POLSKIE TOWARZYSTWO TECHNOLOGÓW ŻYWNOŚCI

ŻYWNOŚĆ

Nauka Technologia Jakość

FOOD

Science Technology Quality

Nr 1 (130)

Kraków 2022

Rok 29

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

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 hab. Anna Piechnik, prof. UJ

Redaktor statystyczny: prof. dr hab. Mariusz Witczak

Stali współpracownicy: dr Grażyna Morkis (Kraków)

Rada Naukowa: prof. dr hab. Tadeusz Sikora (*przewodniczący*), prof. dr hab. Grażyna Bortnowska, prof. dr hab. Jacek Domagała, prof. dr hab. Jozef Golian (Słowacja), prof. dr hab. Anna Gramza-Michałowska, prof. dr hab. Waldemar Gustaw, prof. dr hab. Grażyna Jaworska, prof. dr hab. Henryk Jeleń, prof. dr hab. Miroslava Kačániová (Słowacja), prof. dr hab. Joanna Kawa-Rygielska, prof. dr hab. Agnieszka Kita, prof. dr hab. Elżbieta Klewicka, prof. dr hab. Danuta Kołożyn-Krajewska, prof. dr hab. Jolanta Król, prof. dr hab. Katarzyna Majewska, prof. dr hab. Stanisław Mleko, prof. dr hab. Mariusz Piskuła, prof. dr hab. Piotr Przybyłowski, prof. dr hab. Krzysztof Surówka, prof. dr hab. Dorota Witrowa-Rajchert, prof. dr hab. Dorota Żyżelewicz.

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 2022
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 (130) **Kraków 2022** **Rok 29**

SPIS TREŚCI

Od Redakcji 3

JOANNA SADOWSKA, KAROL WŁODARCZYK: Wybrane aspekty technologiczne i zdrowotne stosowania oleju palmowego w produkcji żywności 5

ADAM GRDEŃ, HALINA KOBAK, BARTOSZ SOŁOWIEJ: Wybrane niekonwencjonalne źródła białka i innych składników odżywczych 22

JOANNA WAJS, ANETA BRODZIAK: Zastosowanie frakcji MCT z oleju kokosowego w żywieniu i wpływ na zdrowie 38

FILIP KRANKOWSKI, TOMASZ TARKO: Owoce zapomniane jako potencjalne surowce winiarskie 51

ANNA FRAŚ, KINGA GOŁĘBIEWSKA, MAGDALENA WIŚNIEWSKA, DARIUSZ R. MAŃKOWSKI: Ocena zawartości wybranych składników odżywczych i substancji bioaktywnych w różnych rodzajach pieczywa dostępnych na polskim rynku 62

TOMASZ DŁUGOSZ, KATARZYNA PENTOŚ: Metody numeryczne w analizie tangensa strat dielektrycznych miodu – analiza właściwości 77

MARCELINA KARBOWIAK, WIOLETTA MOSIEJ, DOROTA ZIELIŃSKA: Wpływ dodatku błonnika i β-glukanu na przeżywalność bakterii probiotycznych w mlecznych napojach fermentowanych 87

JOANNA HOROSZEWICZ, MARCIN KRUK, KATARZYNA KRÓL, DANUTA JAWORSKA, EWELINA HALLMANN, MONIKA TRZĄSKOWSKA: Wykorzystanie okryw nasiennych orzechów laskowych do wzbogacenia żywności w polifenole i zwiększenia bezpieczeństwa żywności 101

GRAŻYNA MORKIS: Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym 111

LESŁAW JUSZCZAK: Nowe książki 114

Technolog Żywności 118

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 (130) **Kraków 2022** **Vol. 29**

CONTENTS

From the Editor 3

JOANNA SADOWSKA, KAROL WŁODARCZYK: Selected technological and health aspects of using palm oil in food production 5

ADAM GRDEŃ, HALINA KOBAK, BARTOSZ SOŁOWIEJ: Selected unconventional sources of protein and other nutrients 22

JOANNA WAJS, ANETA BRODZIAK: Health effects of MCT fraction from coconut oil and its use in nutrition 38

FILIP KRANKOWSKI, TOMASZ TARKO: Forgotten fruits as potential wine raw materials 51

ANNA FRAŚ, KINGA GOŁĘBIEWSKA, MAGDALENA WIŚNIEWSKA, DARIUSZ R. MAŃKOWSKI: Assessing content of selected nutrients and bioactives in different kinds of bread available on the Polish market 62

TOMASZ DŁUGOSZ, KATARZYNA PENTOŚ: Numerical methods in loss tangent of honey - properties analysis 77

MARCELINA KARBOWIAK, WIOLETTA MOSIEJ, DOROTA ZIELIŃSKA: Effect of the addition of fibre and β-glucan on the survivability of probiotic bacteria in fermented milk beverages 87

JOANNA HOROSZEWICZ, MARCIN KRUK, KATARZYNA KRÓL, DANUTA JAWORSKA, EWELINA HALLMANN, MONIKA TRZĄSKOWSKA: The use of hazelnut seed skins for the fortification of food with polyphenols and to increase food safety 101

GRAŻYNA MORKIS: Food problems in Polish and EU legislation 111

LESŁAW JUSZCZAK: Book reviews 114

The Food Technologist 118

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 (130) czasopisma Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, w którym publikujemy artykuły naukowe o zróżnicowanej tematyce z zakresu nauk o żywności i żywieniu.

W dziale Technolog Żywności podajemy informacje o dotyczące Walnego Zgromadzenia Delegatów, które odbyło się 9 grudnia 2021 r. w Warszawie oraz o wynikach przeprowadzonych wyborów do Władz Towarzystwa, a także o wybranych konferencjach współorganizowanych przez PTTŻ.

Zapraszamy do odwiedzania naszej strony internetowej: http://wydawnictwo.pttz.org oraz strony Zarządu Głównego: https://pttz.org/pl

Kraków, marzec 2022 r.

Redaktor Naczelny

prof. dr hab. Lesław Juszczak

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2022, 29, 1 (130), 5 – 22

DOI: 10.15193/zntj/2022/130/404

JOANNA SADOWSKA, KAROL WŁODARCZYK

WYBRANE ASPEKTY TECHNOLOGICZNE I ZDROWOTNE STOSOWANIA OLEJU PALMOWEGO W PRODUKCJI ŻYWNOŚCI

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

Wprowadzenie. Tłuszcze roślinne są najczęściej olejami o wysokiej zawartości pożądanych w diecie nienasyconych kwasów tłuszczowych. Wyjątkiem są oleje z roślin tropikalnych, m.in. olej palmowy. W ostatnich kilkunastu latach żywieniowe wykorzystanie oleju palmowego znacznie się zwiększyło. Jednym z argumentów, dzięki którym wzrosło zainteresowanie tym tłuszczem, jest fakt, że w krajach tropikalnych olej ten jest od setek lat obecny w całodziennej racji pokarmowej, nie przyczyniając się do rozwoju chorób sercowo-naczyniowych. Wysoka zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych sprawia, że wpływ oleju palmowego na zdrowie jest utożsamiany z wpływem tłuszczów zwierzęcych. W niniejszej pracy dokonano przeglądu danych literaturowych w zakresie zastosowania technologicznego i działania oleju palmowego na organizm ludzi i zwierząt doświadczalnych.

Wyniki i wnioski. Wyniki badań dotyczące wpływu spożywania oleju palmowego na zdrowie są niejednoznaczne. Najczęściej stwierdza się, że zastąpienie oleju palmowego olejami bogatymi w nienasycone kwasy tłuszczowe nie przynosi wymiernych korzyści zdrowotnych, w tym związanych z poprawą metabolizmu węglowodanowo-lipidowego, i nie wpływa na ryzyko chorób sercowo-naczyniowych. Zgodnie z międzynarodowymi wytycznymi spożycie nasyconych kwasów tłuszczowych powinno być utrzymywane na poziomie <10 % całkowitej energii w ramach zbilansowanej diety i w tych granicach nie wykazano niekorzystnego wpływu spożycia oleju palmowego na zdrowie ludzi. Ograniczeniem możliwości wnioskowania o wpływie oleju palmowego na zdrowie jest duże zróżnicowanie jego rodzajów. Najczęściej nie jest ono uwzględniane w prowadzonych badaniach, a w części metodycznej większości publikacji brakuje informacji o tym, jaki olej palmowy został użyty. Dlatego tak ważne jest prowadzenie dobrze zaplanowanych badań z precyzyjnie dobranym i opisanym rodzajem oleju palmowego.

Słowa kluczowe: olej palmowy, rodzaje, zastosowanie, metabolizm węglowodanowo-lipidowy, mikrobiota

Dr hab. inż. prof. ZUT J. Sadowska, ORCID: 0000-0002-5867-0459, Katedra Mikrobiologii Stosowanej i Fizjologii Żywienia Człowieka, Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Papieża Pawła VI 3, 71-459 Szczecin, mgr inż. Karol Włodarczyk, Szkoła Doktorska, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, al. Prof. Sylwestra Kalińskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Kontakt: joanna.sadowska@zut.edu.pl

Wprowadzenie

Tłuszcze roślinne są najczęściej olejami o wysokiej zawartości pożądanych w całodziennej racji pokarmowej nienasyconych kwasów tłuszczowych. Wyjątkiem są oleje z roślin tropikalnych – kokosowy (zawierający ok. 90% nasyconych kwasów tłuszczowych) i palmowy (zawierający ok. 50 – 80 % nasyconych kwasów tłuszczowych). W ostatnich kilkunastu latach wykorzystanie oleju palmowego zwiększyło się znacznie, głównie ze względów ekonomicznych. Podkreśla się także, że w krajach tropikalnych olej ten jest od setek lat obecny w diecie i nie przyczynia się do rozwoju chorób sercowo-naczyniowych [15].Wysoka zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych sprawia jednak, że przez wiele osób jego wpływ na zdrowie jest utożsamiany z wpływem tłuszczów zwierzęcych. W niniejszej pracy dokonano przeglądu danych literaturowych w zakresie zastosowania technologicznego i wybranych aspektów wpływu oleju palmowego na organizm ludzi i zwierząt doświadczalnych.

Rodzaje oleju palmowego

Olej palmowy pozyskuje się z olejowca gwinejskiego (*Elaisguineensis*). W zależności od wykorzystanej części surowca wyróżnia się olej z miąższu (PO – ang. Palm Oil, RPO – ang. Red Palm Oil, CPO – ang.Crude Palm Oil) lub olej z nasion (PKO – ang. Palm Kernel Oil) [11,12]. Olej palmowy z miąższu lub nasion można poddać frakcjonowaniu, dzięki czemu uzyskuje się oleinę palmową lub stearynę palmową. Oleina palmowa jest ciekła w temperaturze pokojowej i charakteryzuje się wyższą zawartością kwasów nienasyconych, szczególnie monoenowego kwasu oleinowego. Stearyna palmowa zawiera więcej nasyconych kwasów tłuszczowych, dlatego w temperaturze pokojowej ma postać stałą [17]. Oleje z miąższu lub nasion mogą zostać poddane procesowi rafinacji [30], dodatkowo olej z miąższu może być poddawany uwodornianiu (utwardzaniu), po którym ma on bardziej zwartą konsystencję, niższą temperaturę topnienia, jest nieco stabilniejszy chemicznie i termicznie. Proces uwodorniania powoduje jednak, że w oleju powstają kwasy tłuszczowe konfiguracji trans, które mają udowodniony negatywny wpływ na zdrowie [10].

Rodzaj oleju palmowego, wynikający z rodzaju użytego do jego wyrobu surowca i sposobu produkcji, determinuje jego skład finalny, a w związku z tym określa właściwości fizykochemiczne, zdrowotne i wpływ na organizm.

Skład kwasów tłuszczowych i zawartość związków bioaktywnych w oleju palmowym

Nierafinowany olej palmowy z miąższu zawiera ok. 50% nasyconych kwasów tłuszczowych (głównie palmitynowy). Około 40% stanowią monoenowe kwasy tłuszczowe (głównie oleinowy), natomiast pozostałą część stanowią polienowe kwasy

tłuszczowe [29]. Jak podają Teh i Lau [40], rafinowany olej palmowy zawiera ok. 43% nasyconych kwasów tłuszczowych, 45% stanowią monoenowe kwasy tłuszczowe, a około 12% - polienowe kwasy tłuszczowe. Olej z nasion zawiera około 80% nasyconych kwasów tłuszczowych (głównie laurynowy i mirystynowy), około 15% monoenowych kwasów tłuszczowych (głównie oleinowy), resztę stanowią polienowe kwasy tłuszczowe [21].

Porównując skład kwasów tłuszczowych oleju palmowego z miąższu ze składem kwasów tłuszczowych wydzielonych tłuszczów zwierzęcych (masło, smalec), można zauważyć, że ma on profil kwasów tłuszczowych podobny do smalcu. Cechuje się natomiast mniejszą zawartością nasyconych kwasów tłuszczowych w porównaniu z masłem (43,3-57 g/100 g *vs* 60 g/100 g). Znaczna część nasyconych kwasów tłuszczowych oleju palmowego znajduje się w triacyloglicerolach w pozycjach sn-1 i sn-3 [8].

Tłuszcz uzyskany z miąższu zawiera około 1% komponentów o działaniu potencjalnie prozdrowotnym. Olej ten jest stosunkowo bogatym źródłem karotenoidów, steroli, koenzymu Q10, witaminy E oraz skwalenu. Zawartość najważniejszych przeciwutleniaczy oleju palmowego uzyskanego z miąższu oraz pestek przedstawia tabela 2, natomiast innych składników bioaktywnych - tabela 3.

Witamina E ma właściwości przeciwutleniające. Aktywność antyoksydacyjną nadaje jej grupa fenolowa związana z układem pierścieniowym. Istotą działania antyoksydacyjnego tokoferoli i tokotrienoli jest nie tylko usunięcie reaktywnych form tlenu, ale także przerwanie łańcuchowej reakcji autooksydacji lipidów, dzięki unieczynnieniu wolnych rodników nadtlenkowych lipidów. Naturalnie występujące tokoferole i tokotrienole przedłużają okres trwałości, zarówno oleju jak i produktów wytworzonych z jego udziałem [17]. Tłuszcz palmowy charakteryzuje się dużą ilością witaminy E (600-1200 mg/kg) [25]. Udowodniono, że witamina E zmniejsza stężenie LDL-cholesterolu, nie wpływając przy tym na stężenie HDL-cholesterolu [20]. Karotenoidy zawarte w oleju palmowym również mają udowodnione działanie przeciwutleniające – chronią komórki i tkanki przed szkodliwym działaniem wolnych rodników [29]. Jak podaje Gibon i wsp. [9], olej palmowy może zawierać nawet 2000 ppm karotenoidów. W badaniach Teh i Lau [40] ilość witaminy E w oleju palmowym rafinowanym wynosiła ponad 1600 mg/kg, a ilość karotenoidów ponad 1200 mg/kg. Stwierdzono, że zawartość składników bioaktywnych w rafinowanym oleju palmowym może być niewiele mniejsza niż obecna w surowym tłuszczu [38]. Wyniki tych badań należy traktować jednak z dużą ostrożnością, ponieważ nie opublikowano dobrze zaplanowanych badań porównujących składu oleju z tej samej partii produktu przed rafinacją i po niej.

Tabela 1. Skład kwasów tłuszczowych oleju palmowego z miąższu i nasion palmy oraz oleiny i stearyny palmowej [%] [3].
Table 1. Fatty acids composition of crude palm oil, palm kernel oil, palm olein and stearin [%] [3].

Kwas tłuszczowy Fatty acid	Olej palmowy z miąższu Palm oil	Oleina palmowa Palm olein	Stearyna palmowa Palm stearin	Olej palmowy z nasion Palm kernel oil	Oleina palmowa z nasion Palm kernel olein	Stearyna palmowa z nasion Palm kernel stearin
kwas kapronowy (6:0) caproic acid (6:0)	-	-	-	0-0,8	0-0,7	0-0,2
kwas kaprylowy (8:0) caprylic acid (8:0)	-	-	-	2,4-6,2	2,9-6,3	1,3-3,0
kwas kaprynowy (10:0) capric acid (10:0)	-	-	-	2,6-5,0	2,7-4,5	2,4-3,3
kwas laurynowy (12:0) lauric acid (12:0)	0-0,5	0,1-0,5	0,1-0,5	45,0-55,0	39,7-47,0	52,0-59,7
kwas mirystynowy (14:0) myristic acid (14:0)	0,5-2,0	0,5-1,5	1.0-2,0	14,0-18,0	11,5-15,5	20,0-25,0
kwas palmitynowy (16:0) palmitic acid (16:0)	39,3-47,5	38,0-43,5	48,0-74,0	6,5-10,0	6,7-10,6	6,7-10,0
kwas stearynowy (18:0) stearic acid (18:0)	3,5-6,0	3,5-5,0	3.9-6,0	1,0-3,0	1,0-3,0	1,7-3,0
kwas oleinowy (18:1) oleic acid (18:1)	36,0-44,0	39,8-46,0	15.5-36,0	12,0-19,0	14,4-24,6	2,4-4,3
kwas linolowy (18:2) linoleic acid (18:2)	9,0-12,0	10,0-13,5	3,0-10,0	1,0-3,5	2,4-4,3	0-0.3
kwas linolenowy (18:3) linolenic acid (18:3)	0-0,5	0-0,6	0-0,5	0-0,2	0-0,3	0-0,3

kwas arachidowy (20:0) arachidic acid (20:0)	0-1,0	0-0,6	0-1,0	0-0,2	0-0,5	0-0,5
łącznie nasycone total saturated	43,3-57,0	38,6-51,1	53,0-83,5	71,5-98,2	64,5-87,6	84,1-99,0
łącznie monoenowe total monounsaturated	36,0-44,0	39,8-46,0	15,5-36,0	12,0-19,0	14,4-24,6	2,4-4,3
łącznie polienowe total polyunsaturated	9,0-12,5	10,0-14,1	3,0-10,5	1,0-3,7	2,0-4,6	0-0,6

Tabela 2. Zawartość tokoferoli, tokotrienoli oraz karotenoidów łącznie w oleju palmowym uzyskanym z miąższu oraz nasion [mg/kg] [3, 5, 17, 20, 26, 29].

Table 2. Total tocoferols, tocotrienols and carotenoids content in palm oil and palm kernel oil [mg/kg] [3, 5,17, 20, 26, 29].

Składnik / Component	Olej palmowy z miąższu / Palm oil	Olej palmowy z nasion / Palm kernel oil
tokoferole / tocoferols	500-600	0-260
tokotrienole / tocotrienols	1000-1200	0-60
karotenoidy / carotenoids	500-700	0

Tabela 3. Zawartość składników bioaktywnych w nierafinowanym oleju palmowym uzyskanym z miąższu [mg/kg] [23,29].
Table 3. Bioactive compounds content in crude palm oil [mg/kg] [23, 29].

Składnik / Component	Olej palmowy z miąższu / Crude palm oil
fitosterole / phytosterols	330-530
fosfolipidy / phospholipids	5-130
skwalen / squalene	200-500
ubichinony / ubiquinones	10-80
alkohole alifatyczne / aliphatic alcohols	100-200
alkohole triterpenowe / triterpene alcohols	40-80
sterole metylowe / methyl sterols	40-80
węglowodory alifatyczne / aliphatic hydrocarbons	50-60
koenzym q10 / coenzyme q10	10-80

Składniki bioaktywne oleju palmowego mają udowodnione działanie prozdrowotne – przeciwutleniające, przeciwzapalne, wspomagające układ immunologiczny. Ponadto przyczyniają się do zapobiegania chorobie wieńcowej i jej leczenia [23].

Wykorzystanie technologiczne oleju palmowego

Tłuszcz palmowy, szczególnie rafinowany, jest szeroko wykorzystywany w przemyśle spożywczym, zastępując tłuszcze zwierzęce lub uwodornione tłuszcze roślinne. Olej z pestek jest jednym z częstszych składników margaryn i wyrobów cukierniczych takich jak ciasta francuskie, rogaliki, polewy, nadzienia. Jego zaletą jest temperatura topnienia wynosząca ok. 37 °C, dzięki czemu w temperaturze pokojowej ma stałą konsystencję i pewną twardość, a w trakcie spożywania topi się w jamie ustnej. Do smażenia używa się najczęściej oleju z miąższu oraz oleiny palmowej (uzyskanej z miąższu). Oprócz walorów smakowych i strukturalnych, oleje te są stabilne podczas ogrzewania, z powodu dobrej odporności na utlenianie, która wynika ze składu kwasów tłuszczowych oraz obecności przeciwutleniaczy [40, 44]. Olej ten jest także wszechstronnie wykorzystywany dzięki możliwości mieszania różnych jego frakcji. Zarówno tłuszcz z miąższu jak i z pestek jest dobrym zamiennikiem tłuszczu mlecznego podczas produkcji lodów, które cechują się pożądaną konsystencją oraz są stabilniejsze podczas przechowywania [28]. Olej palmowy po zmieszaniu z innymi olejami (o różnych właściwościach fizykochemicznych) stosowany jest do produkcji lodów, a nawet ciasta chlebowego [17]. Wysoka stabilność oksydacyjna, związana ze składem kwasów tłuszczowych, pozwala na szerokie jego zastosowanie. Związki bioaktywne obecne także w oleju rafinowanym, o ile proces rafinacji odbywał się w niższych tem-

peraturach, zmniejszają szkodliwe działanie nasyconych kwasów tłuszczowych i ograniczają skutki zdrowotne wynikające z ich spożywania [9].

Wątpliwości, co do bezpieczeństwa stosowania oleju palmowego, wzbudziło stwierdzenie, że może on zawierać 3-monochloropropan-1,2- diol (3-MCPD), którego obecność wykryto w wielu produktach spożywczych zawierających olej palmowy [24]. W wyniku działania wysokiej temperatury podczas rafinacji, wynoszącej ≥200ºC, zmienia się matryca lipidowa, która prowadzi do powstania 3-monochloropropan-1,2-diolu (3-MCPD), 2-monochloropropan-1,3-diolu (2-MCPD) oraz estrów glicydylowych kwasów tłuszczowych. Według Międzynarodowej Agencji do spraw Badań nad Nowotworami 3-MCPD może przyczyniać się do rozwoju nowotworów [31], ma również działanie nefrotoksyczne [40]. Zagrożenie nie jest jednak duże i możliwe do uniknięcia przez obniżenie temperatury rafinacji.

Wybrane aspekty wpływu na zdrowie

Wpływ oleju palmowego na parametry lipidowe krwi i ryzyko chorób sercowo-naczyniowych

Wyniki wielu badań wskazują, że całodzienna racja pokarmowa bogata w nasycone kwasy tłuszczowe przyczynia się do wzrostu stężenia frakcji LDL-cholesterolu we krwi zwiększonego ryzyka wystąpienia chorób sercowo-naczyniowych (CVD) [47]. Mimo że olej palmowy zawiera znaczne ilości nasyconych kwasów tłuszczowych, to wiele badań nie potwierdza jego negatywnego wpływu na gospodarkę lipidową. Część z nich wskazuje na jego obojętne, a nawet pozytywne działanie w tym zakresie, zarówno u ludzi jak i u zwierząt [8, 43].

W badaniach Sun i wsp. [35] porównano stężenia parametrów lipidowych krwi w dwóch grupach zdrowych osób, w wieku 25-55 lat, spożywających dziennie w posiłkach 48 g oliwy z oliwek lub 48 g oleju palmowego. Stwierdzono, że wpływ oleju palmowego na stężenie triacyloglicerolі (TG), cholesterolu całkowitego (TC) i jego frakcji HDL (HDL-C) i LDL (LDL-C) był porównywalny z wpływem oliwy z oliwek.

Teng i wsp. [41] badali wpływ dodatku do posiłku 50 g trzech rodzajów tłuszczów (smalcu wieprzowego, oliwy z oliwek, oleiny palmowej) na lipemię poposiłkową, stężenie glukozy, insuliny i adipocytokin (interleukiny 6, czynnika martwicy nowotworu-α, interleukiny 1β i leptyny) w osoczu. Stwierdzili oni istotnie wyższe stężenie TG po spożyciu oliwy lub oleiny w porównaniu ze stanem po spożyciu smalcu wieprzowego. Rodzaj spożytego tłuszczu nie miał natomiast wpływu na stężenie glukozy, insuliny i adipocytokin. W trzecim dniu podawania tak skomponowanego posiłku, wzrosło stężenie prozapalnej interleukiny 1β. Uzyskane wyniki wskazują, że to

wysokie spożycie tłuszczu, a nie rodzaj kwasów tłuszczowych, wpływał na odpowiedź markerów prozapalnych.

Metaanaliza 11 badań z udziałem 547 uczestników, przeprowadzona przez Wang i wsp. [43], nie wykazała negatywnego wpływu spożywania oleju palmowego na gospodarkę lipidową w porównaniu z olejami roślinnymi bogatymi w nienasycone kwasy tłuszczowe u zdrowych dorosłych osób. Wyniki części badań wskazują nawet, że spożycie oleju palmowego było związane z istotnym wzrostem stężenia HDL-C przy niewielkim wpływie na wzrost stężenia LDL-C oraz TG. Wykazano także brak jego wpływu na wybrane wskaźniki ryzyka rozwoju chorób sercowo-naczyniowych. Ograniczeniem wielu badań był krótki czas ich trwania, stosowanie dużego udziału oleju palmowego w całodziennej racji pokarmowej (17,5 – 24 % wartości energetycznej diety) oraz fakt, że były one prowadzone u młodych, zdrowych osób, które są mniej wrażliwe na wpływ czynników żywieniowych na parametry lipidowe krwi.

Schwingshackl i wsp. [33] przeprowadzili metaanalizę badań, w których porównano wpływ trzynastu rodzajów tłuszczów i olejów na stężenia TC, LDL-C, HDL-C i TG. Analizie poddano 54 badania opublikowane w latach 1984-2018, przeprowadzone z udziałem 2065 uczestników. Stwierdzono m.in., że stężenie TC i LDL-C było niższe, a HDL-C wyższe u osób spożywających olej palmowy w ilości 10 % wartości energetycznej diety w porównaniu z osobami spożywającymi taką samą ilość masła. Korzystniejsze jednak w tym zakresie były oleje z krokosza barwierskiego, słonecznika, rzepaku i kukurydzy, które obniżały stężenie TC bardziej niż olej palmowy. Jednak jakość danych naukowych była umiarkowana w przypadku TC i słaba lub bardzo słaba w przypadku LDL-C, HDL-C i TG. Ograniczeniem analiz był różny skład kwasów tłuszczowych w stosowanych olejach palmowych oraz zróżnicowane techniki analityczne określania markerów profilu sercowo-naczyniowego.

Na podstawie metaanalizy badań klinicznych przeprowadzonej przez Sun i wsp. [36] wykazano odmienne wyniki. Po analizie 32 badań klinicznych, dotyczących porównania wpływu oleju palmowego z innymi tłuszczami na parametry lipidowe krwi stwierdzono, że efekty wprowadzenia do całodziennej racji pokarmowej oleju palmowego były porównywalne z efektami spożycia tłuszczów zwierzęcych, takich jak masło czy smalec. Znalazło to swoje odzwierciedlenie w znacznym wzroście stężenia LDL-C w porównaniu z olejami roślinnymi o niskiej zawartości kwasów nasyconych. Wpływ oleju palmowego na stężenia lipidów we krwi był więc zgodny z oczekiwaniami formułowanymi na podstawie jego składu kwasów tłuszczowych. Wyniki te wskazują, że należy ograniczyć stosowanie oleju palmowego i zastępować go olejami roślinnymi o niskiej zawartości kwasów nasyconych. Jednak w przypadku produktów, które zawierają kwasy w konfiguracji trans ze względów technologicznych, olej palmowy może być zamiennikiem utwardzonych tłuszczów roślinnych ze względu na jego korzystniejszy wpływ na stężenie HDL-C.

Wpływ oleju palmowego na zdrowie jest przedmiotem wielu badań prowadzonych w ostatnich latach, jednak przeglądu literatury dotyczącej jego wpływu na parametry lipidowe krwi dokonano już w 1997 r. [37]. Zebrane wyniki badań wskazywały, że dieta, w której obecne były olej palmowy lub oleina palmowa nie powodowała wzrostu stężenia TC i LDL-C w osoczu w stopniu oczekiwanym na podstawie składu kwasów tłuszczowych tych tłuszczów. Nawet przy maksymalnej substytucji tłuszczu w diecie typu zachodniego olejem palmowym, korzystnie modulowane były niektóre czynniki ryzyka choroby niedokrwiennej serca, m.in. znacząco wyższe było stężenie cholesterolu HDL_2, a stosunek apolipoprotein ApoB/ApoA1 był korzystnie obniżany przez olej palmowy. Porównanie wpływu oleiny palmowej z różnymi olejami roślinnymi, w tym olejem rzepakowym i oliwą, wykazało, że oleina palmowa nie podnosiła stężenia TC i LDL-C. Było to związane najprawdopodobniej z ilością i pozycją kwasu palmitynowego w triacyloglicerolach oleju palmowego. Badania wskazują, że jego aterogenny wpływ na parametry lipidowe krwi u osób z normolipidemią jest mniejszy niż kwasu mirystynowego czy laurynowego [34]. Pozycja kwasów tłuszczowych w triacyloglicerolach modyfikuje możliwość wchłaniania poszczególnych kwasów tłuszczowych. Lipaza trzustkowa hydrolizuje wiązania sn-1 i sn-3, generując 2-monoglicerol i dwa kwasy tłuszczowe. Monoglicerol jest wchłaniany, a kwasy tłuszczowe mogą częściowo wiązać się z jonami metali dwuwartościowych, tworząc nierozpuszczalne i niewchłaniane mydła. Dlatego wchłanianie kwasów tłuszczowych przyłączonych w pozycji sn-2 jest większe niż przyłączonych w pozycjach sn-1 i sn-3 [8]. W triacyloglicerolach tłuszczu palmowego w pozycji sn-2 przyłączane są głównie kwas oleinowy i palmitynowy, natomiast silnie aterogenne kwasy średniołańcuchowe związane są w pozycjach sn-1 i sn-3, dlatego ich wchłanianie może być mniejsze. Istnieją także dowody na to, że tokotrienole oleju palmowego mogą mieć działanie hipocholesterolemiczne. Pośredniczy w tym zdolność tokotrienoli do hamowania aktywności reduktazy HMG-CoA, kontrolującej biosyntezę cholesterolu endogennego [19].

Zarzutem stawianym wielu badaniom z użyciem oleju palmowego jest brak obiektywizmu, ponieważ część ich autorów pochodzi z krajów producenckich (instytutów palmowych), zatem treści mogą być stronnicze. Maarangoni i wsp. [22] podsumowali wnioski z niezależnego sympozjum na temat wpływu oleju palmowego na zdrowie, zorganizowanego we Włoszech przez włoską fundację ds. żywienia z udziałem ekspertów reprezentujących szereg włoskich towarzystw naukowych w dziedzinie medycyny i żywienia. Przedstawione wyniki i analizy wskazały, że nie ma dowodów na specyficzne skutki zdrowotne spożywania oleju palmowego w porównaniu z innymi tłuszczami bogatymi w nasycone kwasy tłuszczowe. Stereospecyficzny rozkład nasyconych kwasów tłuszczowych w cząsteczce triacyloglicerolu oleju palmowego ogranicza ich szybkość wchłaniania i efekty metaboliczne. Zgodnie z międzynarodowymi wytycznymi spożycie nasyconych kwasów tłuszczowych po-

winno być utrzymywane na poziomie <10 % całkowitej energii w ramach zbilansowanej diety i w tych granicach nie wykazano niekorzystnego wpływu spożycia oleju palmowego na zdrowie ludzi (a w szczególności na ryzyko CVD lub raka).

Mało zbadany pozostaje wpływ spożycia oleju palmowego na utlenianie lipoprotein i czynniki ryzyka CVD inne niż podstawowe parametry lipidowe krwi. Cuesta i wsp. [4] badali wpływ zastąpienia w diecie oleju słonecznikowego oleiną palmową (w ilości 10 % energii diety) na parametry lipidowe krwi u kobiet po menopauzie. Stwierdzili wzrost stężenia LDL-C (o 21,6 %) oraz wzrost stężenia HDL-C (o 14,9 %), jednak o 70 % mniejsza była we krwi ilość utlenionych lipoprotein LDL, które mają decydujące znaczenie w inicjowaniu procesu miażdżycowego. Niekorzystnie zmienił się natomiast stosunek apolipoprotein ApoA1/ApoB, co sugeruje wzrost ryzyka CVD. Otrzymane wyniki nie były więc jednoznaczne w zakresie prognozowania ryzyka CVD. Stwierdzono także, że wpływ oleiny palmowej na stężenia cholesterolu był różny u kobiet z normo- i hipercholesterolemią. U kobiet charakteryzujących się wyższym stężeniem cholesterolu na początku badań, zmiany parametrów lipidowych i peroksydacja LDL były większe niż u kobiet z normolipidemią.

Voon i wsp. [44] oceniali wpływ typowej malezyjskiej diety zawierającej wysoki udział białka i uzupełnionej oliwą z oliwek z pierwszego tłoczenia, oleiną palmową lub olejem kokosowym na wybrane markery ryzyka miażdżycy u zdrowych dorosłych osób. Udział tłuszczu w wartości energetycznej diety wynosił 30 %, a badane oleje wnosiły 2/3 tłuszczu. Stwierdzono, że zestawione diety miały podobny wpływ na wybrane markery ryzyka rozwoju miażdżycy. Nie stwierdzono różnic w stężeniach molekuł adhezyjnych śródbłonka naczyń krwionośnych (VCAM-1, ICAM-1 i E-selektyna) oraz czynników prozakrzepowych (tromboksan TXB_2 i prostaglandyna PGE_2) pomiędzy badanymi grupami. Jednak przy stosowaniu oliwy z oliwek niższe było stężenie prozapalnego leukotrienu LTB_4 i antyagregacyjnej prostacykliny $PGF_{1\alpha}$.

Przedstawione wyniki wskazują na potrzebę prowadzenia szczegółowych badań w zakresie długoterminowego wpływu spożywania oleju palmowego na parametry lipidowe krwi i czynniki ryzyka CVD, szczególnie u osób z grup ryzyka tych chorób.

Wpływ oleju palmowego na stężenie glukozy we krwi

Wyniki badań wskazują na prodiabetogenny wpływ nasyconych kwasów tłuszczowych [2]. Dlatego postawiono hipotezę, że tłuszcz palmowy może wywierać niekorzystny wpływ na metabolizm węglowodanów [47].

Badania dotyczące wpływu zróżnicowanych źródeł tłuszczu w diecie zdrowych mężczyzn i kobiet na gospodarkę węglowodanową prowadzili m. in. Vega-Lopez i wsp. [45]. Nie stwierdzili oni różnic w stężeniu glukozy i insuliny we krwi pobranej na czczo oraz w wartościach wskaźnika HOMA-IR pomiędzy osobami, które stosowa-

ły w diecie oleje palmowy, sojowy lub rzepakowy jako główne źródła kwasów tłuszczowych.

W badaniach Sun i wsp. [35] również nie stwierdzono różnic w stężeniu glukozy, insuliny i wartościach wskaźnika HOMA-IR pomiędzy zdrowymi osobami o prawidłowej masie ciała, przyjmującymi posiłki, w których źródłem tłuszczu był olej palmowy lub oliwa z oliwek. Tłuszcze podawane były w ilości 48 g/dobę, co stanowiło 18 % wartości energetycznej diety.

