczenia były nieistotne.

Literatura

- [1] Adámková A., Kouřimska L., Kadlecová B.: The effect of drying on antioxidant activity of selected *Lamiaceae* herb. *Potravinstvo*, 2015, 9 (1), 252-257.
- [2] Agbor G.A., Kuate D., Oben J.E.: Medicinal plants can be good source of antioxidants: Case study in Cameroon. *Pak. J. Biol. Sci.*, 2007, 10 (4), 537-544.
- [3] Askarne L., Talibi I., Boubaker H., Boudyach E.H., Msanda F., Saadi B., Serghini M.A.: *In vitro* and *in vivo* antifungal activity of several Moroccan plants against *Penicillium italicum*, the causal agent of citrus blue mold. *Crop Prot.*, 2012, 40, 53-58.
- [4] Awuah R.T., Ellis W.O.: Effects of some groundnut packaging methods and protection with *Ocimum* and *Syzygium* powders on kernel infection by fungi. *Mycopathologia*, 2001, 154, 29-36.
- [5] Azzouz M.A., Bullerman L.B.: Comparative antimycotic effects of selected herbs, spices, plant components and commercial antifungal agents. *J. Food Prot.*, 1992, 45 (14), 1298-1301.
- [6] Chalfoun S.M., Pereira M.C., Resende M.L., Angelico C.L., da Silva R.A.: Effect of powdered spice treatments on mycelial growth, sporulation and production of aflatoxins by toxigenic fungi. *Cienc. Agrotec. Lavras*, 2004, 28 (4), 856-862.
- [7] El Mougy N.S., Abdel-Kader M.: Antifungal effect of powdered spices and their extracts on growth and activity of some fungi in relation to damping-off disease control. *J. Plant Prot. Res.*, 2007, 43 (3), 267-278.
- [8] Grohs B.M., Kunz B.: Use of spice mixtures for the stabilization of fresh portioned pork. *Food Cont.*, 2000, 11, 433-436.
- [9] Grzeszczuk M., Jadcak D.: The estimation of biological value of some species of spice herbs. *Acta Hort.*, 2009, 830, DOI: 10.17660/ActaHortic.2009.830.98.
- [10] Guynot M.E., Ramos A.J., Seto L., Purroy P., Sanchis V., Marin S.: Antifungal activity of volatile compounds generated by essential oils against fungi commonly causing deterioration of bakery products. *J. Appl. Microb.*, 2003, 94, 893-899.
- [11] Hussain A.I., Anwar F., Hussain S.T., Przybylski R.: Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of basil (*Ocimum basilicum*) essential oils depends on seasonal variations. *Food Chem.*, 2008, 108, 986-995.
- [12] Kalembe D., Kunicka A.: Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Current Med. Chem.*, 2003, 10, 813-829.
- [13] Kiedos P., Wójcik-Stopczyńska B.: Contents, composition and antifungal activity of *Origanum vulgare* L. essential oils. II Int. Conf. "Human ecology", Szczecin, 2016, June, 9-10, pp. 99-100.
- [14] Kiedos P., Wójcik-Stopczyńska B.: Ocena aktywności przeciwgrzybiczej suszu i wywaru otrzymanych z ziela lebindki pospolitej (*Origanum vulgare* L.). W: *Rolnictwo XXI wieku. Problemy i wyzwania 2016*. Red. D. Łuczycka. Idea Knowledge Future. Wrocław 2016, ss. 96-104.
- [15] Krelowska-Kułas M.: *Badanie jakości produktów spożywczych*. PWE, Warszawa 1993.
- [16] Krishnamurthy Y.L., Shashikala J., Naik B.S.: Antifungal potential of some natural products against *Aspergillus flavus* in soybean seeds during storage. *J. Stored Prod. Res.*, 2008, 44, 305-309.
- [17] Kunicka-Styczyńska A., Śmigielski K.: Bezpieczeństwo mikrobiologiczne surowców ziółowych. *Przem. Spoż.*, 2011, 65, 50-53.

- [18] Lopez-Reyes J.G., Spadaro D., Gullino M.L., Garibaldi A.: Efficacy of plant essential oils on post-harvest control of rot caused by fungi on four cultivars of apples *in vivo*. *Flavour and Fragrance J.*, 2010, 25, 171-177.
- [19] Marzec M., Polakowski C., Chilczuk R., Kołodziej B.: Evaluation of essential oil content, its chemical composition and price of thyme (*Thymus vulgaris* L.) raw material available in Poland. *Herba Polonica*, 2010, 56 (3), 37-52.
- [20] Modnicki D., Balcerek M.: Estimation of total polyphenols contents in *Ocimum basilicum* L., *Origanum vulgare* L. and *Thymus vulgaris* L. commercial samples. *Herba Pol.*, 2009, 1 (55), 35-42.
- [21] Nurzyńska-Wierdak R., Borowski B., Dzida M.: Yield, and chemical composition of basil herb depending on cultivar and foliar feeding with nitrogen. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus*, 2011, 10 (1), 207-219.
- [22] PN-A-86959:1997. Przyprawy ziołowe. Bazylija.
- [23] PN-EN ISO 6571:2009. Przyprawy i zioła. Oznaczanie zawartości olejku eterycznego (metoda hydrodestylacji).
- [24] PN-ISO-6754:1999. Suszone ziele tymianku (*Thymus vulgaris* L.). Wymagania.
- [25] Proestos C., Boziaris I.S., Nychas G.-J.E., Komaitis M.: Analysis of flavonoids and phenolic acids in Greek aromatic plants: Investigation of their antioxidant capacity and antimicrobial activity. *Food Chem.*, 2006, 95, 664-671.
- [26] Rakotonirainy M.S., Lavedrine B.: Screening for antifungal activity of essential oils and related compounds to control the biocontamination in libraries and archives storage areas. *Int. Biodeter. Biodegr.*, 2005, 55, 141-147.
- [27] Singleton L., Orthofer R., Lamuela-Raventons R.M.: Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol.*, 1999, 299, 152-178.
- [28] Solgi M., Ghorbanpour M.: Application of essential oils and their biological effects on extending the shelf-life and quality of horticultural crops. *Trakia J. Sci.*, 2014, 2, 198-210.
- [29] Stanciu G., Cristache N., Lupsor S., Dobrinas S.: Evaluation of antioxidant activity and total phenols content in selected spices. *Rev. Chem.*, 2017, 68 (7), 1429-1434.
- [30] Stefanovits-Bányai E., Tulok M.H., Hegedűs A., Renner C., Varga I.S.: Antioxidant effect of various rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) clones. *Acta Biol. Szeged*, 2003, 47 (1-4), 111-113.

IN VITRO ASSESSMENT OF ANTIFUNGAL ACTIVITY OF SOME DRIED HERBS

S u m m a r y

In the study, there were assessed the chemical composition and the antifungal activity of some dried herbs, i.e. basil, oregano, rosemary, and thyme. The individually prepackaged dried herbs were purchased in a retail network. In the mixed and powdered samples, there were determined the contents of dry matter, total protein, total sugars, total polyphenols, and essential oils. To study the antifungal activity of herbs, twelve strains of fungi were used, i.e.: *Alternaria alternata*., *Aspergillus flavus*, *A. fumigatus*, *A. niger*, *Cladosporium herbarum*, *Fusarium oxysporum*, *Penicillium cyclopium* and *Eurotium amstelodami*, *E. chevalieri*, *E. herbariorum*, *E. repens*, and *E. rubrum*. As for the *Eurotium* ssp. fungi, a Dichloran Glycerol (DG-18) Agar Base was used, and for the other fungi: a Malt Extract Agar Base. The experiment included fungal cultures grown on the media with the dried herbs added (1 %) and control cultures grown on the media without the dried herbs. Sodium benzoate (0.05 %) was used as a positive control sample. On the 3rd, 6th, and 9th day of the experiment, the diameters of the analysed and the control colonies were measured and a percent rate was computed of the fungal growth inhibition caused by the dried herbs. It was found that the antifungal activity varied depending on the type of dried herbs, the fungus species, and

the incubation time. On the ninth day of the experiment, the dried oregano containing the highest level of essential oil (2.40 % d.m.) and a lot of polyphenols (4.06 % d.m.) caused the growth of both the *Eurotium* ssp. fungi and the other fungi to be inhibited at the significantly highest mean rate (95.5 and 90.2 %, respectively). The dried basil containing the lowest amounts of oil and polyphenols and the highest amount of total proteins stimulated the growth of some part of the fungi. The dried herbs studied caused the strongest growth inhibition of the cultures of *A. fumigatus*, *A. alternata*, and *E. amstelodami* fungi and the weakest growth inhibition of *A. niger* and *E. Rubrum*. The growth inhibition of the fungi decreased with the time of incubation but the differences between the mean percent rates of growth inhibition on the 6th and the 9th day of the incubation period were insignificant. The dried oregano, thyme, and rosemary inhibited the growth of fungal colonies more effectively than the sodium benzoate.

Key words: basil, oregano, rosemary, thyme, antifungal properties ☒



Polskie Towarzystwo Technologów Żywności

we współpracy z

Katedrą Technologii Mięsa Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu

zapraszają na

V Międzynarodową Konferencję Naukową z cyklu:

“MEAT IN TECHNOLOGY AND HUMAN NUTRITION” –

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

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

Główne sesje konferencji:

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

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

Informacje: www.up.poznan.pl/meat2018

Kontakt: dr inż. Mirosława Krzywdzińska-Bartkowiak

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

AGATA ZNAMIROWSKA, PRZEMYSŁAW ROŻEK,
MAGDALENA BUNIEWSKA, DOROTA KALICKA, PIOTR KUŹNIAR

**ZASTOSOWANIE CZOSNKU NIEDŹWIEDZIEGO (*ALLIUM*
URSINUM L.) DO PRODUKCJI MLEKA FERMENTOWANEGO
PRZEZ *BIFIDOBACTERIUM ANIMALIS* SSP. *LACTIS* BB-12**

Streszczenie

Duża aktywność biologiczna czosnku niedźwiedziego i jego ekstraktów, a także obecność związków chemicznych o działaniu prozdrowotnym sprawia, że roślina ta może stać się dobrym surowcem do produkcji funkcjonalnych produktów i suplementów diety. Celem pracy było określenie wpływu różnych dawek czosnku niedźwiedziego (*Allium ursinum* L.) na wybrane właściwości mleka fermentowanego przez *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* Bb-12.

Oceniono mleko z dodatkiem czosnku niedźwiedziego w ilości 0,5 i 1,0 % oraz bez jego dodatku (próba kontrolna), fermentowane przez *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* Bb-12. Badania jakości mleka fermentowanego przeprowadzono w pierwszym i dwudziestym pierwszym dniu przechowywania w temp. 5 °C. Próbkę mleka fermentowanego z czosnkiem niedźwiedzim spełniały kryterium minimum terapeutycznego, tj. zawierały ponad $6 \log \text{ jtk} \cdot \text{g}^{-1}$ *Bifidobacterium*. Największą liczbą komórek bakterii charakteryzowało się mleko z 1-procentowym dodatkiem czosnku zarówno w pierwszym, jak i dwudziestym pierwszym dniu przechowywania. Istotnie niższą liczbę badanego szczepu oznaczono w mleku fermentowanym kontrolnym. W mleku z 1-procentowym dodatkiem czosnku w 21. dniu przechowywania nastąpiła redukcja Bb-12 o $0,86 \log \text{ jtk} \cdot \text{g}^{-1}$, a w próbkach z 0,5-procentowym dodatkiem czosnku różnica ta była również istotna, ale mniejsza i wynosiła $0,2 \log \text{ jtk} \cdot \text{g}^{-1}$. Natomiast populacja *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* w mleku kontrolnym nie zmieniła się istotnie w czasie przechowywania. Mleko fermentowane z czosnkiem charakteryzowało się większą synerезą i wyższym pH oraz mniejszą twardością żelu w porównaniu z mlekiem kontrolnym. Czosnek niedźwiedzi nadał mleku wyrazisty czosnkowy smak i zapach oraz zielony odcień. Może być on zatem stosowany jako bioaktywny komponent do produkcji mlecznych napojów fermentowanych przez *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* Bb-12 o cechach sensorycznych atrakcyjnych dla konsumentów.

Dr hab. inż. A. Znamiorska, prof. nadzw., mgr inż. P. Rożek, dr inż. M. Buniowska, dr inż. D. Kalicka, Zakład Technologii Mleczarstwa, Wydz. Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Ćwiklińskiej 2D, 35-601 Rzeszów, dr inż. P. Kuźniar, Katedra Inżynierii Produkcji Rolno-Spożywczej, Wydz. Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów.
Kontakt: aznam@univ.rzeszow.pl

Słowa kluczowe: *Bifidobacterium* Bb-12, czosnek niedźwiedzi, mleko fermentowane, minimum terapeutyczne bakterii probiotycznych

Wprowadzenie

Obserwuje się wzrost zainteresowania ziołami oraz roślinami dziko rosnącymi jako dodatkami do potraw, zwłaszcza wśród osób prowadzących zdrowy tryb życia. Czosnek niedźwiedzi (*Allium ursinum* L.), mimo masowego występowania w niektórych rejonach Polski, był do niedawna nieobecny w naszej kuchni. Popularność tej rośliny odnotowano na terenie krajów niemieckojęzycznych oraz krajów dawnego ZSRR, gdzie wykorzystuje się czosnek w postaci świeżej, solonej lub kiszzonej [4, 6]. Ze względu na znaczną zawartość flawonoidów, chlorofilu oraz karotenoidów w tkankach, czosnek niedźwiedzi wykazuje właściwości przeciwgrzybowe, przeciwrakowe, przeciwbakteryjne i diuretyczne. Spożywanie go korzystnie wpływa na organizm przy zaburzeniach żołądkowo-jelitowych, obniża ciśnienie krwi, a także przyczynia się do redukcji poziomu cholesterolu we krwi i zapobiega zwapnieniu naczyń krwionośnych. To sprawia, że roślina może być środkiem profilaktycznym dla osób zagrożonych zawałem serca czy udarem mózgu [22, 23]. Czosnek niedźwiedzi charakteryzuje się też innymi pozytywnymi właściwościami, jak oczyszczanie krwi, ogólne wzmacnianie organizmu czy też działanie przeciwzapalne, a także wpływa na pobudzenie przemiany materii [6]. Cechuje się on również działaniem antyseptycznym i przeciwpasożytniczym oraz doskonale regeneruje florę bakteryjną jelit po zakończeniu terapii antybiotykowej [14]. Oprócz tego wykorzystywany jest do odtruwania organizmu w przypadku zatrucia metalami toksycznymi. Czosnek niedźwiedzi korzystnie oddziałuje na stany zapalne skóry, jak również przyspiesza proces gojenia się ran [6]. Szerokie spektrum aktywności biologicznej czosnku niedźwiedziego i jego ekstraktów, wynikające z jego składu chemicznego [8], sprawia, że roślina ta może stać się dobrym surowcem do wytwarzania produktów funkcjonalnych i suplementów diety.

Według definicji FAO/WHO [7] probiotyki to żywe mikroorganizmy, które podawane w odpowiednich ilościach korzystnie działają na organizm gospodarza. W 2009 roku do grupy probiotyków zaliczano osiem gatunków spośród rodzaju *Bifidobacterium*, w tym *B. animalis* [26]. Bakterie z rodzaju *Bifidobacterium* wykazują antagonizm wobec patogenów układu pokarmowego oraz chronią przed biegunkami wywołanymi przez rotawirusy [19]. U osób cierpiących na zespół jelita drażliwego wzbogacenie diety mieszanką kultur *B. animalis* ssp. *lactis* i bakterii jogurtowych powoduje zredukowanie czasu pasażu jelitowego przez poprawę perystaltyki jelit [1]. Wśród probiotycznych aktywności bakterii z rodzaju *Bifidobacterium* wyróżnić można ich udział w prewencji procesu kancerogenezy, łagodzeniu alergii i atopowego zapale-

nia skóry, zdolności obniżania poziomu cholesterolu we krwi oraz łagodzeniu objawów nietolerancji laktozy [5].

Produkcja żywności z określoną liczbą żywych drobnoustrojów korzystnie wpływających na zdrowie wymaga stworzenia specyficznych warunków, które będą zapewniały żywotność drobnoustrojów. Przeżycie i ich rozwój podczas przetwarzania oraz przechowywania żywności można osiągnąć, stosując m.in. odpowiednie nośniki, dodatki poprawiające żywotność drobnoustrojów oraz kontrolę czasu i warunków przechowywania [24]. Jak dowiedziono, *Allium ursinum* L. działa przeciwbakteryjnie na niektóre bakterie zarówno Gram-dodatnie, jak i Gram-ujemne [6, 23]. Oddziaływanie to związane jest głównie z alliiną i innymi tiosiarcznanami, a także z ich produktami (tiosulfinianem diallilu, siarczkami metyloallilowymi i diallilowymi i in.) wykazującymi aktywność przeciwbakteryjną. Alliinazy katalizują konwersję bezwonnych cysteinowych sulfotlenków do lotnych tiosiarcznanów [22]. Dlatego też postanowiono przeanalizować wpływ dodatku czosnku na zdolność do fermentacji i przeżywalność *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis*.

Celem pracy było określenie wpływu dwóch dawek czosnku niedźwiedziego (*Allium ursinum* L.) na wybrane właściwości mleka fermentowanego przez *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* Bb-12.

Materiał i metody badań

Materiałem doświadczalnym było mleko krowie pasteryzowane, mikrofiltrowane, o 2-procentowej zawartości tłuszczu (OSM Piątnica, Polska) oraz suszony ekologiczny czosnek niedźwiedzi (PL-EKO-01, Dary Natury, M. Angielczyk, Polska).

Do mleka podgrzanego do temp. 37 °C dodawano roztarty w młynku czosnek niedźwiedzi w ilości 0,5 i 1,0 %. Próbę kontrolną stanowiło mleko bez dodatku czosnku (0 %). Przygotowane próbki homogenizowano (37 °C, 20 MPa) i dodawano do nich 0,02 % szczepionki DVS – Bb-12 o składzie: *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* Bb-12 (Chr. Hansen, Dania). Po wymieszaniu mleko rozlewano do opakowań o pojemności 100 ml z pokrywką i kodowano. Inkubację prowadzono w temp. 37 °C przez 17 h do uzyskania przez napoje pH 4,8, a następnie schładzano je do temp. 5 °C i przechowywano w tej temperaturze. Próbkę do analiz pobierano w 1. i 21. dniu przechowywania, licząc czas od uzyskania w napojach temp. 5 °C.

W próbkach mleka fermentowanego oznaczano: pH przy użyciu pH-metru Toledo FiveEasy TM (Mettler Toledo, Szwajcaria), kwasowość całkowitą w gramach kwasu mlekowego na litr [11], synerezę metodą wirówkową [13], teksturę – testem TPA (teksturometrem Brookfield CT3, Brookfield AMETEK, USA), w którym przyrząd wykonuje dwukrotny test kompresyjny z ustaloną prędkością powrotu ($1 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$) i automatycznym pomiarem wysokości próbki. Test wykonywano przy ustawieniach: siła – 0,1 N, prędkość głowicy – $1 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$, dystans – 15 mm, średnica próbki – 35 mm, sonda

– TA3/100, średnica elementu pomiarowego – 25,3 mm (Brookfield AMETEK, USA). Określano składowe tekstury: twardość, adhezyjność, kohezyjność i sprężystość [29]. Posiewy bifidobakterii wykonywano z zastosowaniem metody płytkowej. Inkubację posiewów w podłożu MRS Agar (Biocorp, Poland) wykonywano w temp. 37 °C przez 72 h w warunkach beztlenowych [16]. Do utrzymania warunków beztlenowych używano eksykatora próżniowego oraz GENbox anaer (Biomerieux, Polska), a do kontroli warunków wskaźnika Anaer indicator (Biomerieux, Polska). Wyniki podano w $\log \text{ jtk} \cdot \text{g}^{-1}$.

Barwę próbek mierzono w 1. dniu przechowywania instrumentalnie (Chroma Meter CR-400, Konica Minolta, Japonia) w systemie CIE LAB (L^* a^* b^*), przy użyciu illuminanta D65, systemu oświetlenia/pomiaru d/0 (oświetlenie rozproszone / kąt pomiaru 0) [29]. Ocenę sensoryczną metodą profilowania w 1. dniu przechowywania przeprowadził przeszkolony 15-osobowy zespół. Oceniano próbki w skali 9-stopniowej ze skalą liniową ustrukturuowaną i z określeniami brzegowymi: lewy koniec skali oznaczał cechę najmniej wyczuwalną, najmniej charakterystyczną, a prawy – cechę najintensywniejszą, najbardziej charakterystyczną [2]. Oceniano konsystencję, barwę, smak mleczno-kremowy, smak kwaśny, smak dodatków, smak słodki, smak obcy, zapach kwaśny i obcy, a także zapach dodatków [18].

Doświadczenie wykonano w trzech terminach, po pięć niezależnych powtórzeń każdego wariantu i w każdym terminie. Otrzymane wyniki opracowano statystycznie w programie Statistica v.12 (StatSoft, USA). Przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji, a istotność różnic między wartościami średnimi szacowano testem Tukeya przy $p \leq 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Dodatek czosnku niedźwiedziego miał istotny wpływ na liczbę *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* w próbkach mleka fermentowanego (tab. 1). Największą liczbą komórek bakterii charakteryzowało się mleko z 1-procentowym dodatkiem czosnku zarówno w pierwszym, jak i w dwudziestym pierwszym dniu przechowywania. Istotnie niższą liczbę badanego szczepu oznaczono w próbie kontrolnej, co oznacza, że czosnek niedźwiedzi stymulował wzrost szczepu Bb-12 i im wyższy był jego dodatek, tym korzystniejsze warunki rozwoju tych bakterii. Należy jednak dodać, że w mleku z czosnkiem niedźwiedzim wydłużenie czasu przechowywania istotnie obniżyło liczbę *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis*. W mleku z 1-procentowym dodatkiem czosnku w 21. dniu przechowywania nastąpiła redukcja Bb-12 o $0,86 \log \text{ jtk g}^{-1}$, a w mleku z 0,5-procentowym dodatkiem czosnku różnica ta była również istotna, ale mniejsza i wynosiła $0,2 \log \text{ jtk g}^{-1}$. Natomiast populacja *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* w próbie kontrolnej nie zmieniła się istotnie w czasie przechowywania. Podobnych obserwacji dokonali Ziarno i wsp. [27] podczas analizy liczby komórek *Bifidobacte-*

rium Bb-12 w trakcie 12-tygodniowego przechowywania jogurtu probiotycznego. Gueimonde i wsp. [9] po 30 dniach przechowywania mleka fermentowanego z supermarketów stwierdzili natomiast zmniejszenie zawartości *Bifidobacterium* o $0,17 \div 1,10 \log \text{ jtk ml}^{-1}$. Trojanová i wsp. [25] badali wpływ różnych źródeł węgla na wzrost szczepów *Bifidobacterium*. Udowodniono, że szczepy *Bifidobacterium animalis* wykazują nietypowy wzrost i szybkie wykorzystanie rafinozy, a powolne – cukrów prostych, jakim jest glukoza. Liście czosnku zawierają $50,8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ sacharydów (sacharozę, trehalozę, rafinozę i glukozę) oraz $26,9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ błonnika pokarmowego [17]. Prawdopodobnie sacharydy pochodzące z czosnku niedźwiedziego przyczyniły się do szybszego wzrostu *Bifidobacterium* Bb-12 w mleku fermentowanym wzbogaconych czosnkiem.

Tabela 1. Liczba *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* Bb-12 w mleku fermentowanym z dodatkiem czosnku niedźwiedziego [$\log \text{ jtk} \cdot \text{g}^{-1}$]

Table 1. Number of *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* Bb-12 in fermented milk with wild garlic added [$\log \text{ jtk} \cdot \text{g}^{-1}$]

Dzień przechowywania Day of storage	Dodatek czosnku niedźwiedziego / Addition of wild garlic [%]		
	0,0	0,5	1,0
1.	$7,86^{aA} \pm 0,55$	$8,04^{bB} \pm 0,30$	$9,04^{cB} \pm 0,45$
21.	$7,81^{aA} \pm 0,65$	$7,84^{aA} \pm 0,36$	$8,18^{bA} \pm 0,65$

Objaśnienia / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie $\pm$ odchylenia standardowe / Table shows mean values $\pm$ standard deviations; $n = 90$; a, b, c – wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$) / mean values in rows denoted by different letters differ statistically significantly at $p < 0,05$; A, B – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$) / mean values in columns and denoted by different letters differ statistically significantly at $p < 0,05$.

Stwierdzono dobrą przeżywalność *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* w próbie kontrolnej, jak i w próbkach wzbogaconych czosnkiem niedźwiedzim. Mleka te spełniały kryterium minimum terapeutycznego (liczba bakterii – ponad $6 \log \text{ jtk} \cdot \text{g}^{-1}$) przez cały okres badawczy [3].

Mleka fermentowane z czosnkiem niedźwiedzim charakteryzowały się istotnie wyższą wartością pH i niższą kwasowością całkowitą w porównaniu z próbą kontrolną w pierwszym dniu przechowywania (tab. 2). Przy większym dodatku czosnku do mleka pH próbek było wyższe, a kwasowość całkowita – niższa. Inne badania nad wpływem zastosowania czosnku niedźwiedziego do produkcji kefirów z mleka owczego również potwierdzają wpływ tego dodatku na pH oraz zawartość kwasu mlekowego [28].

W 21. dniu przechowywania pH wszystkich próbek mleka fermentowanego obniżyło się istotnie, ale z zachowaniem proporcji wynikających z dodatku czosnku, jak

w pierwszym dniu przechowywania (tab. 2). Natomiast kwasowość całkowita zwiększała się istotnie we wszystkich próbkach mleka fermentowanego w miarę wydłużania czasu przechowywania, ale różnice pomiędzy grupami nie były istotne w 21. dniu przechowywania. Zastosowanie szczepu *Bifidobacterium* Bb-12 do fermentacji mleka skutkowało otrzymaniem żeli kwasowych o dużym poziomie synerезy (tab. 2). Mleko z czosnkiem niedźwiedzim charakteryzowało się istotnie większą synerезą w 1. i 21. dniu przechowywania niż próba kontrolna. Wraz z wydłużeniem czasu przechowywania ilość wydzielonej serwatki istotnie wzrosła tylko w fermentowanym mleku kontrolnym.

Tabela 2. Kwasowość i synerезa w mleku fermentowanym z dodatkiem czosnku niedźwiedziego
Table 2. Acidity of and syneresis in fermented milk with wild garlic added

Wyróżnik Characteristic	Dzień przechowywania Day of storage	Dodatek czosnku niedźwiedziego Addition of wild garlic [%]		
		0,0	0,5	1,0
pH	1.	4,41 ^{aB} ± 0,02	4,61 ^{bB} ± 0,38	4,82 ^{cB} ± 0,19
	21.	4,26 ^{aA} ± 0,00	4,54 ^{bA} ± 0,24	4,73 ^{bA} ± 0,38
Kwasowość całkowita Total acidity [g/l]	1.	0,80 ^{cA} ± 0,01	0,75 ^{bA} ± 0,11	0,69 ^{aA} ± 0,07
	21.	0,97 ^{aB} ± 0,03	0,96 ^{aB} ± 0,06	0,94 ^{aB} ± 0,45
Synerезa Syneresis [%]	1.	62,56 ^{aA} ± 0,72	70,75 ^{bA} ± 1,76	71,44 ^{bA} ± 1,10
	21.	67,92 ^{aB} ± 1,33	70,34 ^{bA} ± 1,39	70,57 ^{bA} ± 1,41

Objaśnienia / Explanatory notes:

A, B – wartości średnie w kolumnach w obrębie danej właściwości oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$) / mean values in columns, within selected characteristic, and denoted by different letters differ statistically significantly at $p < 0.05$.

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

Podobne tendencje do wyższej synerезy w kefirach kozich z czosnkiem niedźwiedzim odnotowali Hanus i wsp. [10], którzy wykazali różnicę pomiędzy synerезą kefirów z czosnkiem niedźwiedzim i ilością wydzielonej serwatki w kefirach z młodym jęczmieniem na poziomie ok. 10 %.

W tab. 3. zamieszczono wyniki tekstury mleka fermentowanego kontrolnego i z dodatkiem czosnku niedźwiedziego w zależności od czasu przechowywania. Próba kontrolna charakteryzowała się istotnie większą twardością niż mleko fermentowane z udziałem czosnku. Struktura żelu kwasowego jest wynikiem agregacji micel kazeinowych przez obniżanie wartości pH i przyłączanie zdenaturowanych białek serwatkowych przez wiązania disiarczkowe do κ -kazeiny [15, 20]. W mleku fermentowanym z czosnkiem wartości pH były wyższe niż w próbie bez tego dodatku. Przy niższym pH mleka fermentowanego więcej wapnia pozostaje w stanie rozpuszczonym, co zmniejsza

sza odpychanie elektrostatyczne między micelami kazeinowymi, wzmacnia strukturę żelu i zwiększa jego twardość [21].

W pierwszym dniu przechowywania w mleku fermentowanym z 1-procentowym dodatkiem czosnku stwierdzono istotnie niższe – w porównaniu z kontrolnymi – wartości adhezyjności i sprężystości, a wyższe – kohezyjności. W 21. dniu przechowywania różnice w adhezyjności i sprężystości pomiędzy mlekiem z 1-procentowym dodatkiem czosnku a próbą kontrolną okazały się statystycznie nieistotne.

Tabela 3. Tekstura mleka fermentowanego z dodatkiem czosnku niedźwiedziego

Table 3. Texture of fermented milk with wild garlic added

Wyróżnik Characteristic	Dzień przechowywania Day of storage	Dodatek czosnku niedźwiedziego Addition of wild garlic [%]		
		0,0	0,5	1,0
Twardość Hardness [N]	1.	2,00 ^{cB} ± 0,16	1,01 ^{bB} ± 0,43	0,68 ^{aB} ± 0,06
	21.	1,80 ^{bA} ± 0,11	0,46 ^{aA} ± 0,07	0,45 ^{aA} ± 0,12
Adhezyjność Adhesiveness [mJ]	1.	0,25 ^{bB} ± 0,11	0,19 ^{aA} ± 0,32	0,16 ^{aA} ± 0,05
	21.	0,16 ^{aB} ± 0,08	0,18 ^{aA} ± 0,09	0,14 ^{aA} ± 0,07
Kohezyjność Cohesiveness	1.	0,54 ^{aA} ± 0,04	0,54 ^{aA} ± 0,03	0,58 ^{bA} ± 0,06
	21.	0,57 ^{aA} ± 0,02	0,56 ^{aA} ± 0,03	0,59 ^{bA} ± 0,02
Sprężystość Springiness [mm]	1.	14,28 ^{bA} ± 0,72	14,24 ^{abA} ± 1,81	13,85 ^{aA} ± 1,01
	21.	14,36 ^{aA} ± 0,44	14,40 ^{aA} ± 1,05	14,20 ^{aA} ± 0,58

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

Dodatki pochodzenia roślinnego zawierające barwniki naturalne (głównie chlorofil i karoteny) mogą nadać różne odcienie barwy napojom mlecznym po fermentacji, nie zawsze akceptowane przez konsumentów [12]. Liście czosnku niedźwiedziego zawierają 2,87 mg/g chlorofilu A, 1,35 mg/g chlorofilu B oraz 9,99 mg/g karotenoidów [6, 8]. Wraz ze zwiększaniem ilości czosnku dodanego do mleka fermentowanego próbki przyjmowały istotnie ciemniejszą barwę (tab. 4). Wartości a^* i b^* mleka z czosnkiem, w porównaniu z kontrolnym, świadczą o przesunięciu skali barw w przestrzeni w stronę barwy zielonej i niebieskiej. Największym udziałem barwy zielonej i najmniejszym – żółtej charakteryzowało się mleko z 1-procentowym dodatkiem czosnku, zwłaszcza w porównaniu z mlekiem kontrolnym. Wykazano istotne różnice w nasyceniu barwy zielonej i żółtej w zależności od ilości wprowadzonego czosnku.

W badaniach barwy innych napojów mlecznych wzbogaconych w dodatki roślinne zawierające chlorofil również wykazano przesunięcia wartości składowych barwy w porównaniu z napojami naturalnymi [12]. Hanus i wsp. [10] stwierdzili, że kefir kozi z dodatkiem czosnku charakteryzował się największym udziałem barwy zielonej i żółtej w porównaniu z kefirem z dodatkiem młodego jęczmienia oraz z kefirami z mie-

szaniną czosnku i jęczmienia. Również 1-procentowy dodatek czosnku niedźwiedziego w procesie produkcji kefirów owczych spowodował istotne ich pociemnienie i nadanie zielonej barwy [28].

Tabela.4. Barwa mleka fermentowanego z dodatkiem czosnku niedźwiedziego
Table 4. Colour of fermented milk with wild garlic added

Barwa / Colour	Dodatek czosnku niedźwiedziego Addition of wild garlic [%]		
	0,0	0,5	1,0
L*	89,02 ^c ± 0,79	82,02 ^b ± 1,10	72,94 ^a ± 0,33
a*	-6,52 ^a ± 0,44	-10,29 ^b ± 0,13	-16,66 ^c ± 0,09
b*	22,45 ^c ± 0,83	18,61 ^b ± 0,42	17,36 ^a ± 0,24

Objaśnienia / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; n = 45; a, b, c – wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie (p < 0,05) / mean values in rows denoted by different letters differ statistically significantly at p < 0.05.

Tabela.5. Wyniki oceny sensorycznej mleka fermentowanego z dodatkiem czosnku niedźwiedziego
Table.5. Results of sensory evaluation of fermented milk with wild garlic added

Cecha / Feature	Dodatek czosnku niedźwiedziego Addition of wild garlic [%]		
	0,0	0,5	1,0
Konsystencja / Consistency	6,77 ^b ± 1,22	4,66 ^a ± 1,78	4,11 ^a ± 1,84
Barwa / Colour	8,44 ^b ± 1,18	4,77 ^a ± 1,43	3,77 ^a ± 1,04
Smak mleczno-kremowy Milky-creamy taste	6,00 ^a ± 1,73	2,77 ^b ± 1,30	1,77 ^b ± 1,58
Smak kwaśny / Sour taste	6,88 ^b ± 1,42	4,00 ^a ± 1,93	4,00 ^a ± 1,23
Smak dodatków / Taste of additives	1,00 ^a ± 0,00	6,66 ^b ± 1,12	7,33 ^b ± 0,87
Smak słodki / Sweet taste	1,88 ^a ± 1,36	2,16 ^a ± 1,34	2,11 ^a ± 0,89
Smak obcy / Strange taste	1,00 ^a ± 0,00	1,20 ^a ± 0,39	1,78 ^a ± 0,86
Zapach kwaśny / Sour smell	6,77 ^b ± 0,81	3,33 ^a ± 0,55	2,89 ^a ± 0,31
Zapach obcy / Strange smell	1,00 ^a ± 0,00	2,88 ^a ± 0,26	2,78 ^a ± 0,38
Zapach dodatków / Smell of additives	1,00 ^a ± 0,00	7,00 ^b ± 1,00	8,11 ^b ± 1,05

Objaśnienia / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; a, b, c – wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie (p < 0,05) / mean values in rows denoted by different letters differ statistically significantly at p < 0.05.

W opinii zespołu oceniającego próbki mleka fermentowanego z czosnkiem niedźwiedzim miały mniej charakterystyczną konsystencję i barwę niż mleko kontrolne (tab. 5). Dodatek czosnku obniżał intensywność smaku kwaśnego i mleczno-kremowego, a zwiększał odczucie smaku obcego i słodkiego. Ponadto intensywny zapach czosnku skutecznie maskował zapach kwaśny. Do związków organicznych czosnku odpowiedzialnych za nadanie cech smakowo-zapachowych zalicza się allinę, allicynę, g-glutamylcysteiny, disiarczany diallilu [6, 17, 23].

Wnioski

1. Czosnek niedźwiedzi może być stosowany jako bioaktywny komponent do produkcji mleka fermentowanego przez *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* Bb-12. Mleko fermentowane z czosnkiem niedźwiedzim spełniało kryterium minimum terapeutycznego, tj. zawierało ponad $6 \log \text{ jtk g}^{-1}$ *Bifidobacterium*.
2. Czosnek niedźwiedzi wpłynął na nadanie mleku fermentowanemu wyrazistego czosnkowego smaku i zapachu oraz atrakcyjnego zielony odcienia. Te cechy sensoryczne mogą zyskać uznanie wśród konsumentów poszukujących nowych doznań i pragnących wzmocnienia tradycyjnych smaków.

Literatura

- [1] Agrawal A., Houghton L.A., Morris J., Reilly B., Guyonnet D., Goupil Feuillerat N., Schlumberger A., Jakob S., Whorwell P.J.: Clinical trial: The effects of a fermented milk product containing *Bifidobacterium lactis* DN-173 010 on abdominal distension and gastrointestinal transit in irritable bowel syndrome with constipation. *Aliment. Pharmacol. Ther.*, 2008, 29, 104-114.
- [2] Baryłko-Pikielna N., Matuszewska I.: Sensoryczne badania żywności. Podstawy. Metody. Zastosowania. Wyd. II. Wyd. Nauk. PTTŻ, Kraków 2014.
- [3] Codex Standard for fermented milks 243-2003. Adopted in 2003. Revision 2008, 2010.
- [4] Djurdjevic L., Dinic A., Pavlovic P., Mitrovic M., Karadzic B., Tesevic V.: Allelopathic potential of *Allium ursinum* L. *Biochem. System. Ecol.*, 2004, 32 (6), 533-544.
- [5] Dylus E., Buda B., Górecka-Frączek S., Brzozowska E., Gamian A.: Białka powierzchniowe bakterii z rodzaju *Bifidobacterium*. *Postępy Hig. Med. Dośw.*, 2013, 67, 402-412.
- [6] Dżugan M., Kordiaka R., Kačániová M., Wesołowska M.: Czosnek niedźwiedzi (*Allium ursinum*) jako uzupełnienie wiosennej diety. W: Właściwości produktów i surowców żywnościowych. Wybrane zagadnienia. Red. T. Tarko, A. Duda-Chodak, M. Witczak, D. Najgebauer-Lejko. Oddział Małopolski PTTŻ, Kraków 2014, ss. 248-258.
- [7] FAO/WHO: Guidelines for the evaluation of probiotics in food. Raport of a joint FAO/WHO working group on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food. London, Canada, 2002.
- [8] Golubkina N.A., Malankina H.L., Kosheleva O.V., Solovyeva A.Y.: Content of biologically active substances -selenium, flavonoids, ascorbic acid and chlorophyllin of *Allium ursinum* L. and *Allium victorialis* L. *Vopr. Pitan.*, 2010, 79, 78-81.
- [9] Gueimonde M., Delgado S., Mayo B., Ruas-Madiego P., Margolles A., Reyes-Gavilan C.: Viability and diversity of probiotic *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* populations included in commercial fermented milks. *Food Res. Int.*, 2004, 37, 839-850.

- [10] Hanus P., Znamiorska A., Kuźniar P.: Zastosowanie dodatku jęczmienia (*Hordeum vulgare*) i czosnku niedźwiedziego (*Allium ursinum*) w technologii kefirów z mleka koziego. W: Przegląd wybranych zagadnień z zakresu przemysłu spożywczego. Red. M. Szala i K. Kropiwek. Wyd. Nauk. TYGIEL, Lublin 2016, ss.155-166.
- [11] Jemaa M.B., Falleh H., Neves M.A., Isoda H., Nakajima M., Ksouri R.: Quality preservation of deliberately contaminated milk using thyme free and nanoemulsified essential oils. Food Chem., 2017, 217, 726-734.
- [12] Kalicka D., Znamiorska A., Rożek P., Szajnar K., Buniowska M.: Zastosowanie preparatów z młodej gryki i pszenicy w produkcji jogurtów. W: Żywność dla przyszłości. Red. A. Pęksa. Wyd. UP, Wrocław 2017, ss. 273-280.
- [13] Keogh M.K., O'Kennedy B.T.: Rheology of stirred yogurt as affected by added milk fat, protein and hydrocolloids. J. Food Sci., 1998, 63 (1), 108-112.
- [14] Kęsik T., Błażewicz-Woźniak M., Michowska A.E.: Influence of mulching and nitrogen nutrition on bear garlic (*Allium ursinum* L.) growth. Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus, 2011, 10 (3), 221-233.
- [15] Lee W.J., Lucey J.A.: Formation and physical properties of yogurt. Asian-Austral. J. Animal Sci., 2010, 23 (9), 1127-1136.
- [16] Lima K.G., Kruger M.F., Behrens J., Destro M.T., Landgraf M., Franco B.D.G.: Evaluation of culture media for enumeration of *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei* and *Bifidobacterium animalis* in the presence of *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. LWT - Food Sci. Technol., 2009, 42, 491-495.
- [17] Piątkowska E., Kopeć A., Leszczyńska T.: Basic chemical composition, content of micro- and macroelements and antioxidant activity of different varieties of garlic's leaves Polish origin. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2015, 1 (98), 181-192.
- [18] PN-ISO 11035:1999. Analiza sensoryczna. Identyfikacja i wybór deskryptorów do ustalania profilu sensorycznego z użyciem metod wielowymiarowych.
- [19] Qiao H., Duffy L.C., Griffiths E., Dryja D., Leavens A., Rossman J., Rich G., Riepenhoff-Talty M., Locniskar M.: Immune responses in rhesus rotavirus-challenged BALB/c mice treated with bifidobacteria and prebiotic supplements. Pediatr. Res., 2002, 51, 750-755.
- [20] Sah B.N.P., Vasiljevic T., McKechnie S., Donkor O.N.: Physicochemical, textural and rheological properties of probiotic yogurt fortified with fibre-rich pine apple peel powder during refrigerated storage. LWT - Food Sci. Technol., 2016, 65, 978-986.
- [21] Singh G., Muthukumarappan K.: Influence of calcium fortification on sensory, physical and rheological characteristics of fruit yogurt. LWT - Food Sci. Technol., 2008, 41 (7), 1145-1152.
- [22] Sobolewska D., Podolak I., Makowska-Wąs J.: *Allium ursinum*: Botanical, phytochemical and pharmacological overview. J. Phytochem. Rev., 2015, 14 (1), 81-97.
- [23] Štajner D., Popović B., Čanadanović-Brunet J., Štajner M.: Antioxidant and scavenger activities of *Allium ursinum*. Fitoterapia, 2008, 79, 303-305.
- [24] Toczek K., Glibowski P.: Bakterie probiotyczne w żywności, nowe kierunki stosowania. Przem. Spoż., 2015, 69 (3), 42-45.
- [25] Trojanová I., Vlková E., Rada V., Marounek M.: Different utilization of glucose and raffinose in *Bifidobacterium breve* and *Bifidobacterium animalis*. Folia Microbiologica, 2006, 51 (4), 320-324.
- [26] Weichselbaum E.: Probiotics and health: A review of the evidence. Nutr. Bull., 2009, 34, 340-373.
- [27] Ziarno M., Zaręba D., Jamiołkowska D.: Studia nad czynnikami determinującymi przeżywalność LAB w warunkach symulujących układ pokarmowy. Bromat. Chem. Toksykol., 2009, 3, 990-994.
- [28] Znamiorska A., Szajnar K., Rożek P., Kalicka D., Kuźniar P., Hanus P., Kotuła K., Obirek M., Kluz M.: Effect of addition of wild garlic (*Allium ursinum*) on the quality of kefir from sheep's milk. Acta Sci. Pol. Technol. Aliment., 2017, 16 (2), 213-219.

- [29] Znamiorska A., Szajnar K., Pawlos M., Kalicka D.: Ocena możliwości zastosowania chelatu aminokwasowego magnezu do wzbogacenia jogurtu. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2016, 4 (107), 80-91.

USING WILD GARLIC (*ALLIUM URSINUM* L.) IN PRODUCTION OF MILK FERMENTED WITH *BIFIDOBACTERIUM ANIMALIS* SSP. *LACTIS* BB-12

S u m m a r y

A high biological activity of wild garlic and its extracts as well as the occurrence of chemical compounds with pro-health properties makes this plant a good raw material for the manufacture of functional products and dietary supplements. The objective of this study was to determine the effect of different doses of wild garlic (*Allium ursinum*) on some selected properties of milk fermented with *Bifidobacterium animalis* ssp. *Lactis* Bb-12.

To the milk fermented with *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* Bb-12, wild garlic was added in the amount of 0.5 % and 1.0 %; the control sample of fermented milk contained no wild garlic. Those fermented milks with and without wild garlic were assessed. The analysis of the fermented milk quality was performed on the first and the twenty-first day of storing them at a temperature of 5 °C. The milk samples with wild garlic added met the criterion of therapeutic minimum, i.e. they contained more than 6 log jtk g⁻¹ of *Bifidobacterium*. The milk containing 1 % of wild garlic was characterized by the highest count of bacterial cells both on the first and the twenty-first day of storage. A significantly lower number of the strain tested was determined in the control sampled of the fermented milk. On the 21st day of storage, in the fermented milk with 1 % addition of wild garlic, the amount of Bb-12 was reduced to a level of 0.86 log·jtk g⁻¹. Regarding the milk with 0.5 % addition of wild garlic, the difference was lower but also significant and amounted to 0.2 log·jtk g⁻¹. In the control sample of milk, the population of *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* did not change significantly during storage. The fermented milk with wild garlic was characterized by a higher syneresis and a higher pH value as well as by a lower hardness of gel compared to the control milk. Wild garlic gave the milk a distinctive taste and aroma of garlic and a tone of green. Thus, it can be applied as a bioactive component to manufacture *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* Bb-12-fermented milk beverages having sensory characteristics appearing attractive to consumers.

Key words: *Bifidobacterium* Bb-12, wild garlic, fermented milk, therapeutic minimum of probiotic bacteria



MICHAŁ HALAGARDA, JOANNA PTASIŃSKA-MARCINKIEWICZ,
KAMIL FIJOREK

A COMPARISON OF MINERAL ELEMENTS CONTENT IN CONVENTIONAL AND ORGANIC MILK FROM SOUTHERN POLAND

S u m m a r y

Milk is one of the most important foodstuffs and raw materials in the food industry. As the first complete food available to infant mammals, it is bioactive and it contains all the indispensable nutrients. Organic farming is deemed to produce high quality food under sustainable conditions and, at the same time, to protect the natural environment within the farm. However, the most recent food and nutrition research does not confirm the extensive health benefits related to the consumption of organic products. The objective of the research study was to evaluate and compare the quality of commercial organic and conventional cow's milk as regards the contents of some selected mineral compounds. The research was conducted on the organic and conventional cow's milk available on the market in Southern Poland. The milk samples were analysed for the concentration of selected minerals contained therein, including some selected toxic metals; the analyses were performed with the use of flame atomic absorption spectrometry, atomic emission spectrometry, and graphite furnace atomic absorption spectrometry. The results of the research show that, in terms of the contents of micro- and macroelements, the organic and conventional milk do not differ significantly. The differences were found only between the amounts of sodium and manganese. The organic milk contained, on average, a statistically significantly smaller amount of those elements. Moreover, the presence of lead was detected in one type of the organic milk, although its amount determined (5.24 mg/l) was within the acceptable limits. Cadmium (amounting to 0.12 and 0.15 µg/l) was found in the two types of milk derived from the same company and in one type of organic milk; however, its concentration in the latter milk type was at a relatively low level (0.04 µg/l).

Key words: cow's milk, nutritional value, metals, nutrients, organic food

Introduction

Milk is one of the most important foodstuffs and raw materials in the food industry. As the first complete food available to infant mammals, it is bioactive and it con-

Dr inż. M. Halagarda, dr inż. J. Ptasińska-Marcinkiewicz, dr inż. K. Fijorek, Katedra Towaroznawstwa Żywności, Wydz. Towaroznawstwa i Zarządzania Produktem, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, ul. Sienkiewicza 5, 30-033 Kraków. Kontakt: michal.halagarda@uek.krakow.pl

tains all the necessary nutrients. It is a source of proteins, fats, sugars, vitamins, and major minerals [16, 36]. The production of cow's milk still dominates the world market [32]. Industrial methods are targeted at receiving the highest yield at the lowest cost. Therefore, the trend towards organic production is still gaining in popularity.

The aim of organic farming is to produce the good quality food under the sustainable conditions. An organic farm should be similar to an organism, where the plant production satisfies the needs of livestock production and vice versa. The organic farm should also have one important feature: it should limit the use of external production means (from the outside of the farm) to the lowest possible extent. Therefore, heavy metals, which are persistent contaminants in the environment, should not enter milk at any of the production stages. However, milk can be contaminated either through food and water given to animals or during the manufacturing and packaging processes [1].

The content of macroelements in milk is mainly determined by the period of lactation, udder diseases and, to a lesser degree, by environmental factors. In contrast, the content of trace elements and toxic metals depends largely on nutrition [42]. Therefore, the concentrations of some heavy metals in milk differ depending on the level of pollutions in the breeding area. Additionally, packaging and technological processes used to produce dairy products can significantly increase the concentration of lead and cadmium [11].

The quality control in organic farming does not focus on the final product but on the production process, as it is assumed that the quality of food depends on the method and the conditions of production. Final products are controlled only if reasonable doubts and suspicions exist [26]. Many people, though, wonder if organic foods are actually healthier and have better quality than the conventional ones.

The most current food research does not confirm the extensive health benefits related to consuming organic products [9, 10, 15, 25, 38]. Thus, the objective of this study was to evaluate the possible differences and to compare the quality of commercial organic and conventional cow's milk in reference to its mineral elements. Assessing them is essential for the evaluation of the nutritional integrity of food [8]. The research also aims to add new data to the knowledge on the properties of organic food products and, thus, to provide valuable information for consumers. To achieve the objective, a following hypothesis was formulated: the commercial organic milks differ significantly from the commercial conventional milks as regards to the content of mineral elements.