Brak różnic w stężeniu glukozy, insuliny i wartościach wskaźnika HOMA-IR u zdrowych kobiet i mężczyzn otrzymujących w diecie olej palmowy lub słonecznikowy w ilości 20 % wartości energetycznej diety wykazali także Filippou i wsp. [7].

Brak wpływu rodzaju zastosowanego tłuszczu na stężenie glukozy i insuliny na czczo wykazali również Tholstrup i wsp. [42], podający zdrowym mężczyznom racje pokarmowe zawierające olej palmowy, oleinę palmową, smalec lub oliwę z oliwek w ilości 17 % wartości energetycznej diety.

Karupaiah i wsp. [14] badali wpływ spożycia majonezu (20 g/dobę), którego głównym składnikiem był olej sojowy lub palmowy, na stężenie glukozy na czczo u 36 młodych, zdrowych osób o zróżnicowanej masie ciała. Po czterech tygodniach stosowania diety wzbogaconej o wybrany majonez nie stwierdzono różnic w stężeniu glukozy pomiędzy badanymi grupami.

Metaanalizę wyników badań, dotyczących porównania wpływu oleju palmowego z innymi olejami roślinnymi na wybrane parametry gospodarki węglowodanowej, przeprowadzili Zulkiply i wsp. [47]. Podsumowali oni wyniki 8 badań z udziałem zdrowych osób w młodym i średnim wieku o prawidłowej masie ciała. Badania trwały od 3 do 7 tygodni, a substytucja tłuszczu olejem palmowym wynosiła od 15 do 20 % wartości energetycznej diety. Stężenie glukozy na czczo i po posiłku, stężenie insuliny oraz wartość wskaźnika HOMA-IR nie różniły się w zależności od stosowanego oleju (palmowy, słonecznikowy, sojowy, rzepakowy i oliwa z oliwek). Stwierdzono jednak, że aktualne dowody dotyczące wpływu spożycia oleju palmowego na biomarkery metabolizmu glukozy są słabe i ograniczone do zdrowych uczestników, ale dotychczasowe dane wskazują, że zastąpienie oleju palmowego olejami bogatymi w mono- lub polienowe kwasy tłuszczowe nie przynosi dodatkowych korzyści w zakresie zmian metabolizmu glukozy.

Podsumowując wykonany przegląd literatury można stwierdzić, że zastąpienie w diecie zdrowych osób oleju palmowego olejami bogatymi w mono- lub polienowe kwasy tłuszczowe, nie wpływa korzystnie na wybrane parametry i wskaźniki metabolizmu glukozy. Jednak, podobnie jak w przypadku metabolizmu lipidów, ograniczeniem przeprowadzonych badań był krótki czas ich trwania, młody wiek badanych oraz ich dobry stan zdrowia.

Korzystne wyniki wpływu oleju palmowego na stężenie glukozy we krwi uzyskano w badaniach na modelach zwierzęcych, także u zwierząt z wywołaną cukrzycą.

W badaniach przeprowadzonych przez Szulczewską-Remi i wsp. [39] u szczurów karmionych paszami zawierającymi 10 % składu komponentowego różnych olejów (olej roślinny PLANTA używany do smażenia, olej palmowy, mieszanina oleju palmowego i oleiny palmowej, olej rzepakowy oraz mieszanina oleju rzepakowego i oleju palmowego) stwierdzono, że stężenie glukozy w surowicy krwi było najwyższe w grupie karmionej paszą z dodatkiem oleju rzepakowego, natomiast najniższe w grupie karmionej paszą z dodatkiem oleju palmowego. Otrzymane wyniki autorzy tłumaczą dużą zawartością tokotrienoli w oleju palmowym, które wpływają na obniżenie stężenia glukozy w osoczu [47].

Badania dotyczące wpływu tłuszczu palmowego lub arachidowego na stężenie glukozy we krwi u szczurów z wywołaną cukrzycą prowadzili Adewale i wsp. [1]. Stwierdzili, że zwierzęta otrzymujące oleje w ilości 200 mg/kg m.c./dzień jako dodatek do paszy miały statystycznie istotnie niższe stężenie glukozy w porównaniu ze szczurami nieotrzymującymi tych olejów, ale rodzaj zastosowanego oleju i obecnych w nim kwasów tłuszczowych nie miał w tym zakresie istotnego wpływu. Ważne natomiast były związki bioaktywne występujące w tłuszczu roślinnym. Także w tym przypadku uzyskane wyniki autorzy tłumaczą obecnością tokoferoli w zastosowanych olejach. Podobne wyniki do wyników Adewale i wsp. [1] uzyskali Ngalai wsp. [27], podający szczurom z wywołaną cukrzycą, pożywienie zawierające olej palmowy, kokosowy lub z orzeszków ziemnych w ilości 15 % składu komponentowego paszy.

Wpływ oleju palmowego na mikroflorę jelitową

Wykazano, że ilość i rodzaj tłuszczu w diecie modulują skład mikroflory przewodu pokarmowego u myszy, a skład mikroflory wpływa na ilość odkładanej tkanki tłuszczowej i parametry węglowodanowo-lipidowe krwi [13].

W badaniach na modelach zwierzęcych porównywano wpływ diety zawierającej tłuszcz palmowy, smalec lub oleje roślinne, zawierające nienasycone kwasy tłuszczowe, na skład mikroflory jelitowej. Wykazano, że mikroflora zwierząt karmionych dietą niskotłuszczową była zdominowana przez dwa gatunki bakterii fermentacji mlekowej, produkujące krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe. Natomiast diety wysokotłuszczowe zmieniały skład mikroflory zależnie od źródła kwasów tłuszczowych (olej palmowy *vs* smalec). Olej palmowy, w porównaniu ze smalcem, prowadził do zwiększenia udziału w mikroflorze jelitowej bakterii *Lachnospiraceae*, należących do typu *Firmicutes*, charakterystycznych przy otyłości, ale jednocześnie wykazujących zdolność syntezy metabolitów korzystnych dla żywiciela, w tym krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych [13]. Także de Wit i wsp. [6] oraz Patterson i wsp. [32] stwierdzili, że dieta zawierająca olej palmowy, w porównaniu z zawierającą smalec, prowadziła do wzrostu

proporcji bakterii *Firmicutes* do *Bacteroidetes*, zmniejszała ponadto zróżnicowanie mikroflory jelitowej. W badaniach Just i wsp. [13], pomimo wzrostu ilości bakterii *Lachnospiraceae* u myszy, których dieta zawierała olej palmowy, stwierdzono mniejszą ilość trzewnej tkanki tłuszczowej w porównaniu ze zwierzętami żywionymi pożywieniem zawierającym smalec. Jest to zgodne z teorią Kobyliaka i wsp. [16], którzy sugerują, że otyłość nie jest skorelowana ze wzrostem udziału bakterii *Firmicutes* do *Bacteroidetes*, ale wynika ze zmiany udziału *Actinobacteria* [16]. Natomiast Kübeck i wsp. [18] wskazują, że zwiększone odkładanie tłuszczu u myszy, których dieta zawierała, smalec wynika z interakcji mikroflory jelitowej i metabolizmu cholesterolu.

W badaniach Just i wsp. [13] wykazano także, że rodzaj tłuszczu w diecie wpływał na metabolizm aminokwasów i zdolność funkcjonalną mikroflory jelitowej. Myszy utrzymywane na diecie wysokotłuszczowej, zawierającej tłuszcz palmowy, miały w dolnym odcinku przewodu pokarmowego większą liczbę komórek enteroendokrynnych wydzielających peptyd glukagonopodobny-1 (GLP-1), co mogło odpowiadać u nich za lepszą tolerancję glukozy w porównaniu z myszami, których dieta zawierała smalec [13].

De Wit i wsp. [6] stwierdzili, że dieta bogata w nasycone kwasy tłuszczowe, powoduje przechodzenie ich do dalszych części jelita. Jest to najprawdopodobniej głównym czynnikiem wywołującym zmiany w składzie mikroflory jelitowej, które mogą następnie przyczyniać się do rozwoju i/lub progresji zaburzeń metabolicznych związanych z zespołem metabolicznym. Dodatkowo, przechodzenie tłuszczu pochodzącego z diety do dystalnego odcinka jelita cienkiego może przyczyniać się do rozwoju otyłości i stłuszczenia wątroby poprzez zmiany ekspresji genów związanych z metabolizmem lipidów.

Podsumowując, można stwierdzić, że stosowanie diety zawierającej tłuszcz palmowy wywierało pozytywny wpływ na skład mikroflory jelitowej w porównaniu z dietą zawierającą smalec, ale było zdecydowanie mniej korzystne w tym zakresie niż stosowanie diety zawierającej oleje bogate w nienasycone kwasy tłuszczowe.

Podsumowanie

Wyniki badań dotyczących wpływu konsumpcji tłuszczu palmowego na zdrowie są zróżnicowane. Wydaje się jednak, że umiarkowane ilości oleju palmowego w całodziennej racji pokarmowej nie stanowią zagrożenia dla zdrowia [8], a zastąpienie oleju palmowego innymi olejami bogatymi w jednonienasycone bądź wielonienasycone kwasy tłuszczowe nie przynosi korzyści w metabolizmie węglowodanowo-lipidowym i nie wpływa na ryzyko chorób sercowo-naczyniowych [47]. Znacznym ograniczeniem możliwości wnioskowania o wpływie oleju palmowego na zdrowie jest duże zróżnicowanie jego składu, wynikające z użytego surowca i technologii przetwarzania (olej z miąższu, olej z pestek, oleina palmowa z miąższu, oleina palmowa

z pestek, stearyna palmowa z miąższu, stearyna palmowa z pestek, olej nierafinowany, rafinowany, nieutwardzony, utwardzony). To zróżnicowanie składu najczęściej nie jest uwzględniane w prowadzonych badaniach, a w części metodycznej większości publikacji brakuje informacji o tym, jaki olej został zastosowany.

Wniosek

Zgodnie z międzynarodowymi wytycznymi spożycie nasyconych kwasów tłuszczowych powinno być utrzymywane na poziomie <10 % całkowitej energii w ramach zbilansowanej diety i w tych granicach nie wykazano niekorzystnego wpływu spożycia oleju palmowego na zdrowie ludzi. Jednak celowe jest prowadzenie dobrze zaplanowanych badań z precyzyjnie dobranym i opisanym rodzajem oleju palmowego. Należy także wziąć pod uwagę względy ekologiczne jego pozyskania i stosować olej z upraw zrównoważonych.

Literatura

[1] Adewale O.F., Isaac O.O., Tunmise M.T., Omoniyi O.O.: Palm oil and ground nut oil supplementation effects on blood glucose and antioxidant status in alloxan-induced diabetic rats. Pak. J. Pharm. Sci., 2016, 29 (1), 83-87.

[2] Bradley B.H.R.: Dietary fat and risk for type 2 diabetes: a review of recent research. Curr. Nutr. Rep., 2018, 7, 214-226.

[3] Codex Alimentarius. Standard for Named Vegetable Oils. CXS 210-1999. WHO and FAO, 2019. (online access on 15 January 2021).

[4] Cuesta C., Ródenas S., Merinero MC., Rodriguez-Gil S., Sánchez-Muniz F.J.: Lipoprotein profiles and serum peroxide levels of aged women consuming palm olein or oleic acid-rich sunflower oil diets. Eur. J. Clin. Nutr., 1998, 52, 675-683.

[5] Dauqan E., Abdullah Sani H., Abdullah A., Muhaman H., Top A.G.M.: Vitamin E and beta carotene composition in four different vegetable oils. Am. J. Appl. Sci., 2011, 8(5), 407-412.

[6] de Wit N., Derrien M., Bosch-Vermeulen H., Oosterink E., Keshtkar S., Duval C., de Vogel-van den Bosch J., Kleerebezem M., Müller M., van der Meer R.: Saturated fat stimulates obesity and hepatic steatosis and affects gut microbiota composition by an enhanced overflow of dietary fat to the distal intestine. Am. J. Physiol. Liver Physiol., 2012, 303, 5, 589–599.

[7] FilippouA., Teng K.T., Berry S.E., Sanders T.A.B.: Palmitic acid in the *sn*-2 position of dietary triacylglycerols does not affect insulin secretion or glucose homeostasis in healthy men and women. Eur. J. Clin. Nutr., 2014, 68 (9), 1036-1041.

[8] Gasteiro E., Guijarro L., Sánchez-Muniz F.J., del Carmen Vidal-Carou M., Troncoso A., Venanci L., Jimeno V., Quilez J., Anadón A., Gonzáles-Gross M.: Palm oil on the edge. Nutrients, 2019, 11 (9), 2008-2044.

[9] Gibon V., De Greyt W., Kellens M.: Palm oil refining. Eur. J. Lipid. Sci. Technol., 2007, 109, 315-335.

[10] Hirata Y., Inoue A., Suzuki S., Takahashi M., Matsui R., Kono N., Noguchi T., Matsuzawa A.: trans-Fatty acids facilitate DNA damage-induced apoptosis through the mitochondrial JNK-Sab-ROS positive feedback loop. Sci. Rep., 2020, 10, 2743-2759.

[11] Inyang J., Andrew-Munot M., Syed Shazali S.T., Tanjong S.J.: A model to manage crude palm oil production system. MATEC Web of Conferences. EAAI Conference 2018, 2019.
[12] Iskandar M.J., Baharum A., Anuar F.H., Othaman R.: Palm oil industry in South East Asia and the effluent treatment technology- A review. Environ. Technol. Innov., 2018, 9, 16-185.
[13] Just S., Mondot S., Ecker J., Wegner K., Rath E., Gau L., Streidl T., Hery-Arnaud G., Schmidt S., Lesker T.R., Bieth V., Dunkel A., Strowig T., Hofmann T., Haller D., Liebsich G., Gérard P., Rohn S., Lepage P., Clavel T.: The gut microbiota drives the impact of bile acids and fat source in diet on mouse metabolism. Microbiome, 2018, 6 (1), 134-152.
[14] KarupaiahT., Chuah K.A., Chinna K., Matsuoka R., Masuda Y., Sundram K., Sugano M.: Comparing effects of soybean oil- and plasma olein- based mayonnaise consumption on the plasma lipid and lipoprotein profiles in human subjects: a double-blind randomized controlled trial with cross-over design. Lipids Health Dis., 2016, 15 (1), 131-142.
[15] Katengua-Thamahane E., Marnewick J.L., Ajuwon O.R., Chegou N.N., Szűcs G., Ferdinandy P., Csont T., Csonka C., Van Rooyen J.: The combination of red palm oil and rooibos show anti-inflammatory effects in rats. J. Inflamm., 2014, 11, 41-53.
[16] Kobyliak N., Virchenko O., Falalyeyeva T.: Pathophysiological role of host microbiota in the development of obesity. Nutr. J., 2016, 15, 43-55.
[17] Kowalska M., Aljewicz M., Mroczek E., Cichosz G.: Olej palmowy- tańsza i zdrowsza alternatywa. Bromatol. Chem. Toksyk., 2012, 2, 171-180.
[18] Kübeck R, Bonet-Ripoll C., Hoffmann C., Walker A., Müller V.M., Schüppel V.L., Lagkouvardos I., Scholz B., Engel K.H., Daniel H., Schmitt-Kopplin P., Haller D., Clavel T., Klingenspor M.: Dietary fat and gut microbiota interactions determine diet-induced obesity in mice. Mol. Metab., 2016, 13, 5(12), 1162-1174.
[19] Lien E.L., Boyle F.G., Yuhas R., Tomarelli R.M., Quinlan P.: The effect of triglyceride positional distribution on fatty acid absorption in rats. J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr., 1997, 25 (2), 167-174.
[20] Loganathan R., Subramaniam K.M., Radhakrishnan A.K., Choo Y.M., Teng K.T.: Health-promoting effects of red palm oil: evidence from animal and human studies. Nutr. Rev., 2017, 75 (2), 98-113.
[21] Mancini A., Imperlini E., Nigro E., Montagnese C., Daniele A., Orrù S., Buono P.: Biological and Nutritionnal Properties of Palm Oil and Palmitic Acid: Effects of Health. Molecules, 2015, 20, 17339-17361.
[22] Maarangoni F., Galli C., Ghiselli A., Lercker G., La Vecchia C., Maffeis C., Agostoni C., Ballardini D., Brignoli O., Faggiano P., Giacco R., Macca C., Magni P., Marelli G., Marrocco W., Miniello V.L., Mureddu G.F., Pellegrini N., Stella R., Troiano E., Verduci E., Volpe R., Poli A.: Palm oil and human health. Meeting report of NFI: Nutrition Foundation of Italy symposium. Int. J. Food Sci. Nutr., 2017, 68 (6), 643-655.
[23] Mba O.I., Dumont M.J., Ngadi M.: Palm oil: Processing, characterization and utilization in the food industry- A review. Food Biosci., 2015, 10, 26-41.
[24] MacMahon S., Begley T.H., Diachenko G.W.: Occurrence of 3-MCPD and glycidyl esters in edible oils in the United States. Food Addit. Contam. Part A, 2013, 30, 2081–2092.
[25] Mukherjee S., Mitra A. Health Effects of Palm Oil. J. Hum. Ecol., 2009, 26 (3), 197-203.
[26] Ng M.H., Choo Y.M., Ma A.N., Chuah C.H., Hashim M.A.: Separation of vitamin E (tocopherol, tocotrienol and tocomonoenol) in palm oil. Lipids, 2004, 39 (10), 1031-1035.
[27] Ngala R.A., Ampong I., Sakyi S.A., Anto E.O. Effect of dietary vegetable oil consumption on blood glucose levels, lipid profile and weight in diabetic mice: an experimental case—control study. BMC Nutr., 2016, 2 (28), 1-8.
[28] Noor Lida H.M.D., Hamid R.A., Kanagaratnam S., Isa W.R.A., Hassim N.A.M., Ismail N.H., Omar Z., Miskandar M.S.: Palm oil and palm kernel oil: versatile ingredients for food applications. J. Oil Palm Res., 2017, 29 (4), 487-511.

[29] Norhaizan M.E., Hosseini S., Gangadaran S., Lee S.T., Kapourchali F.R., Moghadasian M.H.: Palm oil: Features and applications. Lipid Technol., 2013, 25 (2), 39-41.
[30] Onacik-Gür S., Żbikowska A.: Zastosowanie filtracji membranowej w rafinacji olejów roślinnych. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 2015, 581, 51-62.
[31] Özdal T., Yildar Ö., Yolci Ömeroğlu P.: Glycerol-Based Process Contaminants in Palm Oil. Eur. Asian. J. Food Sci. Technol., 2017, 1 (1), 16-21.
[32] Patterson E., O' Doherty R.M., Murphy E.F., Wall R., O' Sullivan O., Nilaweera K., Fitzgerald G.F., Cotter P.D., Ross R.P., Stanton C.: Impact of dietary fatty acids on metabolic activity and host intestinal microbiota composition in C57BL/6J mice. Br. J. Nutr., 2014, 111 (11), 1905-1917.
[33] Schwingshackl L., Bogensberger B., Benčič A., Knüppel S., Boeing H., Hoffmann G.: Effects of oils and solid fats on blood lipids: a systematic review and network meta-analysis. Lipid Res., 2018, 59 (9), 1771-1782.
[34] Shramko V.S., Polonskaya Y.V., Kashtanova E.V., Stakhneva E.M., Ragino Y.I.: The short overview on the relevance of fatty acids for human cardiovascular disorders. Biomolecules, 2020, 10 (8), 1127-1147.
[35] Sun G., Xia H., Yang Y., Ma S., Zhou H., Shu G., Wang S., Yang X., Tang H., Wang F., He Y., Ding R., Yin H., Wang Y., Yang Y., Zhu H., Yang L.: Effects of palm olein and olive oil on serum lipids in a Chinese population: a randomized, double-blind, cross-over trial. Asia. Pac. J. Clin. Nutr., 2018, 27 (3), 572-580.
[36] Sun Y., Neelakantan N., Wu Y., Lote-Oke R., Pan A., van Dam R.M.: Palm oil consumption increases ldl cholesterol compared with vegetable oils low in saturated fat in a meta-analysis of clinical trials. J. Nutr., 2015, 145 (7), 1549-1558.
[37] Sundram K.: Modulation of human lipids and lipoproteins by dietary palm oil and palm olein: a review. Asia. Pac. J. Clin. Nutr., 1997, 6 (1), 12-16.
[38] Sundrasegaran S., Hui Mah S.: Extration methods of virgin coconut oil and palm-pressed mesocarp oil and their phytonutrients. eFood, 2020, 1 (6), 1-11.
[39] Szulczewska-Remi A., Nogala-Kałucka M., Nowak K. W.: Study on the influence of palm oil on blood liver biochemical parameters, beta-carotene and tocochromanols content as well as antioxidant activity in rats. J. Food Biochem., 2019, 43, 1-12.
[40] Teh S.S., Lau H.L.N.: Quality assessment of refined red palm-pressed mesocarpolein. Food Chem., 2021, 340 (1), #127912.
[41] Teng K.T., Nagapan G., Cheng H.M., Nesaretnam K.: Palm olein and olive oil cause a higher increase in postprandial lipemia compared with lard but had no effect on plasma glucose, insulin and adipocytokines. Lipids, 2011, 46 (4), 381-388.
[42] Tholstrup T., Hjerpsted J., Raff M.: Palm olein increases plasma cholesterol moderately compared with olive oil in healthy individuals. Am. J. Clin. Nutr., 2011, 94 (6), 1426-1432.
[43] Wang F., Zhao D., Yang Y., Zhang L.: Effect of palm oil consumption on plasma lipid concentrations related to cardiovascular disease: a systematic review and meta-analysis. Asia. Pac. J. Clin. Nutr., 2019, 28 (3), 495-506.
[44] Wei Puah C., May Choo Y., Ngan Ma A., Hock Chuach C.: The effect of physical refining on palm vitamin E (tocopherol, tocotrienol and tocomonoenol). Am. J. Applied. Sci., 2007, 4 (6), 374-377.
[45] Vega-Lopez S., Ausman L.M., Jalbert S.M., Erkkila A.T., Lichtenstein A.H.: Palm and partially hydrogenated soybean oils adversely alter lipoprotein profiles compared with soybean and canola oils in moderately hyperlipidemic subjects. Am. J. Clin. Nutr., 2006, 84 (1), 54-62.
[46] Voon P.T., Lee S.T., Ng T.K.W., Ng Y.T., Yong X.S., Lee V.K.M., Ong A.S.H.: Intake of palm olein and lipid status in healthy adults: A meta-analysis. Adv. Nutr., 2019, 10 (4), 647-659.

[47] Zulkiply S.H., Balasubramaniam V., Abu Bakar N.A., AbdRashed A., Ismail S.R.: Effects of palm oil consumption on biomarkers of glucose metabolism: A systematic Review. PLoS ONE, 2019, 14 (8), 1-14.

SELECTED TECHNOLOGICAL AND HEALTH ASPECTS OF USING PALM OIL IN FOOD PRODUCTION

S u m m a r y

Background. Vegetable fats are most often oils with a high content of unsaturated fatty acids which are beneficial to our diet. The exception includes oils from tropical plants, such as palm oil. Over the past several years, the nutritional use of palm oil has increased significantly. One of the reasons why this fat has sparked increased interest is that in tropical countries this oil, despite being present in the daily food ration for hundreds of years, does not contribute to the development of cardiovascular diseases. Due to the high content of saturated fatty acids, palm oil is believed to have the same effect on health as animal fats. In this article, literature data on the technological application and the effect of palm oil on human body and experimental animals was reviewed.

Results and conclusion: The results of research into the health effects of palm oil consumption are inconclusive. However, the most common finding is that replacing palm oil with other oils rich in unsaturated fatty acids has no tangible benefit for health, meaning that it neither improves carbohydrate-lipid metabolism, nor involves the risk of cardiovascular disease. Under international guidelines, the consumption of saturated fatty acids should be kept at a level of <10 % of total energy in a balanced diet, and within these limits, no adverse effects of palm oil consumption on human health have been demonstrated. The possibility of drawing any conclusions on the health effects of palm oil is limited due to the fact that there are many types of it. Such diversity of palm oil is very often not taken into account in research, and most publications, in their methodological part, fail to provide information on the type of palm oil used. Therefore, it is so important to conduct well-planned research with a precisely selected and described type of palm oil.

Key words: palm oil, types, application, carbohydrate-lipid metabolism, microbiota

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2022, 29, 1 (130), 22 – 37

DOI: 10.15193/zntj/2022/130/405

ADAM GRDEŃ, HALINA KOBAK, BARTOSZ SOŁOWIEJ

SELECTED UNCONVENTIONAL SOURCES OF PROTEIN AND OTHER NUTRIENTS

S u m m a r y

Background. Nowadays, the world is confronted with the problem of rapid population growth and constraints on food productivity to meet the nutritional needs of all people. Agriculture and the food industry are facing difficulties in increasing food production as natural goods such as cultivable land area, water and electricity are being depleted. One of the most important dietary components that may start to become scarce is protein. Existing protein sources, especially animal protein, are very detrimental to the climate, hence not only new solutions, but also new and more sustainable protein sources must be sought.

Results and conclusion: Some possible new protein sources and other nutrients may include edible insects in the form of flour from e.g. the house cricket (*Acheta domesticus*), marine algae in the form of powdered Spirulina (*Arthrosipra platensis*), ocean krill e.g. antarctic krill (*Euphausia superba*), cultured meat or Single Cell Protein (SCP). While these raw materials have not been widely used to date, their composition and nutritional value may seem promising. Each of these sources has its advantages and disadvantages, but considering the high demand for new foods, they should be given more careful attention, especially regarding their use in the food industry. Due to their content of essential amino acids and, in the case of edible insects, complete proteins, they can be an excellent alternative to conventional food sources. Additionally, due to the fact that they are rich in certain compounds, they can become new functional food with a wide range of applications.

Słowa kluczowe: unconventional proteins, alternative proteins, edible insects, Arthrospira, krill, cultured meat, Single Cell Protein

Introduction

According to FAO (the Food and Agriculture Organization of the United Nations Agriculture), the world population is expected to grow to about 9 billion in 2050. This information raises concerns about food resources for future generations and ongoing

Mgr A. Grdeń, lic. H. Kobak, dr hab. inż. prof. UP B. Sołowiej, ORCID: 0000-0002-1805-5494, Zakład Technologii Mleczarstwa i Żywności Funkcjonalnej Katedry Technologii Żywności Pochodzenia Zwierzęcego, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Skromna 8, 20-704 Lublin.Kontakt: bartosz.solowiej@up.lublin.pl

environmental pollution, therefore the alternative sources of protein other than poultry, pork, beef or legumes, which are very demanding to grow and produce, should be sought. Field cultivation is not possible without arable land, water resources, energy and animal husbandry – which requires previously produced feed. The whole process of production of both crops and animals causes huge financial outlays [22]. Nevertheless, they depend on the species of animals being kept. The least demanding is poultry, in particular broilers, in which case the rearing time is usually up to two months, and laying hens in the case of eggs. On the other hand, cattle requires vast amounts of feed and water due to their long rearing time (about 1.5 years for beef cattle or 2.5 to even 3 years for dairy cattle). Cattle breeding contributes to producing significant amounts of greenhouse gases (GHG), methane, carbon dioxide and other compounds. All these factors influence the need to look for other sources of protein [18].

In 2015, Regulation (EU) 2015/2283 of the European Parliament and of the Council of November 25 on introducing novel foods was published to ensure consumer safety in this regard [48]. Novel foods, as defined in the regulation, include insects, animals, plants, fungi, microorganisms and seaweeds that were not commonly consumed in the European Union before May 15, 1997, but are used as food in more remote parts of the world. It will help enrich a diet by introducing new products or providing food in poorer countries [49].

Edible insects

Insects represent a very diverse group of animals that can be beneficial to humans, on the one hand, but also harmful, on the other. Some insects are known in medicine, such as beetles, butterflies and termites, and used in entomotherapies [17, 31]. They inhabit all natural environments, from terrestrial to marine areas. Due to their high reproduction rate and short growth time, they can be a valuable source of protein and some minerals [12, 30]. Those which are consumed most often include termites, crickets, dragonflies and beetles. These insects are consumed in different stages of development, from eggs to young larvae or adults. They are ones of the complete protein sources immediately behind meat, milk, eggs or soya beans [61].

Increasingly, there are many different organizations which appeal to promote knowledge about the possibility of the consumption of insects by people, and these include FAO (the Food and Agriculture Organization of United Nations) or IPIFF (the International Platform of Insect for Food and Feed) [42]. FAO has been involved in research into insect management for food and its safety since 2004 [61].

There are about 2,000 species of insects suitable for consumption by people, and they are consumed in 80 countries all over the world. In Asian countries, Mexico or Africa, they have been consumed for a long time and are customary [12]. There are many publications on entomophagy (insect consumption). Most often, such phenomena

occur among indigenous people of many tribes from poor areas. People living in these areas pass on knowledge of the subject to each other from generation to generation. One study among Indian people estimated that 51 species of edible insects were known there. The most significant number were flying insects [13]. In Europe, edible insects are not so popular, which is mainly due to ethical reasons and consumer aversion, as well as the lack of tradition of eating insects [12]. However, insect products can be consumed unknowingly because *Dactylopius coccus* is commonly used in the production of the food coloring cochineal (E120), which in turn is permitted in the European Union [12, 36]. According to van Huis [57], the main reason for giving up insects as a food source is repulsion to this group of animals. Currently, Polish publications on edible insects and their acceptance can also be found. One such study was a sensory analysis of a fruit cocktail with powdered cricket (*Acheta domesticus*) in different concentrations. The experiment was conducted in Gdańsk among dietetics students and allowed to deduce that the most significant barrier is the appearance and psychological aspect [6].

Until now, edible insects in Europe could have been sold mostly in a freeze-dried form as whole insects, which may deter future consumers and discourage them from trying them [30]. However, nowadays, increasing knowledge and opportunities in processing allow consumers to have unlimited access to various food products containing insects in their composition. In some European countries like the Netherlands, freeze-dried insects can also be easily purchased in stationary or online stores [59].

Nutritional value of edible insects

It is complicated to consider insects as a homogeneous group in terms of nutrition because the protein content alone varies from 40 to even 77 g/100 g of dry mass (d.m.). The amino acids composition of *Tenebrio molitor,* as an example, is shown in Table 1. It can be noted that tenebriomolitor contains virtually all essential amino acids in amounts that meet the WHO/FAO/UNU recommendations. The lack of limiting amino acids combined with the high content of branched chain amino acids, isoleucine, leucine and valine, may add value when consumed by physically active, elderly or recovering individuals. In this respect, edible insects can successfully compete with egg, beef or poultry protein [1, 51]. This is similar with the amount of fat, which is estimated to range from 7 to 77 g/100 g of d.m., or at least fiber, which in the case of insects is in the form of insoluble chitin [16, 53]. According to Szeja [53], dietary fiber content ranges from 11.6 to about 137 mg/kg of d.m. Like in the case of other components, it depends purely on many factors, including the development of the insect, the feed, sex or rearing conditions.

In a study by Alves *et al.* [1] into whitefly (*Tenebrio molitor*) larvae fed with four types of feed, significant differences in body composition were observed. Depending

on the type of feed, the content of a particular component was higher than that of the others, hence feeding the insects with a feed with more protein can produce products desired by consumers and food manufacturers.

In addition, the authors often use different methods to obtain protein and perform individual analyses, as well as the insects themselves come from many different sources, making it difficult to determine the nutrient and mineral content unequivocally. At the moment, it can be stated that the number of experiments conducted in Poland and Europe is insufficient, and there may be problems with the availability of various insects [64, 65].

Table 1. Amino acids composition of protein sources (mg/100 g of d.m.)
Tabela 1. Skład aminokwasowy źródeł białka (mg/100 g s.m.)

Amino acids Aminokwas	Spirulina powder Sproszkowana spirulina [21]	Ocean Krill Kryl oceaniczny [55]	Edible insects Owadyjadalne [20]	WHO/FAO/UNU (mg/100g protein) (mg / 100g białka) [60]
Threonine / Treonina	2860	2200	1830	900
Valine / Walina	3940	2600	2940	1300
Arginine / Arginina	3928	3800	2230	ND
Lysine / Lizyna	2960	4400	2010	1600
Methionine +Cysteine Metionina + Cysteina	1170[1]	2400	ND	1700
Leucine / Leucyna	5380	4000	3370	1900
Isoleucine / Izoleucyna	3500	2500	1980	1300
Phenylalanine +Tyrosine Fenyloalanona + Tyrozyna	2750[2]	5000	5210	1900
Histidine / Histydyna	1000	1100	2800	1600

Objaśnienia / Explanatory notes:
ND – brak danych / no data; 1methionine only / tylko metionina; 2phenylalanine only / tylko fenyloalanina

According to Zielińska et al. [64], only three types of insects are readily available in Poland: *Gryllus sigillatus* (cricket genus) (adult form), *Schistocerca gregaria* (desert locust) (adult form), and *Tenebrio molitor* (mealworm) (larva). In addition, an important aspect is the digestibility of proteins, which can be different depending on the species and, in particular, the content of chitin included in their skeletons. According to A. van Huis [57], chitin can combine with some of the amino acids that make up insect carapace so that the amount of protein that can be utilized may be overestimated.

Edible insects can be a good source of healthy fats, including polyunsaturated fatty acids (PUFAs). The level of these fats in insects is higher than in beef and pork, and

it is similar for fish. It is believed that *Acheta domesticus* (house cricket) may contribute to the proliferation of intestinal microflora and reduce plasma levels of tumor necrosis factor (TNF-α), which is associated with inflammation. Chitin and chitosan reduce adverse intestinal microflora [39].

One of the main advantages of certain edible insects is their high zinc and iron content. For example, the large caterpillar *Gonimbrasia belina* has a high iron content (31 – 77 mg/100 g of dry mass) and so does the grasshopper *L. migratoria* (8 – 20 mg/100 g of dry mass). Caterpillars *Gonimbrasia belina* could be a good source of zinc (14 mg per 100 g of dry mass) together with palm weevil larvae *Rhynchophorus phoenicis* (26.5 mg per 100 g of dry mass) [30]. These elements perform several essential functions in the body, and the biggest amounts are found in products of animal origin. Pregnant women are particularly susceptible to deficiencies as they need to ensure adequate nutrition for both the fetus and themselves, and therefore have an increased need for these elements. Insects rich in these elements include *Tenebrio molitor* (mealworm), *Locusta migratoria* (migratory locust), *Schistocerca gregaria* (desert locust), *Acheta domesticus* (house cricket), *Gryllus assimilis* (Cuban cricket), *Gryllodes sigillatus* (tropical cricket), *Gonimbrasia belina* (mopane) or *Rhynchophorus palmarum* (palm shrew) [40, 57]. Additionally, insects contain large amounts of potassium, sodium, calcium, phosphorus, magnesium, manganese and copper [32]. Edible insects can be a source of vitamins, both water-soluble and fat-soluble. The vitamin content varies greatly depending on the type of edible insect. Examples of vitamin amounts are as follows: 0.1 – 4 mg/100 g of dry mass of thiamine, 0.11 – 8.9 mg/100 g of dry mass of riboflavin, 0.47 – 8.7 μg/100 g of dry mass of vitamin B12. For vitamin A, depending on the species, an average of 32 – 48 μg/100 g of dry mass of retinol can be found. Some species contain about 35 mg of vitamin E in 100 g of dry mass. Vitamin D can be found at 3.31 μg/100 g of dry mass in the Formicidae family [30].

In summary, the nutritional value and especially the complete protein content varies and depends on many factors. However, given the most favorable variants, some edible insect species can contain more than 60 – 70 % of complete protein. This is higher than the standard livestock products consumed so far. Therefore, edible insects nutritionally could join the dietary products consumed to provide protein. In this way, standard animal production would not have to be so intensified, which is a burden on the environment.

The threats of eating insects

As with other farm animals, there is some potential for transmitting diseases or pathogens to humans (called zoonosis). Nevertheless, if all standards are observed during breeding, this risk is low [58]. However, there are reports that insects can accumulate some harmful chemicals and heavy metals, e.g., lead, zinc, copper or cadmium.

The highest amounts of zinc and copper were observed in insect larvae. According to Zhuang et al. [63], this is related to the structure of insects and basic body processes. To a large extent, insects get rid of these contaminants through defecation. Another critical issue is that as consumers, we only have access to pre-processed insects or products enriched with them for safety reasons. There are not many studies that address the safety of commercially available insects.

A Belgian study on some of the most commonly eaten insects investigated whether chemical contaminants and heavy metals posed any real risk to consumer health. It was found that results can vary even among individuals from the same species, possibly due to the raw material source. Ultimately, the authors concluded that the amount of contaminants present in edible insects and enriched products did not pose any health-related risk to consumers. The amounts are comparable to food products from conventional protein sources such as beef, pork, poultry or fish [44, 45]. In another Belgian study of this type, authors indicated that microbial contaminants were at or near maximum levels, similar to freshly ground meat. However, with blanching, sterilization or even freeze-drying processes, these pathogens can be eliminated from food in most cases. Unfortunately, freeze-drying only inactivates microorganisms, which can be still present and pose a risk that consumers will ingest them. Therefore, some researchers advise that freeze-dried insects should be heat treated before consumption [37].

Another vital issue is the occurrence of cross-allergy risk in consumers allergic to shellfish after consuming insects, even after prior heat treatment [26, 52, 56].

It is important to remember that insects intended for human consumption should come from strictly controlled farms, which will minimize the risk of chemical and microbiological contamination that could occur in the wild [51].

Ocean krill as an alternative protein

Krill is a crustacean that is typically about 6 cm long and lives in waters surrounding Antarctica. Krill can provide food for both humans and animals. It is not well known today that it is an integral part of the food chain for other marine animals. It can be found in aggregations, which significantly reduces the fishing time and enables the harvesting of large quantities of raw material. In 2016, its catch reached more than 270,000 tons, while in the past, it was even 500,000 tons (1982) [66]. The most popular krill species are *Euphausia superba* (Antarctic krill) and *E. pacifica* (Pacific krill), and they are most often used in research. Nevertheless, the biggest problem in the production of this crustacean is its high-water content (about 77.9 – 83.1 %), as a result of which it spoils rapidly and thus requires virtually immediate processing [55].

Nutritional value of krill

The body of krill is primarily composed of water, with the remainder consisting of protein (11.9 – 15.4 %), fat (0.4 – 3.6 %), ash (3 %), and chitin (2 %). The protein content of the dry mass is estimated to be 60 – 65 %. Additionally, this crustacean contains almost all essential amino acids. The amino acids composition is shown in Table 1. However, compared to chicken egg protein, krill exhibits lower digestibility and may not be competitive [55]. On the other hand, nowadays, many protein supplements are produced in which *E. superba* can also be used, but it has to be appropriately processed first. The disadvantage is the presence of fluorine in isolates allowed for human consumption, but it should be kept in mind that the acceptable intake standards for this element should not be exceeded [55, 59]. Excess fluoride can lead to poor bone mineralization, damage the brain, kidneys and liver, as well as may harm the fetus [8, 43]. It is important to note that protein isolates are often produced from defatted krill from which the oil was previously extracted. Fat from this raw material is much more valued due to its high EPA and DHA acids content.

Studies indicate that krill oil has an excellent effect on the skeletal system and may be helpful in the treatment of secondary osteoporosis caused by certain medications [36]. Due to its n-3 family fatty acids, it has antioxidant and anti-inflammatory properties and contains significantly lower amounts of cholesterol than shrimp [55]. According to Choi *et al.* [14], due to its antioxidant activity, Krill oil can protect against DNA damage and thus the diseases it causes, including those related to the nervous system, such as Alzheimer's. In addition, although a typical characteristic of this crustacean is a higher percentage of saturated fats than, e.g. shrimp, trout or salmon, the total share of these fats is not so significant relating to their total content. Consequently, the risk of developing cardiovascular diseases is lower [55].

Ocean krill is rich in vitamins A and E, as well as folic acid and vitamin B_{12}. As little as 100 g of the crustacean satisfies an adult's entire daily requirement for vitamin E. Higher levels of cobalamin and folic acid are especially important for people with anemia, which can be caused by a deficiency of these vitamins [25, 55]. In addition to the vitamins mentioned above, *E. superba* is a good source of astaxanthin. On the other hand, as far as minerals are concerned, krill contains the biggest amount of them in the exoskeleton, usually not consumed or used in production and waste. The elements found in it are magnesium, phosphorus, calcium, fluorine, and iron. The magnesium content in krill is sufficient to meet the body's needs; however, it is found mainly in meat, and after processing, e.g. into protein concentrate, the magnesium content is negligible. In turn, the amount of phosphorus is lower in meat, while in concentrates, it increases. Nevertheless, that level is sufficient to meet the needs of the body. A different case is with calcium because data indicates that krill is rich in this element, but

neither meat nor concentrates contain sufficient amount because it is mainly located in the skeleton. As for iron, krill is not a good source of this element [55].

Disadvantages and risks of using krill

It is important to note that using ocean krill may not necessarily be a more sustainable solution than livestock farming. It should be noted that harvesting krill is not without impact on the population of animals for which it provides feed, such as penguins. The widespread use of krill as food for humans could probably result in a decrease in the krill population available to penguins [33].

One of the risks associated with the consumption of marine organisms including krill is possible microplastic contamination. The exact health effects and the level of risk are not exactly known, but there are sources showing that marine organisms may contain microplastics that humans can consume along with seafood. More research is needed on the level of contamination and possible impact on human health [3]. Moreover, there is a safety issue related to the possible occurrence of allergies and food intolerances, as is the case with crustaceans and seafood, which krill undoubtedly belongs to [48].

Marine algae as a source of protein

Algae are organisms living mainly in water or a very humid environment. In Poland, the most popular varieties are Spirulina (Arthrospira) and Chlorella, while those commonly used by the industry are brown algae, green algae and red algae. Each of the above groups is morphologically diverse because they belong to different kingdoms. According to some sources, there are more than 20,000 species under the name of alga/algae [29]. Marine algae have been known for a long time, especially in Asian countries, as a standard component of cuisine [27]. Many dietary supplements containing Spirulina or Chlorella are being developed because they are rich in nutrients and minerals [62]. In addition, algae can be used as an additive to animal feed, especially fish, used to obtain fish meal used in poultry or swine farming [23].

Moreover, marine algae are often used in the cosmetics industry due to their properties slowing down the aging process (because of antioxidants) or protecting against harmful ultraviolet radiation. In addition, they can be used in the production of cosmetics, such as humectants, i.e. substances that ensure adequate skin hydration. Agar, carrageenan and alginates produced from some kelp are used as stabilizers and gelling agents in the cosmetics and food industries. The most popular is sodium alginate E401, which can be found in ice cream, marmalade, canned meat, yogurt or light mayonnaise [9, 29, 47].

Another industry using algae is the production of biofuels, such as biomethane, biodiesel, biogas or bioethanol. From the economic point of view, it is not very com-

petitive with traditional energy sources due to the need for appropriate technical facilities and high production costs. Fort the mass cultivation of algae, organisms must be provided with the best possible conditions for growth, such as temperature in the range of 20 – 30 °C, adequate CO_2 concentration, mineral nutrients or access to sufficient light [29, 34].

Composition and nutritional value of marine algae

The composition of algae depends largely on their location and species, as well as other environmental factors. In *Chlorella vulgaris,* the fat content can reach up to 26 %, while when it comes to *Atrhrospira platensis* (Spirulina), these amounts are negligible. However, these figures often vary significantly, making it difficult to precisely determine exact constituents . It should be noted that much depends on the algae's environment, but many studies do not provide this information. The most desirable lipids from algae are polyunsaturated fatty acids (PUFAs). The most important are n-3 and n-6 fatty acids, belonging to the group of essential unsaturated fatty acids (EUFAs), which the human body cannot produce, hence they must be provided with food. Among them, eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) belonging to the n-3 group play the most crucial role. They have proven antioxidant and antibacterial effects and have a beneficial influence on the cardiovascular system, as well as lower cholesterol and keep glucose in blood at a proper level [2, 38, 54].

The protein content of Spirulina (*Arthrospira*) varies between 40 and 60 % of dry weight, and for Chlorella between 20 – 60 % [37]. This is similar in respect of carbohydrates. In both types of algae, the results vary considerably. At the same time, in *Arthrospira platensis,* the authors estimated the content between 7 – 20 % of dry mass and in Chlorella between 12 and 26 % of dry mass. It is worth consuming algae, as they contain essential amino acids, which must necessarily be supplied with food. According to Guitiérrez-Salmeán et al. (2015), the content of amino acids in 100 g of Spirulina powder is as follows: Histidine – 1,000 mg, Isoleucine – 3,500 mg, Leucine – 5,380 mg, Lysine – 2,960 mg, Methionine – 1,170 mg, Phenylalanine – 2,750 mg, Threonine –2,860 mg, Tryptophan – 1,090 mg, Valine – 3,940 mg (the amino acid composition is also shown in Table 1). The limiting amino acids, compared to egg white, will be Methionine and Cysteine, which are not present in Spirulina. For this reason, Spirulina will probably not replace other sources of protein, but it can be an additional source of this macronutrient, providing valuable food, particularly for those on plant-based diets. In addition, they are a good source of vitamins in particular: A (352,000 IU/100 g), C, E, K, and B group (B_1 – 0.5 mg/100 g; B_2 – 4.53 mg/100 g; B_3 – 14.9 mg/100 g; B_6 – 0.96 mg/100 g; B_{12} – 162 μg/100 g), as well as minerals such as calcium (468 mg/100 g), iron (87.4 mg/100 g), iodine (142 μg/100 g), selenium (25.5 μg/100 g) or magnesium (319 mg/100 g) [2, 21].

In addition, algae are rich in other components with health-promoting effects, such as zeaxanthin and lutein in *Arthrospira*, which affects vision, or phycocyanin with antioxidant and anti-inflammatory effects and anti-inflammatory effects; others include β-carotene and polyphenolic compounds [5, 10].

According to Tang and Suter (2011), algae are safe for human consumption, provided that they are grown under strictly controlled conditions. They are also safe, if portions are reasonable and not consumed in excessive quantities, and if there are no health contraindications, such as food allergies [54].

Other sources of protein

Cultured meat

Cultured meat otherwise known as in vitro meat or lab-grown meat is more and more often presented as a potential solution to the problem of growing population and demand for good quality food. This product is a good alternative for people who want to eat more sustainable food products and want to reduce or eliminate the consumption of meat from slaughtered animals, but at the same time do not want to radically change their diet [15].

In vitro meat production involves taking a piece of muscle tissue from a live animal by biopsy. The material thus collected is a source of stem cells capable of proliferation. Cell multiplication occurs when the sample is placed in a suitable medium containing nutrients, hormones and growth factors, which simulates conditions in a living organism. Until recently, using fetal bovine serum (FBS) as a component of the medium has been problematic, but now it is no longer necessary, because start-ups have developed a new substance. Then, after removing the growth factor, cells differentiate to form muscle cells and form myotubes. Myotubes are placed on a special scaffold that helps form the shape of muscle fibers. The process itself is constantly being researched and refined, which contributes to lower production costs. However, these costs are still very high [7, 46].

The amino acid composition of cultured meat is the same as for conventional meat. The advantage is that the fatty acid composition can be modified, which can have a positive impact on the health aspect. Additionally, cultured meat reduces risk factors, such as microbial and parasitic contamination [15].

Unfortunately, disadvantages still include the high cost of production and the early stage of product development. A lot of research still needs to be done to assess the impact of cultured meat on human health. It should also be mentioned that red and processed meat pose certain health risks [11], and products created in a laboratory are ultimately intended to imitate conventional meat products. Therefore, the in vitro meat solution is future-proof but not ideal. More research is needed to explore this topic.

Single Cell Proteins (SCP)

Another protein source that is classified as an alternative source is SCP (Single Cell Protein). These are proteins extracted from single cell organisms such as bacteria, molds, yeast or microalgae. Production is entails growing biomass in special bioreactors. For example, waste from the food and agricultural industries is used to grow biomass. The production of microbial biomass is ensured by submerged or solid state fermentation. Biomass is harvested after fermentation and can undergo further processing steps such as washing, cell disruption, protein extraction and purification [3].

SCPs can have great potential in terms of the environment, as they have high substrate efficiency and waste management capabilities. Additionally, SCP production is independent of weather conditions, seasonality or pest incidence. Furthermore, production takes place on a small area compared to traditional food production [41].

Nutritionally, SCPs vary widely and their composition depends primarily on the type of microorganism and the medium. However, it can be stated that SCPs derived from bacteria contain the most protein (50 – 80 %), followed by microalgae and yeast (30 – 75 %), whereas molds contain the least protein (20 – 45 %). In addition, SCPs contain a lot of vitamins and minerals, especially B vitamins. In terms of amino acid composition, SCPs have a good ratio of essential amino acids, however, the most common limiting amino acids are sulfur-amino acids [12].

SCPs unfortunately have disadvantages that make them difficult to use on a large scale in human nutrition. One of them is a low content of sulfur amino acids, such as methionine and cysteine, which makes them not a source of complementary protein. Nevertheless, this also depends on the type of SCP, as the variability in composition is high [51]. Another disadvantage is the content of nucleic acids, which can be harmful to humans if consumed >2g/day. Given this limitation, only small amounts of SPC as a food additive would be possible to consume. Thus they would not be a significant source of protein [41]. On the other hand, the possible removal of nucleic acids would complicate the entire process and significantly increase production costs. The impact of SCPs on the human organism in terms of allergic reactions and food intolerances is also unknown. Nevertheless, SCPs represent an interesting alternative that can be further developed.

Conclusions

Undoubtedly, edible insects, marine algae, ocean krill, cultured meat or single cell proteins are raw materials that deserve interest in context of the food industry and their use in producing highly nutritious foods. These raw materials have so far not been used to produce food or obtain proteins on a large scale. As such, they can provide an additional sustainable raw material, which can contribute to improving the situation related

to increased demand for food, continuous climate warming and constraints on existing agricultural production.

All the novel food sources described above have suitable nutritional parameters, such as high protein content, the presence of essential amino acids, a high proportion of healthy fats and the fact that they are rich in vitamins and minerals with beneficial effects on the human body. In terms of protein, the most favorable of them include some species of edible insects that contain complete proteins, which allows them to compete with traditional sources of this macronutrient, such as meat or dairy.

However, it is important to note that, as with all new products, more research needs to be done on the safety of use in human nutrition and possible health risks. Currently, there is limited scientific evidence for the complete safety of the ingredients described, especially under food industry conditions and in correlation with other food ingredients. Sources such as cultured meat and SCP need additional research to the greatest extent, as there are still too many imponderables in their case and production technology needs to be further developed. There is also no research into human health effects. Nevertheless, this is a promising line of research that may contribute to a significant improvement of the nutritional situation worldwide.

References

[1] Alves A.V., Sanjinez-Argandoña E.J., Linzmeier A.M., Cardoso C.A.L.,Macedo M.L.R.: Food value of mealworm grown on acrocomiaaculeatapulp flour. PLOS ONE, 2016, 11(3),#0151275.

[2] Andrade L.M., Andrade C.J., Dias M., Nascimento C.A.O., Mendes M.A.: Chlorella and spirulina microalgae as sources of functional foods, nutraceuticals, and food supplements; Overview. MOJ Food Proces. Technol., 2018, 6 (1), 45-58.

[3] Anupama, &Ravindra, P.: Value-added food: Single cell protein. Biotech. Advan., 2000, 18(6), 459-479.

[4] Barboza L.G.A.,Vethaak A.D., Lavorante B.R.B.O., Lundebye A.K., Guilhermino L.: Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health. Mar. Pollut. Bull., 2018, (133), 336-348.

[5] Barkia I., Saari N., Manning S.: Microalgae for high-value products towards human health and nutrition. Mar. Drugs, 2019, 17 (5), #304.

[6] Bartkowicz J.: Sensoryczna ocena oraz determinanty akceptacji koktajlu owocowego z owadami jadalnymi – świerszczem domowym *Acheta domesticus* wśród wybranej grupy konsumentów. Intercathedra, 2019, 3(40), 227-234.

[7] Ben-Arye T., Levenberg S.: Tissue engineering for clean meat production. Front. Sustain. Food Syst., 2019, 3, #46.

[8] Błaszczyk I.,Ratajczak-Kubiak E.,Birkner E.: Korzystne i szkodliwe działanie fluoru. Farmacja Polska, 2009, 65 (9), 623-626.

[9] Bogusz S., Posz E.,Stebel A.: Wykorzystanie krasnorostów (*Rhodophyta*) w kosmetyce. Polish Journal of Cosmatology, 2016, 19 (3), 182-189.

[10] Bolan Y., Wang J., Suter P.M., Russell R.M., Grusak M.A., Wang Y., Wang Z., Yin S., Tang G.: Spirulina is an effective dietary source of zeaxanthin to humans. Brit. J. Nutri., 2012, 108 (4), 611-619.

[11] Bouvard V., Loomis D., Guyton K.Z., Grosse Y., Ghissassi F.E., Benbrahim-Tallaa L., Guha N., Mattock H., Straif K., Corpet D.E.: Carcinogenicity of consumption of red and processed meat. Lancet Oncol., 2015, 16(16), 1599-1600.

[12] Bueschke M., Kulczyński B., Gramza-Michałowska A., Kubiak T.: Alternatywne źródła białka w żywieniu człowieka. Zeszyty Naukowe SGGW w Warszawie-Problemy Rolnictwa Światowego, 2017, 17(32)(3), 49-59.

[13] Chakravorty J., Ghosh S., Meyer-Rochow V.: Badanie porównawcze entomofagii i praktyk entomoterapeutycznych u sześciu plemion wschodniej Arunachal Pradesh. J. Ethnobiol. Ethnomedicine, 2013, 9 (1),#50.

[14] Choi J.Y., Jang J.S., Son D., Im H., Kim J., Park J., Choi W., Han S., Hong J.: Antarctic krill oil diet protects against lipopolysaccharide-induced oxidative stress, neuroinflammation and cognitive impairment. International J. Mol. Sci., 2017, 18(12), #2554.

[15] Chriki S., and Hocquette J-F.: The myth of cultured meat: a rewiev. Front.Nutr., 2020, 7, #7.

[16] Elhassan M., Wendin K., Olsson V., Langton M.: Quality aspects of insects as food-nutritional, sensory, and related concepts. Foods, 2019, 8(3), #95.

[17] Figuiredo R.E.C.R., Vasconcellos A., Policarpo I.S., Alves R.R.N.: Edible and medical termites: a global overview. J. Ethnobiol. Ethnomedicine, 2015, 11, #29.

[18] Flachowsky G., Meyer U.,Südekum K.H.: Land use for edible protein of animal origin - areview. Animals, 2017, 7 (12), #25.

[19] Głąbska D., Włodarek D.: Białko. In: Dietoterapia. PZWL Wydawnictwo Lekarskie, Warszawa, 43-54.

[20] Ghosh S., Lee S.M., Jung C., Meyer-Rochow V.B.: Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. J. Asia Pac. Entomol., 2017, 20 (2), 686-694.

[21] Gutiérrez-Salmeán G., Fabila-Castillo L., Chamorro-Cevallos G.: Nutritional and toxicological aspects of Spirulina (Arthrospira). Nutritión Hospitalaria, 2015, 32 (1), 34-40.

[22] Henchion M., Hayes M., Mullen A., Fenelon M., Tiwari B.: Future protein supply and demand: strategies and factors influencing a sustainable equilibrium. Foods, 2017, 6(7), #53.

[23] Hua K., Cobcroft J., Cole A., Condon K., Jerry D., Mangott A., Praeger C., Vucko M., Zeng C., ZengerK.,Strugnell J.: The future of aquatic protein: implications for protein sources in aquaculture diets. One Earth, 2019, 1 (3), 316-329.

[24] International Food Information Service.Dictionary of Food Science and Technology (2nd Edition). International Food Information Service (IFIS Publishing), 2009, 320. Dostęp winternecie:10.05.2021.https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpDFSTE001/dictionary-food-science/dictionary-food-science.

[25] Jarosz M., Rychlik E., Stoś K., Wierzejska R., Wojtasik A., Charzewska J., Mojska H., Szponar L., Sajór I., Kłosiewicz-Latoszek L., Chwojnowska Z., Wajszczyk B., Szostak W., Cybulska B., Kunachowicz H., Wolnicka K., Przygoda B., CichockaA., Jarosz M.: Normy żywienia dla populacji Polski. Instytut Żywności i Żywienia. Warszawa, 2017.

[26] Kamemura N., Sugimoto M., Tamehiro N., Adachi R., Tomonari S., WatanabeT., Mito T.: Cross-allergenicity of crustacean and the edible insect *Gryllusbimaculatus* in patients with shrimp allergy. Mol. Immunol., 2019,106, 127-134.

[27] Karmańska A., KowalczykK., Wędzisz A.: Badanie składników odżywczych wybranych gatunków alg morskich. Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, 2012, 45 (1), 66-71.

[28] Kasprowicz D.: Zjawisko wielokrotnego obciążenia niedożywieniem w krajach rozwijających się. Problemy Higieny i Epidemiologii, 2016, 97 (1), 6-13.

[29] Kępska D., Olejnik Ł.: Algi-przyszłość z morza. Chemik, 2014, 68 (11), 967-972.

[30] Kłyś M., Boczek J.: Żyjemy w świecie opanowanym przez owady. Edukacja Biologiczna i Środowiskowa, 2017, 2, 42-51.

[31] Knutelski S., KuryłoA.,Knutelska E.: Dobroczynne owady w zrównoważonym rozwoju. Chrząszczeimotyle w lecznictwie. Pol. J. Sustain. Dev., 2019, 23 (1), 25-34.

[32] Kouřimská L., Adámková A.: Nutritionaland sensory quality of edible insects. NFS Journal, 2016, 4, 22-26.

[33] Krűger L, Huerta M.F., Santa Cruz F.: Antarctic krill fishery effects over penguin populations under adverse climate conditions: Implications for the management of fishing practices. Ambio, 2021, 50, 560-571.

[34] Krzemińska I., Tys J.:Mikroglony jako źródło biomasy energetycznej. Chemik, 2012, 66, 12, 1294-1297.

[35] Krzyśko-Łupicka T., KręcidłoM.,Kręcidło Ł.: Barwniki żywności a zdrowie konsumentów. Kosmos, 2016, 65(4), 543-552.

[36] Mao L., Wang F., Li Y., Dai Y., Liu Y., WangJ.,Xue C.: Oil from antarctic krill (*Euphausia superba*) facilitates bone formation in dexamethasone-treated mice. Food Sci. Biotechnol., 2019, 28 (2), 539-545.

[37] Megido R. C., Desmedt S., Blecker C., Béra F., Haubruge É., AlabiT., Francis F.: Microbiological load of edible insect found in belgium. Insects, 2017, 8 (1), #12.

[38] Molino A., IovineA., Casella P., Mehariya S., Chianese S., Cerbone A., RimauroJ.,Musmarra D.: Microalgae characterization for consolidated and new application in human food, animal feed and nutraceuticals. Int.J.Environ.Res. Public Health, 2018, 15 (11), #2436.

[39] Montowska M., Kowalczewski P. Ł., Rybicka I., Fornal E.: Nutritional value, protein and peptide composition of edible cricket powders. Food Chem., 2019, 289, 130-138.

[40] Mwangi M., Oonincx D., Stouten T., Veenenbos M., Melse-Boonstra A., DickeM., Van Loon J.: Insects as sources of iron and zinc in human nutrition. Nutr. Res. Rev., 2018, 31(2), 248-255.

[41] Nasseri A.T., Morowvat M.H., Amini R.S. & Ghasemi Y.: Single Cell Protein: Production and Process. Am.J. Food Technol., 2011, 6(2), 103-116.

[42] Payne C.L.R., Scarborough P., Rayner M., Nonaka K.: Are edible insects more or less 'healthy' than commonly consumed meats? A comparison using two nutrient profiling models developed to combat over- and undernutrition. Eur.J.Clin. Nutr., 2016, 70, 285-291.

[43] Peng Y., Ji W., Zhang D., Ji H., Liu S.: Composition and content analysis of fluoride in inorganic salts of the integument of Antarctic krill (*Euphausiasuperba*). Sci. Rep., 2019, 9(1), #7853.

[44] Poma G., Cuykx M., Amato E., Calaprice C., Focant J., Covaci A.: Evaluation of hazardous chemicals in edible insects and insect-based food intended for human consumption. Food ChemToxicol., 2017, 100, 70–79.

[45] Poma G., Yin S., Tang B., Fujii Y., Cuykx M., Covaci A.: Occurrence ofselected organic contaminants in edible insects and assessment of their chemical safety. Environ. Health Perspect., 2019, 127(12), #127009.

[46] Post M. J.: Cultured beef: medical technology to produce food. J. Sci. Food Agri., 2014, 94(6), 1039-1041.

[47] Posz E., PinkowskaA.,Stebel A.: Wykorzystanie zielenic (*Chlorophyta*) w kosmetyce. Polish Journal of Cosmatology, 2016, 19(1), 36-41.

[48] Rodwell V.W., Bender D.A., Botham K.M., Kennelly P.J., Weil P. A.:Biochemia Harpera ilustrowana. PZWL Wydawnictwo Lekarskie, Warszawa, 2018.

[49] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/2283 z dnia 25 listopada 2015r. w sprawie nowej żywności (Dz. Urz. UE L327/1 z 25.11.2015).

[50] Rozporządzenie Komisji (UE) 2017/893 z dnia 24 maja 2017r. zmieniające załączniki I i IV do Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 999/2001 oraz załączniki X, XIV i XV do Rozporządzenia Komisji (UE) nr 142/2011 w odniesieniu do przepisów dotyczących przetworzonego białka zwierzęcego.(Dz. Urz. UE L138/92 z 25.05.2017).

[51] Sharif M., Zafar M. H., Aqib A. I., Saeed M., Farag M. R., & Alagawany M.: Single cell protein: Sources, mechanism of production, nutritional value and its uses in aquaculture nutrition. Aquaculture, 2021, #531.

[52] Srinroch C., Srisomsap C., Chokchaichamnankit D., Punyarit P., Phiriyangkul P.: Identification of novel alergen in edible insect, *Gryllusbimaculatus* and its cross-relativity with *Microbrachium* spp. allergens. Food Chem., 2015, 184, 160-166.

[53] Szeja N.: Entomofagia? Aspekty żywieniowe i psychologiczne. Kosmos, 2019, 68(3), 489-501.

[54] Tang, G., & Suter P. M.: Vitamin A, nutrition, and health values of Algae: Spirulina, chlorella, and dunaliella. J. Pharm. Nutr.Sci., 2011, 1(2), 111-118.

[55] Tou J., Jaczynski J., Chen Y.: Krill for human consumption: Nutritional Value and Potential Health Benefits. Nutr. Rev., 2007, 65(2), 63-77.

[56] Van Broekhoven S., Bastiaan-Net S., De Jong N.W.,Wichers H.J.: Influence of processing and in vitro digestion on the allergic cross-reactivity of three mealworm species. Food Chem., 2016, 196, 1075-1083.

[57] van Huis A.: Edible insects are the future? Proc.Nutr. Soc., 2016, 75(3), 294-305.

[58] van Huis A., VanItterbeeck J., Klunder H., Mertens E., Halloran A., Muir G.,Vantomme P.: Edible insects. Future prospects for food and feed security. FAO, Rome, 2013.

[59] Wang Y., Wang R., Chang Y., Gao Y., LiZ., Xue C.: Preparation and thermo-reversible gelling properties of protein isolate from defatted Antarctic krill (*Euphausia superba*) byproducts. Food Chem., 2015, 188, 170-176.

[60] WHO/FAO/UNU. Protein and amino acids requirements in human nutrition. Report of a joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation. WHO Technical Report Series no. 935, 2007.

[61] Wiza P.L.: Charakterystyka owadów jadalnych jako alternatywnego źródła białka w ujęciu żywieniowym, środowiskowym oraz gospodarczym. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, 2019, 1, 98-102.

[62] Zdrojewicz Z., Bieżyński B., Krajewski P.: Czy warto jeść algi? Medycyna Rodzinna, 2018, 21 (1A), 72-79.

[63] Zhuang P., Zou H., Shu W.: Biotransfer of heavy metals along a soil-plant-insect-chicken food chain: field study. J. Environ.Sci., 2009, 21 (6), 849-853.

[64] Zielińska E., Baraniak B., Karaś M., Rybczyńska K., Jakubczyk A.: Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. Food Res. Int., 2015, 77, 460-466.

[65] Zielińska E., Karaś M., Baraniak B.: Comparison of functional properties of edible insects and protein preparations thereof. LWT- Food Sci.Technol., 2018, 91, 168-174.

[66] http://www.fao.org/fishery/species/3393/en. Dostęp w Internecie: 10.05.2021

WYBRANE NIEKONWENCJONALNE ŹRÓDŁA BIAŁKA I INNYCH SKŁADNIKÓW ODŻYWCZYCH

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

Wprowadzenie. Obecnie świat musi się mierzyć z problemem gwałtownego wzrostu liczby ludności i ograniczeniami dotyczącymi wydajności produkcji żywności, aby zaspokoić potrzeby żywieniowe wszystkich ludzi. Rolnictwo i przemysł spożywczy napotykają na trudności w zwiększaniu produkcji żywności, ponieważ wyczerpują się dobra naturalne, takie jak powierzchnia uprawna, woda i energia elektryczna. Jednym z najważniejszych składników diety, którego może zacząć brakować, jest białko. Dotychczasowe pozyskiwanie źródeł białka, w szczególności pochodzenia zwierzęcego, jest bardzo obciążające dla klimatu, dlatego należy poszukiwać nowych rozwiązań i nowych źródeł białka, które będą bardziej zrównoważone.

Wyniki i wnioski. Jednymi z możliwych nowych źródeł białka oraz innych składników odżywczych mogą być owady jadalne w postaci mąki np. ze świerszcza domowego (*Acheta domesticus*), alg morskich w postaci sproszkowanej Spiruliny (*Arthrosipra platensis*), kryl oceaniczny np. kryl antarktyczny (*Euphausia superba*), mięso in vitro, czy mięso jednokomórkowców. Surowce te do tej pory nie są stosowane na szeroką skalę, natomiast ich skład i wartości odżywcze mogą się wydawać obiecujące. Każde z tych źródeł ma swoje wady i zalety, jednak wobec dużego zapotrzebowania na nową żywność należy im się przyjrzeć dokładniej, szczególnie pod kątem zastosowania w przemyśle spożywczym. Poprzez zawartość aminokwasów egzogennych, a w przypadku owadów jadalnych białka pełnowartościowego, mogą stanowić dobrą alternatywę dla konwencjonalnych źródeł żywności. Dodatkowo, dzięki bogactwu niektórych związków, mogą stać się nową żywnością funkcjonalną o szerokim zastosowaniu.

Słowa kluczowe: białka niekonwencjonalne, białka alternatywne, insekty jadalne, *Arthrospira*, kryl, mięso *in vitro*, białka z pojedynczych komórek

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2022, 29, 1 (130), 38 – 50

DOI: 10.15193/zntj/2022/130/406

JOANNA WAJS, ANETA BRODZIAK

ZASTOSOWANIE FRAKCJI MCT Z OLEJU KOKOSOWEGO W ŻYWIENIU I WPŁYW NA ZDROWIE

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

Wprowadzenie. Współcześnie trwają zintensyfikowane poszukiwania nowych, innowacyjnych pokarmowych źródeł ochrony ustroju przed patogenami zagrażającymi zdrowiu, a nawet życiu. Jedną z alternatyw stanowi z całą pewnością kokos, a dokładnie frakcja średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych, określanych jako MCT, pozyskiwana głównie z jego miąższu.

Wyniki i wnioski. Za najzdrowszą formę MCT uważany jest olej kokosowy z pierwszego tłoczenia – VCO. Jak wskazują wyniki badań, kwasy tłuszczowe C6:0-C12:0, stanowiące podstawę oleju MCT, mają działanie przeciwzapalne, przeciwnowotworowe, przeciwcukrzycowe oraz pomagają kontrolować poziom sytości czy lipidów we krwi. Co więcej, wpływają na kształtowanie mikrobiomu nie tylko u ludzi, ale również i zwierząt. Ich szybki metabolizm w ustroju, niewymagający udziału enzymów trzustkowych, umożliwia ich wykorzystanie w cukrzycy czy zaburzeniach trawienia tłuszczu. Ponadto uzupełnienie diety ketogenicznej o MCT, zarówno ludzi, jak i zwierząt cierpiących na padaczkę idiopatyczną, hamuje lub ogranicza występowanie epizodów napadowych. Ze względu na właściwości nawilżające i regenerujące skórę, olej MCT oraz VCO znalazł zastosowanie również w innych gałęziach przemysłu, w tym kosmetycznym. Wyodrębniona frakcja MCT stosowna jest w produkcji karm dla zwierząt lub podawana jest jako odrębny suplement w postaci oleju MCT w diecie szczeniąt czy psów starszych. Podsumowując, ze względu na właściwości prozdrowotne średniołańcuchowe kwasy tłuszczowe znalazły swoje zastosowanie w diecie ludzi, ale też i zwierząt towarzyszących. Możliwość ich wykorzystania z roku na rok nabiera większego znaczenia.

Słowa kluczowe: olej MCT, średniołańcuchowe kwasy tłuszczowe, żywienie, człowiek, zwierzęta

Wprowadzenie

Typowanie surowców określanych mianem „nowej żywności" oraz wykazywanie ich prozdrowotnego wpływu na zdrowie stało się przedmiotem badań naukowców z całego świata. Z żywieniowego punktu widzenia, poszczególne produkty lub izolowane z nich sekwencje białek czy kwasy tłuszczowe mogą stanowić element profilak-

Mgr J. Wajs , dr hab. Aneta Brodziak, prof. UP, ORCID: 0000-0002-8439-796X, Katedra Oceny Jakości i Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka13, 20-950 Lublin. Kontakt:joanna.wajs@up.lublin.pl

tyki względem chorób XXI wieku. Jednym z surowców o wszechstronnym wykorzystaniu jest kokos (*Cocos nucifera L.*). W ostatnich latach szczególną uwagę zwraca się na profil kwasów tłuszczowych miąższu kokosa, a dokładniej frakcję określaną mianem MCT(ang. medium-chain triglycerides). Olej MCT uważany jest za „tłuszcz funkcjonalny", czyli taki, który promuje korzyści dla ustroju [41]. Od 1996 roku, kiedy MCT zostało uznane za nutraceutyk, wykorzystanie go w celach leczniczych nabrało nowego, dużo większego znaczenia.

W związku z rosnącym zainteresowaniem olejem MCT, celem pracy było dokonanie jego charakterystyki, jak również wskazanie właściwości i możliwości wykorzystania w żywieniu, z uwzględnieniem wpływu na zdrowie ludzi i zwierząt.