Material and methods

The research was conducted on the organic and conventional cow's milk available on the market in Southern Poland. Four organic and four conventional varieties of milks produced in Poland were analysed. All the milk samples came from 3 production

batches (purchased in May, July, September) and they were analysed in triplicate. The conventional types of milk are commonly available on the Polish market and were purchased in supermarkets (samples A, B, C, D). Organic milk samples were purchased in small organic shops and in hypermarkets that accommodate stands with the organic food. One type of the organically labelled milks was raw (H) milk coming from a certified organic farm; it was sold in southern and central Poland. The rest of them were pasteurized milks (E, F, G) produced by the dairy factories located in Poland. Milks E and H were not standardised. The milk samples were packed in 1 l multi-layer laminate boxes (samples A and C), 1 l (samples B, D, E, F) and 0.9 l (sample G) PET bottles, and in 0.75 l glass bottles (sample H). The average compositions of milk varieties are presented in Tab. 1.

Table 1. Chemical composition of milk analysed

Tabela 1. Skład chemiczny badanego mleka

Parameter Parametr	Milk / Mleko							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Source Źródło	Conventional Konwencjonalne				Organic Ekologiczne			
Total solids Sucha masa [g/100 g] $\bar{x} \pm SD$	10.45 ± 0.40	10.96 ± 0.12	11.16 ± 0.06	11.12 ± 0.11	11.74 ± 0.30	11.44 ± 0.02	10.27 ± 0.04	11.63 ± 0.07
Non-fat total solids Sucha masa beztłuszczowa [g/100 g] $\bar{x} \pm SD$	7.87 ± 0.23	7.80 ± 0.13	7.97 ± 0.04	7.90 ± 0.14	8.22 ± 0.44	7.90 ± 0.04	8.27 ± 0.04	7.78 ± 0.12
Mineral components in the form of total ash Związki mineralne jako popiół ogółem [g/100 g] $\bar{x} \pm SD$	0.73 ± 0.01	0.71 ± 0.01	0.72 ± 0.01	0.72 ± 0.01	0.72 ± 0.01	0.70 ± 0.01	0.74 ± 0.01	0.71 ± 0.01
Lactose Laktoza [g/100 g] $\bar{x} \pm SD$	4.02 ± 0.03	3.71 ± 0.31	3.92 ± 0.08	3.91 ± 0.48	3.77 ± 0.48	3.95 ± 0.13	3.99 ± 0.17	4.01 ± 0.13
Protein Białko [g/100 g] $\bar{x} \pm SD$	3.48 ± 0.13	3.31 ± 0.30	3.43 ± 0.23	3.49 ± 0.14	3.53 ± 0.02	3.46 ± 0.11	3.81 ± 0.15	3.30 ± 0.07
Casein Kazeina [g/100 g] $\bar{x} \pm SD$	2.36 ± 0.16	2.33 ± 0.17	2.43 ± 0.08	2.41 ± 0.20	2.51 ± 0.20	2.38 ± 0.19	2.51 ± 0.14	2.51 ± 0.12

Explanatory notes / objaśnienia:

A - H – codes of milk samples analysed / kody próbek analizowanego mleka; $\bar{x}$ – mean value / wartość średnia; SD – standard deviation / odchylenie standardowe; n = 3.

The milk samples were analysed for the concentration of selected minerals, including the content of specifically selected toxic metals. The analysis methods differed depending on the examined components and in particular they involved:

- flame atomic absorption spectrometry to determine the contents of Zn and Mg,
- atomic emission spectrometry with atomization in flame to determine the contents of K, Na, Ca,
- graphite furnace atomic absorption spectrometry to determine the contents of Cd, Pb, Mn, Cu, Fe.

The atomic absorption spectrometry was performed with the use of Perkin-Elmer AAnalyst 800 spectrometer (Waltham, USA) – Zn, Mg, Cd, Pb, Mn, Cu, Fe and the atomic emission spectrometry using a Jenway PFP7 spectrometer (Staffordshire, United Kingdom) – K, Na, Ca. The 0.5 g milk samples were mineralized in a mixture of nitric and perchloric acids at the ratio of 4 : 1, at 150 °C in a Milestone Start D microwave (Sorisole, Italy). In the case of Na, K, Mg, Ca, the solutions were first diluted 100 times and in the case of Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Pb – 5 times. In addition to the milk samples, the blank and reference samples were also analysed. Deionised water samples were analysed to determine the level of method sensitivity. The detection levels for cadmium and lead were 0.074 and 0.524 µg/l, respectively.

A one-way ANOVA followed by pairwise t-test was used to compare means of the research results. A value of 0.05 was required for the statistical significance. A statistical data analysis was performed with the use of Statistica 12.0 (Statsoft, Tulsa, USA) software.

Results and discussion

The results of the analysis of the selected micro- and macroelements in the milk samples are presented in Tab. 2.

Calcium

The content of calcium in milk is particularly important. It is crucial not only because of its good bioavailability by the human body but also owing to the technological reasons. It is also an indicator of hygiene (in the udders disease, among other symptoms, the content of calcium decreases). The calcium content ranged from 822 mg/l in milk G to 938 mg/l in milk E. The statistical analysis showed some significant differences in the content of calcium between the analysed milk samples. They consisted in the discrepancies between the samples containing the lowest amount of calcium and the samples with the highest calcium content. According to Bergamo et al. [3] and Butler et al. [7], milk from the certified organic farms contains more calcium. Nevertheless in the present research as regards the concentrations of calcium, no statistically

Table 2. Content of toxic metals, micro- and macroelements in milk analysed

Tabela 2. Zawartość metali toksycznych oraz mikro- i makroelementów w analizowanym mleku

Element Pierwiastek	Milk / Mleko							
	A (n = 3)	B (n = 3)	C (n = 3)	D (n = 3)	E (n = 3)	F (n = 3)	G (n = 3)	H (n = 3)
Source Źródło	Conventional / Konwencjonalne (n = 12)				Organic / Ekologiczne (n = 12)			
Ca [mg/l] x̄ ± SD	882 ± 42.7	863 ^a ± 12.8	909 ^{bc} ± 31.5	904 ^{de} ± 22.5	938 ^{afg} ± 35.4	827 ^{bdlh} ± 23.5	822 ^{cegi} ± 25.6	911 ^{hi} ± 28.8
P	890 ± 31.6				874 ± 58.4			
K [mg/l] x̄ ± SD	0.439							
	1517 ± 82.8	1487 ± 72.3	1552 ± 62.2	1482 ± 53.0	1534 ^a ± 45.4	1382 ^{abc} ± 61.4	1622 ^b ± 45.1	1536 ^c ± 47.3
P	1510 ± 65.3				1518 ± 100			
Na [mg/l] x̄ ± SD	0.808							
	504 ± 39.7	501 ± 26.5	438 ± 43.7	520 ± 39.8	446 ± 46.6	427 ± 37.1	485 ± 30.4	453 ± 50.3
P	491 ± 46.0				453 ± 41.8			
Mg [mg/l] x̄ ± SD	0.046							
	117 ± 17.1	110 ± 12.1	120 ± 15.6	115 ± 9.85	124 ± 12.7	104 ± 12.9	125 ± 14.8	117 ± 9.31
P	115 ± 12.4				117 ± 13.9			
Zn [mg/l] x̄ ± SD	0.711							
	3.25 ^{ab} ± 0.27	3.07 ^{cde} ± 0.22	2.80 ^{fgh} ± 0.19	3.95 ^{acfhj} ± 0.16	3.89 ^{dgkl} ± 0.34	3.08 ^{ikmn} ± 0.21	3.91 ^{ehmo} ± 0.34	2.49 ^{bjlno} ± 0.35
P	3.27 ± 0.48				3.34 ± 0.68			
Fe [µg/l] x̄ ± SD	0.757							
	668 ^{abcdefg} ± 90.1	443 ^{ahijklm} ± 93.8	189 ^{bh} ± 24.9	214 ^{ci} ± 45.1	188 ^{dj} ± 22.6	223 ^{ek} ± 24.7	208 ^{fl} ± 27.7	220 ^{gm} ± 17.7
P	378 ± 212				210 ± 24.5			
Cu [µg/l] x̄ ± SD	0.019							
	50.6 ± 12.0	46.3 ± 9.32	51.8 ± 8.56	53.0 ± 9.27	62.7 ^a ± 7.78	41.6 ± 8.22	50.2 ± 14.0	39.9 ^a ± 9.29
P	50.4 ± 8.84				48.6 ± 12.8			
Mn [µg/l] x̄ ± SD	0.691							
	28.3 ± 6.45	28.7 ± 3.71	23.7 ± 4.34	26.0 ± 2.16	22.5 ± 3.01	23.0 ± 1.80	25.8 ± 5.06	22.3 ± 2.92
P	26.7 ± 4.33				23.4 ± 3.26			
Pb [µg/l] x̄ ± SD	0.047							
	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	5.24 ± 3.38	bdl	bdl
P	0.00 ± 0.00				1.31 ± 2.77			
Cd [µg/l] x̄ ± SD	0.071							
	0.12 ± 0.06	0.15 ± 0.03	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl
P	0.07 ± 0.08				0.01 ± 0.02			
P	0.073							

Explanatory notes / objaśnienia:

A - H – codes of milk samples analysed / kody próbek analizowanego mleka; $\bar{x}$ – mean value / wartość średnia; SD – standard deviation / odchylenie standardowe; a - m – mean values in rows denoted by different letters differ statistically significantly ($p \leq 0.05$) / wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$; bdl – below the detection threshold / poniżej progu wykrywalności.

significant differences were reported between the organic and conventional milks (Tab. 2). The heating of milk and pH changes in the environment cause distortions in the balance of the calcium salts system. The amount of calcium in cow's milk should be between 1000 and 1400 mg/l. The content of this element is primarily affected by: genotype, individual features, state of health of the cow and its diet. In the case of a high deficiency of calcium in the feed, the animal body uses calcium stored in the bones [20, 29]. Grega et al. [19] showed that differences in the calcium content could be attributed to the breed of cows. Due to the fact that the milk analysed was commercial, it is impossible to evaluate the potential effect of the above mentioned factors on the calcium concentration in the samples analysed. However the differences in the content of this element can be attributed to the fact that, except for the product G, the samples analysed were heat-treated. The amounts of calcium similar to those as determined in the study were received by Slaćanac et al. for the UHT milk in Croatia 789.5 mg/l [40]. Other researchers reported higher calcium concentrations in the raw milks analysed: Zuerera-Cosano et al. – 1251 mg/kg [47] and Sola-Larrañaga and Navarro-Blasco [42] – 970 mg/l in the Spanish milk; Sikirić et al. [39] – 1403 mg/kg in the Croatian milk; and Khan et al. [22] – 1085 mg/kg in the Korean milk.

Potassium

Unlike calcium, the potassium content in milk is not dependent on the diet. The health condition of an animal, particularly mastitis, has a negative effect on the amount of potassium in milk. Another factor that influences the concentration of this mineral is the period of lactation. Potassium occurs in milk in a fully ionized form and its amount ranges from 1350 to 1550 mg/l. The increase in the sodium content automatically reduces the amount of potassium in milk [20, 29]. The results obtained in this research show that the potassium content in the material analysed was relatively high. The lowest quantity of this element was determined in the milk F (1382 mg/l), and the highest in the milk sample G (1622 mg/l). Among the organic milks, the sample F was characterized by the statistically significantly lowest concentration of potassium. Similarly as in the case of calcium, no statistically significant differences were found in the potassium contents between the organic and conventional milks. Sola-Larrañaga and Navarro-Blasco [42] reported, as regards the Spanish raw milk, a lower potassium concentration than that received in this study (1344 mg/l), whereas Khan et al. [22], and Slaćanac et

al. [40] reported even lower amounts (respectively 1195 mg/kg in the Korean plain milk and 962.3 mg/l in the Croatian UHT milk).

Sodium

Sodium chloride and lactose are responsible for maintaining the osmotic pressure of milk at a constant level. Therefore, where the amount of lactose in milk decreases (e.g. inflammation of the udder, final stage of lactation) the level of sodium and chlorine automatically increases. In the milk from healthy cows, the sodium content is in the range from 300 to 600 mg/l [20, 29, 34]. The sodium content in the samples analysed varied between 427 mg/l (sample F) and 520 mg/l (sample D) and this is consistent with the average as indicated in the Polish reference literature. Statistically significant differences concerning sodium concentration were found only between the samples D and F. Nevertheless, the organic milks contained, on average, statistically significantly less sodium than the conventional products ($p\ 0.046 < 0.05$) (Tab. 2). Lower sodium concentrations were reported by Sola-Larrañaga and Navarro-Blasco [42] – 372 mg/l in the Spanish raw milk and by Khan et al. [22] – 256.7 mg/kg in the South Korean plain milk.

Magnesium

The amount of magnesium in milk is in strict and directly proportional relation with the amount of calcium. Cow's milk contains, on average, $100 \div 150$ mg/l of this element [20, 29]. The amounts of magnesium measured in the samples tested varied from 104 mg/l in the milk F to 125 mg/l in the milk G. Statistically significant differences were not detected, neither between the single samples of milk nor between the groups of the organic and conventional milks. Similar results to those received in this study were noted by Zuerera-Cosano et al. [47] – 116 mg/kg in the Spanish raw milk; by Khan et al. [22] – 104.8 mg/kg in the South Korean plain milk; and by Sola-Larrañaga and Navarro-Blasco [42] – 91.8 mg/l in the Spanish raw milk. Significantly lower and higher concentrations of magnesium were determined in the Croatian milk – 62.5 mg/l (UHT) [40] and 165 mg/kg (raw) [39].

Zinc

Zinc is an essential trace element, particularly vital for the metabolic activity of over 400 proteins in the human body. It is considered crucial for the cell division as well as for the synthesis of DNA and proteins [18]. Zinc also plays an important role in the cell-mediated immune functions and as an antioxidant and anti-inflammatory agent [44]. According to the reference literature, the concentration of zinc in the cow's milk fluctuates between 3 and 5 mg/l [20]. A higher content of that element results mainly from the metal pesticides [24]. The lowest concentration of zinc was noted in the milk H (2.49 mg/l), while the highest in the milk D (3.95 mg/l). Some statistically signifi-

cant differences were found between the analysed samples of milk (Tab. 2); however, no statistically significant differences between the organic and conventional milks were determined. It is worth noting that the raw, organic milk (sample H) had the significantly lowest content of zinc as compared to almost all other milks tested. Sikirić et al. [39] determined the content of 0.51 mg/kg in the Croatian raw milk; Sola-Larrañaga and Navarro-Blasco [42] – 4.63 mg/l in the Spanish raw milk; Slaćanac et al. [40] – 3.28 mg/l in the Croatian UHT milk; and Khan et al. [23] – 3.87 mg/kg in the skimmed milk and 4.75 mg/kg in the plain milk in South Korea.

Iron

An excessive amount of iron as well as copper adversely affects the quality of milk. Ions of those elements catalyse the oxidation of some vitamins and fatty acids, and this negatively affects, primarily, the organoleptic characteristics of milk [34]. In this research, the statistically significantly highest iron concentrations were determined in the milks A and B derived from the same producer (respectively 668 and 443 µg/l). A high concentration of iron in the milk purchased in shops may result from metallic containers used to transport and store milk [33]. The content of this element in all other samples ranged from 188 µg/l (milk E) to 223 µg/l (milk F) and the differences between them were not statistically significant. High concentrations of iron in the milks A and B resulted in a statistically significantly higher average concentration of this element in the conventional milks in comparison to the organic milk ($p\ 0.019 < 0.05$). As in the case of the samples analysed, the concentration values of iron in milk differ significantly in the reference literature. Sikirić et al. [39] noted the content of 130 µg/kg in the Croatian raw milk; Enb et al. [16] – 682 µg/kg in the Egyptian raw milk; Qin et al. [36] – 1510 µg/kg in the Japanese commercial milk and 2210 µg/kg in the Chinese commercial milk; Sola-Larrañaga and Navarro-Blasco [42] – 290 µg/l in the Spanish raw milk; Slaćanac et al. [40] – 210 µg/l in the Croatian UHT milk.

Copper

Copper is an element the small amounts of which are required by the human body to function properly. It plays an important role in the vital oxidation-reduction reactions. However, too high concentrations of this metal are toxic. The ranges concerning the amount of this element in cow's, goat's or sheep's milk are very broad [4]. The copper content depends on many factors; especially on the environmental factor and on those connected with the feeding system. Dobrzański et al. [13] showed that cow's milk derived from an unpolluted area contained 228 µg/kg of copper on average, whereas that from a polluted region 659 µg/kg. In addition, as demonstrated by Mass et al. [31], the copper concentration can be significantly higher in the processed than in the raw milk owing to the migration of this element from the equipment. In this study,

the highest and the lowest copper contents were determined in the organic milk samples (E and H) and for those two milks the differences were statistically significant. The lowest copper concentration was noted in the milk H – 39.9 µg/l, which was raw, and the highest in the milk E (pasteurised) – 62.7 µg/l. There were no statistically significant differences in the content of this element between the organic and conventional milks. Dobrzański et al. [12] determined a higher concentration of copper (89.9 µg/l) in the milk derived from a polluted region in Lower Silesia, Poland, and a similar concentration in the milk from an unpolluted region in Upper Silesia (65.4 µg/l). Moreover, the concentration of copper in the milks analysed is in accordance with some results of the research conducted in various regions of the world. Sola-Larrañaga and Navarro-Blasco [42] noted the content of 51.8 µg/l in the Spanish raw milk. Other researchers, however, reported significantly higher contents of this element in milk: Sikirić et al. [39] – 380 µg/kg in the Croatian raw milk; Enb et al. [16] – 124 µg/kg in the Egyptian raw milk; Qin et al. [36] – 230 µg/kg in the Japanese commercial milk and 170 µg/kg in the Chinese commercial milk; Bilandžić et al. [4] – 931.9 µg/l in the North – and 848.4 µg/l in the South-Croatian milk; Khan et al. [23] – 383.4 µg/kg in the South Korean skimmed milk and 84.6 µg/kg in the South Korean plain milk.

Manganese

On average, the level of manganese in the cow's milk is around $0.02 \div 0.05$ mg/l [20]. The concentration of manganese was at a very similar level in all the analysed milk samples, both organic and conventional. The determined amount of manganese ranged from 22.3 µg/l in the milk H to 28.7 µg/l in the milk B. The statistical analysis showed no significant differences in the content of manganese between the samples analysed. Nevertheless, the organic milk contained, on average, statistically significantly less manganese than the conventional milk ($p\ 0.047 < 0.05$) (Tab. 2). The research results are similar to those received by Sola-Larrañaga and Navarro-Blasco [42]. They determined the content of manganese to be 29.1 µg/l in the Spanish raw milk. Higher concentrations of this element were reported by Dobrzański et al. [12] in the Polish raw milk derived from Lower Silesia (101.8 µg/l) and Upper Silesia (51.2 µg/l) as well as by Khan et al. [23] – 64.1 µg/kg in the skimmed and 133.9 µg/kg in the plain milk in South Korea.

Lead and cadmium

Testing food for contamination with toxic metals has a crucial importance as those elements have a direct impact on human health and life. Their occurrence in the food, no matter what role they play in the animal body, is always undesirable and noxious. Heavy metals can accumulate in tissues and organs causing toxic effects as well as the shortage of minerals because of their reduced absorption [30]. Cadmium and

lead are especially hazardous for children. Lead may result in serious negative effects on mental development, concentration ability, hearing, kidney function, blood chemistry, and cardiovascular system [37]. Also, cadmium has been found to cause an increased occurrence of cancer in mice [21].

The maximum residue level of lead in milk is 20 µg/kg [17]. According to Ziajka [20] the average lead content in the cow's milk ranges from 2 to 10 µg/kg and the content of cadmium from 1 to 10 µg/l. In the study discussed, lead was actually found only in one of the analysed milk samples F (5.24 µg/l). This milk came from an organic source and therefore should be free of this element. Lead is however a common pollution in the ecosystem and it easily penetrates into food, air, soil, and water; that is why it is almost impossible to totally eliminate it even in the organic production [6, 28]. The content determined in this study is, however, permissible by law. In other cases, the quantity of lead was below the detection threshold of the method. Dobrzański et al. [13] showed that the average lead concentration was higher in the milk derived from the Upper Silesia industrial area (42 µg/kg) and from Lower Silesia, an area recognized as clean (20 µg/kg). The average content of lead in the Polish cow's milk identified by Bakula et al. [2] was 12.8 µg/kg. Higher concentrations of lead in the Polish milk were reported by Pietrzak-Fiećko and Smoczyński [35] – 89 µg/l and by Żmudzki et al. [46] – 21 µg/kg, whereas lower concentrations were found by Szkoda et al. [43] – 3 µg/kg, Dumna et al. [14] – 6 µg/kg, and Król et al. [27] – 5 ÷ 10 µg/kg. The concentration of lead in the milks analysed by researchers in other countries proved that there were some issues in matching the EU legal requirements. The Lithuanian raw milk examined by Valiukenaite et al. contained 5 µg/kg of lead [45]; the Spanish raw milk – 5.23 µg/l [42]; the Japanese commercial milk – 12 µg/kg [36]; the South Korean skimmed and plain milk – respectively 13.86 and 3.35 µg/kg [23]; this was in compliance with the EU law. In comparison, the Chinese milk contained 35 µg/kg of lead [36], whereas the Egyptian raw milk – 66 µg/kg [16]; the Turkish raw milk – 103 µg/kg [1]; and the Southern and Northern Croatian milk 58.7 and 36.2 µg/l, accordingly [4].

The content of cadmium in the milks analysed was, in most cases, below the detection level. Only in the conventional milk samples A and B as well as in the organic milk G, some small amounts of this element were found. The milk A and B, produced by the same manufacturer, contained, on average, 0.12 and 0.15 µg/l, accordingly. The milk G contained only 0.04 µg/l of cadmium. Similarly, as in the case of lead, cadmium is a common pollution that is hard to be eliminated and, thus, small amounts of it may be found in every food product [6]. It can also be found in fertilizers [41]. It was evidenced that the contamination of food, including milk, is closely related to the degree of environmental pollution in which they are sourced [5, 13]. Dobrzański et al.

[13] showed that the average cadmium content was higher in the milk source from animals in the industrial area in Upper Silesia (7.39 µg/kg) and Lower Silesia, an area considered as clean (3.88 µg/kg). The concentrations of cadmium as determined in this study are among the low values presented in the reference literature. The average content of cadmium as reported by Bakula et al. [2] in the Polish raw cow's milk was 7.9 µg/kg. Lower concentrations of cadmium in the Polish milk were identified by Król et al. [27] – 2 ÷ 6 µg/kg, Żmudzki et al. [46] and Pietrzak-Fiećko and Smoczyński [35] – 3 µg/kg. Enb et al. [16] determined 86 µg/kg of cadmium in the Egyptian raw milk; Valiukenaite et al. [45] – 4 µg/kg in the Lithuanian raw milk; Ayar et al. [1] – 17 µg/kg in the Turkish raw milk; Sola-Larrañaga and Navarro-Blasco [22] – 0.4 µg/l in the Spanish raw milk; Qin et al. [36] – 0.001 µg/g in the Japanese commercial milk and 4 µg/kg in the Chinese commercial milk, whereas Khan et al. [23] 2.22 µg/kg in the South-Korean skimmed milk and 2.38 µg/kg in the plain milk. Cadmium concentrations measured in Croatia by Bilandžić et al. [4] ranged from 1 to 20 µg/l; however, more than 80 % of samples were below 5 µg/l.

Conclusions

The results obtained have made it possible to formulate the following conclusions and observations:

1. In terms of the content of mineral substances, the organic and conventional milk do not differ significantly. The differences concerned only sodium and manganese. The organic milks contained, on average, statistically significantly less sodium and manganese than the conventional products.
2. High concentrations of iron in the milks A and B produced by the same producer resulted in a statistically significantly higher average concentration of this element in the conventional milks in comparison to the organic ones.
3. The sample F was the only variety of milk, in which lead was detected. Although the value determined was within the acceptable limits, the fact that this element was found in the organic milk raises concern.
4. Cadmium was determined in the two types of milk coming from the same company (samples A and B) and in the organic milk G, in which, however, the indicated concentration was at a relatively low level.

In this way, the formulated hypothesis reading: “the commercial organic milks differ significantly from the commercial conventional milks in relation to the content of mineral elements” was partially positively verified.

Acknowledgements

The research was subsidized by the Ministry of Science and Higher Education - grant for the maintenance of the research potential, awarded to the Faculty of Commodity Science and Product Management of the Cracow University of Economics.