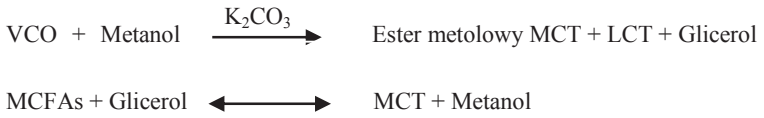
Charakterystyka i pozyskiwanie oleju MCT

Należy podkreślić, że oleju kokosowego nie należy utożsamiać z olejem MCT, co niestety bardzo często następuje. Olej kokosowy (ang. coconut oil, CO) różni się od oleju MCT. Olej kokosowy stanowi bowiem grupę nasyconych kwasów tłuszczowych, składających się, zarówno ze średnio- (ang. medium-chained fatty acids, MCFA), jak i długołańcuchowych (ang. long-chained fatty acids, LCFA) kwasów tłuszczowych. Wśród tych kwasów ponad 50 % stanowią średniołańcuchowe kwasy tłuszczowe, które właśnie określane są mianem MCT [5]. Zatem olej MCT jest jedną z frakcji oleju kokosowego. Resztę stanowią bowiem długołańcuchowe kwasy tłuszczowe (o długości łańcucha C14 i powyżej), tj. kwas mirystynowy (C14:0) czy palmitynowy (C16:0). Należy dodać, że grupa długołańcuchowych kwasów tłuszczowych (LCFA) określana jest mianem LCT (ang. long-chain triglycerides). Suma wszystkich kwasów nasyconych oleju kokosowego waha się między 90 a 95 % [21]. Nienasycone kwasy tłuszczowe (np. kwas oleinowy i linolowy) stanowią jedynie ok. 1 % zawartości wszystkich kwasów oleju kokosowego [45].

Do średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych ogólnie zaliczane są kwasy o długości łańcucha C6-C12 (często rozróżniane na dwie grupy, tj. C8-C10 i C6-C12). Jednakże w oleju MCT występują głównie kwasy o długości łańcucha węglowego C8-C10, tj. kwas kaprylowy (C8:0), kaprynowy (C10:0) oraz kwas laurynowy (C12:0), będący jego podstawowym kwasem tłuszczowym [56]. Taka kompozycja kwasów tłuszczowych pozwala na uznanie tego oleju za prozdrowotny, w kontekście kształtowania zdrowia nie tylko ludzi, ale i zwierząt [3, 19].

Długość łańcucha węglowego oraz stopień nasycenia wodorem decydują o właściwościach samego kwasu tłuszczowego i jego roli w ustroju. Grupa kwasów tłuszczowych MCT należy do tłuszczów nasyconych, pozyskiwanych przede wszystkim z oleju orzecha kokosowego, ale także palmowego (ang. palm kernel oil, PKO). Olej ma zmodyfikowaną strukturę MCFA, uzyskiwaną w procesie frakcjonowania

zhydrolizowanego oleju kokosowego [9]. MCFA można poddać również reakcji z glicerolem w celu otrzymania kwasów MCT na drodze estryfikacji.



Rysunek 1. Reakcja transestryfikacji
Figure 1. Transesterification reaction
Źródło / Source: opracowanie własne na podstawie [20] / the authors' own elaboration based on [20].

Olej MCT jest bezbarwny, pozbawiony zapachu oraz smaku. W porównaniu z innymi tłuszczami odzwierzęcymi czy roślinnymi, których średnia kaloryczność wynosi 9 kcal/g, wykazuje niższą kaloryczność (brutto 8,3 kcal/g). Ingle i wsp. [23] sugerują że, wartość energetyczna netto dla oleju MCT powinna wynosić 6,8 kcal/g. Niższa kaloryczność MCT względem LCT wynika z różnic wykorzystania energii w trakcie metabolizowania kwasów tłuszczowych, w tym również zwiększonej termogenezy. W tab. 1 przedstawiono profil kwasów tłuszczowych wchodzących w skład oleju kokosowego z podziałem na frakcje MCT i LCT.

Tabela 1. Podział i procentowy udział kwasów tłuszczowych w oleju kokosowym
Table 1. Distribution and percentage share of fatty acids in coconut oil

Kwasy tłuszczowe w oleju kokosowym			
Średniołańcuchowe kwasy tłuszczowe (MCT) Medium-chain fatty acids(MCT)		Długołańcuchowe kwasy tłuszczowe (LCT) Long-chain fatty acids(LCT)	
Kwas kapronowy (C6) Caproic acid (C6)	0,5 %	Kwas mistyrynowy (C14:0) Myristic Acid (C14:0)	17 – 21 %
Kwas kaprylowy (C8)/ Caprylic acid (C8)	7,0 – 9,6 %	Kwas palmitynowy (C16:0) Palmitic acid (C16:0)	6,9 – 14,0 %
Kwas kaprynowy (C10) Capric acid (C10)	2,2 – 6,4 %	Kwas stearynowy (C18:0) Stearic acid (C18:0)	2 – 6 %
Kwas laurynowy (C12) Lauric acid (C12)	32 – 51 %	Kwas oleinowy (C18:1) Oleic acid	
		Kwas linolowy (C18:2) Linoleic acid (C18:2)	
		Kwas arachidonowy (C20:0) Arachidonic acid (C20:0)	
		Kwas erukowy (C22:1) Erucic acid (C22:1)	

Objaśnienia / Explanatory notes:
Źródło / Source: opracowanie własne na podstawie [11, 12, 48] / the authors' own elaboration based on [11, 12, 48].

Według najnowszych zaleceń Departamentu Rolnictwa Stanów Zjednoczonych, w wytycznych żywieniowych dla Amerykanów 2020-2025 spożywanie nasyconych kwasów tłuszczowych powinno być ograniczone do 10 % dziennej dawki kalorii [65, 66].

W przypadku skali produkcji i wykorzystania oleju MCT dane wskazują na stały wzrost. W 2016 roku największym konsumentem MCT, o ugruntowanej pozycji na świecie, była Ameryka Północna. Jej udział w rynku ogólnoświatowym oszacowano na 27 %. Według prognozy na 2025 rok konsumpcja oleju MCT przyniesie ponad 752 mln przychodu, a szacowany zysk w 2026 roku wynosi aż 828,7 mln dolarów. Popyt rośnie również w innych częściach świata, w tym w Azji. W Europie największym odbiorcą oleju MCT są Niemcy, ze względu na rozwój branży farmaceutycznej [63, 64].

Właściwości prozdrowotne

Średniołańcuchowe kwasy tłuszczowe odgrywają znaczącą rolę w metabolizmie człowieka oraz zwierząt. Działanie samego MCT jest bardzo szerokie, ponieważ poszczególne kwasy w nim zawarte mają zdolność poprawy parametrów krwi i innych zmiennych w odniesieniu do wielu chorób. Ponadto zwiększają biodostępność związków, w tym kurkuminy [57]. Do głównych właściwości zdrowotnych oleju MCT należą zdolności przeciwnowotworowe, przeciwzapalne, przeciwbakteryjne, przeciwcukrzycowe oraz hepatoprotekcyjne. Ponadto, wspomaga gojenie ran, normuje profil lipidowy krwi, wspomaga procesy odchudzania oraz leczenie chorób na tle neurologicznym – tab. 2 [6, 12, 24, 34, 35, 39].

Badania na ludziach i zwierzętach wykazały, że pobrane MCT są niemalże natychmiast rozkładane w organizmie, z wykorzystaniem lipazy językowej i żołądkowej, na glicerol i kwasy tłuszczowe. Transportowane są przez tętnicę wrotną bezpośrednio do wątroby, gdzie bez użycia chylomikronów są metabolizowane głównie przez mitochondria wątrobowe, tj. przekształcane do ciał ketonowych takich, jak β-hydroksymaślan [29]. Dodatkowo, sam proces ich trawienia nie wymaga wykorzystywania karnityny, niezbędnej do aktywacji i utleniania długołańcuchowych kwasów tłuszczowych czy enzymów trzustkowych, co również wpływa na ich prozdrowotne wykorzystanie [20, 42]. Ketony mają zdolność przekraczania bariery krew-mózg i błony mitochondrialnej, której zadaniem jest wytwarzanie trifosforanu adenozyny, znanego również jako ATP, będącego źródłem energii dla mózgu [59]. Kwasy tłuszczowe wchodzące w skład MCT, tj. kaprylowy i kaprynowy, podnoszą poziom ciał ketonowych we krwi, a ich całkowite przyswajanie następuje w ciągu trzech godzin.

Tabela 2. Działanie wybranych kwasów tłuszczowychw oleju MCT
Table 2. Effects of selected fatty acids in MCT oil

Kwasy tłuszczowe Fatty acids	Działanie / Effect
Kwas kaprylowy Caprylic acid	- stanowi źródło energii lepsze niż glukoza / is a better source of energy than glucose, - ma silne właściwości przeciwutleniające / has strong antioxidant properties, - hamuje działanie IL-8 (białka promującego stany zapalne) / inhibits the activity of IL-8 (inflammation-promoting protein), - zapobiega miażdżycy / prevents atherosclerosis
Kwas kaprynowy Capric acid	- działa bakteriobójczo względem bakterii (*Clostridium perfringens* czy *Helicobacter pylori*) oraz drożdży i grzybów (w tym *Candidaalbicans* powodującego zaburzenia trawienia) / has a bactericidal effect on bacteria (*Clostridium perfringens* or *Helicobacter pylori*) as well as yeasts and fungi (including *Candida albicans* causing digestive disorders)
Kwas laurynowy Lauric acid	- wspiera układ odpornościowy / supports the immune system, - ma właściwości przeciwdrobnoustrojowe, w tym przeciwwirusowe / has antimicrobial, including antiviral properties

Objaśnienia / Explanatory notes:
Źródło / Source: opracowanie własne na podstawie [10, 27, 14, 46] / the authors' own elaboration based on [10, 14, 27, 46].

Z upływem lat organizm starzeje się a wraz z nim dochodzi do akumulacji płytek neurytycznych beta-amyloidu (Aβ) czy ograniczenia metabolizmu glukozy, m.in. w hipokampie. Takie zjawiska są wynikiem demencji starczej, głównej przyczyny choroby Alzheimera [52]. Jednym z kluczowych elementów ograniczających pogłębianie się chorób na tle neurodegeneracyjnym jest zastosowanie diety ketogenicznej, czyli wysokotłuszczowych pokarmów z ograniczeniem podaży węglowodanów. Mechanizm jej działania skupia się głównie na zastąpieniu wykorzystania glukozy, jako źródła energii, przez ciała ketonowe potrzebne do zaspokojenia potrzeb energetycznych. Stan ketozy przyczynia się do znacznej poprawy funkcjonowania neuronów, wpływając tym samym na neuroprzekaźnictwo. Moduluje również szlaki zapalne, obniżając poziom reaktywnych form tlenu (ang. *reactive oxygen species*, ROS), które odpowiadają za uszkadzanie mitochondriów [51]. Badania z ostatnich lat, zarówno na ludziach [1], jak i na zwierzętach [57], wykazały, że suplementacja diety średniołańcuchowymi kwasami tłuszczowymi nie tylko poprawia zdolność wysiłkową, zapobiega wyczerpaniu glikogenu, ale również zwiększa metabolizm mitochondriów, gdyż w procesie przemian metabolicznych ciał ketonowych powstaje mniej ROS niż w przypadku metabolizmu glukozy. Kwasy te chronią zatem rezerwy węglowodanów oraz zabezpieczają białka mięśniowe przed katabolizmem [2]. MCT stanowią łatwo

przyswajalne i szybko dostępne źródło energii i z powyższych względów powinny być stosowane w żywieniu sportowców, ale również psów wyścigowych [1, 27]. W odniesieniu do chorób neurodegeneracyjnych nieprawidłowości funkcjonowania układu nerwowego mogą pojawić się na wszystkich etapach. Według badań przeprowadzonych z udziałem ludzi [18, 30] i psów [4, 36, 37], olej MCT znalazł swoje zastosowanie w leczeniu padaczki idiopatycznej, zaburzeń funkcji poznawczych (ang. *cognitive dysfunction syndrom*, CDS) czy choroby Parkinsona.

Średniołańcuchowe kwasy tłuszczowe, przy stosowaniu diety ketogenicznej, mają również wpływ na kształtowanie się mikrobiomu jelitowego, nie tylko zdrowych osobników, ale również zmagających się z padaczką, stanami zapalnymi jelit, głównie jelita grubego i okrężnicy, czy zespołem złego wchłaniania [40]. Jednak, dzięki unikatowej zdolności absorpcji, MCT może być z powodzeniem podawany ludziom czy zwierzętom borykającym się z zaburzeniami wchłaniania lipidów, na co wskazali już Holt i wsp. [22] w 1965 r. Modyfikacja diety w postaci dodatku oleju kokosowego również przyczynia się do korzystnych zmian w mikrobiocie, ze względu na właściwości przeciwbakteryjne [44]. Gunsalus i wsp. [17] wykazali, że wzbogacenie diety o ten dietetyczny produkt zmniejsza kolonizację przewodu pokarmowego przez *Candida albicans*, patogenu grzybiczego powodującego zakażenia całego ustroju. Na podstawie badań Djurasevic i wsp.[14] oraz Dias i wsp.[13], przeprowadzonych na modelu zwierzęcym, wykazano, że średniołańcuchowe kwasy tłuszczowe przyczyniają się do modulowania mikrobioty, wzrostu *Bacteroidetes* oraz zmniejszenia ilości *Firmicutes* i *Proteobacteria* w jelicie myszy, co w konsekwencji prowadzi to do zmniejszenia stanu zapalnego czy otyłości [31,60].

Tłuszcze pochodzenia roślinnego należą do grupy surowców obfitujących w kwasy tłuszczowe i przeciwutleniacze polifenolowe [33]. W odniesieniu do promocji zdrowia, badania wykazały korzystne oddziaływanie oleju MCT na kontrolę masy ciała, uczucia sytości, zwiększonego wydatku energetycznego oraz procesu utleniania tłuszczu [7, 8, 49]. Maher i wsp. [32] wykazali, że podaż oleju MCT przyczynia się do zwiększenia uczucia sytości i zmniejszenia ilość przyjmowanych kalorii, dzięki zdolności szybkiego wchłaniania oraz produkcji anoreksogennych ciał ketonowych. Opóźnienie opróżniania żołądka oraz zwiększone stężenia β–hydroksymaślanu stanowią elementy mogące przysłużyć się do zwiększonej kontroli przyjmowanych posiłków. Podobne wnioski odnośnie do zmniejszenia przyjmowania kalorii wysnuli Kinsella i wsp. [26], porównując wpływ oleju MCT, kokosowego i rzepakowego na nasycenie przyjmowanym pokarmem. Wykazali, że w trakcie przyjmowania oleju MCT ilość przyjętej całkowitej energii oraz ilość tłuszczu była zdecydowanie mniejsza, odpowiednio o 428 kcal i 14 g, niż w przypadku stosowania oleju kontrolnego (rzepakowego). Spożywanie oleju MCT zmniejszyło również o 280 kcal ilość przyjętej całkowitej energii w porównaniu z olejem kokosowym. Zatem stosowanie oleju MCT może sta-

nowić nową strategię żywieniową w kontekście odchudzania. Rial i wsp. [43], poszukując naturalnych źródeł walki z chorobami cywilizacyjnymi, przeprowadzili badania na szczupłych i otyłych myszach. Autorzy wykazali, że podawanie myszom izokalorycznej diety (przy zastąpieniu LCT przez MCT) poprawiło profil lipidowy, podniosło termogenezę wątrobową i wrażliwość tkanek na insulinę oraz przyczyniło się do utraty tkanki tłuszczowej.

Kolejnym potwierdzonym działaniem oleju MCT jest zdolność modulowania wrażliwości tkanek na insulinę oraz tolerancji glukozy w stanach przed cukrzycowych [50, 55, 61]. Badanie przeprowadzone przez Terada i wsp. [54] na szczurach wykazało, że 6-tygodniowe podawanie średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych w ilości 70g/kg zwiększyło zdolność trzustki do wydzielania insuliny, czego dowodem był mniejszy wzrost jej stężenia w osoczu po doustnym podaniu glukozy. Ponadto w osoczu szczurów stwierdzono wyższe wartości adiponektyny, czego odzwierciedleniem była utrata tkanki tłuszczowej krezki zwierząt karmionych wysokotłuszczową dietą wzbogaconą MLCT w porównaniu z dietą z LCT, odpowiednio o: 1,86 g/100 g i 2,22 g/100 g masy ciała. Podobne wnioski, dotyczące zdolności hamowania wzrostu poziomu glukozy i zwiększania wydzielania insuliny przez trzustkę wysnuli Terada i wsp. [55], podający myszom przez okres 3 tygodni MCT jako uzupełnienie diety.

W ostatnim czasie jedną z trzech najczęściej wymienianych przyczyn zgonów stanowią nowotwory. Szukając naturalnego antidotum, źródła hamującego progresję czy substancji wspomagającej leczenie, naukowcy wytypowali m.in. mieszankę kwasów MCT. Lappano i wsp. [62] wykazali, że kwas laurynowy wykazuje właściwości antyproliferacyjne i proapoptotyczne względem komórek raka piersi i endometrium. Z kolei, Fauser i wsp. [16] wykazali, że kwas C12 promuje rozpad komórek nowotworu jelita grubego poprzez obniżenie stresu oksydacyjnego. Przeciwnowotworowe zdolności oleju kokosowego z pierwszego tłoczenia względem raka płuc wykazali Kamalaldin i wsp. [25], stwierdzając, że olej MCT może hamować wzrost komórek nowotworowych płuc oraz promować szlak apoptozy w niskich stężeniach 8,64 % (v/v) i 12,04 % (v/v).

Wykorzystanie w produkcji żywności

Należy zaznaczyć, że olej kokosowy z pierwszego tłoczenia (ang. *virgin coconut oil*, VCO) uważany jest za najzdrowszą formę MCT. Z uwagi na właściwości prozdrowotne znalazł zastosowanie w szerokiej gamie produktów. Zarówno VCO, jak i frakcję MCT znaleźć można w kosmetykach do pielęgnacji ciała, gdyż MCT doskonale regeneruje uszkodzony naskórek oraz nawilża skórę i włosy [38]. Ponadto coraz częściej występuje w produktach na atopowe zapalenie skóry czy egzemę [15]. Może być również stosowany jako przeciwutleniacz, lek na rany lub w formie probiotyku [47] – tab. 3. Wszystkie produkty wymienione w tabeli 3 i 4 można nabyć w stacjonar-

nych lub internetowych sklepach zoologicznych, również poza granicami Polski. Oferta dotyczy klientów detalicznych, jak i odbiorców hurtowych.

Tabela 3. Produkty dla ludzi z wykorzystaniem MCT
Table 3. Human products using MCT

Kategoria produktu / Product category	Nazwa produktu / Product name
Suplement diety – forma płynna / Dietary supplement - liquid form	Ostrovit 100 % Olej MCT / Ostrovit 100 % MCT oil
Suplement diety – forma płynna / Dietary supplement – liquid form	AMSPORT® Witamina D3 + K2 z Olejem MCT 15 ml / AMSPORT® D3 + K2 Vitamin with 15 ml MCT oil
Suplement diety – forma płynna / Dietary supplement - liquid form	SUPERSONIC Keto Omega 3-6-9 + MCT
Suplement diety – forma płynna / Dietary supplement - liquid form	NESTLÉ HEALTH SCEINCE PEPTAMEN waniliowy napój MCT ułatwiający trawienie i wchłanianie / NESTLÉ HEALTH SCIENCE PEPTAMEN vanilla MCT drink facilitating digestion and absorption
Suplement diety – forma płynna / Dietary supplement - liquid form	B. Braun SE NUTRICOMP® MCT płynna dieta dojelitowa / B. Braun SE NUTRICOMP® MCT liquid enteral diet
Suplement diety – kapsułka żelowa /Dietary supplement - gel capsule	GIANLUCA MECH SpA KETO COCONUT MCT
Przekąska / Snack	Beketo Keto Czekolada Klasyczna + MCT 90 g / Beketo Keto Classic Chocolate + MCT 90 g
Dodatek do żywności /Food additive	Butterfat Keto olej MCT z Ghee i probiotykami. Zabielacz do kawy Neutrient
Lek – forma płynna /Drug – liquid form	FDC Ltd Olej Simyl Mct / FDC Ltd Simyl oil Mct
Lek – proszek / Drug – powder	MEDIFOOD MCT OIL
Lek - proszek / Drug – powder	Fresofol 1 % MCT/LCT krótko działający środek nasenny / Fresofol 1 % MCT / LCT short-acting hypnotic
Kosmetyki – krem do twarzy / Cosmetics – face cream	AccuFix Cosmetics
Kosmetyki – olejek do twarzy / Cosmetics – face oil	Alana Mitchell Organiczny frakcjonowany olej kokosowy do skóry – 100 % / Alana Mitchell Organic Fractionated Coconut Oil For Skin – 100 %
Kosmetyki – olej do włosów / Cosmetics – hair oil	COCO&CO Organiczny olej kokosowy z pierwszego tłoczenia 100 % do włosów / COCO & CO 100 % Organic Virgin Coconut Oil For Hair
Kosmetyki – pasta do zębów / Cosmetics – toothpaste	The Dirt Gluten & Fluoride Free Coconut & MCT Oil Toothpaste – słodkie chilli / The Dirt Gluten & Fluoride Free Coconut & MCT Oil Toothpaste – sweet chilli

Objaśnienia / Explanatory notes:
Źródło / Source: opracowanie własne, 2021 / the authors' own elaboration, 2021.

Należy również wspomnieć, iż frakcja MCT jest wykorzystywana w produkcji karm dla zwierząt domowych i żywieniu zwierząt gospodarskich jako dodatek do pokarmu lub indywidualny suplement diety – tab. 4.

Tabela 4. Produkty dla zwierząt z wykorzystaniem MCT
Table 4. Animal products using MCT

Kategoria produktu / Product category	Nazwa produktu / Product name
Karma sucha dla psa / Dry dog feed	PURINA PRO PLAN Veterinary Diets NC Neuro Care
Karma sucha dla psa / Dry dog feed	Purina PRO PLAN Bright mind
Suplement diety – forma płynna / Dietary supplement – liquid form	Syta Micha Olej MCT dla psa 250 ml / Syta Micha MCT oil for dogs 250 ml
Suplement diety w formie pasty / Dietary supplement in the form of a paste	BERGIN® Kälberfit MultiPakiet odpornościowy dla nowonarodzonych cieląt / BERGIN® Kälberfit Immunity MultiKit for newborn calves
Preparat do oczu / Eye preparation	Takrolimus Ophthalmic Solution - immunosupresyjna mieszanka oftalmiczna dla psów / Tacrolimus Ophthalmic Solution - an immunosuppressive ophthalmic mixture for dogs

Objaśnienia / Explanatory notes:
Źródło / Source: opracowanie własne, 2021/ the authors' own elaboration, 2021.

Podsumowanie

Podsumowując, należy stwierdzić, że zarówno olej MCT, jak i olej kokosowy z pierwszego tłoczenia (VCO), należą do produktów przyczyniających się do poprawy zdrowia w przypadku regularnego ich stosowania w żywieniu ludzi, ale także zwierząt. Według najnowszej literatury kompozycja średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych, w tym również obecność kwasu laurynowego, wywiera pozytywny wpływ na ustój, wykazując właściwości przeciwzapalne, przeciwutleniające i przeciwdrobnoustrojowe. Możliwość wykorzystania MCT z roku na rok nabiera większego znaczenia, zarówno w przemyśle spożywczym, jak i w produkcji karm dla zwierząt towarzyszących czy przemyśle farmaceutycznym i kosmetycznym.

Literatura

[1] Abe S., Ezaki O., Suzuki M.: Medium-chain triglycerides in combination with leucine and vitamin D increase muscle strength and function in frail elderly adults in a randomized controlled trial. J. Nutr., 2016, 146 (5), 1017-1026.
[2] Achanta L.B., Rae C.D.: Beta-hydroxybutyrate in the brain: one molecule, multiple mechanisms. Neurochem. Res., 2017, 42, 35-49.

[3] Bach A.C., Babayan V.K.: Medium-chain triglycerides: an update. Am. J. Clin. Nutr., 1982, 36, 950-962.

[4] Berk B.A., Law Tsz.H., Packer R.M.A., Wessmann A., Bathen-Nöthen A., Jokinen T.S., Knebel A., Tipold A., Pelligand L., Zoe M., Volk H.A: A multicenter randomized controlled trial of medium-chain triglyceride dietary supplementation on epilepsy in dogs. J. Vet. Intern. Med., 2020, 34 (3), 1248-1252.

[5] Borba G.L., Batista J..F., Novais L.M.Q., Silva M.B., da Silva Júnior J.B., Gentil P., Marini A.C.B., Giglio B.M., Pimentel G.D.: Acute caffeine and coconut oil intake, isolated or combined, does not improve running times of recreational runners: A randomized, placebo-controlled and crossover study. Nutrients, 2019, 11, #1661.

[6] Chatterjee P., Fernando M., Fernando B., Dias C.B., Shah T., Silva R., Williams S., Pedrini S., Hillebrandt H., Goozee K., Barin E., Hamid R., Sohrabi H.R., Garg M., Cunnane S., Martins R.N.: Potential of coconut oil and medium chain triglycerides in the prevention and treatment of Alzheimer's disease. Mech. Ageing Dev., 2020, 186, #111209.

[7] Clegg M.E., Golsorkhi M., Henry C.J.: Combined medium-chain triglyceride and chilli feeding increases diet-induced thermogenesis in normal-weight humans. Eur. J. Nutr., 2013, 52, 1579-1585.

[8] Coleman H., Quinn P., Clegg M.E.: Medium chain triglycerides and conjugated linoleic acids in beverage form increase satiety and reduce food intake in humans. Nutr. Res., 2016, 36, 526-533.

[9] Dayrit F.M.: The Properties of lauric acid and their significance in coconut oil. J. Am. Oil Chem. Soc., 2014, 92 (1), 1-15.

[10] de Azevedo W.M., de Oliveira L.F.R., Alcântara M.A., de Magalhães Cordeiro A.M.T., da Silva Chaves Damasceno K.S.F., de Araújo N.K., de Assis C.F., Sousa Junior F.C.: Physicochemical characterization, fatty acid profile, antioxidant activity and antibacterial potential of cacay oil, coconut oil and cacay butter. PLos One, 2020, 15 (4), #e 0232224.

[11] DebMandal M., Mandal S.: Coconut (*Cocos nucifera L.: Arecaceae*): In health promotion and disease prevention. Asian Pac. J. Trop. Med., 2011, 4 (3), 241-247.

[12] Deen A., Wisvanathan R., Wickramarachchi D., Marikkar N., Jayawardana S.N.B.C., Liyanadge R.: Chemical composition and health benefits of coconut oil: an overview. J. Sci. Food Agric., 2020, 101 (6), 2182-2193.

[13] Dias M.M., Siqueira N.P., Conceição L.L., Reis S.A., Valente F.X., Dias M.M.S., Rosa C.O.B., Paula S.O., Matta S.L.P., Oliveira L.L., da Matta S.L.P., de Oliveira L.L., Bressan J., Peluzio M.C.G.: Consumption of virgin coconut oil in Wistarrats increases saturated fatty acids in the liver and adipose tissue, as well as adipose tissue inflammation. J. Func. Foods, 2018, 48, 472-480.

[14] Djurasevic S., Bojic S., Nikolic B., Dimkic I., Todorovic Z., Djordjevic J., Mitic-Culafic D.: Beneficial effect of virgin coconut oil on alloxan-induced diabetes and microbiota composition in rats. Plant Foods Hum. Nutr., 2018, 73, 295-301.

[15] Evangelista M.T.P., Abad-Casintahan F., Lopez-Villafuerte L.: The effect of topical virgin coconut oil on SCORAD index, transepidermal water loss, and skin capacitance in mild to moderate pediatric atopic dermatitis: a randomized, doubleblind, clinical trial. Int. J. Dermatol., 2014, 53, 100-108.

[16] Fauser J.K., Matthews G.M., Cummins A.G., Howarth G.S.: Induction of apoptosis by the medium-chain length fatty acid lauric acid in colon cancer cells due to induction of oxidative stress. Chemotherapy, 2013,59, 214-224.

[17] Gunsalus K.T., Tornberg-Belanger S.N., Matthan N.R., Lichtenstein A.H., Kumamoto C.A.: Manipulation of host diet to reduce gastrointestinal colonization by the opportunistic pathogen *Candida albicans*. mSphere, 2016, 1, #e00020-15.

[18] Han F.Y., Conboy-Schmidt L., Rybaczuk G., Volk H.A. Zanghi B., Pan Y., Borges K.: Dietary medium chain triglycerides for management of epilepsy: New data from human, dog, and rodent studies. Epilepsia, 2021, 62 (8), 1790-1806.

[19] Harkins R.W., Sarett H.P.: Medium-chain triglycerides. The Journal the American Medical Association, 1968, 203 (4), 272-274.
[20] Hasana U., Warnasih S.: Synthesis and characterization of medium-chain triglyceride (MCT) from virgin coconut oil (VCO). Conference Paperin AIP Conference Proceedings, 2020, 2243 (1), #020007.
[21] Hewlings S.: Coconuts and health: different chain lengths of saturated fats require different consideration. J. Cardiovasc. Dev. Dis., 2020, 7(4),#59.
[22] Holt P.R., Hashim S.A., Vanitallie T.B.: Treatment of malabsorption syndrome and exudative enteropathy with synthetic medium chain triglycerides. Am. J. Gastroenterol., 1965, 43, 549-559.
[23] Ingle D.L., Driedger A., Traul K.A., Nakhasi D.K.: Dietary energy value of medium-chain triglycerides. J. Food Sci., 1999, 64 (6), 960-963.
[24] Jessa J., Hozyasz K.K.: Wartość zdrowotna produktów kokosowych. Pediatria Polska, 2015, 90 (5), 415-423.
[25] Kamalaldin N'A., Yusop M.R., Sulaiman S.A., Yahaya B.H.: Apoptosis in lungs cancer cells induced by virgin coconut oil. Regen. Res., 2015, 4 (1), 30-36.
[26] Kinsella R., Maher T., Clegg M.E.: Coconut oil has less satiating properties than medium chain triglyceride oil. Physiol. Behav., 2017, 179, 422-426.
[27] Kurosad A., Pasławska U., Pasławski R., Michałek M., Płóciennik M., Nowak K.: Żywienie psów sportowych – intensywny wysiłek. Weterynaria w Praktyce, 2018, 9, 84-88.
[28] Lee J.H., Cho S., Paik H.D., Choi C.W., Nam K.T., Hwang S.G., Kim S.K.: Investigation on antibacterial and antioxidant activities, phenolic and flavonoid contents of some Thai edible plants as an alternative for antibiotics. Asian Austral. J. Animal Sci., 2014, 27, 1461-1468.
[29] Lin A.L., Zhang W., Gao X., Watts L.: Caloric restriction increases ketone bodies metabolism and preserves blood flow in aging brain. Neurobiol. Aging, 2015, 36, 2296-2303.
[30] Lipiec O., Setkowicz Z.: Rola diety w leczeniu chorób neurodegeneracyjnych. Wszechświat, 2017, 118 (1-3), 22-27.
[31] Machate D.J., Figueiredo P.S., Marcelino G., Guimarães R. C.A., Hiane P.A., Bogo D., Pinheiro V.A.Z., de Oliveira L.C.S., Pott A.: Fatty acid diets: regulation of gut microbiota composition and obesity and its related metabolic dysbiosis. International J. Mol. Sci., 2020, 21 (11), 4093.
[32] Maher T., Deleuse M.M., Thondre S., Shafat A., Clegg M.E.: A comparison of the satiating properties of medium-chain triglycerides and conjugated linoleic acid in participants with healthy weight and overweight or obesity. Eur. J. Nutr., 2021, 60, 203-215.
[33] Narayanankutty A., Illam S.P., Raghavamenon A.C.: Health impacts of different edible oils prepared from coconut (*Cocos nucifera*): A comprehensive review. Trends Food Sci. Technol., 2018, 80, 1-7.
[34] Neelakantan N., Seah J.Y.H., van Dam R.M.: The effect of coconut oil consumption on cardiovascular risk factors. A systematic review and meta-analysis of clinical trials. Circulation, 2020, 141, 803-814.
[35] Ota M., Matsuo J., Ishida I., Takano H., Yokoi Y., Hori H., Yoshida S., Ashida K., Nakamura K., Takahashi T., Kunugi H.: Effects of a medium-chain triglyceride-based ketogenic formula on cognitive function in patients with mild-to-moderate Alzheimer's disease. Neurosci. Lett., 2019, 18 (690), 232-236.
[36] Pan Y., Landsberg G., Mougeot I., Kelly S., Xu H., Bhatnagar S., Milgram N.W.: Efficacy of a therapeutic diet on dogs with signs of cognitive dysfunction syndrome (CDS): A prospective double blinded placebo controlled clinical study. Front. Nutr., 2018, 5, 127-137.
[37] Pan Y., Larson B, Araujo J.A., Lau W., de Rivera C., Santana R., Gore A., Milgram N.W.: Dietary supplementation with medium-chain TAG has long-lasting cognition-enhancing effects in aged dogs. Br. J. Nutr., 2010, 103, 1746-1754.

[38] Pandisevam R., Manikantan M.R., Beegum S., Mathew A.C.: Virgin coconut oil infused healthy cosmetics. Indian Coconut Journal, 2019, 20-32.
[39] Patterson C.: World Alzheimer Report 2018: The state of the art of dementia research: new frontiers. Alzheimer's disease international (ADI): London, UK, 2018, 32-36.
[40] Pilla R., Law T.H., Pan Y., Zanghi B.M., Li Q., Want E.J., Lidbury J.A., Steiner J.M., Suchodolski J.S., Volk H.A.: The effects of a ketogenic medium-chain triglyceride diet on the faces in dogs with idiopathic epilepsy. Front. Vet. Sci., 2020,# 541547.
[41] Roberfroid M.B.: Concepts and strategy of functional food science: the European perspective. Am. J. Clinic. Nutr., 2000, 71, 1660S–1664S.
[42] Rego Costa A.C., Rosado E.L., Soares-Monta M.: Influence of the dietary intake of medium chain triglycerides on body composition, energy expenditure and satiety; a systematic review. Nutr. Hospitalria, 2012, 27(1), 103-108.
[43] Rial S.A., Jutras-Carignan A., Bergeron K-F., Mounier C.: A high-fat diet enriched in medium chain triglycerides triggers hepatic thermogenesis and improves metabolic health in lean and obese mice. Biochim. Biophys. Acta Mol. Cell Biol. Lipids 2020, #1865.
[44] Roopashree P.G., Shetty S.S., Kumari N.S.: Effect of medium chain fatty acid in human health and disease. J. Funct. Food, 2021, 87, #104724.
[45] Silalahi J.: Nutritional values and health protective properties of coconut oil.Indonesian J. Pharm. Clin. Res., 2020, 03 (02), 01-12.
[46] Silva R.R., e Silva D.O., Fontes H.R., Alviano C.S., Fernandes P.D., Alviano D.S.: Anti-inflammatory, antioxidant, and antimicrobial activities of *Cocos nucifera* var. typical. BMC Complement. Alter. Med., 2013, 13, 107-114.
[47] Suryani S., Sariani S., Earnestly F., Marganof M., Rahmawati R., Sevindrajuta S., Meurah T., Mahlia I., Ahmad Fudholi A.: A comparative study of virgin coconut oil, coconut oil and palm oil in terms of their active ingredients. Processes, 2020, 8, #402.
[48] Stivastava Y., Semval A.D., Sharma G.K.: Chapter-16 Virgin Coconut Oil as Functional Oil. W: Therapeutic, Probiotic, and Unconventional Foods. Red. A.M. Grumezescu, A.M. Holban. Wyd. Academic Press of Elsevier 2018, ISBN: 978-0-12-814625-5, s. 291-307.
[49] Stubbs B.J., Cox P.J., Evans R.D., Cyranka M., Clarke K., de Wet H.: A ketone ester drink lowers human ghrelin and appetite. Obesity, 2018, 26, 269-273.
[50] St-Onges M.P., Jones P.J.H.: Physiological effects of medium-chain triglycerides: potential agents in the prevention of obesity. J. Nutr., 132 (3), 329-332.
[51] Swerdlow, R.H.; Burns, J.M.; Khan, S.M.: The Alzheimer's disease mitochondrial cascade hypothesis: progress and perspectives. Biochim.Biophys. Acta, 2014, 1842, 1219-1231.
[52] Taylor M.L., Swerdlow R.H., Sullivan D.K.: Dietary neuroketotherapeutics for Alzheimer's disease: an evidence update and the potential role for diet quality. Nutrients, 2019, 11, #1910.
[53] Terada S., Sekine S., Aoyama T.: Dietary intake of medium- and long-chain triacylglycerols prevents the progression of hyperglycemia in diabetic ob/ob mice. J. Oleo Sci., 2015, 64 (4), 683-688.
[54] Terada S., Yamamoto S., Sekine S., Aoyama T.: Dietary intake of medium- and long-chain triacylglycerols ameliorates insulin resistance in rats fed a high-fat diet. Nutr., 2012, 28 (1), 92-97.
[55] Turner N., Hariharan K.,TidAng J., Frangioudakis G., Beale S.M., Wright L.E., Zeng X.Y., Leslie Sz.J., Li J-Y., Kraegena E.W., Cooney G.J., Ye J-M.: Enhancement of muscle mitochondrial oxidative capacity and alterations in insulin action are lipid species dependent. Diabetes, 2009, 58, 2547-2554.
[56] Wallace T.C.: Health effects of coconut oil-A narrative review of current evidence. J. Am. Coll. Nutr., 2019, 38 (2), 97-107.
[57] Wang Y., Liu Z., Han Y., Xu J., Huang W., Li Z.: Medium chain triglycerides enhances exercise endurance through the increased mitochondrial biogenesis and metabolism. Plos One, 2018, 13 (2), #e0191182.

[58] Yao M., Li Z., McClements D.J., Tang Z., Xiao H.: Design of nanoemulsion-based delivery systems to enhance intestinal lymphatic transport of lipophilic food bioactives: Influence of oil type. Food Chem., 2020, #317.
[59] Yu S., Go G-W., Kim W.: Medium chain triglyceride (MCT) oil affects the immunophenotype via reprogramming of mitochondrial respiration in murine macrophages. Foods, 2019, 8 (11), #553.
[60] Zhou S., Wan Y., Jacoby J., Jiang Y., Zhang Y., Yu L.: Effects of medium- and long-chain triacylglicerols on lipid metabolism and gut microbiota composition in C57BL/6L mice.J. Agri. Food Chem., 2017, 65, 6599–6607.
[61] Thomas D.D., Stockman M.C., Yu L., Meshulam T., McCarthy A.C., Ionson A., Burritt N., Deeney J., Corkey B., IstfanN., ApovianM.: Effects of medium chain triglycerides supplementation on insulin sensitivity and beta cell function: A feasibility study. PLos One, 2019, 14 (12), #e0226200.
[62] Lappano R., Sebastiani A., Cirillo F., Rigiracciolo D.C., Galli G.R., Curcio R., Malaguarnera R., Belfiore A., Cappello A.R., Maggiolini M.: The lauric acid-activated signalling prompts apoptosis in cancer cells. Cell Death Discov., 2017, 3, #17063.
[63] www1. https://www.acme-hardesty.com/overview-mct-oil-medium-chain-triglycerides [dostęp: 4.11.2021].
[64] www2. https://www.marketwatch.com/press-release/medium-chain-triglyceride-mct-oil-market-size-in-2021-53-cagr-with-top-countries-data-what-is-the-restraining-factor-for-the-global-medium-chain-triglyceride-mct-oil-industry-latest-144-pages-report-2021-09-06 [dostęp: 14.11.2021].
[65] www3.https://www.dietaryguidelines.gov/sites/default/files/2021-03/Dietary_Guidelines_for_Americans-2020-2025.pdf [dostęp: 23.02.2022].
[66] https://www.who.int/data/gho/indicator-metadata-registry/imr-details/3418 [dostęp: 23.02.2022].

HEALTH EFFECTS OF MCT FRACTION FROM COCONUT OIL AND ITS USE IN NUTRITION

S u m m a r y

Background. Currently, an extensive search continues to look for new, innovative nutritional sources of body protection against pathogens that pose a threat to health, and even life. One of the alternatives is certainly coconut, and more specifically, the fraction of medium-chain fatty acids known as MCTs, which are obtained mainly from coconut flesh.

Results and conclusion. The healthiest form of MCT is virgin coconut oil (VCO). Research results demonstrate that C6:0-C12:0 fatty acids, which are the essential component of MCT oil, have not only anti-inflammatory, anti-cancer and anti-diabetic properties, but also help to control the level of satiety or lipids in the blood. Moreover, they allow for the formation of the microbiome of both humans and animals. Rapid metabolism in their bodies, for which the presence of pancreatic enzymes is not required, allows for using them in diabetes or fat digestion disorders. In addition, supplementing a ketogenic diet of both humans and animals suffering from idiopathic epilepsy with MCT inhibits or reduces the occurrence of epileptic seizures. Due to their skin moisturizing and regenerating properties, MCT and VCO oils are also used in other industries, including the cosmetics industry. A separated MCT fraction is used in animal feed production or as a standalone supplement in the form of MCT oil in the diet of puppies or older dogs. To sum up, medium-chain fatty acids, due to their health-promoting properties, are used in the diet of people, but also of companion animals. The possibility of their use grows in importance every year.

Key words: MCT oil, medium chain fatty acids, nutrition, human, animals

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2022, 29, 1 (130), 51 – 61

DOI: 10.15193/zntj/2022/130/407

FILIP KRANKOWSKI, TOMASZ TARKO

OWOCE ZAPOMNIANE JAKO POTENCJALNE SUROWCE WINIARSKIE

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

Wprowadzenie. Lokalny oraz światowy rynek win owocowych nieustannie się rozwija, co niesie za sobą konieczność odkrywania nowych, wartościowych surowców winiarskich o ciekawym profilu sensorycznym i specyficznych właściwościach technologicznych. W pracy określono możliwości wykorzystania owoców, które w przemyśle spożywczym stanowią niewielki udział przetwórczy, tj. derenia jadalnego, głogu, morwy białej oraz bzu czarnego do produkcji win owocowych i przedstawiono realne problemy związane w technologią produkcyjną win z wyżej wymienionych owoców oraz ich rozwiązania.

Wyniki i wnioski. Wybrane owoce w różnym stopniu nadają się do produkcji win, ze względu na konieczność zastosowania różnych technik winiarskich podczas produkcji trunków. Owoce derenia charakteryzują się zawartością cukrów w przedziale od 6 do 19 %, koniecznością stosowania enzymów pektolitycznych oraz łatwością pozyskania moszczu. Zawartość cukrów w owocach głogu kształtuje się na poziomie 13 %, a przez suchy i mączysty miąższ trudno uzyskać moszcz. Stężenie cukrów w owocach morwy białej wynosi średnio 12 % i odznaczają się one względnie łatwą obróbką przed fermentacją. Owoce czarnego bzu charakteryzują się niską zawartością cukrów – około 9 %. Obecność w ich miąższu toksycznego glikozydu cyjanogennego – sambunigryny wymaga dodatkowej obróbki termicznej, w celu obniżenia jego zawartości. Najmniejszej korekty pod względem kwasowości oraz zawartości cukrów wymagają owoce białej morwy, zaś największej – jagody czarnego bzu oraz owoce derenia. Dodatkowe zabiegi technologiczne sprawiają, że owoce czarnego bzu oraz głogu, spośród przedstawionych, najgorzej nadają się do produkcji win owocowych.

Słowa kluczowe: dereń, głóg, morwa biała, czarny bez, wino owocowe

Wprowadzenie

Rozwijający się intensywnie rynek win owocowych wymusza zwiększone zapotrzebowanie na produkty o ciekawym smaku i aromacie. Wina owocowe, ze względu na swoją różnorodność, coraz częściej skupiają uwagę konsumentów, dzięki czemu mogą stanowić alternatywę dla win gronowych. Warto zwrócić uwagę, że wiele win

Inż. F. Krankowski, dr hab. inż. T. Tarko, prof. URK, ORCID: 0000-0001-9166-1805, Katedra Technologii Fermentacji i Mikrobiologii, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków. Kontakt:xpader@onet.pl

owocowych jest bogatym źródłem makro- i mikroelementów oraz związków antyoksydacyjnych. Wina owocowe pozyskiwane są w podobny sposób jak wina gronowe, jednak aby uzyskać wina o porównywalnej do win gronowych jakości, należy zastosować dodatkowe zabiegi technologiczne. Moszcze gronowe stanowią dobry surowiec do produkcji wina ze względu na odpowiednią zawartość cukrów oraz kwasowość i wymagają jedyne niewielkich modyfikacji. W przypadku innych owoców parametry te wymuszają dalej idące korekty. Rodzaj oraz charakter wykorzystywanych owoców w znaczny sposób wpływa na złożoność procesu technologicznego [40]. Na skalę przemysłową do produkcji win owocowych najczęściej wykorzystuje się jabłka, gruszki, brzoskwinie, śliwki, jagody, a także w niektórych regionach świata owoce cytrusowe, granaty, liczi, banany, owoce kiwi i mango [11, 22]. Dereń jadalny, głóg, morwa biała, czarny bez to rośliny znane w kulturach wielu krajów, głównie jako dziko rosnące krzewy lub drzewa, których właściwości prozdrowotne wykorzystywane są od wieków w medycynie ludowej. Proces przetwórczy tych owoców jest często ograniczony do lokalnych, domowych produktów takich jak dżemy, soki, nalewki oraz wina. Te ostatnie, ze względu na swój unikatowy charakter, w niektórych kręgach kulturowych są cenionym produktem spożywczym, który pod względem jakości mógłby stanowić konkurencję dla klasycznych win owocowych oraz gronowych.

Charakterystyka owoców zapomnianych

Dereń jadalny (*Cornus mas* L.) powszechnie występuje w środkowej i południowo-wschodniej części Europy oraz południowo-wschodniej Azji. Dereń jadalny jest wyjątkowo odporny na niekorzystne warunki atmosferyczne, w tym susze, przymrozki, działanie pestycydów i niektórych szkodników. Od wielu wieków, szczególnie na terenach Azji, wykorzystywany był w medycynie ludowej, jako środek przeciwko biegunce, cukrzycy, bólowi gardła i dolegliwościom trawiennym [5]. Dereń jadalny rośnie w postaci krzewu lub drzewa, które osiąga od trzech do dziewięciu metrów wysokości [20]. Jagody derenia są soczyste, mają kształt owalny, a ich długość waha się w przedziale od 10 do 20 mm. Są one koloru czerwonego, jednak można także znaleźć okazy o barwie żółtej lub różowej. Owoce te zawierają jedną, centralnie usytuowaną pestkę, a ich smak można określić jako słodko-kwaśny, cierpki, lekko ściągający, charakterystyczny. Cierpkość przypisywana owocom derenia wynika z dużej zawartości tanin, która może osiągać nawet 2,5 g/100 g świeżych owoców. Zawartość związków odżywczych w dereniu jadalnym w głównej mierze zależy od danej odmiany, parametrów gleby, na której rosną oraz warunków atmosferycznych, w tym poziomu opadów i stopnia nasłonecznienia. Owoce derenia zawierają, w porównaniu do innych owoców, dużą ilość witaminy C i polifenoli, w tym antocyjanów. Zawartość witaminy C waha się od 34 do 100 mg/100 g świeżej masy, polifenoli, w przeliczeniu na kwas galusowy, 200 – 600 mg/100 g suchej masy, a zawartość anto-

cyjanów, wyrażona jako cyjanidyno-3-glukozyd, w skórce i miąższu, odpowiednio 650 – 850 mg/100 g suchej masy oraz 35 – 120 mg/100 g suchej masy [19]. Ze względu na powyższe parametry dereń jadalny z powodzeniem może być stosowany jako surowiec w przemyśle spożywczym [12]. Poziom zbiorów dla dziko rosnących gatunków derenia plasuje się w przedziale 500 – 1000 kg/ha. W przypadku gatunków uprawianych w sadach, poziom zbiorów może być nawet 5 razy większy [37]. Dla porównania zbiory winogron, zarówno białych jak i czarnych, w Polsce w latach 2018/2019 wyniosły 6,24 t/ha [23].

Głóg (*Crataegus* L.) powszechnie występuje w Azji, Ameryce Północnej i Europie. Zazwyczaj rośnie w formie krzewu lub niewielkiego drzewa, na którego gałęziach występują liczne ciernie, natomiast kwiaty o charakterystycznym zapachu są koloru białego i występują w zbitych grupach [14]. Owoce głogu, w zależności od gatunku, mogą mieć żółty, pomarańczowy, czerwony lub czarny kolor. Osiągają maksymalnie długość 10 mm. Owoce głogu są bogatym źródłem związków przeciwutleniających i w zależności od odmiany zawierają średnio 420 mg/100 g suchej masy związków fenolowych, w przeliczeniu na kwas galusowy oraz wysoką zawartość flawonów, która w równoważniku kwercetyny wynosi średnio 41,6 mg/100 g suchej masy. Związki te przyczyniają się do wysokiej zdolności dezaktywacji wolnych rodników, co powszechnie uważane jest za pozytywne dla zdrowia człowieka [4, 28]. Zgodnie z HMPC (*Committee on Herbal Medicinal Product*) głóg uznawany jest za tradycyjny ziołowy produkt leczniczy. W medycynie ludowej wielu kultur przypisuje mu się działanie przeciwbakteryjne, przeciwzapalne, przeciwzakrzepowe, ponadto związki w nim zawarte zapobiegają niewydolności serca, zapaleniu mięśnia sercowego i miażdżycy. Jagody spożyte przed snem działają kojąco i relaksująco [28, 30]. Ze względu na swoje unikatowe cechy organoleptyczne jagody głogu wykorzystywane są też do produkcji soków, napojów alkoholowych, dżemów i innych [6]. Rosnąca popularność owoców głogu w Państwie Środka sprawia, że jego mieszkańcy coraz częściej sięgają po wino z głogu, wierząc, że wraz z delikatnym i orzeźwiającym smakiem niesie ono zdrowotne właściwości [24].

Morwa biała (*Morus alba* L.) pospolicie występuje na starym kontynencie, w Afryce oraz Azji. Roślina ta jednak najlepiej rozwija się w ciepłym klimacie, gdzie występuje względnie wysoka wilgotność od 66 – 81% [29]. Rośnie jako drzewo o wysokości nieprzekraczającej 15 m. Mylnie uważa się, że nazwa tego gatunku pochodzi od białej barwy jego jagód, podczas gdy w rzeczywistości wywodzi się od białego zabarwienia kory tego drzewa. Owoce morwy białej mogą występować w kolorach od białego, przez fioletowy, aż do czarnego i charakteryzują się małą kalorycznością oraz słodkim smakiem [17]. Chińczycy wykorzystują owoce morwy jako lek przeciwko gorączce, środek chroniący wątrobę, obniżający ciśnienie, zapobiegający chorobie oczu i przeciwzapalny w chorobach górnych dróg oddechowych [25]. Ja-

gody morwowca wykazują także działanie przeciwko przewlekłym chorobom niezakaźnym, m.in. miażdżycy i rakowi, a także obniżają cholesterol, zapobiegają otyłości i chronią przez zachorowaniem na cukrzycę. Te właściwości lecznicze można przypisać dużej zawartości związków antyoksydacyjnych, takich jak polifenole i witamina C [25, 44]. Współcześnie owoce morwowca białego, ze względu na prozdrowotne właściwości, coraz częściej są wykorzystywane jako surowiec w przemyśle spożywczym, głównie przy produkcji jogurtów, musli, lodów, soków oraz win. Dodatek owoców morwowca pozwala ograniczyć reakcje utleniania zachodzące w produkcie, co może pozytywnie wpłynąć na jego jakość, ponadto jagody morwy białej znalazły także zastosowanie w żywności funkcjonalnej, która staje się coraz bardziej popularna wśród klientów [25].

Bez czarny (*Sambucus nigra* L.) występuje w postaci krzewu lub drobnego drzewa na terenach Azji, Ameryki Północnej, Europy i Afryki Północnej. Owoce czarnego bzu z powodzeniem mogą być wykorzystywane w przemyśle spożywczym i farmaceutycznym dzięki wysokiej zawartości związków przeciwutleniających, na które składają się głównie flawonole i antocyjany. Jagody czarnego bzu tradycyjnie były wykorzystywane, jako środki leczące grypę i inne zakażenia wirusowe, często także wykorzystywano ich właściwości moczopędne. Wykazano również [31], że mogą być one skuteczne w zapobieganiu przewlekłym chorobom niezakaźnym w tym chorobom układu sercowo-naczyniowego, rakowi i cukrzycy. Jagody czarnego bzu znalazły zastosowanie w przemyśle spożywczym jako surowce do produkcji dżemów, win, soków i innych napojów [34]. Owoce te często stosowane są jako naturalne środki barwiące. Ze względu na swoje właściwości antyoksydacyjne i zdrowotne owoce czarnego bzu stanowią dobry dodatek do żywności funkcjonalnej. Ich zastosowanie może w znaczny sposób zwiększyć zawartość przeciwutleniaczy w danym produkcie, tym samym ograniczając reakcje utleniania mogące pogorszyć jego jakość [31, 35]. Poziom zbiorów z sadu owocowego może wynosić od 6 do 8 kg owoców z jednego drzewa oraz od 6 do 12 ton z hektara [21]. Plantacja czarnego bzu na terenie północnej Portugalii jest jednym z głównych źródeł tych jagód w Europie. Roczna produkcja wynosi od 1500 do 2000 ton. Całość produkcji przeznaczona jest na eksport [15].

Problemy technologiczne podczas przetwarzania owoców oraz ich potencjalne rozwiązania

W zależności od badanego gatunku, owoce derenia charakteryzują się względnie wysokim stosunkiem mezokarpu do całkowitej masy owocu, wynoszącym od 76,66 do nawet 90,59 % [19]. Z tego względu, podczas procesu rozdrabniania, z powodzeniem można wykorzystać urządzenia przeznaczone do obróbki miękkich owoców jagodowych, które zapobiegną uszkodzeniu pestek i tym samym uwolnieniu związków, które mogą negatywnie wpłynąć na jakość i walory smakowe wina. Jagody charakteryzują

się także wysoką zawartością pektyn, wynoszącą od 1,0 do 1,6 g/100 g świeżej masy [37]. Związki pektynowe mogą w znaczny sposób ograniczyć uzysk moszczu podczas tłoczenia, dlatego zaleca się stosowanie preparatów pektolitycznych w celu zwiększenia wydajności tłoczenia. Podczas procesu produkcji wina z derenia jadalnego należy zastosować maceracją całych bądź rozdrobnionych owoców w celu uzyskania większej ekstrakcji barwników, które znajdują się głównie w skórce. Zastosowanie procesu maceracji pozwoli uzyskać wino o intensywniejszym zabarwieniu, co z kolei może przełożyć się na jego lepszy odbiór przez konsumenta oraz zwiększyć jego wartość sensoryczną [38]. Całkowita zawartość cukrów w owocach, w zależności od gatunku, wynosi od 6 do 19 %, a ich kwasowość ogólna, w przeliczeniu na kwas jabłkowy, wynosi średnio 1,24 % [19, 33]. Względnie niska całkowita zawartość cukrów w owocach derenia uniemożliwia otrzymanie win o odpowiedniej zawartości alkoholu etylowego. Wina owocowe powinny zawierać od 8,5 do 16 % alkoholu etylowego [2]. Aby z derenia uzyskać wino o odpowiedniej zawartości alkoholu, konieczne jest zastosowanie szaptalizacji w celu podniesienia ekstraktu cukrowego. Wysoka kwasowość ogólna owoców derenia może sprawić, że powstałe z nich wino będzie przekraczać wartość normatywną tego parametru dla win owocowych, która wynosi 3,5 – 9,0 g/dm^3 w przeliczeniu na kwas jabłkowy [1]. W celu obniżenia kwasowości nastawu winiarskiego do odpowiedniej wartości konieczne jest jego rozcieńczenie wodą lub przeprowadzenie odkwaszania biologicznego, które powoduje przekształcenie naturalnie występującego w owocach kwasu jabłkowego w kwas mlekowy [38] o niższej kwasowości ogólnej. W przemyśle winiarskim stosuje się również odkwaszanie chemiczne, które poza zmniejszeniem zawartości kwasów w winie nie zmienia jego smaku. Najczęściej w tym procesie wykorzystuje się węglany, które strącają kwasy z roztworu w postaci soli, usuwane następnie poprzez dekantację lub filtrację [32].

Owoce głogu charakteryzują się mączystym oraz suchym miąższem oraz zawartością wody na poziomie 69 % i stosunkiem miąższu do pestki stanowiącym średnio 1,4 %. Miąższ głogu zawiera średnio 1 % pektyn [24, 28]. Wysoki stosunek udziału pestki do miąższu owoców głogu może powodować problemy podczas ich rozdrabniania, związane z uszkadzaniem pestek. Powszechnie używane do rozdrabniania owoców jagodowych maszyny nie nadają się do wstępnej obróbki głogu. W tym celu należy zastosować specjalnie przystosowane do tego urządzenia lub, przy niskiej produkcji, zastosować ręczne usuwanie pestek. W celu zmniejszenia zawartości związków pektynowych w owocach oraz zwiększenia wydajności tłoczenia wskazane jest użycie preparatów enzymatycznych. Wykorzystanie pektynaz w czasie fermentacji może pozytywnie wpłynąć na klarowność wina oraz ułatwić jego filtrację, jednak wiąże się ze zwiększeniem zawartości szkodliwego dla organizmu alkoholu metylowego w gotowym produkcie. Fermentacja wraz z pulpą owocową ma pozytywny wpływ na aromat gotowego wina [43]. Zawartość cukrów w owocach głogu, średnio na poziomie

13 % [4] sprawia, że wino powstałe poprzez fermentację takiego moszczu posiadałoby niskie stężenie alkoholu etylowego. Aby otrzymać wino o właściwym stężeniu należy przeprowadzić szaptalizacje. Owoce głogu charakteryzują się wysoką kwasowością, która w znacznym stopniu wpływa na procesy przetwórcze oraz odbiór gotowych produktów przez konsumenta [42]. W celu znacznego obniżenia kwasowości, najczęściej stosuje się odpowiednie rozcieńczenie moszczu wodą. Do odkwaszania można wykorzystać także metody chemiczne, używając związków o charakterze zasadowym lub odkwaszanie biologiczne.

Jagody morwowca białego są stosunkowo niewielkie, soczyste i mają cienką skórę. Ich długość nie przekracza 22 mm, a średnica 14 mm [3, 41]. Ze względu na niewielkie rozmiary i delikatną skórkę owoców podczas ich rozdrabniania można wykorzystać maszyny używane przy obróbce winogron. Jagody morwowca zawierają dużo wody, średnio 81 % i mają niską zawartość pektyn (4,75 – 7 % s.m.) [7, 25]. Powyższe wartości mogą wskazywać, że proces pozyskiwania moszczu owocowego nie wymaga użycia preparatów pektolitycznych potencjalnie zwiększających jego uzysk. Najlepszą metodą pozyskiwania soku, ze względu na jego parametry sensoryczne oraz fizykochemiczne, jest zastosowanie prasy hydraulicznej, która osiąga wydajność tłoczenia rzędu 58 % [18]. Całkowita zawartość cukrów w owocach morwy białej wynosi średnio 12 % [26]. Kwasowość ogólna natomiast mieści się w przedziale od 0,2 do 2,5 % w przeliczeniu na kwas jabłkowy [26]. Parametry te wskazują na konieczność zastosowania szaptalizacji w procesie przygotowania moszczu przeznaczonego na wino owocowe. Niski poziom ekstraktu cukrowego sprawia, że zawartość alkoholu etylowego w gotowym winie może nie spełniać założeń produkcyjnych i jakościowych. Wartość kwasowości ogólnej dla win owocowych powinna wynosić 3,5 – 9,0 g/dm^3 w przeliczeniu na kwas jabłkowy [1]. Podana dla morwowca białego kwasowość mieści się w tym przedziale, jednak zaleca się, aby dla win owocowych była ona większa, ze względu na zachowanie wyższej stabilności mikrobiologicznej. W celu podwyższenia do żądanej wartości kwasowości dopuszcza się stosowanie kwasów spożywczych, takich jak kwas mlekowy, jabłkowy, L-winowy [2].

Owoce bzu czarnego zawierają średnio 20 % suchej masy [9], w tym 0,16 % pektyn [34] i łatwo oddają sok [8]. Z tego względu owoce bzu nie wymagają stosowania enzymów pektolitycznych w celu uzyskania większej ilości moszczu, jednakże zastosowanie obróbki enzymatycznej powoduje zmniejszenie mętności pozyskanego soku o nawet 30 % w porównaniu z próbką niepoddaną temu zabiegowi [36]. Najczęściej spożywane są owoce przetworzone, ze względu na obecność w surowych owocach glikozydu cyjanogennego – sambunigryny, Związek ten uwalnia cyjanowodór i może powodować zawroty głowy, wymioty oraz nudności. Zastosowanie obróbki termicznej owoców czarnego bzu w znaczny sposób obniża poziom tego toksycznego związku [35]. Owoce czarnego bzu charakteryzują się niską zawartość cukrów, na poziomie

8,88 %, oraz wysoką kwasowością – średnio 1,36 % w przeliczeniu na kwas jabłkowy [34]. Ze względu na te wartości, podczas produkcji wina konieczna jest ich regulacja poprzez szaptalizację oraz odkwaszanie. Wina powstałe poprzez odpowiednie dosładzanie moszczu przed fermentacją oraz jego rozcieńczenie wodą, w celu obniżenia kwasowości uzyskują w ocenie sensorycznej wyniki znacznie wyższe niż wina niepoddane tym zabiegom [16]. Warto zwrócić uwagę, że proces maceracji moszczu owocowego w znaczny sposób zwiększa kwasowość ogólną gotowego produktu, w związku z tym, aby zmniejszyć wartość tego parametru należy wykluczyć maceracje z początkowych procesów produkcji wina. Wino z czarnego bzu stanowi bogate źródło związków polifenolowych – około 2 g/l w przeliczeniu na kwas galusowy [13]. Nieprawidłowe przechowywanie wina z czarnego bzu może prowadzić do szeregu reakcji utleniających, w wyniku których zawartość związków polifenolowych może ulec zmniejszeniu, a w konsekwencji doprowadzić do zmian sensorycznych w winie. W celu ograniczenia procesów oksydacji można zastosować dwutlenek siarki [2].

Owoce derenia jadalnego, głogu, morwy białej i bzu czarnego zawierają odpowiednio 2,61 – 4,64; 35,7 – 55,2; 7,7 – 11,02; 8,52 – 25,41 mg/g związków polifenolowych w przeliczeniu na kwas galusowy [6, 10, 20, 25]. Wraz z obecnością naturalnie występujących białek w tkankach owoców związki te mogą tworzyć kompleksy białkowo-fenolowe, które następnie poprzez flokulacje będą wyodrębniać się z wina w formie osadu lub zawiesiny, powodując widoczne zmętnienie [27]. Ze względu na wysoką zawartość związków polifenolowych w owocach głogu, morwy białej i bzu czarnego istnieje niebezpieczeństwo utraty klarowności win. Do usuwania zmętnień białkowych można wykorzystać tlenek cyrkonu(IV). Związek ten wykazuje silne zdolności absorpcyjne białek, z jednoczesną możliwością jego regeneracji i ponownego wykorzystania [39].

Podsumowanie

Wszystkie omówione owoce, choć w różnym stopniu, wykazują możliwość wykorzystania w produkcji win owocowych. Fakt ten wynika z konieczności zastosowania wielu różnych technik winiarskich przy wykorzystaniu poszczególnych owoców. Owoce głogu jako jedyne wymagają użycia specjalistycznych urządzeń przy rozdrabnianiu. Wynika to z niskiej zawartość wody, suchego i mączystego miąższu oraz jego niewielkiego udziału w całym owocu. Zastosowanie enzymów pektolitycznych konieczne jest w przypadku owoców derenia, głogu oraz bzu czarnego. Szaptalizacja oraz regulacja poziomu kwasowości jest konieczna dla wszystkich owoców, jednak w najmniejszym stopniu dla morwy białej, gdzie obserwuje się naturalnie wysoki poziom cukrów i niski poziom kwasowości, który jako jedyny spośród pozostałych owoców wymaga podwyższenia, a nie obniżenia. Pod względem technologicznym owoce bzu czarnego najgorzej nadają się do produkcji win jednoowocowych, ponieważ wymagają

największej ilości jednostkowych procesów technologicznych niezbędnych do otrzymania produktu o wysokiej jakości. Jako jedyne spośród opisanych owoców wymagają obróbki termicznej, która generuje dodatkowe koszty produkcji. Owoce derenia i morwy białej z powodzeniem można wykorzystać przy produkcji win owocowych.

Projekt finansowany w ramach subwencji dydaktycznej przyznanej na rok 2022.

Literatura

[1] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa I Rozwoju Wsi Z Dnia 22 Maja 2013 R. W sprawie rodzajów fermentowanych napojów winiarskich oraz szczegółowych wymagań organoleptycznych, fizycznych i chemicznych, jakie powinny spełniać te napoje. Dz. U.2013, Poz. 633.

[2] Rozporządzenie Delegowane Komisji (UE) 2019/934 Z Dnia 12 Marca 2019 R**.** Uzupełniające Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego I Rady (UE) Nr 1308/2013 W odniesieniu do obszarów uprawy winorośli, w przypadku, których zawartość alkoholu może być zwiększona, dozwolonych praktyk enologicznych i ograniczeń mających zastosowanie do produkcji i konserwowania produktów sektora win, minimalnej zawartości alkoholu w odniesieniu do produktów ubocznych oraz ich usuwania, a także publikacji dokumentów OIV. Dz.U. L 149 z 7.6.2019, s 1

[3] Alijane F., Sdiri N.: Morphological, phytochemical and antioxidant characterictics of white (*Morus Alba* L.), red (*Morus Rubra* L.) and black (*Morus Nigra* L.) mulberry fruits grown in Arid regions of Tunisia. J. New Sci., 2016, 35, 1940-1947.

[4] Alirezalu A., Ahmadi N., Salehi P., Sonboli A., Alirezalu K., Khaneghah A. M., Barba F. J., Munekata P. E. S., Lorenzo J. M.:Physicochemical characterization, antioxidant activity, and phenolic compounds of hawthorn (*Crataegus Spp.*) fruits species for potential use in food applications. Foods, 2020, #9.

[5] Bayram H. M., Ozturkcan A.:. Bioactive components and biological properties of cornelian cherry (*Cornus Mas* L.): A comprehensive review. J. Funct. Foods, 2020, 75, #104252.

[6] Caliskan O.: Mediterranean hawthorn fruit (*Crataegus*) species and potential usage. W: Preedy V. R. Watson R.S (Ed). The Mediterranean Diet An Evidence-Based Approach. USA, Elsevier, 2015, pp. 621-628.

[7] Chen C., Razali U. H. M., Saikim F. H., Mahyudin A., Noor N. Q. I. M.:*Morus alba L.*bioactive compounds and potential as a functional food ingredient. Foods,2021, 10, #689.

[8] Cieślak.: Domowy Wyrób Win. Polska. Olesiejuk Sp. Z O.O., 2013.

[9] Costică N., Stratu A., Gille E.: Characteristics of elderberry (*Sambucus Nigra* L.) fruit. Agri. Conspec. Sci., 2019, 84, 115-122.

[10] Csorba V., Tóth M., Laszló A. M., Kardos L., Kovacs S.: Cultivar and year effects on the chemical composition of elderberry (*Sambucus nigraI* L.) fruits. Not. Bot. Horti Agrobo. Cluj-Napoca, 2020, 48(2), 770-782.

[11] Davidović S.M., Veljović M.S., Pantelić M. M., Baošić R. M., Natić M. M., Dabić D. Č., Pecić S. P., Vukosavljević P. V.: Physicochemical, antioxidant and sensory properties of peach wine made from redhaven cultivar. J. Agric. Food Chem., 2013, 61, 1357-1363.

[12] De Biaggo M., Donno D., Mellano M. G., Riondato I., Rakotoniaina E. N., Beccaro G. L.: *Cornus Mas* (L.) fruit as apotential source of natural health-promoting compounds: physico-chemical characterisation of bioactive components. Plant Foods Hum. Nutr., 2018, 73, 89-94.

[13] Dey G., Sireswar S.: 14 - emerging functional beverages: fruit wines and transgenic wines. In.: The Science of Beverages: Alcoholic Beverages. Eds. Grumezescu A. M., Holban A. M. Woodhead Publishing, 2019, 471-514.

[14] Edwards J. E., Brown P. N., Talent N., Dickinson T.A., Shipley P. R.: A review of the chemistry of the genus *Crataegus*. Phytochem., 2012, 79, 5-26.

[15] Ferreira S.S., Silva P., Silva A.M., Nunes M. F.: Effect of harvesting year and elderberry cultivar on the chemical composition and potential bioactivity: a three-year study. Food Chem., 2020, 302, #125366.

[16] Garofulić I., Kovačević, Ganić K., Galić I., Dragović-Uzelac V., Savić Z.: The influence of processing on physico-chemical parameters, phenolics, antioxidant activity and sensory attributes of elderberry (*Sambucus Nigra* L.) fruit wine. Croatian J. Food Technol., Biotechnol. Nutr., 2012, 7, 9-13.

[17] Grześkowiak J., Łochyńska M.: Związki biologicznie aktywne morwy białej (*Morus Alba* L.) i ich działanie lecznicze. Postępy Fitoterapii, 2017, 1, 31-35.

[18] Hamid H., Thakur N.S.: Studies on quality evaluation of underutilized mulberry fruit juice extracted by five different methods. Chem. Sci. Rev. Lett., 2018, 7, 122-127.

[19] Jaćimović V., Božović D., Ercisli S., Bosančić B., Necas T.:Sustainable cornelian cherry production in montenegro: importance of local genetic resources. Sustainability, 2020, 12, #8651.

[20] Kazimierski M., Regula J., Molska M.:Cornelian cherry (*Cornus Mas* L.) – Characteristics, nutritional and pro-health properties. Acta Sci. Pol., Tech. Aliment., 2019, 18, 5-12.

[21] Kiprovski B., Malenčić D., Ljubojevič M., Ognjanov V., Veberic R., Hudina M., Mikulic-Petkovsek M.: Quality parameters change during ripening in leaves and fruits of wild growing and cultivated elderberry (*Sambucus Nigra*) genotypes. Sci. Hortic., 2021, 277, #109792.