References

- [1] Ayar A., Sert D., Akin N.: The trace metal levels in milk and dairy products consumed in middle Anatolia-Turkey. *Environ. Monit. Assess.*, 2009, 152, 1-12.
- [2] Bakuła S., Pietrzak-Fiećko R., Tońska E., Gałgowska M., Miciński J.: Porównanie zawartości kadmu i ołowiu w mleku różnych gatunków zwierząt. *Nauki Inż. i Technol.*, 2013, 3 (10), 9-17.
- [3] Bergamo P., Fedele E., Iannibelli L., Marzillo G.: Fat-soluble vitamin contents and fatty acid composition in organic and conventional Italian dairy products. *Food Chem.*, 2003, 82, 625-631.
- [4] Bilandžić N., Dokić M., Sedak M., Solomun B., Varenina I., Knežević Z., Benić M.: Trace element levels in raw milk from northern and southern regions of Croatia. *Food Chem.*, 2011, 127, 63-66.
- [5] Boltea F., Bretan L., Ketney O., Moldovan C.: Heavy metals concentration in milk from the Baia Mare depression. *J. Agroalim. Proc. Technol.*, 2008, 14 (2), 485-491.
- [6] Borowiec M., Huculak M., Hoffman K., Hoffman J.: Ocena zawartości wybranych metali ciężkich w produktach spożywczych zgodnie z obowiązującym w Polsce prawodawstwem. *Proc. EC Opole*, 2009, 3 (2), 433-438.
- [7] Butler G., Nielsen J.H., Slots T., Seal C., Eyre M.D., Sanderson R., Leifert C.: Fatty acid and fat-soluble antioxidant concentrations in milk from high- and low-input conventional and organic systems: Seasonal variation. *J. Sci. Food Agric.*, 2008, 88, 1431-1441.
- [8] Coni E., Bocca A., Ianni D., Caroli S.: Preliminary evaluation of the factors influencing the trace element content of milk and dairy products. *Food Chem.*, 1995, 52, 123-130.
- [9] Dangour A.D., Allen E., Lock K., Uauy R.: Nutritional composition and health benefits of organic foods – using systematic reviews to question the available evidence. *Indian J. Med. Res.*, 2010, 131, 478-480.
- [10] Dangour A.D., Lock K., Hayter A., Aikenhead A., Allen E., Uauy R.: Nutrition-related health effects of organic foods: A systematic review. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2010, 92, 203-210.
- [11] De Castro C.S.P., Arruda A.F., Da Cunha L.R., De Souza J.R., Braga J.W.B., Dórea J.G.: Toxic Metals (Pb and Cd) and their respective antagonists (Ca and Zn) in infant formulas and milk marketed in Brasilia. Brazil. *Int. J. Environ. Res. Public. Health.*, 2010, 7, 4062-4077.
- [12] Dobrzański Z., Gorecka H., Opaliński S., Chojnacka K., Kołacz R.: Zawartość pierwiastków śladowych i ultraśladowych w mleku i krwi krów. *Med. Weter.*, 2005, 61 (3), 301-304.
- [13] Dobrzański Z., Skiba M., Brożyńska A., Kowalska-Górska M.: Zawartość wybranych metali ciężkich w mleku przeżuwaczy (krów i kóz) z rejonów przemysłowych i czystych ekologicznie. *Acta Sci. Pol. Med. Vet.*, 2009, 8 (1), 3-14.
- [14] Dumna P., Pawlos M., Rudy M.: Zawartość metali ciężkich w wybranych produktach spożywczych województwa podkarpackiego. *Bromatol. Chem. Toksyk.*, 2012, XLV (1), 94-100.
- [15] Ellis K.A., Monteiro A., Innocent G.T., Grove-White D., Cripps P., McLean W.G., Howard C.V., Mihm M.: Investigation of the vitamins A and E and β -carotene content in milk from UK organic and conventional dairy farms. *J. Dairy Res.*, 2007, 74, 484-491.
- [16] Enb A., Abu Donia M.A., Abd-Rabou N.S., Abou-Arab A.A.K., El-Senaity M.H.: Chemical composition of raw milk and heavy metals behavior during processing of milk products. *Glob. Vet.*, 2009, 3 (3), 268-275.

- [17] European Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Off. J. EU L 364, pp. 5-24, from 20.12.2006.
- [18] Gartner L.M., Morton J., Lawrence R.A., O'Hare D., Schanler R.J., Eidelman A.I.: Breastfeeding and the use of human milk. *Pediatrics*, 2005, 115(2), 496-506.
- [19] Grega T., Sady M., Farot A., Pustkowiak H.: Poziom wapnia, fosforu, laktozy i kwasu cytrynowego w mleku różnych ras. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 2000, Supl. 5, 27-30.
- [20] Jaworski J., Kuncewicz A.: Składniki mineralne mleka. W: *Mleczarstwo*. T1. Red. S. Ziajka. Wyd. UWM w Olsztynie, Olsztyn 2008, ss. 82-85.
- [21] Johnson M.D., Kenney N., Stoica A., Hilakivi-Clarke L., Singh B., Chepko G., Clarke R., Sholler P.F., Lirio A.A., Foss C.: Cadmium mimics the in vivo effects of estrogen in the uterus and mammary gland. *Nat. Med.*, 2003, 9, 1081-1084.
- [22] Khan N., Choi J.Y., Nho E.Y., Hwang I.M., Habte G., Khan M.A., Park K.S., Kim K.S.: Determination of mineral elements in milk products by inductively coupled plasma-optical emission spectrometry. *Anal. Lett.*, 2014, 47 (9), 1606-1613.
- [23] Khan N., Jeong I.S., Hwang I.M., Kim J.S., Choi S.H., Nho E.Y., Choi J.Y., Park K.S., Kim K.S.: Analysis of minor and trace elements in milk and yogurts by inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS). *Food Chem.*, 2014, 147, 220-224.
- [24] Kodrik L., Wagner L., Imre K., Polyak K.F., Besenyei F., Husveth F.: The effect of highway traffic on heavy metal content of cow milk and cheese. *Hung. J. Ind. Chem.*, 2011, 39 (1), 15-19.
- [25] Komprda T.: Comparison of quality and safety of organic and conventional foods. *Chem. Listy*, 2009, 103, 729-732.
- [26] Kouřimská L., Legarová V., Panovská Z., Pánek J.: Quality of cows' milk from organic and conventional farming. *Czech J. Food Sci.*, 2014, 32 (4), 398-405.
- [27] Król J., Litwińczuk A., Brodziak A., Kędzierska-Matysek M.: Poziom ołowiu i kadmu w mleku krów utrzymywanych w różnych regionach Polski. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 2007, 31, 451-454.
- [28] Krzywy I., Krzywy E., Pastuszek-Gabinowska M., Brodkiewicz A.: Ołów – czy jest się czego obawiać? *Ann. Acad. Med. Stetin.*, 2010, 56 (2), 118-128.
- [29] Litwińczuk Z.: *Surowce zwierzęce – ocena i wykorzystanie*. PWRiL, Warszawa 2004.
- [30] Liu Z.P.: Lead poisoning combined with cadmium in sheep and horses in the vicinity of non-ferrous metal smelters. *Sci. Total Environ.*, 2003, 309, 117-126.
- [31] Maas S., Lucot E., Gimbert F., Crini N., Badot P.-M.: Trace metals in raw cow's milk and assessment of transfer to Comte cheese. *Food Chem.*, 2011, 129 (1), 7-12.
- [32] Michaelidou A.M.: Factors influencing nutritional and health profile of milk and milk products. *Small Ruminant Res.*, 2008, 79, 42-50.
- [33] Nyakairu G.W., Muhwezi G., Biryomumaisho S.: Assessment of heavy metals in milk from selected dairy farms and shops in Wakiso District, Uganda. *J. Nat. Soc. Sci.*, 2011, 1 (1), 36-52.
- [34] Pieczonka W.: *Towaroznawstwo mleka*. AR w Krakowie, Rzeszów 1999.
- [35] Pietrzak-Fiećko R., Smoczyński S.: Cadmium and lead contents in human milk, cow's milk and infant formulas. *Pol. J. Nat. Sci.*, 2006, 21 (2), 1105-1112.
- [36] Qin L.Q., Wang X.P., Li W., Tong X., Tong W.J.: The minerals and heavy metals in cow's milk from China and Japan. *J. Health*, 2009, 55 (2), 300-305.
- [37] Salah F.A.A.E., Esmat I.A., Mohamed A.B.: Heavy metals residues and trace elements in milk powder marketed in Dakahlia Governorate. *Int. Food Res. J.*, 2013, 20(4), 1807-1812.
- [38] Schulzová V., Hajšlová J., Botek P., Peroutka R.: Furanocoumarins in vegetables: Influence of farming system and other factors on levels of toxicants. *J. Sci. Food Agric.*, 2007, 87, 2763-2767.

- [39] Sikirić M., Brajenović N., Pavlović I., Havranek J.L., Plavljanić N.: Determination of metals in cow's milk by flame atomic absorption spectrophotometry. *Czech J. Anim. Sci.*, 2003, 48 (11), 481-486.
- [40] Slačanac V., Hardi J., Lučan M., Komlenić D.K., Krstanović V., Jukić M.: Concentration of nutritional important minerals in Croatian goat and cow milk and some dairy products made of these. *Croat. J. Food Sci. Technol.*, 2011, 3 (1), 21-25.
- [41] Smolders E.: Cadmium uptake by plants. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health*, 2001, 14, 177-183.
- [42] Sola-Larrañaga C., Navarro-Blasco I.: Chemometric analysis of minerals and trace elements in raw cow milk from the community of Navarra, Spain. *Food Chem.*, 2009, 112, 189-196.
- [43] Szkoda J., Nawrocka A., Kmiecik M., Żmudzi J.: Badania kontrolne pierwiastków toksycznych w żywności pochodzenia zwierzęcego. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 2011, 48, 475-484.
- [44] Tapiero H., Tew K.D.: Trace elements in human physiology and pathology: Zinc and metallothioneins. *Biomed. Pharmacother.*, 2003, 57 (9), 399-411.
- [45] Valiukenaite R., Stankeviciene M., Stankevicius H., Skibniewska K.A.: Lead and cadmium levels in raw cow's milk in Lithuania determined by inductively coupled plasma sector field mass spectrometry. *Pol. J. Food. Nutr. Sci.*, 2006, 15/56 (SI 1), 243-246.
- [46] Żmudzi J., Niewiadowska A., Szkoda J., Semeniuk S.: Toksyczne zanieczyszczenia żywności pochodzenia zwierzęcego w Polsce. *Medycyna Pracy*, 2001, 14, 35-40.
- [47] Zurera-Cosano G., Moreno-Rojas R., Amaro-López M.: Effect of processing on contents and relationships of mineral elements of milk. *Food Chem.*, 1994, 51, 75-78.

PORÓWNANIE ZAWARTOŚCI ZWIĄZKÓW MINERALNYCH W MLEKU KONWENCJONALNYM I EKOLOGICZNYM Z POŁUDNIOWEJ POLSKI

Streszczenie

Mleko jest jednym z najważniejszych środków spożywczych i surowców w przemyśle spożywczym. Jako pierwszy kompletny pokarm dla młodych ssaków jest bioaktywny i zawiera wszystkie niezbędne składniki odżywcze. Uznaje się, że dzięki rolnictwu ekologicznemu uzyskuje się żywność o wysokiej jakości, wyprodukowaną w zrównoważonych warunkach, przy jednoczesnej ochronie środowiska naturalnego. Najnowsze badania dotyczące żywności i odżywiania nie potwierdzają jednak znacznych korzyści zdrowotnych związanych z konsumpcją produktów ekologicznych. Celem pracy była ocena i porównanie jakości komercyjnego krowiego mleka konwencjonalnego i ekologicznego w odniesieniu do zawartości wybranych składników mineralnych. Badania przeprowadzono na mleku krowim ekologicznym i tradycyjnym dostępnym na rynku w południowej Polsce. Próbkę mleka analizowano pod względem zawartych w nich składników mineralnych, w tym wybranych metali toksycznych, przy użyciu absorpcyjnej spektrofotometrii atomowej płomieniowej, emisyjnej spektrometrii atomowej oraz absorpcyjnej spektrofotometrii atomowej w kuwecie grafitowej. Wyniki badań wskazują, że mleko ekologiczne i konwencjonalne nie różni się istotnie w kontekście zawartości mikro- i makroelementów. Różnice dotyczyły jedynie zawartości sodu i manganu. Mleko ekologiczne zawierało ich średnio statystycznie istotnie mniej. Ponadto w jednym z rodzajów mleka ekologicznego wykryto obecność ołowiu, przy czym uzyskana wartość (5,24 mg/l) mieściła się w dopuszczalnych granicach. Kadm (w ilości 0,12 i 0,15 µg/l) został oznaczony w dwóch rodzajach mleka, pochodzących z tej samej firmy oraz w jednym mleku ekologicznym, w którym wykazane stężenie było na stosunkowo niskim poziomie (0,04 µg/l).

Słowa kluczowe: mleko krowie, wartość odżywcza, metale, składniki odżywcze, żywność ekologiczna 

ANNA AUGUSTYŃSKA-PREJSNAR, ZOFIA SOKOŁOWICZ

WPLYW RASY I OBRÓBKI TERMICZNEJ NA JAKOŚĆ MIĘŚNI PIERSIOWYCH KUR Z CHOWU EKOLOGICZNEGO PO PIERWSZYM ROKU UŻYTKOWANIA NIEŚNEGO

Streszczenie

Celem pracy była ocena wpływu rasy i metod obróbki termicznej na jakość mięśni piersiowych kur z chowu ekologicznego. Materiał do badań stanowiły pojedyncze mięśnie piersiowe kur rasy Zielononóżka kuropatwiana ($n = 20$) oraz mieszańców Rosa 1 ($n = 20$). Oceniono jakość surowych mięśni piersiowych oraz mięśni poddanych obróbce termicznej metodami gotowania i pieczenia. W ocenie jakości mięśni surowych uwzględniono: kwasowość (pH_{15} , pH_{24}), barwę, kruchość, wodochłonność, wyciek swobodny oraz skład chemiczny. W ocenie mięśni po obróbce termicznej uwzględniono: barwę, siłę cięcia, skład chemiczny, ubytki termiczne oraz cechy sensoryczne. Uzyskane wyniki oceny surowych, gotowanych i pieczonych mięśni piersiowych kur z chowu ekologicznego po okresie nieśności wskazują na większą przydatność kulinarną mięsa kur rodzimej rasy Zielononóżka kuropatwiana niż mięsa mieszańców Rosa 1. Mięśnie piersiowe kur rasy Zielononóżka kuropatwiana w porównaniu z surowymi mięśniami kur Rosa 1 charakteryzowały się ciemniejszą barwą, mniejszą zawartością tłuszczu oraz mniejszym wyciekem swobodnym; po obróbce termicznej – mniejszymi ubytkami oraz większą zawartością białka i mniejszą zawartością tłuszczu, większą kruchością, a także korzystniejszymi walorami smakowymi. Gotowanie w porównaniu z pieczeniem okazało się korzystniejsze w celu uzyskania większej kruchości i pożądalności smaku mięsa kur po zakończonym okresie nieśności, co może mieć znaczenie praktyczne dla konsumenta.

Słowa kluczowe: rasa kur, chów ekologiczny, jakość mięsa, obróbka termiczna

Wprowadzenie

Podstawą produkcji mięsa drobiowego w Polsce jest intensywny chów młodych ptaków rzeźnych (kurcząt brojlerów i indyków), natomiast podstawą produkcji jaj spożywczych jest intensywny chów kur nieśnych. Mięso pozyskane z kur po zakończo-

Dr inż. A. Augustyńska-Prejsnar, dr hab. inż. Z. Sokołowicz, Katedra Produkcji Zwierzęcej i Oceny Produktów Drobiarskich, Wydz. Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów. Kontakt: augusta@univ.rzeszow.pl

nym okresie nieśności w warunkach chowu intensywnego nie może więc konkurować z mięsem pozyskiwanym z kurcząt rzeźnych, gdyż jest to mięso pochodzące z kur starych, ubijanych w wieku kilkudziesięciu tygodni i stanowi produkt uboczny w produkcji jaj spożywczych. Mięso to nie ma też większego znaczenia dla przetwórci, które oferują za nie niską cenę [8, 13, 20, 21, 26].

W ostatnich latach w Polsce obserwuje się tendencję wzrostu ekologicznej produkcji jaj, do której najczęściej wykorzystuje się kury polskiej rasy rodzimej Zielononóżka kuropatwiana, jak również mieszańce przeznaczone do chowu wybiegowego, w tym kury Rosa 1 [13, 20, 26]. W chowie ekologicznym kury nieśne po okresie użytkowania są ubijane w gospodarstwie ze względu na małą skalę produkcji, a ich tuszki są wykorzystywane dla potrzeb własnych lub trafiają do konsumentów w sprzedaży bezpośredniej [22]. Popyt na tuszki kur nieśnych z chowu ekologicznego w przeciwieństwie do popytu na mięso kur nieśnych z chowu intensywnego jest duży, szczególnie w gospodarstwach prowadzących usługi agroturystyczne [13, 19, 20]. W opinii nabywców produktów ekologicznych, mięso kur po zakończonym okresie nieśności z chowu ekologicznego jest atrakcyjnym surowcem do przyrządzania potraw tradycyjnych: gotowanych (przyrządzania rosółów i potrawek) oraz pieczonych [13, 26, 27].

Prace badawcze dotyczące wpływu mieszańca oraz różnych metod obróbki termicznej na jakość mięsa młodych ptaków rzeźnych (kurcząt brojlerów, indyków) są liczne [1, 4, 5, 6, 11, 15, 16, 17, 18, 25, 29], natomiast prac dotyczących wpływu rasy i zastosowanych metod obróbki termicznej na jakość mięsa kur po zakończonym okresie nieśności jest niewiele [20, 21]. Podjęto więc próbę ustalenia, czy po okresie użytkowania nieśnego w warunkach chowu ekologicznego lepszymi właściwościami kulinarnymi charakteryzuje się mięso kur rasy rodzimej Zielononóżka kuropatwiana czy mięso mieszańców towarowych Rosa 1 oraz ustalenie, która metoda termiczna (gotowanie, pieczenie) umożliwia uzyskanie mięsa lepszej jakości.

Celem pracy była ocena wpływu rasy i metod obróbki termicznej na jakość mięśni piersiowych kur z chowu ekologicznego.

Materiał i metody badań

Materiał do badań stanowiło 20 pojedynczych mięśni piersiowych pozyskanych z 10 kur rasy rodzimej Zielononóżka kuropatwiana (grupa Z) oraz z 10 kur Rosa 1 (grupa R) z chowu ekologicznego po pierwszym roku użytkowania nieśnego. W czasie całego okresu użytkowania ptaki były utrzymywane zgodnie z założeniami produkcji ekologicznej kur, określonymi w przepisach unijnych i krajowych [23, 24]. Uboju kur dokonano w 56. tygodniu życia ptaków. Tuszki poddawano procesowi schładzania w temp. 4 °C. Po 24 h od uboju dokonano uproszczonej dysekcji według metody Ziółleckiego i Doruchowskiego [30]. Podczas dysekcji wypreparowano mięśnie piersiowe (powierzchniowy i głęboki), które wykorzystano do oceny cech jakościowych.

W ocenie laboratoryjnej surowych mięśni piersiowych uwzględniono: pH, wodochłonność, wyciek swobodny, skład chemiczny (zawartość białka, tłuszczu, związków mineralnych) oraz barwę i kruchość mięśni. Po upływie 15 min i 24 h od uboju wykonywano pomiar stężenia jonów wodorowych (pH_{15} i pH_{24}) za pomocą pehametru Hanna (model HI99163, Niemcy). Elektrode umieszczano pod kątem 45° w połowie grubości mięśni piersiowych. Pomiary wykonywano w trzech powtórzeniach. Wodochłonność (WHC) badanych mięśni określano metodą Graua i Hamma [10] na podstawie ilości wyciśniętego soku, a wyciek swobodny na podstawie ubytku masy mięsa po 24 h chłodzenia w temp. 4°C . Zawartość azotu oznaczano metodą Kjeldahla (w zestawie Foss Tecator, Höganäs, Szwecja) i przeliczano na białko, mnożąc przez współczynnik 6,25. Zawartość tłuszczu oznaczano metodą Soxhleta (w aparacie Büchi Extraction System B-811, Flawil, Szwajcaria). Wyszuszone w temp. 105°C próbki ($5 \pm 0,001$ g) poddawano ekstrakcji n-heksanem. Ilość tłuszczu oznaczano wagowo po usunięciu rozpuszczalnika. Zawartość popiołu całkowitego oznaczano po mineralizacji 5 g próbki mięsa w temp. $550 \div 650^\circ\text{C}$ (w piecu muflowym Carbolite AAF1100, Hope Valley, Wielka Brytania). Pomiary parametrów barwy powierzchni przekroju surowych mięśni (przecinanych równolegle do przebiegu włókienek mięśniowych) wykonywano w systemie CIE $L^*a^*b^*$ przy użyciu spektrofotometru Chroma Meter (Konica Minolta Osaka, Japonia) z głowicą CR 400, przy ustawieniach oświetlenia zgodnego z iluminatorem D_{65} . Wykonano po trzy powtórzenia pomiarów barwy każdej próbki i wyliczano wartości średnie poszczególnych parametrów barwy: L^* (jasność), a^* (udział barwy czerwonej), b^* (udział barwy żółtej). Kruchość oceniano na schłodzonych próbkach (4°C) o wymiarach [mm]: $10 \times 10 \times 50$, wycinanych równolegle do przebiegu włókienek mięśniowych. Do pomiaru siły cięcia ($F_{\max}$) używano maszyny wytrzymałościowej Zwick/Roell BT1-FR1.OTH.D14 (Zwick CmbH&Co.KG., Ulm, Niemcy) z układem tnącym jednonożowym Warnera-Bratzlera (jeden płaski nóż o grubości 1,2 mm z trójkątnym wcięciem o kącie 60° , którego krawędź wewnętrzna jest jednocześnie krawędzią roboczą), przy prędkości głowicy $100 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ i sile wstępnej 0,2 N. Cięcie prowadzono prostopadle do przebiegu włókienek mięśniowych. Wyniki pomiaru siły cięcia opracowywano z wykorzystaniem programu Test Xpert II.

Mięśnie piersiowe o wyrównanej gramaturze ważono z dokładnością do 0,1 g i poddawano obróbce termicznej metodą gotowania (G) w wodzie (stosunek mięsa do wody jak 1 : 2) oraz pieczenia (P) z użyciem piekarnika elektrycznego w temp. 180°C . Do każdego rodzaju obróbki termicznej przeznaczono po 10 mięśni piersiowych z grupy Z i R. Obróbkę termiczną prowadzono do osiągnięcia wewnątrz mięśnia temp. $80 \pm 2^\circ\text{C}$. Temperaturę wewnątrz mięśni mierzono termometrem cyfrowym z sondą igłową. Ubytki masy wyliczano na podstawie różnicy masy przed obróbką termiczną i po niej. We wszystkich próbkach poddanych obróbce termicznej oznaczano cechy fizykochemiczne (barwę, kruchość oraz zawartość białka, tłuszczu i popiołu), stosując

analogiczne metody badań jak w ocenie mięśni surowych. Przeprowadzano również ocenę sensoryczną. Wyróżnikami jakości w ocenie sensorycznej były: ogólna pożądalność, zapach, smak, kruchość i soczystość. Ocenę w skali 5-punktowej przeprowadził 7-osobowy zespół, przy czym 1 pkt oznaczał ocenę najniższą, 5 pkt – ocenę najwyższą.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie za pomocą programu Statistica 12. Obliczano wartości średnie ($\bar{x}$), odchylenia standardowe (SD) oraz standardowe błędy pomiaru średniej (SEM). Do analizy wpływu rasy na cechy jakościowe surowych mięśni piersiowych zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji, a istotność różnic między wartościami średnimi weryfikowano testem t-Studenta ($p < 0,05$). Wyniki oceny jakości mięśni piersiowych po obróbce termicznej poddano dwuczynnikowej analizie wariancji (R – wpływ rasy kur, M – wpływ metody obróbki termicznej) oraz efekt interakcji czynników ($R \times M$), wykorzystując analizę wariancji ANOVA. Istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi w grupach szacowano testem Tukeya ($p < 0,05$).

Wyniki i dyskusja

Cechy fizykochemiczne, tj. pH, wodochłonność, wyciek termiczny oraz skład chemiczny mięsa określają zarówno wartość odżywczą mięsa, jak i jego przydatność kulinarną [16, 25]. Wpływ rasy na cechy fizykochemiczne surowych mięśni piersiowych przedstawiono w tab. 1.