[22] Kosseva M. R., Joshi V. K., Panaser P. S.: Science and Technology of Fruit Wine Production. Academic Press. 2017.

[23] Koźmiński C., Mąkosza A., Michalska B., Nidzgorska-Lencewicz J.: Thermal condition for viticulture in Poland. Sustainability, 2020, 12.

[24] Liu J., Yang W., Lv Z., Liu H., Zhang C., Jiao Z.:Effects of different pretreatments on physicochemical properties and phenolic compounds of hawthorn wine. Cyta – J. Food, 2020, 18, 518-526.

[25] Łochyńska M.: Energy and nutritional properties of the white mulberry (*Morus Alba* L.). J. Agric. Sci. Technol., 2015, 5, 709-716.

[26] Makhoul G., Mahfoud H., Baroudi H.: Some chemical characteristics of white (*Morus Alba* L) and black (*Morus Niger* L) mulberry phenotypes in Tartus Syria. SSRG Int. J. Agric. Environ. Sci., 2017, 4,2, 53-62.

[27] Mierczynska-Vasilev A., Smith P.A.: Current state of knowledge and challenges in wine clarification. Aust. J. Grape Wine Res., 2015, 21, 615-626.

[28] Mironeasa S., Sănduleac-Todosi E., Iuga M.: Physico-chemical characteristics, antioxidant activity and mineral content of hawthorn fruits from Suceava county. Food Environ. Safety, 2016, 15, 108-116.

[29] Munir A., Khera R. A., Rehman R., Nisar S.: Multipurpose white mulberry: A review. Int. J. Chem. Biochem. Sci., 2018, 13, 31-35.

[30] Nazhand A., Lucarini M., Durazzo A., Zaccardelli M., Cristarella S., Souto S. B., Silva A.M., Severino P., Souto E. B., Santini A.: Hawthorn (*Crataegus* Spp.): an updated overview on its beneficial properties. Forests, 2020, 11, #564.

[31] Oniszczuk A., Olech M., Oniszczuk T., Wojtunik-Kulesza K., Wójtowicz A.:Extraction methods, LC-ESI-MS/MSanalysis of phenolic compounds and antiradical properties of functional food enriched with elderberry flowers or fruits. Arab. J. Chem., 2016, 12, 4719-4730.
[32] Piergiorgio C., Franco B.: Acidification and pH control in red wines. W:Red Wine Technology. Red. Morata A. Elsevier Inc. USA 2019, pp. 17-34.
[33] Rad Z. S., Pakbin B., Rahmani K., Allahyari S.: Physicochemical properties of cornelian cherry fruit (*Cornus Mas* L.) grown in Qazvin Province, Iran. J. Biol. Today`s World, 2016, 5, 209-212.
[34] Rodrigues S., De Brito E.S., De Oliveira., Silva E.: Elderberry— *Sambucus Nigra* L. W: Rodrigues S. De Brito. E.S. De Oliveira Silva E. (Ed.), Exotic Fruits. Academic Press, 2018.
[35] Senica M., Stampar F., Veberic R., Mikulic-Petkovsek M.: Processed elderberry (*Sambucus Nigra* L.) products: A beneficial or harmful food alternative? LWT-Food Sci. Technol., 2016, 72, 182-188.
[36] Sharma H. P., Patel H., Sugandha.: Enzymatic added extraction and clarification of fruit juices – areview. Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 2017, 57, 1215-1227.
[37] Szczepaniak O. M., Kobus-Cisowska J., Kusek W., Przeor M.: Functional properties of cornelian cherry (*Cornus Mas* L.): A comprehensive review. Eur. Food Res. Technol., 2019, 245, 2071–2087.
[38] Tarko T., Dudak-Chodak A., Satora P., Sroka P., Pogoń P., Machalica J.:*Chaenomeles Japonica, Cornus Mas, Morus Nigra*fruits characteristics and their processing potential. J. Food Sci. Technol., 2013, 51, 3934-3941.
[39] Van Sluyter S. C., McRae J. M., Falconer R. J., Smith P. A., Bacic A., Waters E. J., Marangon M.: Wine protein haze: mechanisms of formation and advances in prevention. J. Agric. Food Chem., 2015, 63 (16), 4020-4030.
[40] Velić D., Veliź N., Amidžić Klariź D., Klarić I., Petravić Tominac V., Košmerl T., Vidrih R.:The production of fruit wines – a Review. Croatian J. Food Sci. Technol., 2018, 10, 279-290.
[41] Wang L., Sun X., Li F., Yu D., Liu X., Huang W., Zhan J.: Dynamic changes in phenolic compounds, colour and antioxidant activity of mulberry wine during alcoholic fermentation. J. Funct. Foods, 2015, 18, 254-265.
[42] Yu Q., Duan Z.:Research progress in the processing and exploitation of hawthorn. Destech Transactionson Environment Energy and Earth Science, 2016 395-403.
[43] Zhang W., Chi L., Wu Y., Zhang L., Xu C.: Quality comparison of hawthorn wines fermented by *Saccharomyces Cerevisiae* with and without pulp content and pectase treatment. J. Chem., 2017, 4, 1-7.
[44] Zhang H., Feei Ma Z., Luo X., Li X.: Effects of mulberry fruit (*Morus Alba* L.) consumption on health outcomes: A mini-review. Antioxidants, 2018, 7, #69.

FORGOTTEN FRUITS AS POTENTIAL WINE RAW MATERIALS

S u m m a r y

Background. The local and world market for fruit wines is constantly developing, which brings the necessity to discover new, valuable wine raw materials with an interesting sensory profile and unique technological properties. This work determines the possibilities of using fruits that in the food industry represent a small processing share, i.e. cornelian cherry, hawthorn, white mulberry, elderberry, for the production of fruit wines, as well as presents real problems related to the production of wines from the above fruits and puts forward solutions to such problems.

Results and conclusion. The selected fruits are, to a different extent, suitable for wine production because of the necessity to use various winemaking techniques during the production of liquors. Typical characteristics of cornelian cherry include its sugar content ranging from 6 to 19%, the need to use pectolytic enzymes and the ease of obtaining must. The sugar content of hawthorn fruits is at the level of 13% and because of dry and floury pulp, it is difficult to obtain must. The sugar concentration of white mulberry fruits is on average 12% and their characteristic feature is relatively easy processing before fermentation. Elderberry fruits have a low sugar content, approx. 9%. Due to the presence of toxic cyanogenic glycoside sambunigrine in elderberry flesh, additional heat treatment is necessary to reduce its content. The smallest degree of adjustment as regards acidity and sugar content is required for white mulberry, while the biggest for elderberry and cornelian cherry . Because of additional technological treatments, elderberry and hawthorn are, of all the fruits presented above, the least suitable for the production of fruit wines.

Key words: Cornelian cherry, hawthorn, white mulberry, elderberry, fruit wine

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2022, 29, 1 (130), 62 – 76

DOI: 10.15193/zntj/2022/130/408

ANNA FRAŚ, KINGA GOŁĘBIEWSKA, MAGDALENA WIŚNIEWSKA, DARIUSZ R. MAŃKOWSKI

OCENA ZAWARTOŚCI WYBRANYCH SKŁADNIKÓW ODŻYWCZYCH I SUBSTANCJI BIOAKTYWNYCH W RÓŻNYCH RODZAJACH PIECZYWA DOSTĘPNYCH NA POLSKIM RYNKU

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

Wprowadzenie. Produkty zbożowe, w tym pieczywo odgrywają istotną rolę w naszej codziennej diecie, stanowią źródło energii, składników odżywczych i prozdrowotnych. W dobie wrastającej ilości chorób dietozależnych w społeczeństwie spożywanie pieczywa o jak najlepszej jakości jest ważnym elementem ich profilaktyki. Istnieje również potrzeba badań jakości asortymentu pieczywa dostępnego na rynku oraz konieczność promowania produktów prozdrowotnych. Dzięki temu konsumenci uzyskają dostęp do informacji na temat korzyści wynikających ze spożywania żywności wysokiej jakości oraz będą potrafili wybrać asortyment dostosowany do własnych potrzeb. Celem niniejszej pracy była ocena zróżnicowania zwartości składników odżywczych i bioaktywnych w popularnych rodzajach pieczywa, dostępnych na polskim rynku. Ponadto wykazano, w jaki sposób składniki wykorzystane do wypieku pieczywa wpłynęły na profil chemiczny gotowego produktu.

Wyniki i wnioski. Przebadano 8 komercyjnych prób pieczywa o zróżnicowanym składzie, deklarowanym na etykietach. Oznaczono w nich zawartość składników odżywczych: białka, popiołu, lipidów i skrobi oraz bioaktywnych: błonnika pokarmowego z rozdziałem na frakcję nierozpuszczalną i rozpuszczalną, związków fenolowych ogółem oraz aktywność antyoksydacyjną. Wszystkie rodzaje pieczywa różniły się istotnie pod względem składu chemicznego, co wynikało zarówno z ilości surowców wykorzystanych do produkcji, technologii produkcji jak i zastosowanych dodatków. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że spośród analizowanych obiektów najkorzystniejszym składem wyróżniał się chleb żytni razowy, zawierający najwięcej popiołu (3,9%), błonnika pokarmowego (15,2%) i β-glukanu (1,6%) oraz mający wysoką aktywność antyoksydacyjną (5,5 mg Troloxu/g). Najmniej korzystnymi właściwościami charakteryzowała się bułka pszenna, w której stwierdzono największą zawartość lipidów (3,4%) oraz najmniejszą ilość popiołu (2,3%) i większości związków bioaktywnych (błonnik pokarmowy

Dr hab. inż. A. Fraś, ORCID: 0000-0003-2289-5960, dr inż. K .Gołębiewska, ORCID: 0000-0001-7816-4636, dr inż. M. Wiśniewska, ORCID: 0000-0002-8048-9365, Samodzielna Pracownia Oceny Jakości Produktów Roślinnych, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin -Państwowy Instytut Badawczy, Radzików, 05-870 Błonie, dr hab. inż. D.R. Mańkowski, prof. IHAR-PIB, ORCID: 0000-0002-7499-8016,Pracownia Ekonomiki Nasiennictwa i Hodowli Roślin, Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin - Państwowy Instytut Badawczy, Radzików, 05-870 Błonie. Kontakt: a.fras@ihar.edu.pl

5,6%, lignina 0,2%, skrobia oporna 1,2%, polifenole ogółem 0,5 mg kw. g./g i aktywność antyoksydacyjna 2,4 mg Troloxu/g).

Słowa kluczowe: białko, błonnik pokarmowy, chleb, mąka, właściwości przeciwutleniające

Wprowadzenie

Zboża i ich produkty są jednymi z najczęściej spożywanych artykułów żywieniowych przez większość światowej populacji, chociaż wielkość spożycia i preferencje konsumentów różnią się znacznie w poszczególnych regionach geograficznych. W Polsce konsumpcja pieczywa i produktów zbożowych w 2019 roku wynosiła 64 kg/osobę [22]. Najpopularniejsze i najczęściej wybierane rodzaje pieczywa to pszenne, pszenno-żytnie oraz żytnie, chociaż dostępny obecnie asortyment jest bardzo szeroki i zróżnicowany. Coraz częściej pojawiają się nowe, ulepszone rodzaje pieczywa o prozdrowotnych właściwościach oraz określonych cechach sensorycznych, a ponadto wzrasta zainteresowanie takimi produktami jak pieczywo chrupkie, płatki i otręby zbożowe oraz różnego rodzaju kasze. Przy tak szerokim asortymencie, konsumenci stoją przed trudnym wyborem, poszukując produktów o jak najwyższej jakości, a producenci pieczywa starają się spełnić te oczekiwania. W odniesieniu do jakości pieczywa starania producentów dotyczą przede wszystkim wymagań związanych ze smakiem i zapachem (52,9 %), wyglądem (32,4 %), składem oraz dodatkami (23,5 %) i wartością zdrowotną (20,6 %) [23]. W produkcji pieczywa stosowanych jest wiele metod mających na celu poprawę jego wartości żywieniowej. Najpopularniejsze z nich to: suplementacja mąki pszennej produktami otrzymanymi ze zbóż niechlebowych (owies, jęczmień), jak również dodatek do mieszanek wypiekowych pseudozbóż (gryki, komosy ryżowej, amarantusa), wynikających z ich funkcjonalnych właściwości. Białko w produktach zbożowych nie jest pełnowartościowe pod względem składu aminokwasowego, dlatego jedną z metod poprawy jakości pieczywa jest wzbogacanie w białko o dobrze zbilansowanym składzie aminokwasowym, poprzez dodatek nasion roślin strączkowych. W tym celu w badaniach Bojanskiej i wsp. [5] suplementowano mąkę pszenną soczewicą oraz ciecierzycą od 10 do 50 %. Najczęściej stosowaną metodą poprawy jakości pieczywa oraz podniesienia atrakcyjności sensorycznej jest użycie dodatków, takich jak: ziarna zbóż, nasiona (słonecznika, dyni, lnu, soi), zioła, a także świeże i suszone owoce i warzywa. Na podstawie prowadzonych badań ankietowych [23] wykazano, że spośród pieczywa z dodatkami konsumenci najczęściej wybierają nasiona słonecznika (33,7 %), nasiona dyni (17,9 %), ziarna zbóż (10,2 %), sezam (7,6 %) oraz nasiona lnu (6,2 %).

Wysoki udział pieczywa w codziennej diecie sprawia, że odgrywa ono ważną rolę z żywieniowego punktu widzenia. Stanowi podstawowe źródło energii, a także składników odżywczych i bioaktywnych. Jest również źródłem związków mineralnych,

takich jak sód, magnez, cynk oraz niektórych witamin z grupy B i witaminy E. Produkty uzyskane z pełnego ziarna są bardzo ważnym źródłem błonnika pokarmowego, którego korzystne działanie związane jest z gospodarką lipidowo-węglowodanową człowieka, jak również regulacją pracy układu trawiennego [21]. Pomimo wielu zalet prozdrowotnych pieczywa, obniżające się w ostatnich latach jego spożycie stanowi poważny problem, skutkujący wzrastającą w społeczeństwie liczbą osób cierpiących na choroby związane z dietą, w szczególności otyłość, cukrzycę typu 2, choroby serca, niektóre typy nowotworów. Zjawiska te dodatkowo nasiliły się w ostatnim roku na skutek pandemii i związanego z nią siedzącego trybu życia. Dlatego, w ramach działań prewencyjnych, codzienna dieta powinna zawierać wysokiej jakości nieprzetworzone produkty, w tym pieczywo uzyskane z mąki całoziarnowej. Brak jest jednak ogólnie dostępnych danych na temat korzyści wynikających ze spożywania wysokiej jakości pieczywa oraz właściwości poszczególnych jego składników. Brakuje również badań nad jakością powszechnie dostępnego na rynku asortymentu w tak szerokim zakresie analitycznym. W konsekwencji konsumenci nie posiadają informacji, na podstawie których mogliby dokonywać wyboru odpowiednich produktów, zalecanych do spożycia. Celem pracy była ocena zróżnicowania zawartości składników odżywczych i bioaktywnych w różnych rodzajach chleba dostępnych na polskim rynku oraz wskazanie, w jaki sposób zastosowane surowce wpływają na ich zawartość.

Materiały i metody

Materiał badawczy stanowiło osiem komercyjnych prób pieczywa (A-H), dostępnych na polskim rynku. Charakterystykę pieczywa oraz skład, deklarowany na etykiecie przedstawiono w Tabeli 1.

Próby wysuszono za pomocą liofilizatora Alpha 1-4 LD plus Martin Christ (Niemcy), a następnie zmielono w młynie laboratoryjnym Perten Laboratory Mill 3100 (Szwecja), na sitach o średnicy 0,5 mm. Wilgotność materiału oznaczono grawimetrycznie, zgodnie z normą AACC 44-15A (2003). Zawartość białka analizowano metodą Dumasa, według procedury AOAC 990.03 (1995), z wykorzystaniem aparatu Rapid N Cube (Elementar, Niemcy). Zawartość popiołu oraz lipidów oznaczono grawimetrycznie, a ilość skrobi i β-glukanu zmierzono metodą kolorymetryczną, odpowiednio według norm AACC 76-13 (2003) oraz AACC 32-23 (2003). Oznaczenie zawartości błonnika pokarmowego (DF) wykonano metodą enzymatyczno-chemiczną, według procedury AACC 32-25 (2005) jako sumę nieskrobiowych polisacharydów (NSP), ligniny i skrobi opornej (RS). Zawartość NSP, z podziałem na frakcję nierozpuszczalną (I-NSP) oraz rozpuszczalną (S-NSP) oznaczono metodą chromatografii gazowej, jako sumę następujących monocukrów: arabinozy, ksylozy, galaktozy, mannozy i glukozy. W metodzie tej, po enzymatycznej hydrolizie skrobi i rozdziale prób na frakcję

Tabela 1. Skład pieczywa deklarowany na etykiecie.
Table 1. Bread sample composition declared on the label.

Próba Sample	Nazwa handlowa produktu Trade name of the product	Skład pieczywa deklarowany na etykiecie Bread composition declared on the label
A	Chleb baltonowski	Mąka pszenna, mąka żytnia, suszony zakwas żytni, sól, drożdże
B	Chleb żytni razowy	Pełnoziarnista mąka żytnia, zakwas żytni, sól
C	Bułka wyborowa	Mąka pszenna, sól, drożdże
D	Chleb rycerski	Mąka pszenna, mąka żytnia, zakwas żytni, sól, drożdże
E	Chleb zdrówko	Mąka żytnia, zakwas żytni, siemię lniane, sól
F	Chleb rodzinny	Mąka pszenna, mąka żytnia, mieszanka piekarska (mąka pszenna, siemię lniane, nasiona słonecznika, otręby pszenne, dekstroza, sezam, słód jęczmienny, stabilizatory: guma celulozowa, suchy zakwas pszenny, substancje emulgujące: mono- i diglicerydy kwasów tłuszczowych, kwas askorbinowy), drożdże, otręby pszenne, sól, zakwas piekarski
G	Chleb orkiszowy ekstra	Mąka pszenna, mąka żytnia, mieszanka piekarska na bazie orkiszu (pełnoziarnista mąka orkiszowa, płatki orkiszowe, suszony zakwas z pełnoziarnistej mąki orkiszowej, nasiona słonecznika, mąka żytnia), drożdże, otręby pszenne, sól, zakwas piekarski
H	Chleb kołacz	Pełnoziarnista mąka pszenna, zakwas piekarski, kasza jaglana, kasza gryczana, nasiona słonecznika, amarantus, suszony słód żytni, słód jęczmienny, pestki dyni, siemię lniane, sól

rozpuszczalną i nierozpuszczalną, każdą z nich hydrolizowano 1M kwasem siarkowym (100 ^{o}C, 2 godziny) do monosacharydów i przekształcono w lotne octany alditoli. Związki te rozdzielano na kapilarnej kolumnie kwarcowej Rtx-225 (0,53 mm x 30 m) z wykorzystaniem chromatografu gazowego Clarus 600 (PerkinElmer), wyposażonego w autosampler, injektor ze splitem oraz detektor płomieniowo-jonizacyjny (FID, ang. *flame ionization detector*). Parametry pracy chromatografu: gaz nośny hel, prędkość przepływu 2 ml/min, temperatura injektora 275 ^{o}C, temperatura detektora 275 ^{o}C. Zawartość ligniny oznaczono grawimetrycznie, a ilość skrobi opornej (RS) zmierzono metodą kolorymetryczną, zgodnie z normą AACC 32-40.01 (2003). Ilość związków polifenolowych ogółem (TPC, ang. *total phenolic content*) oznaczono metodą kolorymetryczną z zastosowaniem odczynnika Folina-Ciocalteu [27] z wykorzystaniem kwasu galusowego jako standardu, a wyniki wyrażono w mg kwasu galusowego/g próby (mg kw.g./g). Aktywność antyoksydacyjną (ABTS) oznaczono metodą z wykorzystaniem kationu rodnikowego ABTS [32] z roztworem Troloxu jako standardu przeciwutleniacza, a wyniki wyrażono w mg Troloxu/g. Wszystkie analizy chemiczne wykonano w dwóch powtórzeniach, a wyniki przeliczono na % suchej masy [% s.m.]. W celu

oznaczenia zmienności w zawartości składników odżywczych i bioaktywnych w badanym pieczywie zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji. Zastosowano również procedurę porównań wielokrotnych Tukeya, przy założonym poziomie istotności 0,05. Zależności pomiędzy poszczególnymi parametrami przedstawiono za pomocą współczynników korelacji liniowych Pearsona. Celem wielocechowego pogrupowania badanych obiektów wykonano analizę składowych głównych (PCA). Obliczenia statystyczne wykonano w programieStatistica, wersja 13.3 (TIBCO Software Inc., USA).

Wyniki i dyskusja

Skład chemiczny chleba dostępnego na rynku jest zależny od wielu czynników począwszy od technologii produkcji, poprzez wydajność i jakość mąki, metodę wypieku aż po rodzaj i ilość zastosowanych dodatków. Analizowane chleby różniły się istotnie pod względem zawartości wszystkich badanych składników (Tabela 2).

Składniki odżywcze

Zawartość białka, podstawowego składnika odżywczego, mieściła się w zakresie od 8,1 % dla chleba zdrówko (E) do 15 % dla chleba rodzinnego (F). W pierwszym przypadku był to chleb o prostym składzie, zawierający komponenty żytnie, takie jak mąka i zakwas oraz dodatek nasion lnu. Mąka żytnia charakteryzuje się zawartością białka w zakresie 4,8 – 6,6 % [4], natomiast nasiona lnu są dużo bogatszym źródłem tego składnika w zakresie 18 – 25 % [19, 31], więc ich dodatek mógł istotnie wpłynąć na końcową zawartość białka w pieczywie. Warto podkreślić, że białko lniane wykazuje szereg korzystnych właściwości dla naszego organizmu i stanowi cenne źródło takich aminokwasów jak: arginina, glutamina i histydyna, istotnie wpływających na funkcje immunologiczne organizmu [14]. Chleb rodzinny (F), o najwyższej zawartości białka (15 %) przygotowany został z największej ilości komponentów, z przewagą mąki pszennej, chrakteryzującej się zawartością białka na poziomie 11 – 12 % [34] oraz z udziałem otrąb pszennych, które są bogatym źródłem białka w zakresie 13 – 16,9 % [18]. Ponadto liczne dodatki w postaci nasion lnu, słonecznika czy sezamu, również mogły się przyczynić do uzyskania wysokiej zawartości tego składnika. Podobną sytuację można zaobserwować w przypadku chlebów orkiszowego i kołacz (G, H), które również zawierały większą ilość białka w porównaniu do pozostałych prób, na poziomie odpowiednio 12,9 % i 13,8 %. Pieczywo o wysokiej zawartości białka uzyskali również Bojanska i wsp. [5], którzy podczas suplementacji mąki pszennej soczewicą oznaczyli wzrost zawartości jego w zakresie od 10,7 % dla chleba kontrolnego do 16,3 % dla 50% dodatku soczewicy. Inni badacze [11] również uzyskali pieczywo o wysokiej zawartości białka (19,9 %), dodając do mąki pszennej 40 % mieszanki złożonej z izolatu białka sojowego, otrąb owsianych i mąki z ciecierzycy.

Tabela 2. Skład chemiczny badanych chlebów
Table 2. Chemical composition of analyzed breads

Próba Sample	Białko Protein [%]	Popiół Ash [%]	Lipidy Lipids [%]	Skrobia Starch [%]	I-NSP [%]	S-NSP [%]	NSP [%]	Lignina Lignin [%]	RS [%]	DF [%]	β-glukan β-glucan [%]	TPC [mg kw.g./g]	ABTS [mgTroloxu/g]
A	$11,6^{d}\pm0,12$	$3,0^{e}\pm0,04$	$0,8^{g}\pm0,01$	$62,1^{c}\pm0,52$	$3,3^{d}\pm0,10$	$2,4^{cd}\pm0,10$	$5,8^{d}\pm0,00$	$1,2^{ab}\pm0,04$	$1,7^{cd}\pm0,02$	$8,7^{d}\pm0,05$	$0,7^{c}\pm0,00$	$0,7^{e}\pm0,03$	$3,3^{f}\pm0,04$
B	$9,3^{e}\pm0,19$	$3,9^{a}\pm0,02$	$1,1^{f}\pm0,01$	$59,8^{cd}\pm0,15$	$7,2^{a}\pm0,02$	$4,3^{a}\pm0,10$	$11,5^{a}\pm0,12$	$1,4^{a}\pm0,01$	$2,4^{a}\pm0,08$	$15,2^{a}\pm0,03$	$1,6^{a}\pm0,02$	$1,1^{d}\pm0,00$	$5,5^{c}\pm0,08$
C	$11,8^{d}\pm0,17$	$2,3^{f}\pm0,01$	$3,4^{e}\pm0,00$	$65,1^{b}\pm0,43$	$2,1^{e}\pm0,06$	$2,1^{e}\pm0,01$	$4,1^{f}\pm0,05$	$0,2^{d}\pm0,03$	$1,2^{e}\pm0,01$	$5,6^{g}\pm0,07$	$0,5^{e}\pm0,01$	$0,5^{f}\pm0,02$	$2,4^{h}\pm0,02$
D	$13.2^{c}\pm0,13$	$3,2^{d}\pm0,01$	$1,0^{f}\pm0,02$	$72,4^{a}\pm0,25$	$2,4^{e}\pm0,04$	$2,1^{e}\pm0,12$	$4,5^{f}\pm0,07$	$0,4^{d}\pm0,11$	$1,9^{c}\pm0,07$	$6,8^{f}\pm0,03$	$0,4^{f}\pm0,01$	$0,8^{e}\pm0,06$	$3,1^{g}\pm0,04$
E	$8,1^{f}\pm0,07$	$3,1^{d}\pm0,01$	$4,4^{c}\pm0,00$	$60,7^{c}\pm0,21$	$4,0^{c}\pm0,00$	$3,6^{b}\pm0,04$	$7,5^{b}\pm0,03$	$0,7^{c}\pm0,06$	$2,4^{a}\pm0,09$	$10,6^{b}\pm0,00$	$1,0^{b}\pm0,03$	$1,0^{d}\pm0,03$	$4,2^{e}\pm0,06$
F	$15,0^{a}\pm0,15$	$3.1^{d}\pm0,01$	$4,3^{d}\pm0,08$	$57,2^{de}\pm0,71$	$4,0^{c}\pm0,17$	$2,7^{c}\pm0,02$	$6,7^{c}\pm0,15$	$1,0^{b}\pm0,04$	$1,6^{d}\pm0,04$	$9,3^{c}\pm0,16$	$0,6^{d}\pm0,02$	$1,3^{c}\pm0,00$	$5,2^{d}\pm0,00$
G	$12,9^{c}\pm0,20$	$3,4^{b}\pm0,01$	$7,2^{b}\pm0,04$	$53,9^{f}\pm0,95$	$4,9^{b}\pm0,12$	$2,4^{d}\pm0,04$	$7,2^{b}\pm0,13$	$1,1^{b}\pm0,01$	$2,1^{b}\pm0,01$	$10,5^{b}\pm0,11$	$0,6^{d}\pm0,01$	$1,9^{a}\pm0,06$	$7,0^{a}\pm0,05$
H	$13,8^{b}\pm0,08$	$3,3^{c}\pm0,01$	$8,5^{a}\pm0,04$	$55,3^{ef}\pm0,82$	$3,3^{d}\pm0,10$	$1,8^{e}\pm0,05$	$5,1^{e}\pm0,05$	$1,1^{b}\pm0,02$	$1,9^{c}\pm0,00$	$8,1^{e}\pm0,03$	$0,2^{g}\pm0,01$	$1,7^{b}\pm0,03$	$5,9^{b}\pm0,05$
Statystyka F F-statistic	519,8**	1319,8**	14833,2**	154,9**	588,1**	287,6**	1296,8**	146,7**	107,8**	2860,1**	1493,1**	374,6**	2037**

Objaśnienia / Explanatory notes:
I-NPS – nierozpuszczalna frakcja polisacharydów nieskrobiowych / insoluble non-starch polysaccharides fraction; S-NPS – rozpuszczalna frakcja polisacharydów nieskrobiowych / soluble non-starch polysaccharides fraction; NPS – polisacharydy nieskrobiowe / non-starch polysaccharides; RS – skrobia oporna / resistant starch; DF – błonnik pokarmowy / dietary fiber; TPC – całkowita zawartość polifenoli / total phenolic content; ABTS – aktywność przeciwutleniająca względem rodnika ABTS / antioxidant activity against the ABTS radical;
** — istotne przy α=0.05/ significant at α=0.05

Chleby o wysokiej zawartości białka są bardzo cennym produktem w codziennej diecie, a w szczególności powinny być zalecane dla wegetarian i wegan, sportowców, a także w trakcie stosowania diet redukcyjnych i w czasie rekonwalescencji, celem uzupełnienia diety w ten składnik [24, 37]. Zawartość popiołu w badanym pieczywie cechowała się mniejszą zmiennością w zakresie od 2,3 % dla bułki wyborowej (C) do 3,9 % dla chleba żytniego razowego (B), przy średniej zawartości dla wszystkich prób na poziomie 3,2 %. Skrajne zawartości uzyskano więc dla prób o najprostszym składzie. Najniższą zawartość tego składnika otrzymano dla próby C, wypieczonej z białej, rafinowanej mąki pszennej, która na skutek przemiału pozbawiona została dużej części składników mineralnych. Odwrotną sytuację zaobserwowano w przypadku chleba żytniego (B), wypieczonego w 100 % z pełnoziarnistej mąki żytniej, bogatej we frakcję otrąb, a tym samym w związki mineralne. Nordlund i wsp. [28] uzyskali niższe zawartości popiołu w badanym pieczywie, na poziomie 1,4 % i 1,6 %, odpowiednio dla chleba wypieczonego z mąki pszennej na drożdżach i chleba wypieczonego z całoziarnowej mąki żytniej z dodatkiem zakwasu. Różnice w zawartości popiołu, oprócz rodzaju zastosowanej mąki i sposobu jej przemiału, mogą również wynikać z ilości soli dodanej do ciasta podczas wypieku.

Wśród badanych składników odżywczych najbardziej zróżnicowanym parametrem była zawartość lipidów. Wartości mieściły się w zakresie od 0,81 % dla chleba baltonowskiego (A) do 8,5 % dla chleba kołacz (H). Na tak duże zróżnicowanie wpłynęły przede wszystkim ilość surowców zastosowanych do jego produkcji oraz technologia produkcji. Najwyższą zawartość lipidów otrzymano dla chlebów, w których zastosowano dodatek nasion słonecznika, dyni oraz lnu, czyli w chlebie zdrówko (4,4 %), rodzinnym (4,3 %), orkiszowym ekstra (7,2 %) i kołaczu (5,8 %) (próby E-H). Takie rozwiązanie z żywieniowego punktu widzenia niesie wiele korzyści, ponieważ dodane nasiona są źródłem lipidów bogatych w NNKT o korzystnym wpływie na zdrowie oraz odpowiednim stosunku kwasów n-6:n-3 [1, 35, 36]. Ponadto dodatki te mogą korzystnie wpływać na walory smakowe chleba. Z drugiej strony, z dietetycznego punktu widzenia, dodatek składników o wysokiej zawartości tłuszczu zwiększa kaloryczność pieczywa, czego konsumenci nie zawsze są świadomi, a zbyt duże i częste spożycie może prowadzić do otyłości. W przypadku bułki wyborowej (C), otrzymanej z rafinowanej mąki pszennej, uzyskana zawartość lipidów na poziomie 3,4 % najprawdopodobniej wynika z celowego dodatku oleju lub tłuszczu na etapie produkcji pieczywa, ponieważ ziarno pszenicy zawiera lipidy na średnim poziomie 2,3 %, a mąka pszenna 1,4 % [7, 28]. Chleby o najniższej zawartości lipidów: baltonowski (0,8 %), żytni razowy (1,1 %) oraz rycerski (1,0 %) charakteryzowały się jednocześnie najprostszym składem, bezpośrednio związanym z surowcem. Otrzymana średnia zawartość lipidów była na poziomie 1,0 %, co odpowiada ilości tych związków w mąkach, zastosowanych do ich wypieku. W badaniach nad właściwościami pieczywa z dodatkiem nasion

lnu oleistego [13] uzyskano wyniki podobne do opisanych powyżej dla chlebów wieloskładnikowych, a przedstawione zawartości lipidów mieściły się w zakresie od 3,4 % do 5,2 %. W innych badaniach zawartość lipidów w chlebach pszennych wypieczonych na zakwasie z dodatkiem otrąb owsianych wynosiła od 3,4 % dla 30 % otrąb do 4,3 % dla 50 % [20]. Ci sami badacze oznaczyli także ilość lipidów w chlebach z 30 – 50-procentowym dodatkiem mąki jęczmiennej i uzyskali skrajne zawartości odpowiednio 1,8 % i 2,3 %. Zawartość skrobi w analizowanym pieczywie również była parametrem istotnie zróżnicowanym. Wyższą zawartością tego składnika wyróżniały się chleby A, C i D, czyli baltonowski (62,1 %), bułka wyborowa (65,1 %) oraz rycerski (72,4 %), zawierające w składzie mąkę pszenną lub mieszaną pszenną i żytnią. Zawartość skrobi w tego typu mąkach oraz chlebach mieści się w zakresie 63 – 66 % [6, 15]. Chleb żytni razowy (B) oraz chleb zdrówko (E) wypieczone wyłącznie z mąki żytniej, charakteryzowały się nieco niższą zawartością tego składnika, odpowiednio 59,8 % i 60,7 %, przy średnim poziomie 60,3 %, który odpowiada ilości skrobi zawartej w ziarnie tego gatunku zboża (57,4 – 61,7 %) [7]. Najmniejszą średnią ilość skrobi (55,5 %) zawierały chleby o najbardziej złożonym składzie, czyli rodzinny (57,2 %), orkiszowy ekstra (53,9 %) oraz kołacz (55,3 %) (F, G, H). Duża ilość dodatków o charakterze nieskrobiowym w tych chlebach przyczyniła się do tego, że ogólna zawartość skrobi uległa zmniejszeniu w porównaniu z pieczywem o prostym składzie. W badaniach innych autorów zawartość skrobi w chlebach pszennych wynosiła około 65 % [11, 12], natomiast w pieczywie o obniżonej ilości węglowodanów ilość tego składnika wynosiła 50,7 % [11].