W przeprowadzonych badaniach wykazano wpływ rasy na wodochłonność mięśni piersiowych i wielkość wycieku swobodnego po 24-godzinnym przechowywaniu w temp. 4 °C. Istotnie niższe ($p < 0,05$) wartości wskaźnika wodochłonności oraz wycieku stwierdzono w przypadku mięśni piersiowych kur rasy Zielononózka kuropatwana, co świadczy o lepszej wodochłonności mięsa pochodzącego z tych ptaków oraz jego większej soczystości. Wyniki własne są zbliżone do rezultatów badań prowadzonych na mięśniach piersiowych kur po zakończonym okresie nieśności, uzyskanych przez Krawczyk i Puchałę [13] oraz Puchałę i wsp. [20]. W badaniach własnych wykazano, że wartość wycieku z mięśni piersiowych była niewielka i znacznie mniejsza niż z mięśni kurcząt brojlerów, którą stwierdzili Bogosavljević-Bošković i wsp. [5] oraz Skomorucha i Sosnowka-Czajka [25]. Różnice w wielkości wycieku z mięśni kur po zakończonym okresie nieśności i mięsa kurcząt brojlerów wynikają z tego, że kurczęta to młode ptaki rzeźne ubijane w wieku ok. 6 tygodni, zaś kury po zakończonym okresie nieśności to ptaki po osiągnięciu dojrzałości fizycznej i płciowej, ubijane w wieku kilkudziesięciu tygodni.

Barwa jest istotnym parametrem określającym przydatność technologiczną mięsa jako surowca [15, 16, 17]. Zawartość barwników hemowych decydujących o barwie mięsa zależy od genotypu ptaków, wieku, płci, żywienia, rodzaju i aktywności mięśni [2]. W badaniach własnych wykazano wpływ rasy na barwę surowych mięśni piersio-

wych, co jest zgodne z wynikami Krawczyk i Puchały [13], Puchały i wsp. [20], Puchały i wsp. [21] oraz Rizziego i wsp. [22]. W przeprowadzonych badaniach własnych stwierdzono, że ciemniejszą barwą, czyli istotnie ($p < 0,05$) niższą wartością parametru jasności (L^*) oraz większym wysyceniem barwy czerwonej (a^*) charakteryzowały się mięśnie piersiowe kur rasy Zielonóżka kuropatwiana w porównaniu z mieszańcami Rosa 1. Ciemniejsza barwa mięśni jest cechą charakterystyczną kur rasy Zielononóżka kuropatwiana. Wyniki dotyczące wysycenia barwy czerwonej (a^*) surowych mięśni piersiowych kur rasy Zielonóżka kuropatwiana są zbieżne z wynikami badań Krawczyk i Puchały [13]. Kokoszyński i wsp. [12] oraz Chuaynukool i wsp. [8] wykazali istotne różnice pod względem wartości parametrów barwy mięsa (L^* , a^* , b^*) kur po zakończonym okresie nieśności w porównaniu z mięsem kurcząt brojlerów. Połtowicz i Doktor [19] podają, że swobodny dostęp kur do zielonych wybiegów sprzyja pobieraniu przez nioski większych ilości karotenoidów z zielonych pasz i zwiększeniu intensywności wysycenia barwy żółtej, co potwierdzają również wyniki badań innych autorów [20, 21] dotyczących jakości mięsa kur po zakończonym okresie nieśności. W niniejszych badaniach kury obydwu badanych ras korzystały z tego samego wybiegu, zatem wpływ spożywanych przez nie roślin zawierających karotenoidy na wysycenie barwy żółtej mięśni obydwu ras był podobny.

Tabela 1. Cechy fizykochemiczne surowych mięśni piersiowych determinowane rasą kur

Table 1. Physical and chemical characteristics of raw breast muscles as determined by breed of hens

Badane cechy Characteristics analyzed	Grupa Z Z Group	Grupa R R Group	SEM
pH ₁₅	6,28 ± 0,11	6,19 ± 0,10	0,10
pH ₂₄	5,72 ± 0,08	5,68 ± 0,09	0,12
Wodochłonność Water holding capacity [%]	16,16 ^a ± 1,18	18,12 ^b ± 1,20	0,21
Wyciek swobodny / Drip loss [%]	0,34 ^a ± 0,02	0,48 ^b ± 0,03	0,05
Barwa / Colour:			
L* - jasność / brightness	57,5 ^a ± 2,51	60,80 ^b ± 2,48	0,55
a* - czerwona / redness	10,09 ^a ± 0,58	8,91 ^b ± 0,64	0,24
b* - żółta / yellowness	6,38 ± 0,63	6,80 ± 0,72	0,13
Siła cięcia / Shear force [N]	27,56 ± 3,34	28,14 ± 2,98	0,78
Zawartość białka / Crude protein content [%]	25,68 ± 0,84	25,10 ± 0,91	0,13
Zawartość tłuszczu / Fat content [%]	1,14 ^a ± 0,11	1,46 ^b ± 0,09	0,05
Zawartość popiołu / Ash content [%]	0,85 ± 0,05	0,91 ± 0,06	0,01

Objaśnienia / Explanatory notes:

Grupa Z – Zielononóżka kuropatwiana / Z Group – Green-legged partridge hens; Grupa R – Rosa 1 / R Group – Rosa 1. W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; n = 20; a, b – wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$) / mean values denoted by different letters differ statistically significantly ($p < 0.05$).

W przeprowadzonych badaniach własnych nie wykazano statystycznie istotnych różnic między badanymi rasami kur w zakresie wartości siły cięcia surowych mięśni piersiowych, co wskazuje, że wybór rasy nie miał wpływu na tę cechę. Siła cięcia świadcząca o kruchości mięsa jest cechą skorelowaną bezpośrednio z wiekiem ptaków, co tłumaczy uzyskane wyższe wartości tego parametru mięśni kur po okresie użytkowania nieśnego niż w badaniach prowadzonych przez Marcinkowską-Lesiak i wsp. [15] na mięśniach młodych kurcząt rzeźnych. Również Chuaynukool i wsp. [8] oraz Wattanachant i wsp. [28] stwierdzili wyższą siłę cięcia surowych mięśni piersiowych kur po zakończonym okresie nieśności w porównaniu z mięśniami kurcząt brojlerów.

Na podstawie wyników składu chemicznego surowych mięśni piersiowych wykazano wpływ rasy na zawartość tłuszczu. Istotnie większą ($p < 0,05$) zawartością tłuszczu charakteryzowały się mięśnie piersiowe kur Rosa 1 w porównaniu z mięśniami piersiowymi kur Zielonóżka kuropatwiana. Istotnie mniejszą zawartość tłuszczu w mięsie tej rasy rodzimej w porównaniu z mięsem kur innych ras po zakończonym okresie nieśności wykazali również Puchała i wsp. [20] oraz Krawczyk i Puchała [13]. Wattanachant i wsp. [28] stwierdzili mniejszą zawartość tłuszczu i większą zawartość białka w mięśniach piersiowych kur rasy rodzimej w porównaniu z mięśniami kurcząt brojlerów. W badaniach własnych nie wykazano wpływu rasy na zawartość białka w mięśniach piersiowych kur po okresie nieśności. Zawartość białka w surowych mięśniach piersiowych kur Zielononóżka kuropatwiana i Rosa 1 po okresie nieśności była podobna (ok. 25 %), większa o $3 \div 4$ % w porównaniu z zawartością białka w mięśniach młodych kurcząt rzeźnych [16, 25, 29], ale porównywalna z zawartością białka w mięśniach kur ras rodzimych po okresie nieśności [14, 21]. Dużą zawartość białka w mięśniach piersiowych kur rasy Zielononóżka kuropatwiana wykazali również Krawczyk i Puchała [13] oraz Puchała i wsp. [20].

W trakcie obróbki termicznej zmiana ulega barwa mięsa [2, 9, 17, 18]. Po przeanalizowaniu wyników pomiaru instrumentalnego barwy mięśni piersiowych poddanych obróbce termicznej wykazano istotny wpływ rasy i metody termicznej ($p < 0,05$) na wysycenie barwy żółtej (b^*). Większym wysyceniem barwy żółtej (b^*) charakteryzowały się mięśnie piersiowe kur Zielononóżka kuropatwiana w porównaniu z mięśniami Rosa 1 oraz mięśnie poddane procesowi gotowania w porównaniu z mięśniami poddanymi procesowi pieczenia (tab. 2). Uzyskane wyniki badań korespondują z wynikami Ormian i wsp. [18]. Większym wysyceniem barwy żółtej (b^*) charakteryzowały się również mięśnie piersiowe kur po okresie nieśności, które analizowali Chuaynukool i wsp. [8]. W przeprowadzonych badaniach wykazano, że w obu metodach termicznych mięśnie piersiowe kur rasy Zielononóżka kuropatwiana w porównaniu z mięśniami piersiowymi kur Rosa 1 cechowały się większym wysyceniem barwy czerwonej (a^*). Jak podają Krawczyk i Puchała [13], mięso kur Zielononóżka kuropa-

twiana ze względu na swoją charakterystyczną ciemną barwę może być przyrządzane jak mięso ptactwa dzikiego.

Najbardziej istotnym efektem obróbki termicznej jest kształtowanie kruchości mięsa, która jest jednym z najważniejszych wyróżników tekstury [2, 17]. Wykazano istotny wpływ ($p < 0,05$) rasy oraz metod obróbki termicznej na wartość siły cięcia (tab. 2). Po obróbce termicznej mniejszą siłą cięcia, czyli większą kruchością charakteryzowały się mięśnie piersiowe kur rasy Zielononóżka kuropatwiana poddane gotowaniu. Wyniki te korespondują z wynikami Ormian i wsp. [18] uzyskanymi w badaniach mięśni kur po okresie nieśności. Krawczyk i Puchała [13] oraz Puchała i wsp. [21] nie wykazali wpływu rasy na wartość siły cięcia gotowanych mięśni piersiowych kur po okresie nieśności. Chuaynukool i wsp. [8] oraz Wattanachant i wsp. [28] stwierdzili, że gotowane mięśnie piersiowe kur ras rodzimych po okresie nieśności charakteryzowały się większą siłą cięcia w porównaniu z gotowanymi mięśniami kurcząt brojlerów. Mniejszą kruchość mięsa kur po okresie nieśności w porównaniu z mięsem młodych ptaków można tłumaczyć zwiększeniem zawartości kolagenu oraz grubości włókien mięśniowych wraz z wiekiem ptaków [13].

W badaniach dalszych wykazano wpływ rasy i zastosowanych metod obróbki termicznej na zawartość białka w mięśniach piersiowych (tab. 2). Istotnie większą ($p < 0,05$) zawartością białka charakteryzowały się pieczone mięśnie piersiowe kur rasy Zielononóżka kuropatwiana w porównaniu z pieczonymi mięśniami kur Rosa 1. Zarówno w grupie kur Zielononóżka kuropatwiana, jak i Rosa 1, w gotowanych mięśniach piersiowych zawartość białka była mniejsza niż w mięśniach pieczonych ($p < 0,05$). Wyniki badań własnych są zbliżone do rezultatów badań Augustyńskiej-Prejsnar i wsp. [3] prowadzonych na mięśniach kur rasy Zielononóżka kuropatwiana oraz Ormian i wsp. [17] – na mięśniach piersiowych kurcząt brojlerów. Również Barbanti i Pasquini [4], Choi i wsp. [7] oraz Winiarska-Mieczan i wsp. [29] odnotowali wpływ metody termicznej na zawartość białka w mięśniach piersiowych kurcząt brojlerów. Wykazano także istotny wpływ ($p < 0,05$) rasy na zawartość tłuszczu w mięśniach piersiowych poddanych obróbce termicznej (tab. 2). Bez względu na przyjętą metodę termiczną istotnie mniejszą ($p < 0,05$) zawartością tłuszczu charakteryzowały się mięśnie piersiowe kur rasy Zielononóżka kuropatwiana w porównaniu z mięśniami kur Rosa 1, co mogło wynikać z mniejszej zawartości tłuszczu w mięśniach surowych.

Ubytki termiczne są niepożądane ze względu na straty rozpuszczalnych składników mięsa oraz zmniejszenie jego soczystości [6, 18]. Wykazano wpływ rasy na wielkość ubytków termicznych. Istotnie mniejsze ($p < 0,05$) ubytki termiczne stwierdzono w mięśniach kur rasy Zielononóżka kuropatwiana w porównaniu z mięśniami mieszańców Rosa 1 (tab. 2). Wielkość strat podczas ogrzewania mięsa zależy od temperatury oraz czasu obróbki [1, 7, 9, 18], ale także wyjściowej zawartości wody

Tabela 2. Cechy fizykochemiczne mięśni piersiowych determinowane rasą kur i metodą ich termicznej obróbki

Table 2. Physical and chemical characteristics of breast muscles as determined by breed of hens and method of their thermal treatment

Badane cechy Characteristics ana- lyzed	Grupa Z Z Group		Grupa R R Group		SEM	Wpływ Impact		
	G	P	G	P		R	M	R × M
Barwa / Colour:								
L* - jasność brightness	78,12 ± 1,85	77,87 ± 2,02	78,02 ± 3,88	79,42 ± 5,06	0,22	ns	ns	ns
a* - czerwona redness	3,04 ± 0,65	3,31 ± 0,44	2,61 ± 0,36	2,86 ± 0,88	0,08	*	ns	ns
b* - żółta yellowness	14,87 ± 1,26	13,12 ± 1,13	13,79 ± 0,35	12,98 ± 1,35	0,09	*	*	ns
Siła cięcia Shear force [N]	31,90 ± 2,89	34,52 ± 2,08	33,47 ± 2,79	35,52 ± 2,98	0,81	*	*	ns
Ubytki termiczne Cooking loss [%]	31,73 ± 2,52	32,35 ± 2,32	33,13 ± 2,58	33,68 ± 2,42	0,62	*	ns	ns
Zawartość białka Crude protein con- tent [%]	35,06 ± 1,45	36,88 ± 1,62	33,07 ± 1,12	34,67 ± 1,80	0,62	*	*	ns
Zawartość tłuszczu Fat content [%]	1,26 ± 0,12	1,44 ± 0,14	1,48 ± 0,08	1,56 ± 0,15	0,08	*	ns	ns
Zawartość popiołu Ash content [%]	0,92 ± 0,11	1,12 ± 0,08	0,89 ± 0,08	0,98 ± 0,07	0,01	ns	ns	ns

Objaśnienia / Explanatory notes:

G – gotowanie / cooking; P – pieczenie / roasting; R – wpływ rasy / breed impact. M – wpływ metody termicznej / impact of thermal method; R × M – wpływ rasy i metody termicznej / impact of breed and thermal treatment method; * – różnice statystycznie istotne ($p < 0,05$) / statistically significant differences ($p < 0,05$); ns – różnice statystycznie nieistotne / statistically insignificant differences. Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 1. / Other explanatory notes as in Tab. 1.

i tłuszczu w mięsie [25]. Wpływ genotypu na wielkość strat termicznych mięśni kur po zakończonym okresie nieśności odnotowali również Krawczyk i Puchała [13], Puchała i wsp. [20] oraz Rizzi i wsp. [22]. Chuaynukool i wsp. [8] stwierdzili istotnie większe straty termiczne mięsa kur po zakończonym okresie nieśności w porównaniu z mięsem kurcząt brojlerów. Podobną tendencję w przypadku kur rasy rodzimej wykazał Wat-tanchant i wsp. [28]. W badaniach własnych ubytki termiczne w trakcie stosowanych metod obróbki cieplnej były niewielkie i nie zostały potwierdzone statystycznie. Barbanti i Pasquini [4] oraz Ghita i wsp. [9] wykazali, że krótki czas obróbki termicznej i niższa temperatura powodują mniejsze straty w czasie obróbki termicznej.

Tabela 3. Cechy sensoryczne mięśni piersiowych determinowane rasą kur i metodą ich termicznej obróbki [pkt]

Table 3. Sensory features of breast muscle meat as determined by breed of hens and methods of their thermal treatment [pt]

Badane cechy Features analyzed	Grupa Z Z Group		Grupa R R Group		SEM	Wpływ Impact		
	G	P	G	P		A	B	A × B
Natężenie zapachu Intensity of aroma	4,00 ± 0,41	4,68 ± 0,39	3,80 ± 0,26	4,62 ± 0,31	0,08	ns	*	ns
Natężenie smaku Intensity of taste	4,67 ± 0,38	4,64 ± 0,42	3,80 ± 0,38	4,10 ± 0,29	0,07	*	ns	ns
Pożądalność zapachu Desirability of aroma	4,78 ± 0,28	4,92 ± 0,43	4,80 ± 0,37	4,68 ± 0,32	0,12	ns	ns	ns
Pożądalność smaku Desirability of taste	4,82 ± 0,31	4,15 ± 0,34	4,50 ± 0,40	3,90 ± 0,37	0,11	*	*	ns
Soczystość Juiciness	4,02 ± 0,42	3,92 ± 0,34	4,10 ± 0,36	4,08 ± 0,41	0,09	ns	ns	ns
Kruchość Tenderness	4,20 ± 0,42	3,46 ± 0,38	3,68 ± 0,40	3,12 ± 0,38	0,08	*	*	ns

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

Obróbka termiczna jest zasadniczym czynnikiem wpływającym na wykształcenie specyficznego profilu smakowo-zapachowego mięsa [1, 2]. Cechy sensoryczne mięsa zależą głównie od wieku ubijanych ptaków, czynników środowiskowych, a w przypadku kur nieśnych – od możliwości korzystania ptaków z zielonych wybiegów [11, 14, 16, 26] oraz metody obróbki termicznej [1, 2, 17]. Stwierdzono wpływ rasy na natężenie i pożądalność smaku oraz kruchość mięsa (tab. 3). Istotnie wyższą ($p < 0,05$) pożądalnością tych cech charakteryzowały się mięśnie piersiowe kur rasy rodzimej Zielononóżka kuropatwiana w porównaniu z mięśniami piersiowymi kur Rosa 1. Wyniki własne są zbliżone do wyników badań Rizziego i wsp. [22], w których wykazano wpływ genotypu kur po zakończonym okresie nieśności na smak i kruchość mięsa. Również Puchała i wsp. [21] odnotowali zróżnicowane pod względem smaku, zapachu i wyglądu mięso kur różnych ras. Lin i wsp. [14] wykazali większą akceptację smaku mięsa kur ras rodzimych z wolnego wybiegu. Zdaniem Horsted i wsp. [11] mięso pochodzące z ptaków z chowu ekologicznego charakteryzuje się smakiem i zapachem bardziej pożądanym przez konsumentów. Krawczyk i Puchała [13] wskazują na wysoką jakość sensoryczną, głównie smak i zapach gotowanych mięśni piersiowych kur po zakończonym okresie użytkowania nieśnego. Wykazano istotny wpływ ($p < 0,05$) zastosowanych metod obróbki termicznej na natężenie zapachu, pożądalność smaku oraz kruchość (tab. 3). Większą pożądalnością smaku i kruchością charakteryzowały się mięśnie piersiowe gotowane, natomiast wyższym natężeniem zapachu – mięśnie

piersiowe poddane procesowi pieczenia. Również Ormian i wsp. [18] wykazali, że w ocenie sensorycznej większą kruchością i soczystością charakteryzowały się gotowane mięśnie piersiowe kur po okresie nieśności w porównaniu z pieczonymi.

Wnioski

1. Uzyskane wyniki oceny surowych, gotowanych i pieczonych mięśni piersiowych kur z chowu ekologicznego po okresie nieśności wskazują na większą przydatność kulinarną mięsa kur rodzimej rasy Zielononóżka kuropatwiana niż mięsa kur mieszańców Rosa 1.
2. Mięśnie piersiowe kur rasy Zielononóżka kuropatwiana w porównaniu z surowymi mięśniami kur Rosa 1 charakteryzowały się ciemniejszą barwą, mniejszą zawartością tłuszczu oraz mniejszym wyciekiem swobodnym; po obróbce termicznej – mniejszymi ubytkami oraz większą zawartością białka i mniejszą zawartością tłuszczu, większą kruchością a także korzystniejszymi walorami smakowymi.
3. Metoda gotowania w porównaniu z metodą pieczenia okazała się korzystniejsza w celu uzyskania większej kruchości i pożądalności smaku mięsa kur po zakończonym okresie nieśności, co może mieć znaczenie praktyczne dla konsumenta.

Literatura

- [1] Alina A.R.: Effect of grilling and roasting on the fatty acids profile of chicken and mutton. *World Appl. Sci. J.*, 2012, 17, 29-33.
- [2] Augustyńska-Prejsnar A., Sokołowicz Z.: Czynniki kształtujące jakość sensoryczną mięsa kurcząt brojlerów. *Wiadomości Zootechniczne*, 2014, 2, 108-116.
- [3] Augustyńska-Prejsnar A., Ormian M., Sokołowicz Z.: Physical, chemical and sensory quality of meat from Greenleg Partridge hens subjected to thermal treatment. *Aparat. Bad. i Dydakt.*, 2017, 22, 81-87.
- [4] Barbanti D., Pasquini M.: Influence of cooking conditions on cooking loss and tenderness of raw and marinated chicken breast meat. *Food Sci. Technol.*, 2005, 38 (8), 895-901.
- [5] Bogosavljević-Bošković S., Rakonjac S., Doskonić V., Petrović M.D.: Broiler rearing systems: A review of major fattening results and meat quality traits. *World Poultry Sci. J.*, 2012, 68 (2), 217-228.
- [6] Chen X., Jiang W., Tan H.Z., Xu G.F., Zhang X.B., Wei S., Wang Q.: Effects of outdoor access on growth performance, carcass composition, and meat characteristics of broiler chickens. *Poultry Sci.*, 2013, 92, 435-443.
- [7] Choi Y.S., Hwang K.E., Jeong T.J., Kim Y.B., Jeon K.H., Kim E., Sung J.M., Kim H.W., Kim H.J.: Comparative study on the effects of boiling, steaming, grilling, microwaving and superheated steaming on quality characteristics of marinated chicken steak. *Korean J. Food Sci. An.*, 2016, 36 (1), 1-7.
- [8] Chuaynukool K., Wattanachant S., Siripongvutikorn S.: Chemical and physical properties of raw, cooked spent hen, broiler and Thai indigenous chicken muscles in mixed herbs acidified soup (tom yum). *J. Food Technol.*, 2007, 5 (2), 180-186.
- [9] Ghita M., Stanescu V., Tudor L., Gonciarov M., Popa R.: Research concerning the influence of processing temperatures for tenderness of chicken meat. *Lucrări Stintifice* 2010, XLIII (2), 216-219.

- [10] Grau R., Hamm R.: Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung im Muskel. *Naturwiss.*, 1953, 40, 29-30.
- [11] Horsted K., Allesen-Holm B.H., Hermansen J.E.: The effect of breed and feed-type on the sensory profile of breast meat in male broilers reared in an organic free-range system. *Brit. Poult. Sci.*, 2010, 51 (4), 515-24.
- [12] Kokoszyński D., Bernacki Z., Stęczny K., Saleh M., Wasilewski P.D., Kotowicz M., Wasilewski R., Biegiewska M., Grzonkowska K.: Comparison of carcass composition, physicochemical and sensory traits of meat from spent broiler breeders with broilers. *Europ. Poult. Sci.*, 2016, 15 (3), 15-29.
- [13] Krawczyk J., Puchała M.: Praktyczne aspekty bioróżnorodności drobiu – dwukierunkowe wykorzystanie wybranych populacji drobiu. *Polskie Drobiarstwo*, 2015, 1, 2-6.
- [14] Lin C.Y., Kuo H.Y., Wan T.H.: Effect of free-range rearing on meat composition, physical properties and sensory evaluation in Taiwan game hens. *Asian Australas. J. Anim. Sci.*, 2014, 27 (6), 880-885.
- [15] Marcinkowska-Lesiak M., Moczowska M., Wyrwisz J., Stelmasiak A., Zdanowska-Sąsiadek Ż., Damaziak K., Monika Michalczuk M.: Wpływ płci na wybrane cechy jakości mięśni mieszańców (CCZk). *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.*, 2013, 574, 39-47.
- [16] Michalczuk M., Łukasiewicz M., Zdanowska-Sąsiadek Ż., Niemiec J.: Comparison of selected quality attributes of chicken meat as affected by rearing systems. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2014, 64 (2), 121-126.
- [17] Ormian M., Augustyńska-Prejsnar A., Sokołowicz Z.: Wpływ obróbki termicznej na wybrane cechy jakości mięśni piersiowych kurcząt z chowu wybiegowego. *Post. Techn. Przetw. Spoż.*, 2015, 2, 43-46.
- [18] Ormian M., Augustyńska-Prejsnar A., Sokołowicz Z.: Wpływ metod obróbki termicznej i temperatury wewnątrz mięśni na jakość sensoryczną mięsa kur po zakończonym okresie nieśności. W: *Bezpieczeństwo żywności. Red. Cz. Puchalski, G. Zaguła. Wyd. UR, Rzeszów 2016*, ss. 71-79.
- [19] Połtowicz K., Doktor J.: Effect of free-range raising on performance, carcass attribute and meat quality of broiler chickens. *Anim. Sci. Pap. Rep.*, 2011, 29 (2), 139-149.
- [20] Puchała M., Krawczyk J., Calik J.: Influence of origin of laying hens on the quality of their carcasses and meat after the first laying period. *Ann. Anim. Sci.*, 2014, 3, 685-696.
- [21] Puchała M., Krawczyk J., Sokołowicz Z., Utnik-Banaś K.: Effect of breed and production system on physicochemical characteristics of meat from multipurpose hens. *Ann. Anim. Sci.*, 2015, 15 (1), 247-261.
- [22] Rizzi C., Marangon A., Chiericato G.M.: Effect of genotype on slaughtering performance and meat physical and sensory characteristics of organic laying hens. *Poultry Sci.*, 2007, 86, 128-135.
- [23] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w sprawie niektórych warunków produkcji ekologicznej. *Dz. U.* 2010 r. Nr 56, poz. 348, z późn. zm.
- [24] Rozporządzenie Rady nr 834/2007, Rozporządzenie Komisji WE nr 889/2008, Ustawa z dnia 25 czerwca 2009 roku o rolnictwie ekologicznym. *Dz. U.* 2009 r. Nr 116, poz. 975.
- [25] Skomorucha I., Sosnowka-Czajka E.: Wpływ systemu utrzymania kurcząt brojlerów na kształtowanie się wybranych parametrów jakości mięsa. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 2015, 42, 1, 45-53.
- [26] Sokołowicz Z., Krawczyk J., Świątkiewicz S.: Quality of poultry meat from native chicken breeds a review. *Ann. Anim. Sci.*, 2016, 2, 347-368.
- [27] Walley K., Parrot P., Custance P., Meledo-Abraham P., Bourdin A.: A review of French consumers purchasing patterns, perceptions and decision factors for poultry meat. *Worlds Poultry Sci. J.*, 2015, 71 (1), 5-14.
- [28] Wattanachant S., Benjakul S., Ledward D.A.: Composition, color, and texture of Thai indigenous and broiler chicken muscles. *Poultry Sci.*, 2004, 83, 123-128.

- [29] Winiarska-Mieczan A., Kwiecień M., Grela E.R., Tomaszewska E., Klebaniuk R.: The chemical composition and sensory properties of raw, cooked and grilled high meat of broiler chickens fed with Fe-Gly chelate. *J. Food Technol.*, 2016, 53 (10), 3825-3833.
- [30] Ziółcki J., Doruchowski W.: Metoda oceny wartości rzeźnej drobiu. COBRD, Poznań 1989.

EFFECT OF BREED AND THERMAL TREATMENT ON BREAST MUSCLES QUALITY OF ORGANICALLY REARED HENS AFTER THEIR FIRST YEAR AS LAYERS

S u m m a r y

The objective of the study was to evaluate the effect of breed and thermal treatment methods on the meat quality of organically reared hens. The study material consisted of single breast muscles of the Green-legged partridge hens ($n = 20$) and Rosa 1 hybrids ($n = 20$). Evaluated were the quality of raw breast muscles and the quality of those that were thermally treated, i.e. cooked and roasted. The quality evaluation of raw breast meat included the following: acidity (pH_{15} , pH_{24}), colour, shear force, water holding capacity, drip loss, and chemical composition. The evaluation of the thermally treated breast meat included: colour, shear force, chemical composition, thermal losses, and sensory characteristics. The evaluation results of the raw, cooked, and roasted breast muscle meat derived from the organically reared hens after the period of using them as layers indicate that the meat derived from the Green-legged partridge hens has a better culinary suitability in comparison to the meat of the Rosa 1 hybrids. Compared to the raw breast meat of Rosa 1 hybrids, the breast muscle meat of the Green-legged partridge breed of hens was characterized by a darker colour, lower fat content, and lower drip loss; after the thermal treatment, it was characterized by a lower cooking loss, higher protein content, lower fat content, and better brittleness; also, its taste was better. Compared to roasting, cooking turned out to be more beneficial in terms of getting better tenderness and taste desirability of meat derived from hens after the accomplished period of using them as layers; this fact could be of practical importance for consumers.

Key words: hen breed, organic rearing, meat quality, thermal treatment ☒

EWA BIAŁECKA-FLORJAŃCZYK, NATALIA SOBOROWSKA, ANNA KUNDYS

BARWNIKI SPOŻYWCZE W PRODUKTACH DLA DZIECI NA PODSTAWIE DEKLARACJI PRODUCENTÓW

Streszczenie

Barwniki używane w produktach żywnościowych dzieli się na naturalne i syntetyczne. Stosowanie tych ostatnich wzbudza wiele kontrowersji ze względu na ich potencjalnie szkodliwy wpływ na organizm człowieka. Szczególne obawy dotyczą niekorzystnego wpływu barwników syntetycznych na zachowanie i zdrowie dzieci. Celem pracy była ocena składu wybranych produktów dla dzieci pod względem użytych substancji barwiących. Przegląd związków barwnych stosowanych w słodyczach i napojach przeznaczonych dla dzieci wykonano na podstawie deklaracji producentów 107 produktów, wśród których były: napoje, żelki, lizaki, cukierki i dekoracje cukiernicze. Wyniki przedyskutowano w kontekście toksyczności barwników używanych w przemyśle spożywczym. Ponadto przedstawiono krótką charakterystykę substancji barwiących znajdujących się w badanych produktach, ze szczególnym uwzględnieniem barwników syntetycznych.

Stwierdzono, że producenci badanych wyrobów przeznaczonych dla dzieci stosują przede wszystkim ekstrakty i koncentraty pochodzenia roślinnego, ewentualnie barwniki naturalne bądź identyczne z naturalnymi. Użycie barwników syntetycznych jest ograniczone zgodnie z zaleceniami Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA). Żaden z trzech organicznych barwników syntetycznych zadeklarowanych przez producentów na etykietach żywności dla dzieci nie należał do grupy tzw. „barwników z Southampton”. Mianem tym określa się barwniki (żółcień chinolinową – E104, tartrazynę – E102, żółcień pomarańczową FCF – E110, azorubinę – E122, czerwień koszenilową – E124 i czerwień Allura AC – E129), w stosunku do których istnieją przesłanki o niekorzystnym wpływie na aktywność i skupienie uwagi u dzieci.

Słowa kluczowe: produkty dla dzieci, barwniki naturalne i sztuczne, ocena bezpieczeństwa, deklaracje producentów na etykietach

Wprowadzenie

Barwa jest jedną z podstawowych cech sensorycznych żywności i w istotnym stopniu wpływa na odbiór produktu przez konsumenta. Barwniki oznaczane są na etykietach symbolem E i numerami od 100 do 199. Oznakowanie jest wprowadzone zgodnie z międzynarodowym systemem numerycznym. Ma on pomóc w uporządkowaniu dodatków do żywności oraz zapewnić szybszą ich identyfikację na rynku międzynarodowym. Dodatki oznaczone symbolem E są przebadane pod względem toksykologicznym, uznane za bezpieczne i dozwolone do stosowania do wszystkich produktów w przemyśle spożywczym przez Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) [18]. Analiza toksyczności dodatków polega na wykonaniu szeregu badań z zakresu rakotwórczości, genotoksyczności, toksyczności rozwojowej i reprodukcyjnej oraz metabolizmu. Na podstawie tej analizy i dokumentacji związku (obejmującej chemiczną identyfikację, przebieg produkcji, metody analizy i reakcje substancji w żywności) EFSA ustala ADI (*Acceptable Daily Intake*), czyli dopuszczalne dzienne spożycie, które oznacza maksymalną dawkę (mg/kg masy ciała) niewywołującą żadnych negatywnych skutków dla zdrowia, jaką człowiek może spożywać codziennie przez całe życie [10]. Dopuszczalne dzienne spożycie ustalane jest przy zachowaniu marginesu bezpieczeństwa (100 razy niższe) w stosunku do dawki NOAEL (*no observable adverse effect level*), oznaczającej maksymalną dawkę, przy której nie zaobserwowano żadnych negatywnych skutków [11]. Powinno ono uwzględniać prawdopodobną dawkę dzienną pochodzącą ze wszystkich źródeł.

Zgodnie z Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego 1333/2008 [19], terminem *barwniki* określa się: „substancje nadające lub przywracające żywności barwę, obejmujące naturalne składniki żywności i naturalne źródła, które w normalnych warunkach ani nie są same spożywane jako żywność ani nie są stosowane jako typowe składniki żywności.” Mogą to być zatem preparaty uzyskane z surowców naturalnych w wyniku selektywnej ekstrakcji pigmentów. Ze względów aplikacyjnych wśród barwników spożywczych można wyodrębnić dwie grupy [18]:

- barwniki spożywcze o limitowanym dopuszczalnym dziennym spożyciu, których maksymalne dopuszczalne poziomy zawarte są w odpowiednich przepisach (przede wszystkim barwniki syntetyczne),
- barwniki stosowane zgodnie z zasadą *quantum satis* (obejmujące przede wszystkim barwniki pochodzenia naturalnego), które nie mają określonego maksymalnego poziomu użycia i powinny być używane w dawce najniższej, niezbędnej do osiągnięcia zamierzonego efektu technologicznego, przy zastosowaniu zasad dobrej praktyki produkcyjnej.

Barwniki naturalne, których źródłem jest głównie materiał pochodzenia roślinnego, a w szczególnych przypadkach zwierzęcego, są akceptowane przez konsumentów i z reguły nie budzą zastrzeżeń zdrowotnych [17, 23]. Ich struktura chemiczna powo-

duże, że są często niestabilne i mają niewielką odporność na działanie światła, temperatury, metali oraz tlenu. Mogą zatem ulegać przemianom podczas przetwarzania i magazynowania. Produkcja barwników naturalnych polega przede wszystkim na ekstrakcji pożądanego związku z materiału biologicznego, a ich formą handlową są wyciągi, ekstrakty lub koncentraty – roztwory wodne lub olejowe, emulsje, zawiesiny, a także preparaty suche [20]. Dlatego taka forma dodatku do żywności składa się z reguły z wielu różnych substancji, których działanie także należy rozważyć – np. barwniki pochodzenia mikrobiologicznego mogą zawierać mikotoksyny [1]. W związku z tendencją do ograniczania użycia w przemyśle spożywczym sztucznych (syntetycznych) substancji barwiących, wzrasta zapotrzebowanie na barwniki naturalne, ewentualnie identyczne z naturalnymi, otrzymywane w wyniku syntezy chemicznej (jak beta-karoten lub kantaksantyna). Duże nadzieje związane są także z pozyskiwaniem substancji barwiących – na przykład likopenu czy ryboflawiny – z hodowli takich mikroorganizmów, jak bakterie, grzyby czy też algi [1].

Do barwników syntetycznych zalicza się zarówno związki organiczne, jak i nieorganiczne, przy czym te ostatnie nie odgrywają dużej roli w barwieniu żywności. Stosowane są głównie do barwienia powierzchniowego (np. w cukiernictwie) [20]. Syntetyczne barwniki organiczne to przede wszystkim związki azowe, trifenyłometylowe, indygooidowe i chinolinowe [12, 14]. W porównaniu z naturalnymi substancjami barwiącymi mają one wiele zalet, takich jak: standardowa i większa niż w przypadku barwników naturalnych moc barwienia, większa odporność na warunki zewnętrzne (temperaturę, światło, pH) i niższa cena w porównaniu z barwnikami pochodzenia naturalnego. W przeciwieństwie do ekstraktów roślinnych są to ponadto jednorodne związki chemiczne. Stosowanie syntetycznych dodatków do żywności wzbudza jednak u konsumentów wiele kontrowersji ze względu na ich potencjalnie szkodliwy wpływ na organizm człowieka [23]. Szczególnie wiele dyskusji wywołała już w latach 70. ubiegłego wieku hipoteza o powiązaniach pomiędzy predyspozycjami do ADHD i obecnością syntetycznych dodatków do żywności w diecie dzieci amerykańskich, wysunięta przez pediatrę i alergologa dra Beniamina Feingolda [7]. Zgodnie z jego doniesieniami, po wyeliminowaniu z diety syntetycznych dodatków stan ponad połowy badanych dzieci uległ poprawie. W badaniach Feingolda zwrócono także uwagę na dodatkowy negatywny wpływ pochodnych kwasu acetylosalicylowego obecnego w wielu popularnych owocach i warzywach.

Problem zasygnalizowany przez Feingolda jest wciąż tematem wielu publikacji, ponieważ nie zawsze uzyskuje się jednoznaczne rezultaty [2, 8, 14, 22]. Są one w dużym stopniu zależne od zastosowanej techniki badawczej (ślepa próba, podwójna ślepa próba), od uwarunkowań społecznych, a także wieku dzieci (młodsze wykazywały większą wrażliwość) [13]. Szczególnie w pierwszym dziesięcioleciu XXI wieku powrócono do tematu, a znaczny rozgłos zyskały badania McCann i wsp. [16], którzy na

przykładzie dwóch grup dzieci – 3-letnich oraz 8- i 9-letnich stwierdzili, że w pewnych przypadkach obecność w pożywieniu kilku poniższych barwników sprzyja nadaktywności. Badania dotyczyły żółcieni chinolinowej (E104), tartrazyny (E102), żółcieni pomarańczowej FCF (E110), azorubiny (E122), czerwieni koszenilowej (E124) i czerwieni Allura AC (E129). Barwniki te określa się mianem „barwników z Southampton” (autorzy tych badań byli pracownikami Uniwersytetu w Southampton) i są one pod szczególną obserwacją EFSA. Skutkiem powyższych badań było obniżenie przez EFSA dopuszczalnego dziennego spożycia niektórych barwników (żółcieni chinolinowej, żółcieni pomarańczowej i czerwieni koszenilowej), a także konieczność umieszczania na etykietach ostrzeżenia o potencjalnym wpływie na aktywność i skupienie uwagi u dzieci [11]. Oznaczenia analityczne wybranych 20 produktów (napojów i wyrobów cukierniczych) wykonane w 2011 roku umożliwiły stwierdzenie, że „barwniki z Southampton” były używane na poziomie niższym niż obowiązujące limity [10]. Z pewnością jednak wyeliminowanie z diety barwników syntetycznych nie można traktować jako panaceum na ADHD [13].

Poza żółcią chinolinową wszystkie barwniki „grupy Southampton” należą do związków azowych, dlatego warto poświęcić nieco uwagi ich biodegradacji. LD50 w przypadku barwników azowych szacowana jest na poziomie $500 \div 2000$ mg/kg masy ciała [15]. Z powodu intensywnej barwy używane są one w żywności w niewielkich ilościach, dlatego też jednorazowe przekroczenie tej dawki jest mało prawdopodobne. Ze względu na rozpuszczalność w wodzie barwniki azowe nie ulegają kumulacji w organizmie, są metabolizowane w wątrobie i wydalone z moczem. Obecność w cząsteczce dodatkowej grupy sulfonowej poprawia rozpuszczalność w wodzie i zmniejsza toksyczność barwników, a tym samym ułatwia wydzielenie z moczem ich metabolitów – wszystkie barwniki azowe z „grupy Southampton” zawierają co najmniej dwie grupy sulfonowe. Ewentualne toksyczne efekty uboczne powodują raczej produkty degradacji barwników: związki azowe są metabolizowane do amin aromatycznych w wyniku redukcji z udziałem azoreduktaz z mikroflory jelitowej [3].

Inny przykład stanowi historia tartrazyny (E102, rys. 6a), dość rozpowszechnionego żółtego barwnika, za pomocą którego generuje się barwę zieloną w mieszankach z barwnikami niebieskimi. Stosuje się ją w postaci soli sodowych, potasowych lub wapniowych. Przy podaniu doustnym wchłanianiu ulega poniżej 5 % związku, reszta jest wydalana w niezmienionej postaci przez nerki. Absorpcji ulegają głównie metabolity – kwas sulfanilowy i α -amino- β -ketomasłowy, które powstają w niewielkiej ilości pod wpływem mikroflory żołądkowo-jelitowej. Na podstawie poprzedniej dokumentacji i późniejszych danych literaturowych EFSA w 2009 [21] potwierdził możliwość występowania pewnych reakcji nietolerancji tartrazyny, ale nie stwierdził jej działania rakotwórczego i nie znalazł powodu do podniesienia ADI ustalonego poprzednio na poziomie $0 \div 7,5$ mg/kg masy ciała. Jednak w 2016 roku JECFA (Joint FAO/WHO

Expert Committee on Food Additives) zwiększyła ten próg do 10 mg/kg masy ciała na bazie NOAEL 984 mg/kg w badaniach chronicznej toksyczności na szczurach. Stwierdzono jednak, że obecna ekspozycja populacji (nie tylko dzieci) na tartrazynę nie stanowi zagrożenia dla zdrowia [9].

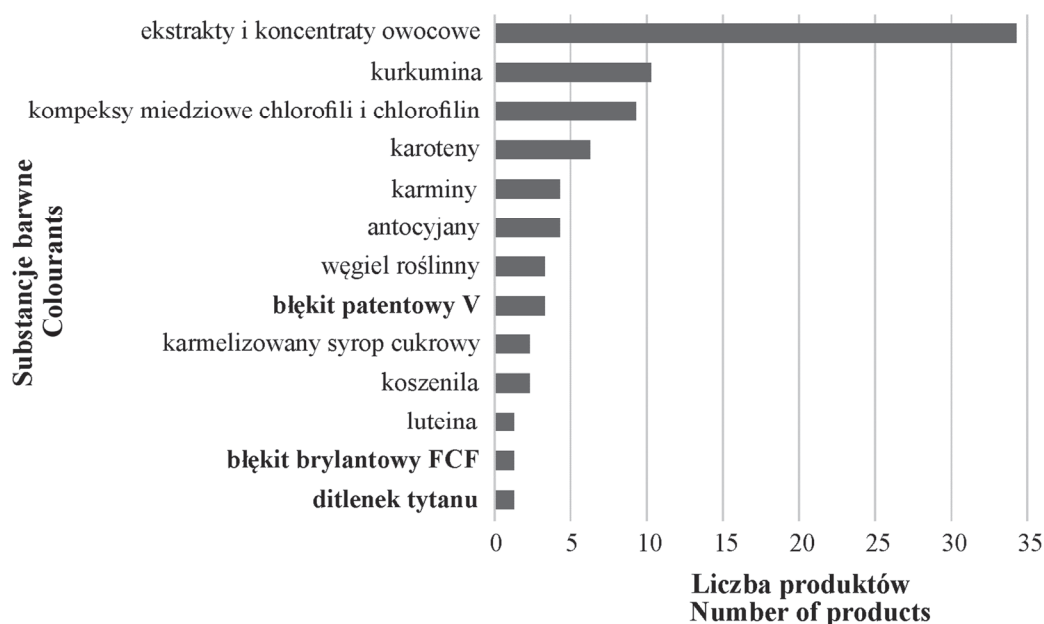
Materiał i metody badań

Materiałem doświadczalnym były wybrane produkty spożywcze przeznaczone dla dzieci, dostępne w sieci sklepów Carrefour i Tesco w Warszawie w październiku 2016 roku i w styczniu 2017. Obejmowały one wyroby z działu słodczy i napojów, w tym: 42 rodzaje żelków, 20 różnych napojów aromatyzowanych, 13 rodzajów lizaków, 18 rodzajów cukierków i karmelków oraz 14 typów dekoracji cukierniczych – w sumie 107 produktów. Analiza etykiet i deklaracji producentów na opakowaniach tych produktów dotyczyła ustalenia rodzaju użytych barwników. Oprócz konkretnych substancji barwiących często stosowane były wieloskładnikowe ekstrakty lub wyciągi roślinne (z kurkumy, marchwi purpurowej, papryki, owocu czarnego bzu i spiruliny) oraz koncentraty z roślin, w tym z owoców (jak: krokosz, jabłko, marchew, spirulina, batat, cytryna, czarna porzeczka, hibiskus, rzodkiewka, czarny bez, aronia, winogrona, pomarańcza, mango, marakuja, kiwi, malina), które nie są głównym przedmiotem poniższego opracowania – występują one w zestawieniach pod nazwą koncentratów owocowych, ekstraktów lub wyciągów – w zależności od sformułowań używanych przez producentów. Pewną trudność stwarzała także niejednolita nomenklatura stosowana przez różnych producentów na określenie tych samych barwników.

Wyniki i dyskusja

Wyniki dotyczące każdej grupy analizowanych produktów przedstawiono w formie wykresów (rys. 1 - 5).

W przebadanych 42 rodzajach żelków najczęściej stosowanym barwnikiem (poza ekstraktami i koncentratami owocowymi w 34 produktach) była kurkumina. Znajdowała się w deklaracjach producentów na 10 produktach. Na drugim miejscu odnotowano kompleksy miedziowe chlorofili i chlorofilin – 9 produktów. Kolejnymi barwnikami były karoteny – 6 produktów, karminy i antocyjany – po 4 produkty. Spośród organicznych barwników syntetycznych w 3 wyrobach użyty był błękit patentowy V, błękit brylantowy FCF – w jednym produkcie oraz nieorganiczny barwnik – dwutlenek tytanu – również w 1 produkcie. Należy zaznaczyć, że w kilkunastu produktach nie zostały użyte żadne konkretne barwniki, tylko ekstrakty roślinne (rys. 1).



Objaśnienia / Explanatory notes:

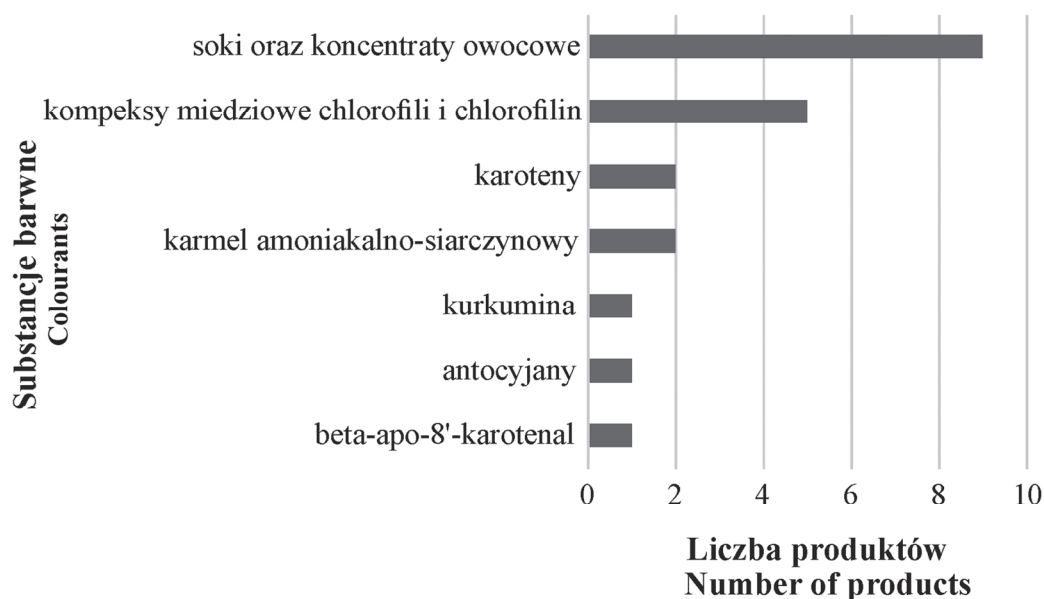
ekstrakty i koncentraty owocowe / fruit extracts and concentrates; kurkumina / curcumin; kompleksy miedziowe chlorofili i chlorofilin / copper complexes of chlorophylls and chlorophyllins; karoteny / carotenes; karminy / carmines; antocyjany / anthocyanins; węgiel roślinny / vegetable carbon; **błękit patentowy V** / patent blue V; karmelizowany syrop cukrowy / caramelised sugar syrup; koszenila / cochineal; luteina / lutein; **błękit brylantowy FCF** / brilliant blue FCF; **ditlenek tytanu** / titanium dioxide. Nazwy barwników syntetycznych pogrubiono / Names of synthetic colourants were written in bold.

Rys. 1. Rodzaje barwników i liczba badanych żelków z deklarowanym przez producentów użyciem tych barwników

Fig. 1. Types of colourants and number of analysed jellies in which, acc. to manufacturers' declarations those colourants were used

Wszystkie związki barwne, których użycie zostało zadeklarowane w przebadanych 20 napojach aromatyzowanych były pochodzenia naturalnego (lub identyczne z naturalnymi – tego rozróżnienia nie można zrobić na podstawie deklaracji producenta). W 5 produktach stwierdzono obecność kompleksów miedziowych chlorofili i chlorofilin, a karoteny i karmel amoniakalno-siarczynowy – w 2 produktach. W pojedynczych wyrobach znajdowały się kurkumina, antocyjany i beta-apo-8'-karotenal. Dominujące znowu okazały się koncentraty roślinne występujące w 9 produktach (rys. 2).

Po przeanalizowaniu 18 rodzajach karmelków i cukierków osiągnięto wyniki zbliżone do rezultatów produktów omówionych wyżej, tzn. stwierdzono zdecydowaną przewagę ekstraktów i koncentratów roślinnych. Jedynym barwnikiem syntetycznym okazała się indygotyna (rys. 3).



Objaśnienia / Explanatory notes:

soki oraz koncentraty owocowe / juices and fruit concentrates; karmel amoniakalno-siarczynowy / sulphite ammonia caramel; beta-apo-8'-karotenal / beta-apo-8'-carotenal. Pozostałe objaśnienia jak pod rys. 1. / Other explanatory notes as in Fig. 1.