Składniki bioaktywne

Zawartość składników bioaktywnych była istotnie zróżnicowana w badanych chlebach i została przedstawiona w Tabeli 2. Podstawowym składnikiem bioaktywnym ziarna zbóż jest błonnik pokarmowy (DF), który występuje przede wszystkim w zewnętrznych częściach ziarniaka, najczęściej usuwanych podczas produkcji mąki. Tak więc istotne znaczenie dla zawartości tego składnika w chlebie ma rodzaj mąki użytej do wypieku, jak również gatunek zboża, a w dalszej kolejności zastosowane dodatki. Najbogatszym źródłem DF był pełnoziarnisty chleb żytni na zakwasie (B), zawierający aż 15,2 %, co jest bezpośrednio związane z wysoką zawartością tego składnika w ziarnie żyta, na średnim poziomie 14,9 % [7]. Wysokimi zawartościami błonnika w ilości odpowiednio 10,6 % i 10,5 % wyróżniały się także chleby zdrówko (E) i orkiszowy ekstra (G). W pierwszym przypadku, wysoka zawartość DF, wynikała z użycia do wypieku mąki żytniej oraz zastosowania dodatku w postaci nasion lnu, w których ilość tego składnika wynosi około 27 % [3]. W próbie chleba orkiszowego ekstra (G), dodatkowym źródłem błonnika pokarmowego mógł być zastosowany dodatek otrąb pszennych, charakteryzujących się zawartością tego składnika w ilości nawet 53 %

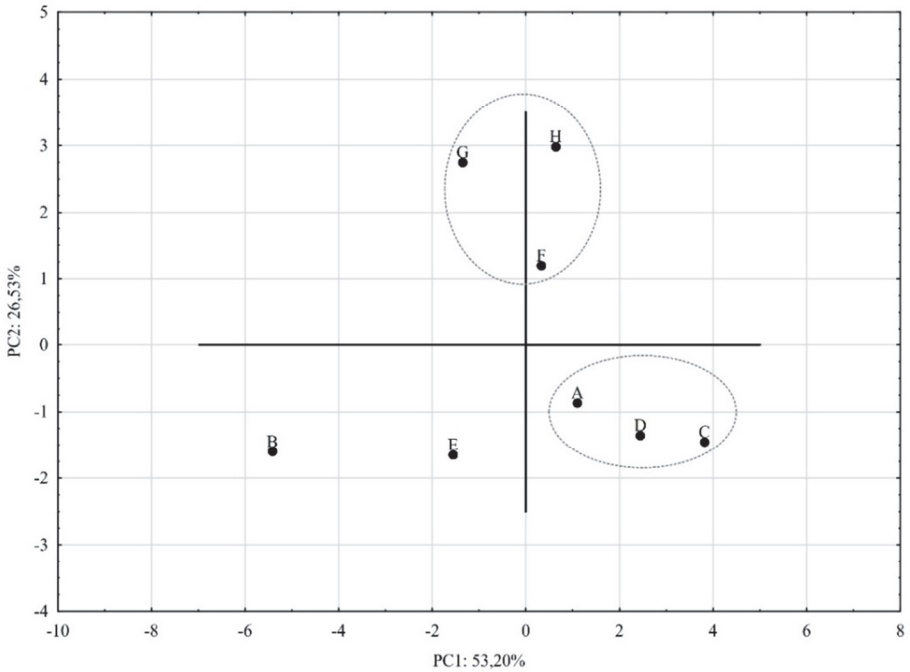
[29]. Najniższą zawartość DF w ilości 5,6 % zaobserwowano dla bułki wyborowej (C), wypieczonej z białej mąki pszennej. W przypadku wszystkich rodzajów chleba główną frakcję DF stanowiły nieskrobiowe polisacharydy (NSP), w zakresie od 63 % dla chleba kołacz (H) do 76 % dla chleba żytniego razowego (B). W obrębie NSP dominowała frakcja nierozpuszczalna, która w ziarnie zbóż stanowi większość [7, 9]. Ilość tej frakcji mieściła się w zakresie od 2,1 % dla bułki wyborowej (C) do 7,2 % dla chleba żytniego razowego (B). Frakcja rozpuszczalna NSP stanowiła mniejszą część tych związków, a jej wartości mieściły się w zakresie od 1,8 % dla chleba kołacz (H) do 4,3 % dla chleba żytniego razowego (B). Tylko w przypadku trzech prób: bułki wyborowej, chleba rycerskiego i chleba zdrówko (C, D, E) zawartość frakcji S-NSP była na poziomie podobnym do frakcji I-NSP. W przypadku bułki wyborowej (C) był to skutek zastosowania w produkcji białej (rafinowanej) mąki, pozbawionej frakcji otrąb. Do wypieku chleba rycerskiego (D) prawdopodobnie również zastosowano w większości mąkę pszenną rafinowaną oraz dodatek mąki żytniej, która charakteryzuje się większą zawartością rozpuszczalnych frakcji błonnika [9]. Na przykładzie chleba zdrówko (E) można wnioskować, że do jego produkcji zastosowano zwykłą (rafinowaną) mąkę żytnią, a dodatkowo na wzrost zawartości frakcji S-NSP mógł wpłynąć dodatek siemienia lnianego. W nasionach lnu frakcja rozpuszczalna stanowi jedną trzecią całości błonnika pokarmowego, a jej główną część stanowią śluzy okrywy nasiennej. Błonnik rozpuszczalny składa się głównie z ekstrahowalnych w wodzie polisacharydów, odpowiedzialnych za wysoką zdolność nasion lnu do wiązania wody [17]. Zawartość ligniny, należącej do frakcji nierozpuszczalnej błonnika pokarmowego była istotnie zróżnicowana w badanym materiale i mieściła się w zakresie od 0,2 % do 1,4 %, odpowiednio dla bułki wyborowej (C) i chleba żytniego razowego (B), które charakteryzowały się jednocześnie najmniejszą i największą zawartością DF oraz jego frakcji I-NSP. Uzyskane zawartości błonnika pokarmowego oraz jego poszczególnych frakcji są zbliżone do wyników opisanych przez Ragaee i wsp. [30] dla chleba pszennego z dodatkiem mąk całoziarnowych z jęczmienia, owsa, żyta i pszenicy. Autorzy uzyskali zawartość DF w zakresie od 3,6 % dla próby kontrolnej do 9,1 % dla chleba z dodatkiem mąki jęczmiennej. W odniesieniu do frakcji rozpuszczalnej oznaczona zawartość mieściła się w zakresie od 1,5 % do 1,8 % dla chlebów z udziałem mąki pszennej i pszennej całoziarnowej do 3,2 % dla dodatku mąki jęczmiennej. Największą zawartość frakcji nierozpuszczalnej na poziomie 5,6 % i 5,9 % autorzy uzyskali dla pieczywa z dodatkiem mąki żytniej i jęczmiennej. Istotnym składnikiem błonnika pokarmowego jest skrobia oporna (RS), również zaliczana do jego frakcji nierozpuszczalnej. W produktach zbożowych najbardziej rozpowszechniona jest forma RS3 skrobi opornej – skrobia retrogradowana, która jest stabilna w procesie obróbki termicznej żywności oraz oporna na działanie enzymów trawiennych. Skrobia oporna przechodzi przez przewód pokarmowy do okrężnicy, gdzie jest fermentowana przez bakterie wytwarza-

jące ważne metabolity, takie jak krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe (SCFA, ang. *shortchainfattyacids*), głównie kwas masłowy, propionowy i octowy oraz gazy, takie jak metan, wodór i dwutlenek węgla [8]. Zawartość RS w badanym pieczywie była istotnie zróżnicowana i mieściła się w zakresie od 1,2 % dla bułki pszennej (C) do 2,4 % dla chlebów żytnich (B i E), przy średniej zawartości na poziomie 1,9 %. Zawartość tego składnika była bezpośrednio powiązana z ilością błonnika pokarmowego w badanym pieczywie. Obydwa chleby żytnie charakteryzowały się największą zawartością DF, a współczynnik korelacji pomiędzy zawartością skrobi opornej a błonnika wynosił 0,79. Otrzymane w badaniach zawartości RS są zgodne z danymi literaturowymi opisanymi przez Murphy i wsp. [26], w których ilość tego składnika w różnego typu chlebach mieściła się w zakresie od 0,5 % do 4,5 %. Również Dhinda i wsp. [11] oznaczyli zawartość RS w chlebie pszennym i pszennym suplementowanym w ilości odpowiednio 2,5 % i 5,3 %, natomiast Sęczyk i wsp. [33], badając pieczywo pszenne suplementowane łuskami lnu, które stanowią źródło nierozpuszczalnej frakcji błonnika, oznaczyli średnią zawartość RS na poziomie 25,6 %. Kolejnym ważnym elementem błonnika pokarmowego jest β-glukan, którego zawartość w badanym pieczywie była niska i mieściła się w zakresie od 0,2 % dla chleba kołacz (H) do 1,6 % dla chleba żytniego razowego (B). Niewielka zawartość tego składnika wynikała bezpośrednio z receptury pieczywa. Związek ten w zbożach w największej ilości występuje w ziarnie owsa i jęczmienia, a żaden z badanych produktów nie zawierał tych składników, ani też dodatku czystego β-glukanu. Najwyższe zawartości tego składnika na poziomie 1 % i 1,6 %, które otrzymano dla chlebów żytnich razowego i zdrówko (B i E), są typowe dla tego gatunku zboża [2]. Oprócz błonnika pokarmowego, w produktach zbożowych występują także związki fenolowe, równie ważne ze względu na swój prozdrowotny charakter. Do grupy tych związków zaliczamy między innymi kwasy fenolowe, alkilorezorcynole, lignany, sterole, benzoksazanoidy i niektóre witaminy. Szereg z nich, a w szczególności kwasy fenolowe, to związki stabilne w trakcie procesów przetwarzania żywności. Związki fenolowe wykazują działanie przeciwutleniające, jak również mogą wpływać na obniżenie ryzyka zachorowań na choroby układu krążenia, niektóre typy nowotworów, cukrzycę typu II i otyłość [16]. Zawartość związków fenolowych ogółem (TPC), jak również powiązana z nią aktywność antyoksydacyjna (ABTS) różniły się istotnie w badanym materiale, a uzyskane wartości, podobnie jak w przypadku pozostałych związków, były ściśle powiązane ze składem pieczywa. Zaobserwowano istotną zależność pomiędzy tymi parametrami, co potwierdziła wysoka wartość współczynnika korelacji 0,96. Największymi wartościami dla obydwu cech wyróżniał się chleb orkiszowy extra (próba G), dla którego uzyskano wyniki odpowiednio: 1,9 mg kw.g./g oraz 7,0 mg Troloxu/g. Najmniejsze wartości, na poziomie odpowiednio 0,5 mg kw.g./g i 2,4 mg Troloxu/g stwierdzono dla próby C, którą była bułka wyborowa. Na podstawie uzyskanych wyników zaobserwowano, że

istotnie wyższymi wartościami TPC (powyżej 1,0 mg kw.g./g), a tym samym również ABTS (powyżej 5,0 mg Troloxu/g) wyróżniało się pieczywo, w którym zastosowano niezbożowe dodatki roślinne (nasiona, kasze, pestki), stanowiące bogate źródło tych składników, a także pełnoziarnisty chleb żytni (próba B). Autorzy innych prac badawczych, dotyczących pieczywa funkcjonalnego uzyskali niższą zawartość TPC oraz ABTS w porównaniu z większością analizowanych obiektów, a uzyskane wartości mieściły się w zakresie odpowiednio 0,559 – 0,589 mg kw.g./g oraz 1,34-1,7 mg Troloxu/g [25]. Sęczyk i wsp. [33] oznaczyli zawartość TPC w kontrolnych chlebach pszennych w ilości 0,42 mg kw.g./g, natomiast aktywność antyoksydacyjną na poziomie 0,34 mg Troloxu/g. W innych badaniach porównywano wzrost omawianych parametrów w chlebach pszennych suplementowanych ekstraktem z cebuli. Uzyskane zawartości TPC zmieniały się w zakresie od 0,31 mg kw.g/g dla chleba pszennego do 7,27 mg kw.g/g dla chleba z 1 % dodatkiem ekstraktu. Aktywność antyoksydacyjna tych samych prób również wzrastała, odpowiednio od 0,82 mg Troloxu/g do 63,5 mg Troloxu/g [10].

Analiza składowych głównych (PCA)

W celu przedstawienia różnic pomiędzy poszczególnymi typami pieczywa przeprowadzono analizę składowych głównych, a jej wyniki przedstawiono na rysunku 1.



Rysunek 1. Wykres dwóch pierwszych składowych głównych dla badanych rodzajów pieczywa
Figure 1. Score plot for the first two principal components from analysis of different kinds of bread

Dwie składowe główne PC1 i PC2 wyjaśniały odpowiednio 53,2 % i 26,5 % zmienności. Pierwszą składową (PC1) budowały przede wszystkim zawartości: błonnika pokarmowego (r = - 0,99), w tym NSP (r = -0,97), I-NSP (r = -0,97), S-NSP (r = -0,85), β-glukanu (r = -0,84), skrobi opornej (r = -0,83) i ligniny (r = -0,74), a także białka (r = 0,51), popiołu (r = -0,86) i aktywności antyoksydacyjnej (r = -0,63). Drugą składową (PC 2) budowały głównie składniki odżywcze: lipidy (r = 0,84), skrobia (r = -0,73), białko (r = 0,66), a także zawartość związków fenolowych (r = 0,90), aktywność antyoksydacyjna (r = 0,76) oraz β-glukan (r = -0,50). Na podstawie uzyskanych wyników badane chleby podzielono na 4 grupy. Pierwszą stanowiły próby chleba F, G i H, czyli chleb rodzinny, orkiszowy i kołacz, które na tle pozostałych obiektów wyróżniały się wysoką zawartością białka i lipidów oraz niską skrobi, a w odniesieniu do składników bioaktywnych wysokim poziomem TPC oraz ABTS i niższym β-glukanu. W skład drugiej grupy wchodziły chleb baltonowski, bułka wyborowa i chleb rycerski (A, C, D), w których stwierdzono wysoką zawartość białka, a niską popiołu oraz błonnika pokarmowego i jego poszczególnych składowych. Ponadto, według składowej drugiej PC2, próby te charakteryzowały się niską ilością lipidów i wysoką zawartością skrobi oraz dość niskim poziomem TPC. Kolejne dwie grupy stanowiły próby chlebów żytnich razowego (B) oraz zdrówko (E). Obydwa chleby charakteryzowały się przede wszystkim najniższą wśród badanych prób zwartością białka, a także niską ilością lipidów i podobną ilością skrobi. Próby te różniły się przede wszystkim pod względem zawartości błonnika pokarmowego, oraz jego komponentów, przy czym chleb żytni razowy (B) wyróżniał się największą ilością tego składnika. Wyniki uzyskane w analizie PCA są potwierdzeniem opisanych wcześniej wyników i pozwalają na wskazanie rodzajów pieczywa o korzystniejszym składzie chemicznym.

Wnioski

1. Badane rodzaje pieczywa różniły się istotnie pod względem zawartości składników odżywczych i bioaktywnych.
2. Spośród badanych obiektów najkorzystniejszym składem chemicznym i właściwościami prozdrowotnymi wyróżniał się chleb żytni razowy (B), a najbardziej ubogim pod tym względem produktem była pszenna bułka wyborowa (C).
3. Zastosowanie dodatku różnych nasion, pseudozbóż oraz otrąb w niektórych rodzajach chleba znacząco wpłynęło na podniesienie wartości odżywczej i prozdrowotnej badanych produktów. Jednocześnie może to skutkować wzrostem kaloryczności pieczywa, co jest istotne w przypadku osób cierpiących na otyłość.

Literatura

[1] Akkaya M.R.: Fatty acid compositions of sunflowers (*Helianthus annuus* L.) grown in east Mediterranean region. Riv. Ital. Sostanze Grasse, 2018, 95, 239-247.

[2] Andersson A.A.M., Ruegg N., Aman P.: Molecular weight distribution and content of water-extractable b-glucan in rye crisp bread. J. Cereal Sci., 2008, 47, 399-406.

[3] Bartkowski L.: Nasiona lnu – naturalne źródło zdrowia i urody. Chemik, 2013, 67 (3), 186-191.

[4] Binder M., Pruska-Kędzior A., Kędzior Z., Jankowska M., Chojnacka E.: Charakterystyka składu frakcyjnego i właściwości reologicznych białka wypełniającego ziarna żyta. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2011, 6 (79), 67 – 78.

[5] Bojanska T., Francakova H., Liskova M., Tokar M.: Legumes – The alternative raw materials for bread production. J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci., 2012, 1, 876 – 886.

[6] Borczak B., Sikora E., Sikora M., Kapusta-Duch J., Kutyła-Kupidura E.M., Fołta M.: Nutritional properties of wholemeal wheat-flour bread with an addition of selected wild grown fruits. Starch, 2016, 68, 675–682.

[7] Boros D., Fraś A., Gołębiewska K., Paczkowska O., Wiśniewska M.: Wartość odżywcza i właściwości prozdrowotne ziarna odmian zbóż i nasion rzepaku zalecanych do uprawy w Polsce. Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR-PIB, 2015, 49, 1-119.

[8] Correa M.J., Giannuzzi L., Weisstaub A.R., Zuleta A., Ferrero C.: Chemically modified resistant starch in breadmaking: Impact on bone, mineral metabolism and gut health of growing Wistar rats. Int. J. Food Sci. Technol., 2020, 55, 239-247.

[9] Cyran M. R., Ceglińska A.: Genetic variation in the extract viscosity of rye (*Secalecereale* L.) bread made from endosperm and wholemeal flour: impact of high-molecular weight arabinoxylan, starch and protein. J. Sci. Food Agric., 2011, 91, 469–479.

[10] Czaja A., Czubaszek A., Wyspieńska D., Sokół-Łętowska A., Kucharska A.Z.: Quality of wheat bread enriched with onion extract and polyphenols content and antioxidant activity changes during bread storage. Int. J. Food Sci. Technol., 2020, 55, 1725-1734.

[11] Dhinda F., Lakshmi A., Parkash J., Dasappa I.: Effect of ingredients on rheological, nutritional and quality characteristics of high protein, high fibre and low carbohydrate bread. Food Bioprocess Technol., 2012, 5, 2998-3006.

[12] Fraś A., Gołębiewska K., Gołębiewski D., Mańkowski D.R., Boros D., Szecówka P.: Variability in the chemical composition of triticale grain, flour and bread. J. Cereal Sci., 2016, 71, 66-72.

[13] Gambuś H., Borowiec F., Gambuś F., Zając T.: Zdrowotne aspekty chleba z dodatkiem nasion lnu oleistego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 1999, 4 (21), 185-195.

[14] Gambuś H.: Nasiona lnu oleistego (*Linum Usitatissimum* L.) jako źródło składników odżywczych w chlebie bezglutenowym. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość., 2005, 4 (45), Supl., 61-74.

[15] Grossmann I., Koehler P.: Fractionation-reconstitution studies to determine the functional properties of rye flour constituents. J. Cereal Sci., 2016, 70, 1-8.

[16] Iftikhar M., Zhang H., Iftikhar A., Raza A., Khan M., Sui M., Wang J.:Comparative assessment of functional properties, free and bound phenolic profile, antioxidant activity, and in vitro bioaccessibility of rye bran and its insoluble dietary fiber. J. Food Biochem. 2020, 44, #e13388.

[17] Kajla P., Sharma A., Raj Sood D.: Flaxseed - a potential functional food source. J. Food Sci. Technol., 2015, 52, 1857–1871.

[18] Kaprelyants L., Fedosov S., Zhygunov D.: Baking properties and biochemical composition of wheat flour with bran and shorts. J. Sci. Food Agric., 2013, 93, 3611–3616.

[19] Kaushik P., Dowling K., McKnight S., Barrow C.J., Wang B., Adhikari B.: Preparation, characterization and functional properties of flax seed protein isolate. Food Chem., 2016, 197, 212-220.

[20] Kawka A., Górecka D.: Porównanie składu chemicznego pieczywa pszenno-owsianego i pszenno-jęczmiennego z udziałem zakwasów fermentowanych starterem LV2. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2010, 3 (70), 44-55.
[21] Kendall C.W., Esfahani A., Jenkins D.D.J.: The link between dietary fibre and human health. Food Hydrocoll., 2010, 24, 42-48.
[22] Łopaciuk W.: Rynek zbóż – stan i perspektywy. Zakład Rynków Rolnych i Metod Ilościowych IERiGŻ-PIB, 2020, Nr 59.
[23] Mańkowski D.R., Fraś A., Gołębiewska K., Gołębiewski D.: Consumer acceptance of Polish bread products. Plant Breed. Seed Sci., 2018, 77, 33-42.
[24] Marsh E.A., Munn E.A., Baines S.K.: Protein and vegetarian diets. Med. J. Aust., 2012, 1 Supl. 2, 7-10.
[25] Mikusova L., Grekova P., Kockova M., Strudik E., Valachovicova M., Holubkova A., Vajdak M., Mikus L.: Nutritional, antioxidant and glycemic characteristics of new functional bread. J. Cereal Sci., 2013, 67, 284-291.
[26] Murphy M.M., Spungen Douglas J., Birkett A.: Resistant starch intakes in the United States. J. Am. Diet Assoc., 2008, 108, 67-78.
[27] Naczk, M., Amarowicz, R., Sullivan, A., &Shahidi, F.: Current research developments on polyphenolics of rapeseed/Canova: a review. Food Chem., 1998, 62, 489-502.
[28] Nordlund E., Katina K., Mykkanen H., Poutanen K.: Distinct characteristics of rye and wheat breads impact on their in vitro gastric disintegration and in vivo glucose and insulin responses. Foods 2016, 5, #24.
[29] Onipe O.O., Jideani A.O.O., Beswa D.: Composition and functionality of wheat bran and its application in some cereal food products. Int. J. Food Sci. Technol. 2015, 50, 2509–2518.
[30] Ragaee S., Guzar I., Dhull N., Setharaman K.: Effects of fiber addition on antioxidant capacity and nutritional quality of wheat bread. Food Sci. Tech., 2011, 44, 2147-2153.
[31] Ray S., Paynel F, Morvan B., Lerouge P., Driouich A., Ray B.: Characterization of mucilage polysaccharides, arabinogalactanproteins and cell-wall hemicellulosic polysaccharides isolated from flax seed meal: A wealth of structural moieties. Carbohydr. Polym., 2013, 93, 651-660.
[32] Re, R., Pellergini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C.: Antioxidant activity applying improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic. Biol. Med., 1999, 26, 1231-237.
[33] Sęczyk Ł., Świeca M., Dziki D., Anders A., Gawlik-Dziki U.: Antioxidant, nutritional and functional characteristics of wheat bread enriched with ground flaxseed hulls. Food Chem., 2017, 214, 32-38.
[34] Shidu J., Al-Hooti S.N., Al-Saqer J.M.: Effect of adding wheat bran and germ fractions on the chemical composition of high-fiber bread. Food Chem., 1999, 67, 365-371.
[35] Silska G.:The Unique Composition of Fatty Acids of Flax, from the *Linumusitatissimum* L. collection. Biomed. J. Sci. Tech. Res., 2019, 18, 13731-13736.
[36] Turkmen O., Ozcan M.M., Seymen M., Paskoy M., Uslu N., Fidan S.:Physico-chemical properties and fatty acid compositions of some edible pumpkin seed genotypes and oils. J. Agroaliment. Processes Technol., 2017, 23 (4), 229-235.
[37] Wrzosek M., Włodarek D.: Wpływ podaży makroskładników odżywczych i wartości energetycznej diety na stężenie testosteronu u mężczyzn uprawiających sport. Polish J. Sport Med., 2018, 34, 9-16.

ASSESSING CONTENT OF SELECTED NUTRIENTS AND BIOACTIVES IN DIFFERENT KINDS OF BREAD AVAILABLE ON THE POLISH MARKET

S u m m a r y

Background. Cereal products, including bread, play an important role in our daily diet and are a source of energy, nutrients and health promoting components. Consuming bread of the best possible quality is an important element of preventive treatment in times marked by the increasing number of diet-related diseases in the society. There is also a need to research the quality of bread assortment available on the market. As a result, consumers will have access to information on the benefits of consuming high-quality food and will be able to choose an assortment tailored to their own needs. The aim of this work was to assess the diversified content of nutrients and bioactive ingredients in popular types of bread available on the Polish market. Moreover, it was demonstrated how ingredients used for baking bread affected the chemical profile of the finished product.

Results and conclusion. Eight commercial samples of bread with different composition declared on the labels were tested. In all samples the following nutrients were marked: protein, ash, lipids and starch, as well as bioactive components: dietary fiber broken down into insoluble and soluble fractions, total phenolic compounds and antioxidant activity. The analyzed breads differed significantly in terms of chemical composition, which resulted from the amount of raw materials used in production, production technology and additives used. The research showed that out of all samples covered by the analysis the wholemeal rye bread had the best composition and contained the highest content of ash (3.9 %), dietary fiber (15.2 %) and β-glucan (1.6 %), as well as high antioxidant activity (5.5 mg Trolox/g). The wheat roll had the least favorable properties – it had the highest lipid content (3.4 %) and contained the lowest level of ash (2.3 %) and most bioactive compounds (dietary fiber 5.6 %, lignin 0.2 %, resistant starch 1.2 %, total phenolic compounds 0.5 mg GAE/g and antioxidant activity 2.4 mg Trolox/g).

Key words: protein, dietary fiber, bread, flour, antioxidant properties

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2022, 29, 1 (130), 77 – 86

DOI: 10.15193/zntj/2022/130/409

TOMASZ DŁUGOSZ, KATARZYNA PENTOŚ

NUMERICAL METHODS IN LOSS TANGENT OF HONEY - PROPERTIES ANALYSIS

S u m m a r y

Background. The quality assessments of food products often involve evaluating their electrical properties, including impedance, permittivity and dielectric loss factor. The measurements of food electrical characteristics provide an interesting alternative to time-consuming and expensive methods based on chemical parameter measurements. This report describes investigations into the effects of frequency on the electrical properties of honey. Specifically, honey electrical properties were tested under an electromagnetic field with frequency ranging from 1 kHz to 1 MHz.

Results and conclusion. Both experimental and numerical methods were used in this study. Double verification yielded identical results, which confirmed that the numerical method applied and the computational conditions were selected appropriately. The most important feature and the most significant advantage of the numerical approach is the possibility to predict the behavior of the actual object based on its mathematical model. It is much easier and faster to perform computer simulations than to perform the corresponding measurements under real-life conditions. Numerical simulations are also extremely useful when experiments are too dangerous to perform, i.e. when the electromagnetic field being studied can pose a threat to the health or life of a tested subject. The main drawbacks of computer simulations are the restraints of computing resources and the long duration of calculations.

Key words: food quality, dielectric properties measurements, intermediate method, calorimetric method, numerical methods

Introduction

The increasing use of electronic equipment and wireless telecommunication systems in almost all aspects of our lives has aroused the interest of society in electromagnetic field (EMF). The whole environment is intentionally or unintentionally exposed to EMFs. This exposure creates a risk which is currently the subject of studies in bioe-

Dr inż. T. Długosz, ORCID: 0000-0002-3451-2595, dr hab. inż. K. Pentoś, prof. UPWr, ORCID: 0000-0002-0666-1948, Zakład Inżynierii Produkcji Zwierzęcej i Bioenergetyki, Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Chełmońskiego 37, 51-360Wrocław.
Kontakt: tomasz.długosz@upwr.edu.pl

lectromagnetics experiments. Particularly important issues are biomedical studies exploring the effects of EMFs on humans [3, 5, 18, 23, 30, 37, 41].

EMFs are not neutral for plants and animals. Electromagnetic radiation may have multiple consequences. Animals, such as birds, bats, fish, are dependent on magnetic field, which they use for orientation [30, 34]. Other animals, like sharks and rays, are sensitive to electric fields, because they possess electric sense organs. The effects of field are of paramount importance to plants. It can, for example, cause changes in their metabolism [14]. Magnetic field of relatively low intensity can be effective in stimulating and initiating plant growth responses [22].

Since the effects of field on all objects is observed, its properties can be used in many areas of everyday life. One of them is agriculture, horticulture and the food industry. PEM is used to test the composition of food products, changes in the biological properties of seeds and moisture [20, 25].

The examples of using electrical parameters for the assessment of the properties of agricultural products can be found in state-of-the-art scientific reports. The impedance of frozen chicken meat was recognized as a useful parameter to assess the product quality [39]. An effective microstrip sensor was developed to monitor milk quality based on changes in a dielectric constant [1]. A dielectric constant and dielectric loss were pointed out as parameters applicable to distinguish pork fat from chicken and beef fat in gelatin [32]. An investigation into relationships between fat content and both a dielectric constant and a loss factor in cow's milk revealed that dielectric parameters depend on fat content. However, a dielectric constant is more accurate for fat content determination [33, 42].

It is well known that the primary tool for quantitative research is hands-on experimentation and measurements. Unfortunately, tests are not always possible due to the high complexity of studied objects, the lack of appropriate sensors or their inaccuracy. This is especially important to the measurement of EMF. It is worth mentioning that any physical quantity measurement (i.e. frequency) is performed with 10^{-10}% accuracy, whereas an error in creating a standard EMF equals 5% ÷ 10% [9, 15]. This affects the accuracy of test instruments, whose error may not exceeds the one of creating EMF. Furthermore, there is a question of whether such tests are ethical. Even though experiments examining the EMF effect on human body are acceptable when a person consents to them, they are still controversial. The same applies to the use of animals for this type of research. The above arguments show that bioelectromagnetic testing is a challenge and is often impossible to perform. In this case, mathematical models and computer programs based on numerical methods may be useful. These tools give us some insight on expected results. Similar results from different numerical methods can be considered exemplary and reliable.

The purpose of this study is to show the possibility of using numerical methods in the assessment of the electrical parameters of honey.

Ever-increasing advances in computer technology enabled many representatives of science and engineering to apply numerical methods to simulate physical phenomena. In electromagnetic studies numerical methods are used very often [10].

The most popular of the include [28]:

- the finite element method (FEM) [7, 12, 27, 31],
- the finite difference method (FDM) [2, 6, 35, 36],
- the moment method (MoM) [13, 16, 17].

The FDM and the MoM are simpler and easier to program than the FEM, but FEM is a more powerful and versatile numerical technique for handling problems involving complex geometries and inhomogeneous media [10].

Problem solution by using FEM involves the following four steps [10]:

- to discretize the solution examined area into a finite number of elements,
- to derive governing equations for a typical element,
- to assemble all elements in the solution region,
- to solve the system of equations obtained.

When using FEM, it is important to choose appropriate element sizes. Elements dividing the selected area must be smaller than the shortest wave that may occur.

Materials and methods

Materials

Honey samples harvested in 2011 between May and September, derived directly from beekeepers located in the Lower Silesia region (Poland), were used for this study. A total of 50 samples were analyzed in an experiment and 2 samples in numerical calculations. For the verification of honey types, a pollen analysis was accomplished in an accredited laboratory (Bee Products Quality Testing Laboratory in Puławy, Poland). Pollen analysis was conducted according to harmonized methods of melissopalynology, particularly according to the Polish Standard PN-A-77626. The honey samples were fresh, did not undergo any thermal treatment and were kept in proper storage conditions.

Methodology

A number of techniques for measuring dielectric properties have been developed in recent years [4, 8, 20, 24, 26, 38, 40]. Many of them is designed to determine a dielectric constant and a loss tangent. In the analyzed case, two methods were used: intermediate and calorimetric ones.

The intermediate method is based on the measurements of capacitance and resistance of a sample placed in a capacitor, followed by calculating the dielectric loss

factor, permittivity, on the basis of obtained electromagnetic field frequency and the geometry of the measuring capacitor [20].

In the calorimetric method a tangent loss was calculated as a ratio of active power lost (dissipated) in the form of thermal energy during the flow of current through a loss capacitor and reactive power in electric field in the same time [38].

For the measurements of honey impedance the impedance analyzer ATLAS 0441 HIA was used. The impedance analyzer was connected to a copper cylindrical electrode system. The frequency range was set as 10 – 10^6 Hz, measurement voltage was set as 100 mV. The impedance was represented in a complex form:

$$Z = ReZ + j \cdot ImZ \tag{1}$$

where: Z – complex impedance, ReZ – the real part of impedance, ImZ – the imaginary part of impedance.

Based on impedance values, two dielectric parameters, namely relative permittivity ε (-) and a dielectric loss coefficient tgδ (-) were calculated using the following equations:

$$\mathrm{tg}\delta = \frac{ReZ}{ImZ} \tag{2}$$

The FEM was used for loss tangent calculations by calorimetric method. An analysis was made for cylindrical capacitor (Fig. 1).

The capacitance of the cylindrical capacitor is determined using the following formula:

$$C = \frac{2\pi\varepsilon l}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)} \tag{3}$$

where: ε – permittivity, $\varepsilon = \varepsilon_0\varepsilon_r$; ε_0 – vacuum permittivity, $\varepsilon_0 = 8{,}854 \cdot 10^{-12}$ [F/m]; ε_r – relative permittivity; R_2, R_1, l – geometrical dimensions shown in Fig. 1a.

Resistance of the substrate follows:

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right) \tag{4}$$

where: ρ – electrical resistivity [Wm]

Current flowing through the capacitor has two components: active (I_A) and reactive (I_R) [38, 40]:

$$I_A = \frac{U}{R} \tag{5}$$

$$I_R = \frac{U}{X_C} \tag{6}$$

where: U – voltage [V]; X_C – capacitive reactance.

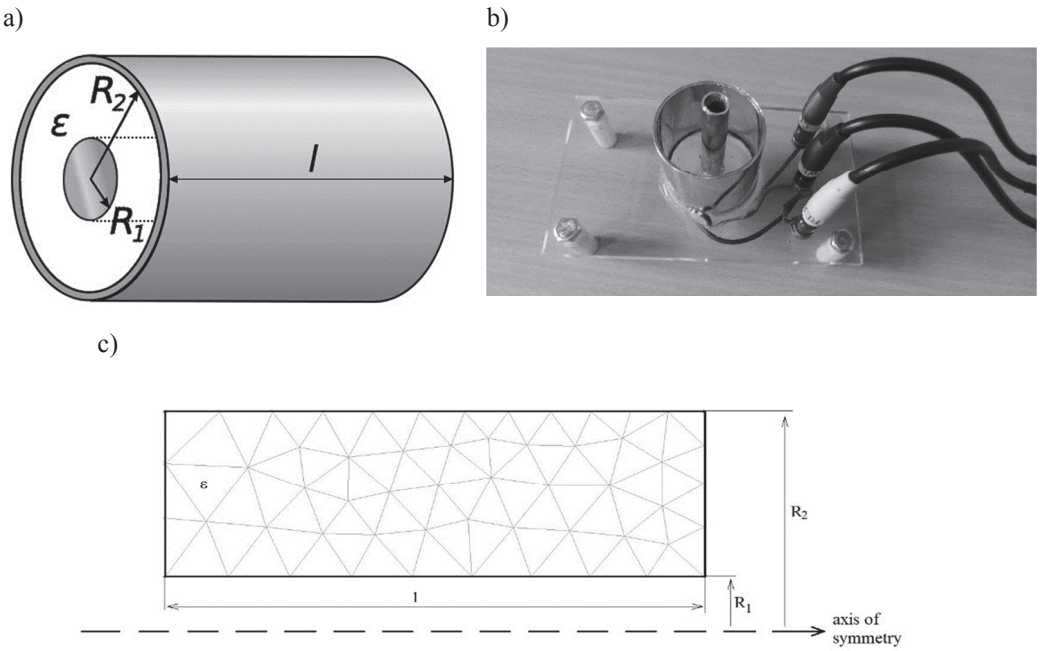


Figure 1. Cylindrical capacitor as exposure system: a) model, b) real object c) model with a mesh made with FEM
Rysunek 1. Układ ekspozycyjny w postaci kondensatora cylindrycznego: a) model, b) rzeczywisty obiekt, c) model z siatką wykonany przy użyciu metody FEM

Capacitive reactance is calculated using the following equation:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \tag{7}$$

where: f – frequency [Hz]

When active and reactive currents (5) (6) are known, then active power (P_A) and reactive power (P_R) are determined using the following formulas:

$$P_A = UI_A \tag{8}$$

$$P_R = UI_R \tag{9}$$

Now loss tangent is calculated as follows:

$$tg\delta = \frac{P_A}{P_R} \tag{10}$$

Results and discussion

Dielectric spectroscopy is a technique of measuring the electric and dielectric properties of a material as a function of the frequency domain. The dielectric properties of material are the effect of the interaction of external electric field with electrical dipole moment and the charges of the medium [33]. The behavior of certain material in external electric field is unique due to a unique molecular structure. In external electric field, electrical charges in material are polarized. Each dielectric mechanism (ionic, dipolar, atomic and electronic one) has limited frequency. For lower frequencies ionic relaxation is observed. One of the dielectric parameters used for the quality assessment of food based on dielectric spectroscopy is a relative dielectric loss coefficient [19]. The results of experiments and numerical calculations of tgδ for rape and honeydew honey are shown in Figs. 2 and 3 respectively.