Rys. 2. Rodzaje barwników i liczba badanych napojów z deklarowanym przez producentów użyciem tych barwników

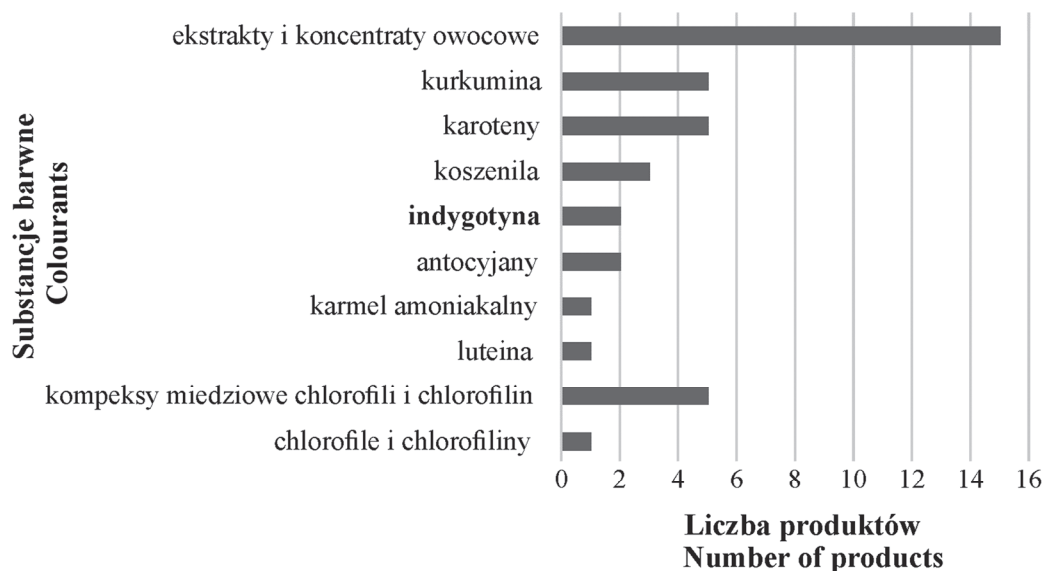
Fig. 2. Types of colourants and number of analysed beverages in which, acc. to manufacturers' declarations those colourants were used

Substancje barwiące w lizakach przeanalizowano na podstawie deklaracji producentów zamieszczonych na opakowaniach 13 produktów. Do barwienia lizaków stosowano substancje naturalne lub identyczne z naturalnymi (betaninę, kurkuminę, karoteny, antocyjany). W stosunkowo niewielkim stopniu wykorzystywano koncentraty i wyciągi barwiące pochodzenia roślinnego (rys. 4).

W przypadku dekoracji cukierniczych producenci zadeklarowali na etykietach zastosowanie 2 barwników syntetycznych, z czego jeden używany był prawie tak często jak barwiące ekstrakty roślinne. Producenci zadeklarowali również obecność kilku pigmentów nieorganicznych: dwutlenku tytanu, tlenków i wodorotlenków żelaza, a także metalicznego glinu (rys. 5).

Reasumując, można stwierdzić, że na spektrum substancji barwiących zadeklarowanych przez producentów składają się głównie ekstrakty i koncentraty roślinne oraz barwniki pochodzenia naturalnego (bądź identyczne z naturalnymi) lub barwniki otrzymywane drogą przemiany chemicznej substratów roślinnych. W tab. 1. przedsta-

wiono te barwniki, które zostały użyte w badanych produktach w postaci konkretnej substancji chemicznej lub należą do jednej grupy związków chemicznych.



Objaśnienia / Explanatory notes:

indygotyna / indigotine; karmel amoniakalny / ammonia caramel; chlorofile i chlorofiliny / chlorophylls and chlorophyllins. Pozostałe objaśnienia jak pod rys. 1. / Other explanatory notes as in Fig. 1.

Rys. 3. Rodzaje barwników i liczba badanych cukierków i karmelków z deklarowanym przez producentów użyciem tych barwników

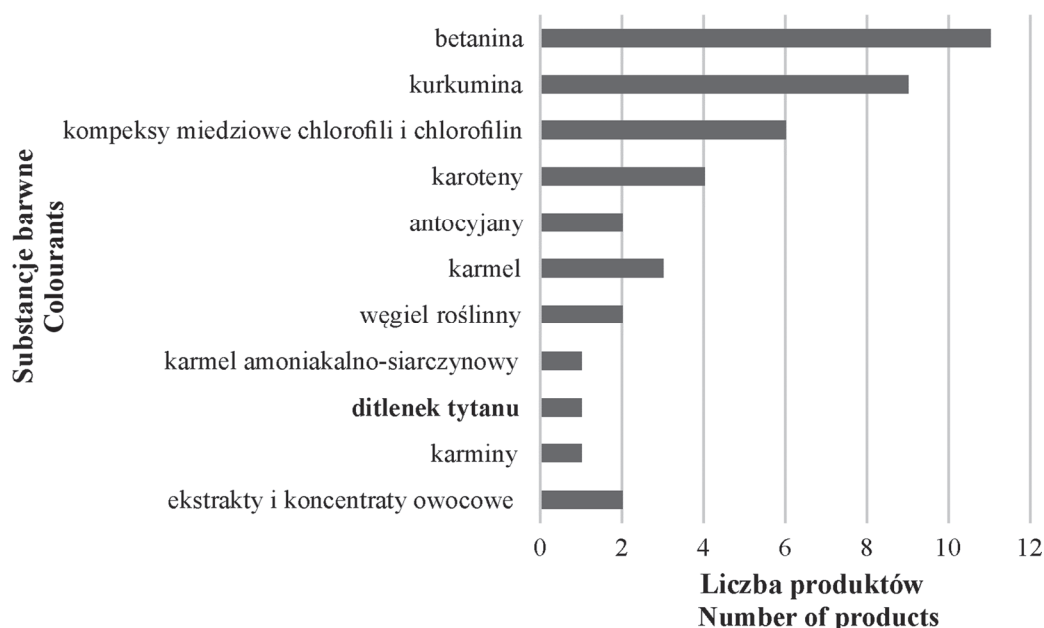
Fig. 3. Types of colourants and number of analysed candies and caramels in which, acc. to manufacturers' declarations those colourants were used

Syntetyczne barwniki, których obecność była deklarowana w badanych produktach to indygotyna, błękit patentowy V i błękit brylantowy FCF (rys. 6 b-d). Nie należą one wprawdzie do „barwników z Southampton”, ale ze względu na wyczulenie konsumentów na syntetyczne dodatki do żywności zostaną one omówione bardziej szczegółowo.

Niebieski barwnik indygotyna (indygokarmin, karmin indygo E132 – rys. 6b) to disulfonowa pochodną indyga, które obecnie produkowane jest przede wszystkim syntetycznie. Nie stwierdzono ujemnego działania indygotyny w badaniach toksyczności podostrej, reprodukcyjnej i chronicznej, a jej ADI wynosi 5 mg/kg masy ciała [6].

Błękit brylantowy FCF i błękit patentowy V należą do grupy barwników trifenylometylowych. Błękit patentowy V (E131 – rys 6c) używany jest w formie soli sodowej lub wapniowej. Według opinii EFSA z 2013 roku [22] rekomenduje się stosowanie błękitu patentowego V o czystości minimum 90 % i zawierającego nie mniej niż 1 % leukozasady. Barwnik nie wykazuje mutageniczności, genotoksyczności oraz toksycz-

ności reprodukcyjnej i rozwojowej. ADI na poziomie 5 mg/kg masy ciała ustalono na podstawie dawki NOAEL wynoszącej 500 mg/kg masy ciała w badaniach chronicznej toksyczności u myszy. Generalnie w stężeniach, które są stosowane do barwienia żywności rzadko wywołuje skutki uboczne, ale może powodować wzrost wydzielania histaminy i stanowić przyczynę nasilenia objawów astmy i reakcji alergicznych. Może również wywoływać nadpobudliwość [5].



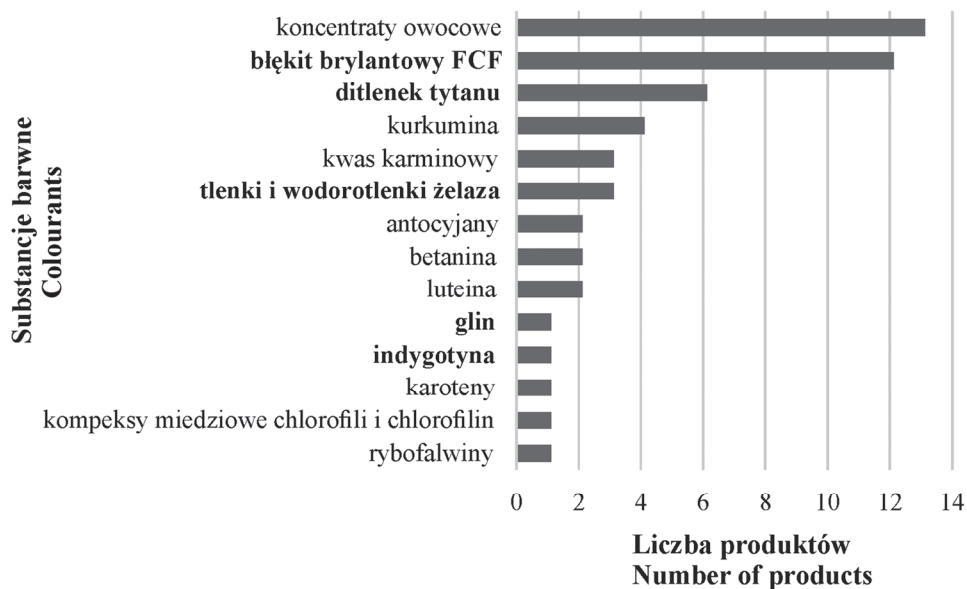
Objaśnienia / Explanatory notes:

betanina / betanine; karmel / caramel. Pozostałe objaśnienia jak pod rys. 1. i 3. / Other explanatory notes as in Fig. 1. and 3.

Rys. 4. Rodzaje barwników i liczba badanych lizaków z deklarowanym przez producentów użyciem tych barwników

Fig. 4. Types of colourants and number of analysed lollipops in which, acc. to manufacturers' declarations those colourants were used

Błękit brylantowy FCF (E133) jest stosowany w postaci soli disodowej. Na podstawie dawki NOAEL wynoszącej 631 mg/kg masy ciała w badaniach chronicznej toksyczności u myszy ustalono ADI na poziomie 6 mg/kg masy ciała. Nie jest kancerogeny i genotoksyczny, a w wyniku badań związku zawierającego izotop węgla ^{14}C stwierdzono, że jest w 95 % wydalany z kałem w niezmienionej postaci [4].



Objaśnienia / Explanatory notes:

koncentraty owocowe / fruit concentrates; kwas karminowy / carminic acid; tlenki i wodorotlenki żelaza / iron oxides and hydroxides; glin / aluminium; rybofawiny / riboflavines. Pozostałe objaśnienia jak pod rys. 1. i 4. / Other explanatory notes as in Fig. 1. and 4.

Rys. 5. Rodzaje barwników i liczba badanych dekoracji cukierniczych z deklarowanym przez producentów użyciem tych barwników

Fig. 5. Types of colourants and number of analysed confectionery decorations in which, acc. to manufacturers' declarations, those colourants were used

Tabela 1. Charakterystyka barwników deklarowanych w badanych produktach z wyłączeniem barwników syntetycznych i nieorganicznych

Table 1. Profile of colourants declared in analysed products excluding synthetic and inorganic colourants

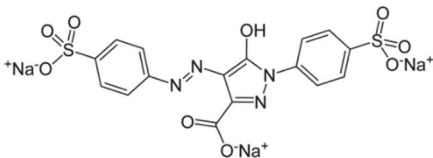
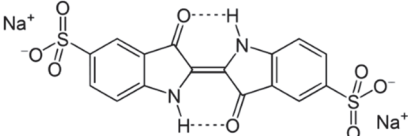
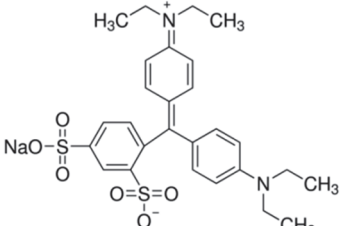
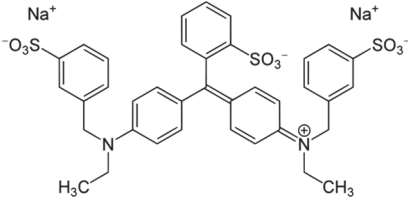
Barwnik Colourant*)	Pochodzenie / Origin [20]	Charakterystyka barwnika Profile of colourant [20]
Kurkumina, E100 (diaryloheptanoidy, polifenole) / Curcumin, E 100 diarylheptanoids, polyphenols)	ekstrakcja kłączy ostryżu długiego (<i>Curcuma longa</i>) / obtained by turmeric rhizomes extraction (<i>Curcuma longa</i>)	żółty do pomarańczowego, wrażliwy na utlenianie / yellow to orange, sensitive to oxidation
Rybofawina, wit. B ₂ , E101 (flawiny) Riboflavins, vit. B ₂ , E101 (flavins)	występuje w warzywach, produkowana mikrobiologicznie occurs in vegetables, produced microbiologically	żółty / yellow

Kwas karminowy, koszenila, karminy, E120 (anthrachinony) Carminic acid, cochineal, carmines, E120 (antraquinones)	pozyskiwany z owadów <i>Dactylopius coccus cacti</i> . Głównym składnikiem barwnika jest kwas karminowy / obtained from <i>Dactylopius coccus Cacki</i> insects. Main ingredient of colourant is carminic acid	ciemnoczerwony; zanieczyszczenia mogą powodować wstrząs anafilaktyczny, a także katar sienny oraz pokrzywkę / dark red; impurities can cause anaphylactic shock as well as hay fever and urticaria
Chlorofile i chlorofiliny, E140 (porfiryne) Chlorophylls and chlorophyllins, E 140 (porphyrins)	ekstrakcja materiału roślinnego; chlorofiliny są produktami hydrolizy grup estrowych w chlorofilu extraction of plant material; chlorophyllins are products of ester groups hydrolysis in chlorophyll	zielony, znaczenie mają chlorofile a i b; nie otrzymuje się ich w postaci czystej ze względu na brak stabilności; chlorofiliny mają barwy intensywniejsze od chlorofilu green; a and b chlorophylls are of importance; they are not obtained in pure form due to lack of stability; chlorophyllins have more intense colours than chlorophyll
Kompleksy miedziowe chlorofili i chlorofilin, E141 (porfiryne) Copper complexes of chlorophylls and chlorophyllins, E 141 (porphyrins)	półsyntetyczne pochodne chlorofilu, w których jon magnezu został zastąpiony miedzią, a grupy karboksylowe występują w postaci soli sodowych / semi-synthetic chlorophyll derivatives in which magnesium ion has been replaced with copper, and carboxyl groups are in the form of sodium salts	formy bardziej stabilne i trwałe niż kompleks z magnezem; miedź nie jest uwalniana w przewodzie pokarmowym i nie jest szkodliwa more stable and durable forms than complex with magnesium; copper is not released in the digestive tract and is not harmful
Karmel amoniakalno-siarczynowy, E150d Sulphite ammonia caramel, E150d	otrzymywany w wyniku ogrzewania węglowodanów obtained through heating carbohydrates	ciemnobrązowy do czerwonego; w zależności od substratu może zawierać alergeny / dark brown to red; depending on the substrate, it may contain allergens
Węgiel roślinny, E153 Vegetable carbon, E153	zwęglanie materiału roślinnego charring of plant material	czarny / black
Karoteny; beta-karoten, E160a (tetraterpeny) Carotenes; beta-carotene, E160a (tetraterpenes)	otrzymywany z roślin, alg i grzybów; beta-karoten syntetyczny jest identyczny z naturalnym isolated from plants, algae, and fungi; synthetic beta-carotene is identical to the natural one	żółty do pomarańczowego / yellow to orange
Beta-apo-8'-karotenal, E160e (triterpeny) Beta-apo-8'-carotenal, E160e (triterpenes)	wyodrębniany z roślin lub wytwarzany z karotenu / isolated from plants or produced from carotene	pomarańczowo-czerwony / orange-red
Luteina, E161b (tetraterpeny) Lutein, E161b (tetraterpenes)	ekstrakcja z materiału roślinnego extraction from plant material	żółty / yellow
Betanina, czerwień buraczana, E162 (pochodna indolu)	otrzymywany z buraka ćwikłowego obtained from beetroot	ciemnoczerwony; wydalany z organizmu z moczem, ale niezalecany dla dzieci w związku z obecnością azotanów / dark red; comple-

Betanin, Beetroot Red, E 162 (indole derivative)		tely excreted from the body with urine, but not recommended for children due to the presence of nitrates
Antocyjany, E163 (flawonoidy) Anthocyanins, E163 (flavonoids)	ekstrakcja z materiału roślinnego, np. czerwonej kapusty lub skórek winogron / extraction from plant material, e.g. red cabbage or grape skins	pomarańczowy do fioletowego – duży zakres barw; barwa zależy od pH / large range of colours from orange to purple; colour depends on pH

Objaśnienie / Explanatory note:

*) – w nawiasie podano grupę związków chemicznych, do której zalicza się barwnik / chemical category of different biocolourants in parentheses

a) Tartrazyna / Tartrazine (E102) 	b) Indygotyna / Indigotine (E132) 
 c) Błękit patentowy V / Patent blue V (E131)	 d) Błękit brylantowy FCF / Brilliant blue FCF (E133)

Rys. 6. Wzory chemiczne tartrazyny, jako przykładowego barwnika azowego (a), oraz omawianych barwników syntetycznych (b, c, d)

Fig. 6. Chemical structures of tartrazine as exemplary (a) azo colourant and of discussed synthetic colourants (b, c, d)

Wnioski

1. Według deklaracji producentów w produktach przeznaczonych dla dzieci stosowane są przede wszystkim ekstrakty i koncentraty pochodzenia roślinnego, ewentualnie barwniki naturalne bądź identyczne z naturalnymi.
2. Zadeklarowano obecność jedynie trzech organicznych barwników syntetycznych, przy czym żaden z nich nie należy do grupy „barwników z Southampton”. Poza

dekoracjami cukierniczymi występowały one w sumie w 6 ze 107 analizowanych produktów.

3. Obecność syntetycznych barwników organicznych zadeklarowano natomiast w prawie 80 % dekoracji cukierniczych. Nie są to jednak produkty o tak powszechnym spożyciu jak żelki czy lizaki.
4. Godne podkreślenia jest to, że producenci nie deklarowali stosowania tartrazyny do barwienia produktów dla dzieci, mimo że związek ten jest używany do barwienia produktów na kolor zielony.

Literatura

- [1] Białecka-Florjańczyk E., Kapturowska A., Stolarzewicz I.: Mikrobiologiczne źródła barwników w technologii żywności. *Postępy Mikrobiol.*, 2012, 3, 167-176.
- [2] Bateman B., Warner J.O., Hutchinson E., Dean T., Rowlandson P., Gant C., Grundy J., Fitzgerald C., Stevenson J.: The effects of a double blind, placebo controlled, artificial food colourings and benzoate preservative challenge on hyperactivity in a general population sample of preschool children. *Arch. Dis. Child.*, 2004, 89, 506-511.
- [3] Chung K.-T., Stevens S.E., Cerniglia C.E.: The reduction of azo dyes by the intestinal microflora. *Crit. Rev. Microbiol.*, 1992, 18 (3), 175-190.
- [4] EFSA: Scientific opinion on the re-evaluation of Brilliant Blue FCF (E133) as a food additive. *EFSA J.*, 2010, 8 (11), #1853.
- [5] EFSA: Scientific opinion on the re-evaluation of Patent Blue V (E131) as a food additive. *EFSA J.*, 2013, 11(3), #2818.
- [6] EFSA: Scientific opinion on the re-evaluation of Indigo Carmine (E132) as a food additive. *EFSA J.*, 2014, 12(7), #3768.
- [7] Feingold B.F.: Hyperkinesis and learning disabilities linked to artificial food flavors and colors. *Am. J. Nurs.*, 1975, 75, 797-780.
- [8] Feketea G., Tsaour S.: Common food colorants and allergic reactions in children: Myth or reality? *Food Chem.*, 2017, 230, 578-588.
- [9] FAO/WHO: Food additives summary and conclusions. 82nd Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) Meeting, Geneva, Switzerland, 2016, June, 7-16.
- [10] Gajda-Wyrębek J., Jarecka J., Kuźma K., Beresińska M.: Zawartość barwników mających szkodliwy wpływ na aktywność i skupienie uwagi u dzieci w wybranych środkach spożywczych. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2011, XLIV (3), 760-767.
- [11] Gajda-Wyrębek J., Jarecka J., Kuźma K., Mirowska M., Karłowski K.: Bezpieczeństwo barwników stosowanych w produkcji żywności. *Przem. Spoż.*, 2010, 7/8, 52-54.
- [12] Gasik A., Mitek M.: Syntetyczne barwniki organiczne w technologii żywności. *Przem. Spoż.*, 2007, 8, 48-53.
- [13] Kanarek R.B.: Artificial food dyes and attention deficit hyperactivity disorder. *Nutr. Rev.*, 2011, 69 (7), 385-391.
- [14] König J.: Food colour additives of synthetic origin. In: *Colour Additives for Foods and Beverages*. Ed. M. Scotter. Elsevier, Cambridge 2015, pp. 35-60.
- [15] Matouq M., Al-Anber Z., Susumu N., Tagawa T.: The kinetic of dyes degradation resulted from food industry in wastewater using high frequency of ultrasound. *Sep. Purific. Technol.* 2014, 135, 42-47.

- [16] McCann D., Barrett A., Cooper A., Crumpler D., Dalen L., Grimshaw K., Kitchin E., Lok K., Porteous L., Prince E., Sonuga-Barke E., Warner J.O., Stevenson J.: Food additives and hyperactive behaviour in 3-year-old and 8/9-year-old children in the community: A randomised, double-blinded, placebo-controlled trial. *Lancet*, 2007, 370 (9598), 1560-1567.
- [17] Mortensen A.: Carotenoids and other pigments as natural colorants. *Pure Appl. Chem.*, 2006, 78(8), 1477-1491.
- [18] Oplatowska-Stachowiak M., Elliott C.T.: Food colors: Existing and emerging food safety concerns. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2017, 57 (3), 524-548.
- [19] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie dodatków do żywności. *Dz. Urz. UE L 354*, s. 16, z 31.12.2008.
- [20] Rutkowski A., Gwiazda S., Dąbrowski K.: Barwniki. W: *Kompendium dodatków do żywności*. Hortimex, Konin 2003, ss. 307-348.
- [21] EFSA: Scientific opinion on the re-evaluation Tartrazine (E102). *EFSA J.*, 2009, 7(11), #1331.
- [22] Silbergeld E.K., Anderson S.M.: Artificial food colors and childhood behavior. *Bull N.Y. Acad. Med.*, 1982, 58, 275-295.
- [23] Solymosi K., Latruffe N., Morant-Manceau A., Schoefs B.: Food colour additives of natural origin. In: *Colour Additives for Foods and Beverages*. Ed. M. Scotter. Elsevier, Cambridge 2015, pp. 3-34.

FOOD COLOURANTS IN PRODUCTS FOR CHILDREN BASED ON MANUFACTURERS' DECLARATIONS

S u m m a r y

Colourants used in food products can be divided into natural and synthetic colourants. The use of the latter raises many controversies because of their potentially harmful effect on human body. Of particular concern is the disadvantageous effect of artificial colourants on the behaviour and health of children. The objective of the study was to assess the composition of some selected products for children with regard to the colourants applied. Colourific compounds used in the sweets and beverages for children were reviewed based on the manufacturer's declarations covering 107 products designed for children including beverages, jellies, lollipops, candies, and confectionery decorations. The results were discussed in the context of the toxicity of colourants applied in the food industry. Moreover, a brief description of the colouring substances found in the products analysed was presented with particular focus on the synthetic compounds.

It was found that the manufacturers of the analysed products for children used, primarily, extracts and concentrates of plant origin, and alternatively natural colourants or those identical with the natural compounds. The use of synthetic colourants is limited as recommended by the European Food Safety Authority (EFSA). As declared by the manufacturers of the food products for children on the labels thereon, none of the three organic synthetic colourants belonged to a "Southampton Six" group. This name is given to some colourants (quinoline yellow – E104, tartrazine – E102, FCF sunset yellow – E110, carmoisine – E122, ponceau 4R – E124, allura red AC – E129) in respect of whom there are grounds for believing that their effect on the activity and attention in children is disadvantageous.

Key words: products for children, natural and synthetic food colourants, safety assessment, manufacturers' declarations on labels 

GRAŻYNA MORKIS

PROBLEMATYKA ŻYWNOSCIOWA W USTAWODAWSTWIE POLSKIM I UNIJNYM

Publikujemy kolejny przegląd aktów prawnych, które ukazały się w Dzienniku Ustaw RP oraz Dzienniku Urzędowym UE. Poniższe zestawienie zawiera akty prawne dotyczące szeroko omawianej problematyki żywnościowej wg stanu na dzień 28 lutego 2018 r.

Polskie akty prawne

1. Ustawa z dnia 29 stycznia 2004 r. o Inspekcji Weterynaryjnej (Dz. U. 2018 r., poz. 36).
Ogłoszono jednolity tekst ustawy z dnia 29 stycznia 2004 r. o Inspekcji Weterynaryjnej.
Ustawa 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 weterynaryjnego lub przepisów dotyczących bezpieczeństwa żywności,
 - zasady wystawiania świadectw zdrowia, w tym określone w przepisach zawartych w aktach prawnych wymienionych w załącznikach nr 1 i 2 do ustawy z dnia 10 grudnia 2003 r. o kontroli weterynaryjnej w handlu (Dz. U. 2015 r., poz. 519).
2. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 15 stycznia 2018 r. w sprawie warunków i wysokości wynagrodzenia za wykonywanie czynności przez lekarzy weterynarii i inne osoby wyznaczone przez powiatowego lekarza weterynarii (Dz. U. 2018 r., poz. 129).

Rozporządzenie określa warunki oraz nowe wysokości wynagrodzenia za wykonywanie czynności przez lekarzy weterynarii i inne osoby wyznaczone przez powiatowego lekarza weterynarii.

Unijne akty prawne

1. Rozporządzenie Komisji (UE) 2018/74 z dnia 17 stycznia 2018 r. zmieniające załącznik II do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 w odniesieniu do stosowania kwasu fosforowego – fosforanów – di- tri- i polifosforanów (E 338 - 452) w zamrożonym mięsie na rożnie pionowym (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz. Urz. UE L 2018 r., 13, s. 21).

Kwas fosforowy – fosforany – di- tri- i polifosforany (E 338 - 452) jako dodatek do żywności może być stosowany tylko w:

- *breakfast sausages* (w przypadku tych produktów mięso mielone jest w taki sposób, że następuje całkowite rozdrobnienie tkanki mięśniowej i tłuszczowej, w wyniku czego włókna mięśniowe tworzą emulsję z tłuszczem, co nadaje tym produktom typowy dla nich wygląd),
- fińska szara szynka bożonarodzeniowa,
- *burger meat* (o zawartości warzyw lub zboża nie mniejszej niż 4 %, zmieszanych z mięsem),
- *Kasseler, Bräte, Surfleisch, toorvorst, šašlōkk, ahjupraad, Bíláklobása, Vinná klobása, Sváteční klobása i Syrová klobása*,
- zamrożone mięso baranie, jagnięce, cielęce lub wołowe na pionowym rożnie obrotowym, przyprawione przyprawą płynną, lub mięso drobiowe przyprawione przyprawą płynną lub nieprzyprawione, stosowane osobno lub w kombinacjach, a także pocięte na plastry lub mielone i przeznaczone do upieczenia przez podmiot prowadzący przedsiębiorstwo spożywcze, a następnie spożywane przez konsumenta końcowego.

2. Rozporządzenie Komisji (UE) 2018/97 z dnia 22 stycznia 2018 r. zmieniające załącznik II do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 w odniesieniu do stosowania substancji słodzących w pieczywie cukierniczym i wyrobach ciastkarskich (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz. Urz. UE L 2018 r., 17, s. 11).

Zostały skreślone z wykazu dozwolonych dodatków do żywności następujące substancje słodzące: E950 Acesulfam K, E951 Aspartam, E952 Kwas cyklaminy i jego sole: sodowa i wapniowa, E954 Sacharyna i jej sole: sodowa, potasowa i wapniowa, E955 Sukraloza, E959 Neohesperydyna DC, E961 Neotam, E962 Sól aspartamu i acesulfamu i E969 Adwantam w odniesieniu do ich zastosowania

w pieczywie cukierniczym i wyrobach ciastkarskich specjalnego przeznaczenia żywieniowego.

Pieczywo cukiernicze i wyroby ciastkarskie specjalnego przeznaczenia żywieniowego zawierające wyżej wymienione dodatki do żywności mogą pozostawać w obrocie do momentu wyczerpania zapasów.

3. Rozporządzenie Komisji (UE) 2018/62 z dnia 17 stycznia 2018 r. zastępujące załącznik I do rozporządzenia (WE) nr 396/2005 Parlamentu Europejskiego i Rady (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz. Urz. UE L 2018 r., 18, s. 1).

Produkty pochodzenia roślinnego i zwierzęcego, do których – na warunkach określonych w rozporządzeniu (WE) nr 396/2005 – stosuje się najwyższe dopuszczalne poziomy pozostałości pestycydów („NDP”) określone tym rozporządzeniem, są wymienione w załączniku I do tego rozporządzenia. Załącznik I do rozporządzenia (WE) nr 396/2005 zastępuje się tekstem znajdującym się w załączniku do niniejszego rozporządzenia. W załączniku tym znajduje się wykaz produktów pochodzenia roślinnego i zwierzęcego, do których stosuje się NDP. ☒

NOWE KSIĄŻKI

Kultura bezpieczeństwa żywności. Istota i narzędzia pomiaru

Małgorzata Z. Wiśniewska

Wydawnictwo: CeDeWu, 2018, ISBN 978-83-7556-986-5

liczba stron 190, cena 48,00 zł

Zamówienia: <http://cedewu.pl>

Kultura bezpieczeństwa żywności pojawiła się w kontekście różnych patologii i nieprawidłowości obserwowanych na rynku żywności, skutkujących utratą zaufania konsumentów. Z tego względu jest to temat bardzo istotny, gdyż brak kultury bezpieczeństwa należy do kategorii tzw. nowych zagrożeń dla bezpieczeństwa produktu żywnościowego. Jednym z podstawowych ograniczeń zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa i higieny podczas produkcji żywności jest niedostateczne wsparcie organizacyjne oraz słabe zaangażowanie menedżerów i ignorowanie problemów dotyczących zasad higieny. W książce scharakteryzowano podstawowe definicje i założenia związane z ogólnym pojęciem bezpieczeństwa oraz bezpieczeństwa żywności, omówiono stosunkowo nowe zjawisko, jakim są przestępstwa związane z żywnością i łańcuchem żywnościowym, scharakteryzowano czynniki i uwarunkowania sprzyjające tworzeniu kultury bezpieczeństwa żywności oraz przedstawiono narzędzia pozwalające określać, mierzyć i oceniać dojrzałość poziomu kultury bezpieczeństwa żywności w organizacji oraz wskazywać na obszary wymagające doskonalenia.

Podstawy analizy i oceny jakości żywności. Skrypt do ćwiczeń

Teresa Fortuna (red.), Małgorzata Bączkiewicz, Lesław Juszcak, Joanna Sobolewska-Zielińska

Wydawnictwo: Wyd. UR w Krakowie, 2018, wyd. 3, ISBN 978-83-64758-67-6

liczba stron 288, cena 25,00 zł

Zamówienia: <https://wydawnictwo.ur.krakow.pl>

Skrypt jest przeznaczony dla studentów Technologii żywności jako pomoc dydaktyczna do ćwiczeń z przedmiotów związanych z analityką żywnościową. Pierwsze trzy rozdziały książki mają charakter teoretyczny i zawierają omówienie podstawowych zasad pobierania i przygotowywania próbek do analizy, opis ważniejszych błędów

popęłnianych podczas analiz oraz charakterystykę podstawowego szkła i sprzętu laboratoryjnego. Kolejne rozdziały dotyczą zagadnień z zakresu analizy sensorycznej, wybranych właściwości fizycznych oraz ważniejszych składników chemicznych żywności, metod oznaczania ich zawartości, a także sposobów określania wartości energetycznej produktów spożywczych oraz wykrywania zafałszowań żywności. Obok wprowadzenia teoretycznego każdy z tych rozdziałów zawiera część praktyczną z opisem wykonania ćwiczenia oraz wykazem potrzebnych odczynników i aparatury.

Nanomaterials for Food Packaging: Materials, Processing Technologies and Safety Issues

[Nanomateriały dla opakowalnictwa żywności: Materiały, technologie przetwarzania i kwestie bezpieczeństwa]

Miguel Angelo Parente Ribeiro Cerqueira, Jose Maria Lagaron, Lorenzo Miguel Pastana Castro, Antonio Augusto Martins de Oliveira Soares Vicente

Wydawnictwo: Elsevier, 2018, ISBN 9780323512718

liczba stron 360, cena 153 USD

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

W opracowaniu w sposób szczegółowy i interdyscyplinarny przedstawiono najnowsze wyniki badań z zakresu zastosowania nanotechnologii w opakowalnictwie żywności. Postęp w nanotechnologii wpłynął na wprowadzenie nowych, tańszych i bezpieczniejszych technik pakowania żywności. Jednocześnie wykorzystanie odnawialnych nanomateriałów sprawiło, że opakowania do żywności stały się bardziej uniwersalne. W poszczególnych rozdziałach książki dokonano kompleksowego przeglądu wykorzystywanych materiałów w aspekcie ich struktury i funkcjonalności oraz przedstawiono nowe technologie przetwórcze w celu zastosowania i produkcji materiałów opakowaniowych bazujących na nanotechnologii. Ponadto scharakteryzowano wykorzystanie materiałów funkcjonalnych do opracowania aktywnych i inteligentnych opakowań oraz możliwość migracji i toksyczność nanomateriałów mających kontakt z żywnością. Opracowanie dostarcza szczegółowych informacji na temat wykorzystania nanomateriałów i nanotechnologii w opakowalnictwie żywności, możliwych zastosowań i barier regulacyjnych w ich komercjalizacji. Autorzy ujęli omawianą problematykę interdyscyplinarnie, łącząc wiedzę o materiałach, chemię i naukę o żywności oraz przemysłowe i prawne aspekty tworzenia i zastosowania nanomateriałów w opakowalnictwie żywności.

Food Process Engineering and Quality Assurance

[Inżynieria procesów spożywczych i zapewnienie jakości]

C.O. Mohan, Elizabeth Carvajal-Millan, C.N. Ravishankar, A.K. Haghi

Wydawnictwo: Apple Academic Press, 2018, ISBN 9781771885768

liczba stron 676, cena 199,95 USD

Zamówienia: <http://www.appleacademicpress.com>

Książka dostarcza wielu wartościowych informacji na temat najnowszych wyników badań i opracowań dotyczących nowych technologii stosowanych w przetwarzaniu żywności i zapewnieniu jej odpowiedniej jakości. Opracowanie zawiera szczegółowe techniczne i naukowe informacje na temat różnych technologii przetwarzania żywności, istotnych dla branży spożywczej. Procesy i operacje jednostkowe opisane w książce mają zastosowanie w wielu dziedzinach przemysłu spożywczego, w tym w suszeniu, mieleniu, wycłaczaniu, chłodzeniu, przenoszeniu ciepła i masy, separacji membranowej, zateżaniu, odwirowywaniu, przepływie oraz mieszaniu płynów i sproszkowanych ciał stałych, w transporcie pneumatycznym oraz modelowaniu, monitorowaniu i sterowaniu procesami. W książce omówiono zaawansowane materiały i techniki wykorzystywane między innymi do sterylizacji chemicznej i cieplnej, zaawansowanego pakowania oraz monitorowania i kontroli, które są niezbędne w zautomatyzowanych instalacjach do produkcji bezpiecznych produktów spożywczych.

Food By-Product Based Functional Food Powders

[Funkcjonalne proszki żywnościowe na bazie produktów ubocznych]

Özlem Tokuşoğlu

Wydawnictwo: CRC Press, 2018, ISBN 9781482224375

liczba stron 284, cena 112,00 GBP

Zamówienia: <http://www.crcpress.com>

Produkty uboczne powstające podczas przetwarzania żywności mogą nadal zawierać wiele cennych substancji. Produkty uboczne przemysłu spożywczego w postaci płynnej, wycłoczyn lub w proszku można uzyskać po przetworzeniu owoców, warzyw, mięsa, owoców morza, mleka i produktów mlecznych, przetworów zbożowych, orzechów, tłuszczów i olejów. Podstawową metodą zachowania jakości produktów ubocznych jako cennych i przydatnych składników jest ich suszenie i przekształcanie w postać sproszkowaną. W książce omówiono sproszkowane koncentraty spożywcze na bazie produktów ubocznych i odpadów żywnościowych, a także przedstawiono charakterystykę chemiczną, właściwości funkcjonalne, unikalne cechy bioaktywne, innowacyjne technologie stosowane do ich otrzymywania i przetwarzania oraz ich wykorzystanie. Omówiono sposoby charakterystyki produktów ubocznych w celu ich wykorzystania jako: źródła fitochemicznych składników diety, w tym przeciwutleniaczy, karotenoidów, innych bioaktywnych polifenoli i błonnika pokarmowego oraz źródła białek, peptydów i aminokwasów, jak również kolagenu i żelatyny.

Natural Substances for Cancer Prevention

[Naturalne substancje w prewencji nowotworów]

Jun-Ping Xu

Wydawnictwo: CRC Press, 2018, ISBN 9780815365389

liczba stron 492, cena 160,00 GBP

Zamówienia: <http://www.crcpress.com>

W książce scharakteryzowano wybrane naturalne składniki oraz produkty żywnościowe, które mają potencjalny hamujący wpływ na powstawanie i rozwój nowotworów. Opisano zróżnicowane antyproliferacyjne, przeciwwirusowe, przeciwprzerzutowe i przeciwnowotworowe działanie *in vitro* i *in vivo* na różne typy komórek nowotworowych. Omówiono naturalne substancje pochodzące ze środków spożywczych mające zdolność do hamowania rozwoju nowotworów. W opracowaniu szczegółowo przedstawiono, w jaki sposób liczne wyniki badań świadczą o tym, że właściwości naturalnie występujących bioaktywnych składników utrudniają wszystkie etapy rozwoju choroby nowotworowej od inicjacji do przerzutów. W związku z tym ważnym celem w zakresie profilaktyki nowotworowej jest modyfikacja nawyków żywieniowych i zwiększenie spożycia substancji naturalnych o działaniu przeciwnowotworowym.

Opracował: Lesław Juszcak

TECHNOLOG ŻYWNOSCI

INFORMATOR POLSKIEGO TOWARZYSTWA TECHNOLOGÓW ŻYWNOSCI

Rok 28 Nr 1

marzec 2018

WAŻNIEJSZE KRAJOWE I ZAGRANICZNE KONFERENCJE NAUKOWE

W 2018 ROKU

Kwiecień

16 - 18 KIRY k. ZAKOPANEGO = III Sympozjum Naukowe z cyklu “Bezpieczeństwo żywnościowe i żywności”

Organizatorzy: Zakład Higieny i Zarządzania Jakością Żywności Wydziału Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji SGGW, Zarząd Główny Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, Sekcja Bezpieczeństwa Żywności Komitetu Nauk o Żywności i Żywieniu PAN

Kontakt: dr inż. Beata Biliska

e-mail: sympozjum_bezpieczenstwo@sggw.pl; tel. (22) 593-70-75

18 - 20 KIRY k. ZAKOPANEGO = Krokusowe IX Sympozjum Naukowe z cyklu “Probiotyki w żywności”

Organizatorzy: Zakład Higieny i Zarządzania Jakością Żywności Wydziału Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji SGGW, Zarząd Główny Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, Sekcja Mikrobiologii i Biotechnologii PAN

Kontakt: dr inż. Monika Trząskowska

e-mail: sympozjumprobiotyki@gmail.com; tel. (22) 593-70-68

Maj

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

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

Informacje: <http://www.binoz.upwr.edu.pl/ziemniak>
Kontakt: dr inż. Joanna Miedzianka
e-mail: ziemniak@wnoz.up.wroc.pl; tel. (71) 320-77-16

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

Organizator: Wyższa Szkoła Inżynierii i Zdrowia w Warszawie
Informacje: www.wsiiz.pl
Kontakt: nauka@wsiiz.pl

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

Organizatorzy: Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, Oddział Lubelski PTTŻ, Sekcja Młodej Kadry Naukowej PTTŻ, Sekcja Chemii Żywności PTCh
Informacje: www.mkn.ultra.edu.pl
Kontakt: dr Urszula Złotek; tel. (81) 462 33 28
e-mail: smknlublin@up.lublin.pl; tel. (81) 462-33-41

Czerwiec

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

Organizatorzy: Katedra Żywnienia Człowieka, Centrum Gastronomii z Dietetyką i Biooceną Żywności Wydziału Nauki o Żywności Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, Polskie Towarzystwo Nauk Żywnościowych (PTNŻ), Oddział Olsztyńsko-Gdański Polskiego Towarzystwa Nauk Żywnościowych, Komitet Nauki o Żywieniu Człowieka Wydziału V Nauk Medycznych Polskiej Akademii Nauk
Kontakt: dr inż. Małgorzata A. Słowińska
e-mail: katedra.zywienia.czlowieka@uwm.edu.pl; tel. (89) 523-36-73

19 - 20 LUBLIN = III Międzynarodowa Konferencja z cyklu „Ekologia człowieka”

Organizatorzy: Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, Wydział Biologii, Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, Wydział Farmaceutyczny z Oddziałem Analityki Medycznej Uniwersytetu Medycznego w Lublinie, Wydział Nauk o Zdrowiu Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie, Sekcja Nauk o Człowieku i Sekcja Dydaktyki Biologii Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika, Oddział Lubelski Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika, Sekcja Ekologiczna, Sekcja Fitoterapii i Sekcja Metodologii Nauk Medycznych

Polskiego Towarzystwa Lekarskiego, Oddział Lubelski Polskiego Towarzystwa Nauk Ogrodniczych, Oddział Lubelski Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, Lubelskie Towarzystwo Wspierania Nauk Farmaceutycznych

Informacje: <http://www.hbpl.ptpk.org/>

<http://www.ptl.medserwis.pl/sekcja-ekologiczna.php>

Kontakt: ekologia.czlowieka@up.lublin.pl

20 - 21 WROCŁAW = International Scientific Conference “Biotechnology – Research and Industrial Applications”

Organizator: Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu

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

Kontakt: bria.conference@wnoz.up.wroc.pl

20 - 21 WROCŁAW = The 8th International Conference on “Quality and Safety in Food Production Chain”

Organizator: Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu

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

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

26 - 27 WARSZAWA = VI Sympozjum Inżynierii Żywności połączone z Jubileuszem 40-lecia utworzenia Katedry Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji SGGW

Organizator: Wydział Nauk o Żywności SGGW, Komitet Nauk o Żywności i Żywieniu PAN, Oddział Warszawski Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, Oddział Warszawski Polskiego Towarzystwa Agrofizycznego

Informacje: <http://kizop.sggw.pl/siz2018>

Kontakt: dr hab. inż. Ewa Gondek

e-mail: kizopsiz@sggw.pl; tel. (22) 593-75-63

27 - 29 TARNOWO PODGÓRNE k. POZNANIA = V Międzynarodowa Konferencja Naukowa z cyklu “Meat in Technology and Human Nutrition” nt. „Meat as a Functional and Pro-healthy Part of our Diet”

Organizatorzy: Polskie Towarzystwo Technologów Żywności, Katedra Technologii Mięsa Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

Informacje: www.up.poznan.pl/meat2018

Kontakt: dr inż. Mirosława Krzywdzińska-Bartkowiak

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

Wrzesień

- 3 - 7 GDAŃSK = IX Kongres Technologii Chemicznej TECHEM 2018**
 Organizatorzy: Stały Komitet Technologii Chemicznej, Wydział Chemiczny Politechniki Gdańskiej
 Informacje: <http://techem9.pg.edu.pl>
 Kontakt: dr hab. inż. Agnieszka Pladzyk
 e-mail: techem9@pg.edu.pl; tel. (58) 347-23-29
- 6 - 7 POZNAŃ = II Konferencja Naukowa z cyklu „Nauka o zbożach” nt. „Nowa jakość dla świadomego Konsumenta”**
 Organizatorzy: Oddział Wielkopolski Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu
 Informacje: <http://www1.up.poznan.pl/noz>
 Kontakt: dr inż. Przemysław Kowalczewski
 e-mail: noz@up.poznan.pl; tel. 450-000-586
- 24 - 25 KRAKÓW = XIII Konferencja Naukowa z cyklu „Żywność XXI wieku” nt. "Żywność a składniki bioaktywne"**
 Organizatorzy: Oddział Małopolski Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, Wydział Technologii Żywności Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie
 Informacje: <http://www.pttzm.org/zywxxi18.php>
 Kontakt: dr hab. inż. Jacek Słupski
 e-mail: zywnoscxxi@pttzm.org; tel. (12) 662-47-54

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 Agronomiczny 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 Nouredin 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

CZŁONKOWIE WSPIERAJĄCY POLSKIEGO TOWARZYSTWA
TECHNOLOGÓW ŻYWNOSTCI

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

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

KOMUNIKATY

Informacje dla Autorów oraz wymagania redakcyjne publikujemy na nowej stronie internetowej **<http://www.wydawnictwo.pttz.org>**

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

Adresy Zarządu Głównego, Oddziałów i Sekcji Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności

PREZES / ODDZIAŁ	ADRES
Prof. dr hab. inż. Agnieszka Kita Prezes PTTŻ	UP, ul. Chełmońskiego 37/41, 51-630 WROCŁAW Tel.: 71 320 77 62; e-mail: agnieszka.kita@upwr.edu.pl
Dr hab. inż., prof. nadzw. Joanna Kawa-Rygielska Sekretarz PTTŻ	UP, ul. Chełmońskiego 37/41, 51-630 WROCŁAW Tel.: 71 320 77 64; 71 320 52 04 e-mail: joanna.kawa-rygielska@upwr.edu.pl
Dr hab. inż., prof. nadzw. Aleksandra Wilczyńska, Oddział Gdański	AM, ul. Morska 81-87, 81-225 GDYNIA Tel.: 58 690 15 62; e-mail: a.wilczynska@wpit.am.gdynia.pl
Dr hab. inż. Małgorzata Karwowska Oddział Lubelski	UP, ul. Skromna 8, 20-704 LUBLIN; Tel.: 81 462 33 41; e-mail: malgorzata.karwowska@up.lublin.pl
Dr hab. inż. Joanna Leszczyńska Oddział Łódzki	PL, ul. Stefanowskiego 4/10, 90-924 ŁÓDŹ e-mail: joanna.leszczynska@p.lodz.pl
Prof. dr hab. Lesław Juszcak Oddział Małopolski	UR, ul. Balicka 122, 30-149 KRAKÓW Tel. 12 662 47 78; e-mail: rrjuszcz@cyf-kr.edu.pl
Dr inż. Janusz Pomianowski Oddział Olsztyński	UWM, Pl. Cieszyński 1, 10-957 OLSZTYN Tel.: 89 523 36 17; e-mail: Pomian@uwm.edu.pl
Dr hab. inż., prof. nadzw. Małgorzata Dżugan Oddział Podkarpacki	UR w Rzeszowie, ul. M. Ćwiklińskiej 2, 35-601 RZESZÓW Tel. 17 872 16 19; e-mail: mdzugan@ur.edu.pl
Dr hab. Izabela Dmytrów Oddział Szczeciński	ZUT, ul. Kazimierza Królewicza 4, 71-550 SZCZECIN Tel.: 507 104 101; e-mail: izabela.dmytrow@gmail.com
Dr hab. inż. Ewa Jakubczyk Oddział Warszawski	SGGW, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 WARSZAWA Tel.: 22 593 75 62; e-mail: ewa_jakubczyk@sggw.pl
Dr hab. Dorota Piasecka-Kwiatkowska Oddział Wielkopolski	UP, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 POZNAŃ Tel.: 61 848 73 47; e-mail: dorotapk@up.poznan.pl
Dr hab. inż., prof. nadzw. Joanna Kawa-Rygielska Oddział Wrocławski	UP, ul. Chełmońskiego 37/41, 51-630 WROCŁAW Tel.: 71 320 54 77; e-mail: pttz_ow@wnoz.up.wroc.pl
SEKCJE	
Dr Karol Krajewski Ekonomiczna	Politechnika Koszalińska, ul. Kwiatkowskiego 6e, 75-343 KOSZALIN Tel.: 609 807 618; e-mail: janjasienczyk@poczta.onet.pl
Dr inż. Arkadiusz Żych Technologii Mięsa	ZUT, ul. Kazimierza Królewicza 4, 71-550 SZCZECIN Tel.: 91 449 66 00 wew. 6583; e-mail: arkadiusz.zych@zut.edu.pl
Dr hab. Magdalena Rudzińska Chemii i Technologii Tłuszczów	UP, Ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 POZNAŃ Tel.: 61 848 72 76; e-mail: magdar@up.poznan.pl
Prof. dr hab. Antoni 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. nazw. Piotr Gębczyński Chemii i Technologii Owoców i Warzyw	UR, ul. Balicka 122, 30-149 KRAKÓW e-mail: rrgebczy@cyf-kr.edu.pl
Mgr inż. Monika Przeor Młodej Kadry Naukowej	UP, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 POZNAŃ e-mail: m.przeor@up.poznan.pl