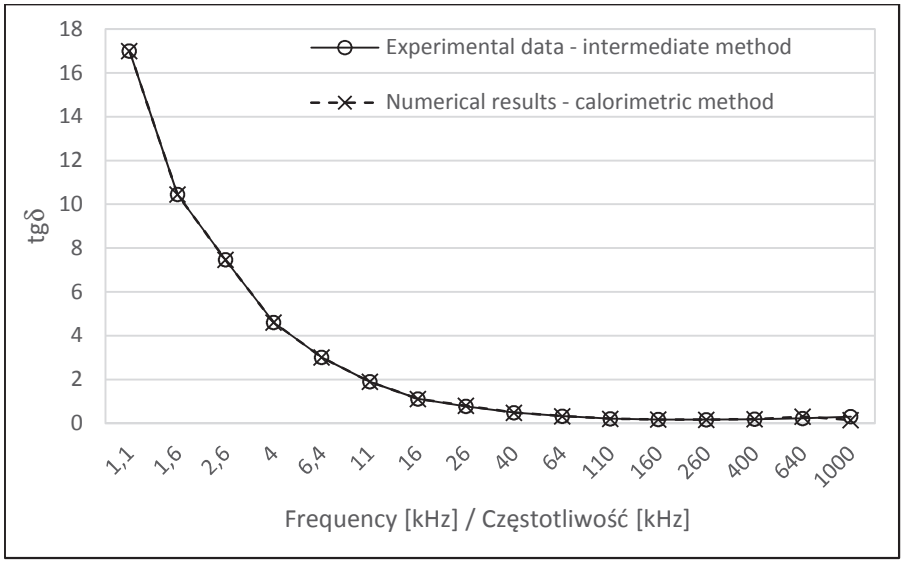


Figure 2. The frequency dependence of the relative dielectric loss coefficient for rape honey at a temperature of 20 °C

Rysunek 2. Zmiany współczynnika strat dielektrycznych dla miodu rzepakowego w funkcji częstotliwości w temperaturze 20 °C

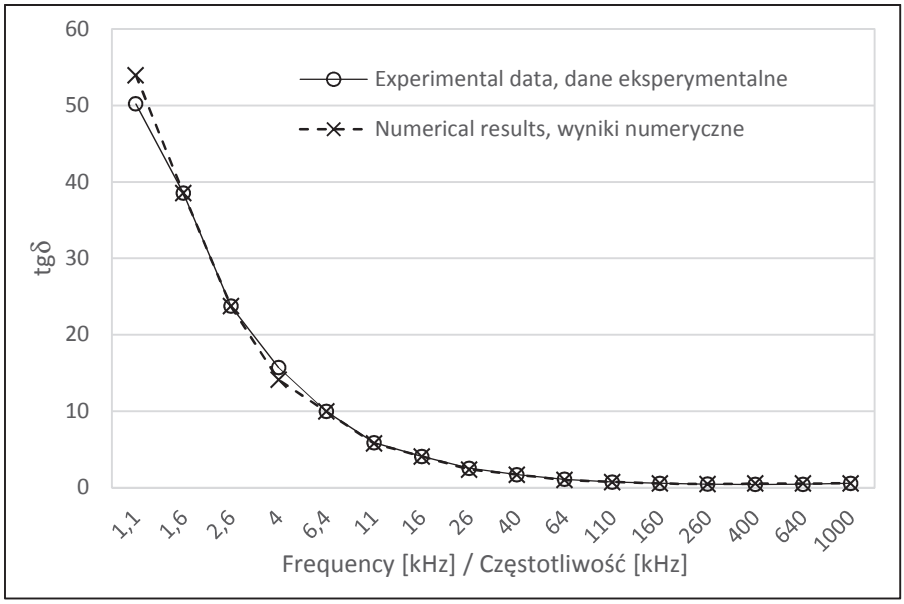


Figure 3. The frequency dependence of the relative dielectric loss coefficient for honeydew honey at a temperature of 20 °C
Rysunek 3. Zmiany współczynnika strat dielektrycznych dla miodu spadziowego iglastego w funkcji częstotliwości w temperaturze 20 °C

As is shown in Figs. 2 and 3, the values of relative dielectric loss coefficient decrease when frequency increases. The relationship between tgδ and frequency depends on the honey type. It is noteworthy that the results obtained by the numerical method and the experiment are convergent. The verification of the numerical method by the experiment enables the use of computer simulations in research and allows the obtained results as reliable. If we additionally notice that the numerical calculations use a different method (the calorimetric method) to calculate dielectric parameters than the experiment (the intermediate method), then we have conviction bordering on certainty that the obtained results are correct. Thus in many places it is possible to replace time-consuming and costly experiments with numeric methods.

Conclusions

1. The most important feature and the biggest advantage of computer simulations is their ability to predict the behavior of the actual object based on its mathematical model[5]. It is much easier and faster to perform computer simulations, rather than perform measurements in real life conditions. Computer simulations are also extremely useful when experiments are too dangerous to perform, i.e.: when the re-

searched EMF can pose a threat to the health or life of tested objects. The major drawbacks of computer simulations are restraints of computing resources and long duration of calculations.

2. Computer simulations are used where analytical techniques cannot provide accurate solutions or experiments cannot be done. But if double verification gives identical results, it means that the numerical method and the conditions for carrying out calculations have been correctly selected - as it is shown in this paper.
3. A certain limitation of the method is the fact that the electrical properties of honey depend significantly on the chemical composition, including the pollen content. These dependencies are not yet well understood. Therefore, their determination requires further research into the different types of honeys obtained in different seasons.
4. The authors want to clearly state that the presented research and results are exploratory.

References

[1] Amar H., Ghodbane H., Amir M., Zidane M.A., Hamouda, C., Rouane A.: Microstrip sensor for product quality monitoring. J. Comput. Electron., 2020(19), 1329–1336.

[2] Berenger J. P.: Improved PML for the FDTD solution of wave-structure interaction problems. IEEE Trans. Antennas Propag., 45(3), 1997, 466-473.

[3] Boriraksantikul N., Bhattacharyya K.D., Whiteside P.J.D, O'Brien C., Kirawanich P., Viator J., Islam N.E. : Case study of high blood glucose concentration effects of 850 MHz electromagnetic fields using Gtem cell. Prog. Electromagn. Res. B, 2012 (40), 55-77.

[4] Brodie G., Jacob M.V., Farrell P.: Microwave and Radio-frequency Technologies in Agriculture. De Gruyter, 2015.

[5] Calvente I., Pérez-Lobato R., Núñez M.I., Ramos R., Guxens M., Villalba J., Olea N., Fernandez M.F.: Does exposure to environmental radiofrequency electromagnetic fields cause cognitive and behavioral effects in 10-year-old boys? Bioelectromagnetics, 2016, 1, 25-36.

[6] Cardoso J.R.: Electromagnetics through the Finite Element Method, CRC Press, 2016.

[7] Courant R.: Variational methods for the solution of problems of equilibrium and vibrations. Bull. Am. Math. Soc., 1943, 49, 1–23.

[8] Czarnecki L.S.: Physical interpretation of the reactive power in terms of the CPC power theory. J. Electr. Pow. Qual. Utilis., XIII(1), 2007, 89-95.

[9] Dlugosz T.:Uncertainty analysis of selected sources of errors in bioelectromagnetic investigations. BioMed. Mater. Engin., 2014, 24, 609-617.

[10] Dlugosz T.: Analytical and numerical methods in the analysis of electromagnetic field measurement accuracy. Przegląd Elektrotechniczny, 2010, 12, 29-31.

[11] Dlugosz T., Trzaska H.: Exposure systems for bioelectromagnetic experiments. Electromagn. Biol. Med., 2014, 33(4), 307-311.

[12] Duan N.N, Xu W.J., Wang S.H., Li H.L., Guo Y.G., Zhu J.G.: Extended finite element method for electromagnetic fields. Proceedings, IEEE International Conference on Applied Superconductivity and Electromagnetic Devices, IEEE, Shanghai, China, 2015, pp. 364-365.

[13] Gibson W.C.: The Method of Moments in Electromagnetics, Chapman and Hall/CRC, 2015.

[14] Goldsworthy A.: Effects of Electrical and Electromagnetic Fields on Plants and Related Topics. In: Volkov A.G. (eds) Plant Electrophysiology. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006, 247-267.
[15] Grudzinski E., Trzaska H.: Electromagnetic Field Standards and Exposure Systems, IET, 2013.
[16] Harrington R.F.: Field Computation by Moment Methods. Malabar, FL: Krieger, 1968.
[17] Harrington R.F.: Origin and development of the method moments for field computation, in E.K. Miller et al., Computational Electromagnetics. New York: IEEE Press, 1992, 43–47.
[18] Ibey B.L., Roth C.C., Ledwig P.B., Payne J.A., Amato A.L., Dalzell D.R., Bernhard J.A., Doroski M.W., Mylacraine K.S., Seaman R.L., Nelson G.S., Woods C.W.: Cellular effects of acute exposure to high peak power microwave systems: Morphology and toxicology, Bioelectromagnetics, 2016, 3, 141-151.
[19] Khaled D.E, Castellano N.N, Gazquez J.A, Perea-Moreno A.J., Manzano-Agugliaro F.: Dielectric spectroscopy in biomaterials: agrophysics. Materials, 2016, 9(5), #310.
[20] Luczycka D., Czubaszek A., Fujarczyk M., Pruski K.: Dielectric properties of wheat flour mixed with oat meal. Int. Agrophys., 2013, 27, 175-180
[21] Łuczycka D., Pentoś K.: The use of dielectric honey features for overheating diagnostics. Acta Aliment., 2018, 48(1), 28-36.
[22] Maffei M.E.: Magnetic field effects on plant growth, development, and evolution. Front. Plant Sci., 2014, 5, 445-460.
[23] Markov M.S.: Electromagnetic Fields in Biology and Medicine, CRC Press, 2015.
[24] Pai A., Reiter T., Vodyakho P., Yoo I., Maerz M.: A Calorimetric method for measuring power losses in power semiconductor modules. 19th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE'17 ECCE Europe), Warsaw, 2017, P.1-P.10.
[25] Pentoś K., Łuczycka D., Kapłon T.: The identification of relationships between selected honey parameters by extracting the contribution of independent variables in a neural network model. Eur. Food Res. Technol., 2015, 241, 793–801.
[26] Roj J., Cichy A.: Method of measurement of capacitance and dielectric loss factor using artificial neural networks. Meas. Sci. Rev., 2015, 15(3), 127-131.
[27] Sadiku M.N.O.: A simple introduction to finite element analysis of electro-magnetic problems. IEEE Trans. Educ. 1989, 32(2), 85–93.
[28] Sadiku M.N.O.: Numerical Techniques in Electromagnetics. CRC Press, 2001.
[29] Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health, 2007, Available on the Internet [02.11.2021]: https://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihr/docs/scenihr_o_007.pdf.
[30] Scientific Committee on Emerging Newly Identified Health Risks, Opinion on Potential Helath Effetcs of Exposure to Electromagnetic Fields, 2015, https://ec.europa.eu/health/scientific_ committees/emerging/docs/scenihr_o_041.pdf
[31] Silvester P.P., Ferrari R.L.: Finite Elements for Electrical Engineers. Cambridge University Press, Cambridge, 3rd ed., 1996.
[32] Sin K.Y., Sin M.C.: Distinguished identification of halal and non-halal animal-fat gelatin by using microwave dielectric sensing system. Cogent Eng., 2019, 6(1), #1599149.
[33] Stanley J.: How good is the evidence for the lipid hypothesis? Lipid Technol., 2010, 22(2), 39–41.
[34] Stein Y., Hänninen O., Huttunen P., Ahonen M., Ekman R.: Electromagnetic radiation – environmental indicators in our surroundings. In: Armon R., Hänninen O. (eds) Environmental Indicators. Springer, Dordrecht, 2015, 1011-1024.
[35] Sullivan. D.M.: Electromagnetic Simulation Using the FDTD Methods, second edition, Wiley, 2013.
[36] Taflove A.: Application of the finite-difference time-domain method to sinusoidal steady-state electromagnetic-penetration problems, IEEE Trans. EMComp. 1980, EMC-22(3), 191–202.

[37] Varsier N., Plets D., Corre Y., Vermeeren G., Josephm W., Aerts S., Martens L., Wiart J.: A novel methods to assess human population exposure induced by a wireless cellular network, Bioelectromagnetics, 2015, 6, 451-463.
[38] Vincent P.S.: Calorimetric measurements of very low dielectric loss at low temperatures. J. Phys. D: Appl. Phys., 1969, 2(5), 699-710.
[39] Wei R., Wang P., Han M., Chen T., Xu X., Zhou G.: Effect of freezing on electrical properties and quality of thawed chicken breast meat. Asian-Austral. J. Anim. Sci., 2017, 30(4), 569-575.
[40] Willems J.L.: Active current, reactive current, Kirchhoff's laws and Tellegen's theorem. J. Electr. Pow. Qual. Utilis.,2007, XIII(1), 5-8.
[41] Wuschech H., Hehn U., Mikus E., Funk R.H.: Effects of PEMF on patients with osteoarthritis: results of a prospective, placebo-controlled, double-blind study. Bioelectromagnetics, 2015, 8,576-585.
[42] Zhu X., Guo W., Liang Z.: Determination of the fat content in cow's milk based on dielectric properties. Food Bioproc. Technol., 2015, 8(7), 1485–1494.

METODY NUMERYCZNE W ANALIZIE TANGENSA STRAT DIELEKTRYCZNYCH MIODU – ANALIZA WŁAŚCIWOŚCI

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

Wprowadzenie. Właściwości elektryczne żywności, takie jak impedancja, przenikalność elektryczna i współczynnik strat dielektrycznych, są obecnie często wykorzystywane do oceny jej jakości. Pomiar elektrycznych cech żywności może być bardzo ciekawą alternatywą dla czasochłonnych i kosztownych metod opartych na pomiarach parametrów chemicznych. W niniejszej pracy zbadano wpływ częstotliwości na właściwości elektryczne miodu. Przeprowadzono badania cech elektrycznych miodu w polu elektromagnetycznym w zakresie od 1 kHz do 1 MHz. Wykorzystano do tego metody eksperymentalne i numeryczne. Podwójna weryfikacja dała identyczne wyniki, co oznacza, że metody numeryczne i warunki przeprowadzenia obliczeń zostały dobrane poprawnie.

Wyniki i wnioski. Najważniejszą cechą i zaletą metod numerycznych jest przewidywanie zachowania się obiektu rzeczywistego na podstawie jego modelu matematycznego. Znacznie prościej i szybciej można przeprowadzić symulację komputerową, niż wykonać pomiary w warunkach rzeczywistych. Poza tym pomiary takie mogą być niemożliwe do wykonania, ponieważ – m.in. w przypadku wpływu pola elektromagnetycznego na badany obiekt (żywność, obiekt biologiczny) – eksperyment może być niebezpieczny dla zdrowia lub życia badanego obiektu. Jednak poważną wadą symulacji komputerowych są ograniczenia związane z zasobami komputerów i długim czasem trwania obliczeń.

Słowa kluczowe: miód, metody numeryczne, współczynnik start dielektrycznych, metoda pośrednia, metoda kalorymetryczna

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2022, 29, 1 (130), 87 – 100

DOI: 10.15193/zntj/2022/130/410

MARCELINA KARBOWIAK, WIOLETTA MOSIEJ, DOROTA ZIELIŃSKA

WPŁYW DODATKU BŁONNIKA I B-GLUKANU NA PRZEŻYWALNOŚĆ BAKTERII PROBIOTYCZNYCH W MLECZNYCH NAPOJACH FERMENTOWANYCH

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

Wprowadzenie. Zainteresowanie konsumentów żywnością prozdrowotną przyczynia się do rozwoju produktów funkcjonalnych, które dzięki obecności zawartych w nich składników aktywnych mają zapewniać korzyści zdrowotne. Mleczne napoje fermentowane są jednymi z najchętniej spożywanych przez konsumentów produktów zaliczanych do żywności funkcjonalnej. Doceniane są szczególnie ze względu na walory smakowe oraz korzystne właściwości odżywcze i prozdrowotne. Celem badania była ocena przeżywalności szczepu probiotycznego *Lactobacillus rhamnosus* GG w modelowym napoju fermentowanym z dodatkiem (1) błonnika lub (2) β-glukanu oraz (3) bez dodatków, a także ocena jakości tych produktów w trakcie chłodniczego przechowywania.

Wyniki i wnioski. Wykazano, że, mleczne napoje fermentowane stanowiły dobrą pożywkę do wzrostu bakterii probiotycznych. Liczba żywych komórek bakterii we wszystkich napojach w ciągu całego okresu przechowywania była wyższa od minimalnej dawki rekomendowanej dla produktów probiotycznych. Ponadto napój fermentowany z dodatkiem β-glukanu cechowała zbliżona do napoju kontrolnego ogólna jakość sensoryczna. Przeprowadzone badania potwierdzają, że β-glukan może zostać wykorzystany do opracowania mlecznego napoju fermentowanego o dużej liczebności (>7,5 log jtk/ml) bakterii probiotycznych. Dodatkowo, zaprojektowany napój wpisuje się w definicję żywności funkcjonalnej, gdyż jedna porcja (200 ml) zawiera 3 g β-glukanu, któremu przypisuje się korzystne właściwości zmniejszenia ryzyka chorób sercowo-naczyniowych, i dla którego może być stosowane oświadczenie zdrowotne.

Słowa kluczowe: mleczne napoje fermentowane, probiotyk, prebiotyk, synbiotyk, błonnik, β-glukan

Wprowadzenie

Żywność funkcjonalną stanowią produkty spożywcze, które wykazują udokumentowany pozytywny wpływ na organizm człowieka wykraczający ponad ten, który wy-

Mgr M. Karbowiak, ORCID: 0000-0002-5643-3468, mgr W. Mosiej, dr hab. inż. D. Zielińska, prof. SGGW, ORCID: 0000-0001-7845-1352, Zakład Higieny i Zarządzania Jakością Żywności, Katedra Technologii Gastronomicznej i Higieny Żywności, Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 159c, 02-776 Warszawa.
Kontakt: marcelina_karbowiak@sggw.edu.pl

nika z efektu odżywczego zawartych w nich składników pokarmowych uznawanych za niezbędne [5]. Wśród żywności funkcjonalnej na całym świecie, jednymi z najczęściej spożywanych są produkty zawierające probiotyki i/lub prebiotyki, które w głównej mierze dostarczane są do organizmu jako składniki żywności poddanej fermentacji. Spośród nich fermentowane produkty mleczne cieszą się największą popularnością. Wynika to z faktu, iż powszechnie kojarzą się one z probiotyczną oraz prozdrowotną żywnością oraz cechują się przyjemnymi i atrakcyjnymi profilami sensorycznymi [15]. W celu uzyskania korzyści terapeutycznych ze spożycia żywności probiotycznej sugerowany minimalny poziom bakterii probiotycznych w mleku fermentowanym (takich jak z rodzaju *Lactobacillus* spp. czy *Bifidobacterium* spp.) powinien wynosić powyżej 6 $\log_{10}$ jednostek tworzących kolonie w 1 ml (jtk/ml) [21]. Za żywotność organizmów probiotycznych odpowiada kilka czynników. Jednym ze sposobów wsparcia przeżywalności probiotyków jest zastosowanie prebiotyków – najczęściej inuliny lub oligofruktozy, przez co uzyskuje się produkty synbiotyczne [9]. Według aktualnej definicji Międzynarodowego Towarzystwa Naukowego ds. Probiotyków i Prebiotyków (ISAPP, ang. *International Scientific Association of Probiotics and Prebiotics*), terminem prebiotyk określa się substrat, który jest selektywnie wykorzystywany przez mikroorganizmy gospodarza, przynosząc korzyści zdrowotne [6]. Coraz więcej dowodów wskazuje na to, że błonnik pokarmowy wykazuje działanie prebiotyczne, wpływając korzystnie na wzrost mikroorganizmów jelitowych [1]. Prócz tego jego dodatek może prowadzić do zmian właściwości fizycznych, teksturalnych i reologicznych produktów [17]. Szczególnymi właściwościami cechuje się błonnik pochodzący z owsa oraz wyodrębniona z niego frakcja rozpuszczalna – β-glukan [18]. Do najważniejszych prozdrowotnych właściwości owsa, głównie wskutek obecności β-glukanu, zalicza się: zdolność obniżania poziomu cholesterolu, w tym frakcji LDL, zmniejszanie ryzyka otyłości, choroby wieńcowej serca czy łagodzenie stanów zapalnych jelita i śluzówki żołądka [12]. Liczne badania i dowody naukowe na poparcie korzystnej roli β-glukanu z owsa, skłoniły Amerykańską Agencję ds. Żywności i Leków (FDA) [4] oraz Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) [19] do zezwolenia na posługiwanie się oświadczeniami zdrowotnymi w stosunku do produktów owsianych, przypisującymi im zmniejszenie ryzyka chorób sercowo-naczyniowych przy spożywaniu co najmniej 3 g β-glukanu dziennie.

Celem niniejszego badania była ocena przeżywalności szczepu probiotycznego *Lactobacillus rhamnosus* GG w modelowym napoju fermentowanym, przechowywanym w temp. 4 ºC przez 21 dni, w zależności od dodatku błonnika pochodzącego z owsa z 15 % zawartością β-glukanu oraz czystego β-glukanu wyodrębnionego z drożdży piwowarskich, dodanych w takich proporcjach, aby każda z porcji produktu (200 ml), zarówno z dodatkiem błonnika, jak i β-glukanu, zawierała rekomendowaną dzienną dawkę β-glukanu – 3 g.

Materiał i metody badań

Materiał do badań stanowił napój wytworzony w warunkach laboratoryjnych na bazie mleka UHT o zawartości tłuszczu 2 % (Łaciate, Polska). Do produkcji napoju fermentowanego użyto szczepu probiotycznego *Lactobacillus rhamnosus* GG (Ch. Hansen). Kultury bakterii *L. rhamnosus* GG poddano inkubacji w temperaturze 37 °C przez 24 godziny w bulionie MRS (Merck), otrzymując hodowlę o gęstości około 10^9 jtk/ml. Przygotowaną hodowlę bakteryjną (10 ml) odwirowywano w urządzeniu Eppendorf Centrifuge 5804 R (Hamburg, Germany) przez 5 minut przy 10 000 r.p.m. w celu oddzielenia komórek bakterii od pożywki hodowlanej, następnie przepłukiwano solą fizjologiczną i zawieszano w 10 ml mleka UHT. Tak przygotowaną ożywioną kulturę probiotyczną, zawierającą bakterie *L. rhamnosus* GG, zaszczepiano do prób mleka. Dodatek kultury bakterii wynosił 1 ml (10^9 jtk) na każde 100 ml mleka.

W celu przygotowania prób badanych do zaszczepionego bakteriami *L. rhamnosus* GG mleka dodawano: (1) błonnik owsiany (Młyn Oliwski), który zgodnie z deklaracją producenta zawierał 15 % β-glukanu lub (2) β-glukan pochodzący z drożdży piwowarskich *Saccharomyces cerevisiae* Yastimun 1,3-1,6 β-D (ALINESS) i był to suplement diety w postaci kapsułek z proszkiem, gdzie 1 kapsułka zawierała 500 mg β-glukanu. Do przygotowania każdej z prób badanych, zarówno z dodatkiem błonnika, jak i β-glukanu, użyto takiej ilości β-glukanu, której przypisuje się korzystne właściwości zmniejszenia ryzyka chorób sercowo-naczyniowych, i dla której może być stosowane oświadczenie zdrowotne – 3 g/dzień [19]. Ostatnia próba (3) stanowiła próbę kontrolną i nie zawierała dodatków prebiotycznych.

Przygotowane mieszaniny poddawano fermentacji (zakwaszeniu) prowadzonej w temperaturze 37 °C przez około 72 godziny do uzyskania skrzepu o wartości pH mieszczącej się w zakresie 4,5-4,6. Proces fermentacji przerywano poprzez schłodzenie prób badanych i próby kontrolnej do temperatury 4 °C. Po fermentacji próby przechowywano w warunkach chłodniczych (w temperaturze 4 °C) przez 21 dni. Wszystkie próby poddano analizie na początku przechowywania oraz odpowiednio po 7, 14 i 21 dniach przechowywania.

Badanie mikrobiologiczne

Przeżywalność szczepu probiotycznego zbadano metodą płytkową, stosując posiew powierzchniowy na agar MRS (Merck). Wszystkie oznaczenia zostały wykonane w trzech powtórzeniach. Posiewany materiał został pobrany w ilości 1 ml i rozcieńczony przez szereg rozcieńczeń dziesiętnych w jałowej wodzie peptonowej (Biocorp, Polska). Inkubację posiewów prowadzono w temp. 37 °C przez 48 h. Po tym czasie liczono wyrosłe na płytkach kolonie, a za wynik przyjęto średnią z trzech powtórzeń. Liczbę bakterii wyrażano jako $\log_{10}$ jtk/ml.

Pomiar wartości pH

Pomiar zmian wartości pH wykonano przy pomocy pH-metru Elmetron CP-501 (Zabrze, Polska) metodą potencjometryczną w trzech powtórzeniach. Wskazania pH-metru zaokrąglono do 0,1.

Ocena sensoryczna

Przygotowane próby napojów poddano ocenie sensorycznej metodą sensorycznej analizy opisowej profilowania – QDP (ang. *Quantitative Descriptive Profiles*), zgodnie z normą ISO 13299:2016 [13]. Analizę sensoryczną przeprowadzono jednorazowo, bezpośrednio po fermentacji. W celu przeprowadzenia oceny sensorycznej przygotowane wcześniej napoje w jałowych warunkach umieszczono w bezwonnych, przezroczystych, jednorazowych pojemnikach wraz z pokrywką, o pojemności 30 ml. Wszystkie próby zostały zakodowane, aby spełnić kryteria anonimowości i uniknąć sugerowania odpowiedzi. Każdy z oceniających otrzymywał 3 różne próbki, podawane w losowej kolejności. W celu zneutralizowania smaku uczestników badania poinstruowano o konieczności spożycia wody pomiędzy ocenianymi próbami. Intensywność wyróżników zaznaczano na nieustrukturowanej skali graficznej (0 – 10 ju – jednostek umownych), będącej 10-centymetrowym odcinkiem, bez podziałki, zakończonym skrajnymi określeniami brzegowymi. Zespół oceniający liczył 8 ekspertów i były to osoby z odpowiednimi kwalifikacjami metodycznymi i doświadczeniem w realizowaniu ocen metodą QDP w odniesieniu do mlecznych produktów fermentowanych. Badane atrybuty obejmowały 4 wyróżniki zapachu: mleczno-fermentacyjny, słodki, drażniący, obcy; 3 wyróżniki konsystencji: gęstość, gładkość lepkość; 7 wyróżników smaku: mleczno-fermentacyjny, kwaśny, słodki, słony, gorzki, obcy, drażniący oraz jakość ogólną prób. Dla wyróżników zapachu i smaku zastosowano oznaczenia brzegowe takie jak niewyczuwalny – bardzo intensywny, natomiast dla wyróżników konsystencji i jakości ogólnej określenia te były zależne od danej cechy. Wynik końcowy, odnoszący się do intensywności wyróżników, jest średnią arytmetyczną z 16 wyników jednostkowych.

Analiza statystyczna

Do przeprowadzenia analizy statystycznej wyników badań wykorzystano oprogramowanie Statistica 13.3 (StatSoft, Polska) oraz Microsoft Excel. Obliczono średnią arytmetyczną oraz odchylenie standardowe. W przypadku badań mikrobiologicznych i sensorycznych zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA. Porównanie średnich *post-hoc* wykonano testem HSD Tukeya. Z kolei w badaniu zmian pH zastosowano nieparametryczną alternatywę jednoczynnikowej analizy wariancji. Wykonano test rang Kruskala-Wallisa. Różnicę uznano za statystycznie istotną, gdy $p < 0,05$ w odniesieniu do wszystkich wykonanych oznaczeń. Dodatkowo wyniki ana-

lizy sensorycznej poddano analizie składowych głównych (PCA, ang. *Principal Component Analysis*) z wykorzystaniem macierzy korelacji.

Wyniki i dyskusja

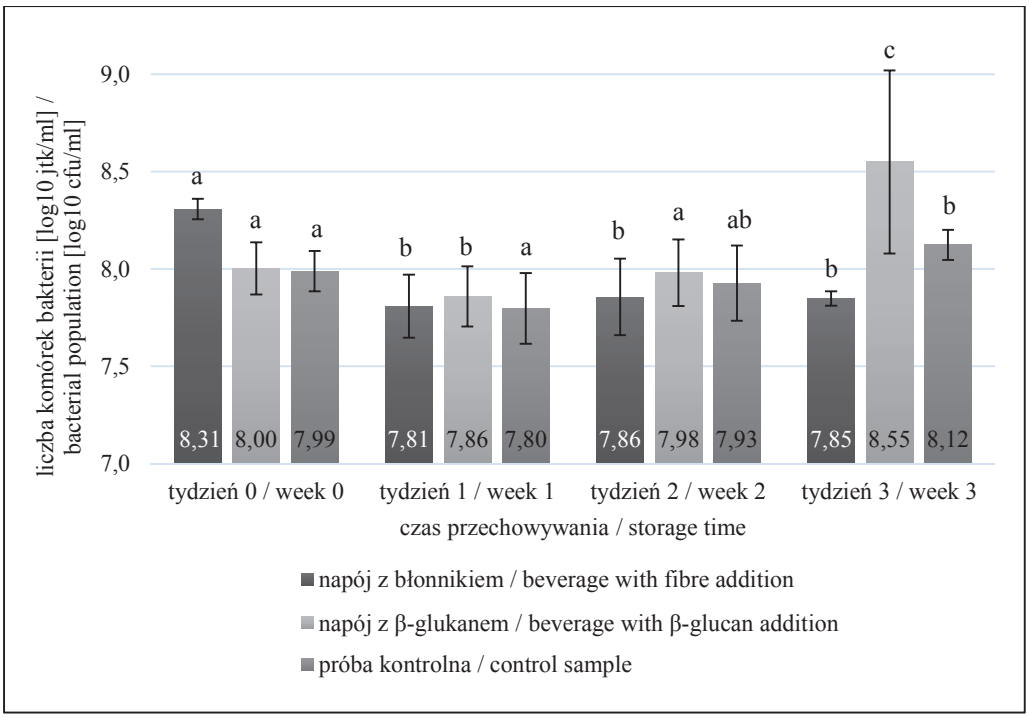
Zmiany w liczbie bakterii w fermentowanych napojach podczas przechowywania

Na rysunku 1 zaprezentowano średnie wartości liczby żywych komórek bakterii w poszczególnych napojach fermentowanych wraz z odchyleniem standardowym, w zależności od czasu przechowywania.

W przeprowadzonym doświadczeniu stwierdzono, że zastosowanie dodatków takich jak błonnik i/lub β-glukan wpłynęło na zmianę liczby komórek szczepu *Lactobacillus rhamnosus* GG (LGG) w obu zaprojektowanych mlecznych napojach fermentowanych. Liczba komórek LGG w napojach utrzymywała się na wysokim poziomie rzędu 7-8 $\log_{10}$ jtk/ml podczas przechowywania w warunkach chłodniczych (4 °C) przez 21 dni. Nie zaobserwowano znaczącego spadku populacji komórek LGG podczas całego okresu przechowywania w żadnym z badanych napojów. Największą redukcję liczby komórek bakterii w porównaniu z wartością początkową stwierdzono w napoju z dodatkiem błonnika, natomiast w pozostałych próbach liczba żywych komórek bakterii nieznacznie wzrosła w końcowym okresie przechowywania.

Należący do prebiotyków β-glukan, dodany do zaprojektowanych mlecznych napojów fermentowanych, wpływał stymulująco na wzrost *Lactobacillus rhamnosus* GG. Było to widoczne przede wszystkim między początkowym i ostatnim tygodniem przechowywania. W próbie z dodatkiem β-glukanu rozwinęło się w trakcie 21-dniowego przechowywania znacznie więcej komórek bakterii fermentacji mlekowej (8,55 $\log_{10}$ jtk/ml) niż w próbie z błonnikiem i kontrolnej. Początkowo jednak w pierwszym i drugim tygodniu liczba bakterii obniżyła się w stosunku do liczby początkowej, co mogło być spowodowane wyginięciem komórek bakterii po obniżeniu temperatury do 4 °C podczas przechowywania. Stwierdzono, że żywotność komórek *Lactobacillus rhamnosus* GG po fermentacji mleka z dodatkiem β-glukanu była istotnie wyższa ($p < 0,05$) niż w przypadku fermentacji mleka z dodatkiem błonnika oraz bez dodatków prebiotycznych. Najbardziej stabilną liczbą komórek bakterii w trakcie całego okresu przechowywania (21 dni) charakteryzowała się próba kontrolna, czyli mleko fermentowane z dodatkiem szczepu LGG bez dodatków prebiotycznych. Z kolei liczba komórek bakterii podczas przechowywania napoju z dodatkiem błonnika obniżała się stopniowo w trakcie przechowywania i osiągnęła najniższą, w porównaniu z pozostałymi próbami, wartość w trzecim tygodniu przechowywania (7,85 $\log_{10}$ jtk/ml). Przeżywalność bakterii probiotycznych w próbie z błonnikiem była niższa, wciąż jednak wyższa niż minimalna dawka rekomendowana dla produktów probiotycznych (>6 $\log_{10}$ jtk/ml) [21]. Zgodnie z definicją [11], probiotyki w gotowych produktach spożywczych muszą

charakteryzować się wysoką przeżywalnością i stabilnością pożądanych cech bakterii w trakcie całego okresu przechowywania i dystrybucji.



Objaśnienia / Explanatory notes: jkt – jednostka tworząca kolonię / cfu – colony-forming unit; a, b, c – wartości średnie w obrębie próby oznaczone różnymi literami różnią się między sobą statystycznie istotnie ($p < 0,05$) / a, b, c – mean values within each sample, which are marked with various letters, are statistically significantly different ($p < 0.05$)

Rysunek 1. Liczba komórek bakterii szczepu LGG [$\log_{10}$ jtk/ml] w próbie z dodatkiem błonnika, próbie z dodatkiem β-glukanu oraz w próbie kontrolnej w zależności od czasu przechowywania
Figure 1. Mean counts of LGG populations [$\log_{10}$ cfu/ml] in the sample with the addition of fibre, in the sample with the addition of β-glucan and in the control sample depending on the storage time

Stosowanie prebiotyków pozwala utrzymać znacznie wyższą liczbę żywych bakterii probiotycznych, zarówno w fermentowanych produktach mlecznych, jak i w przewodzie pokarmowym żywiciela [15]. Przeżycie szczepów probiotycznych w wytwarzanym produkcie zależy między innymi od warunków produkcji i rodzaju zastosowanego prebiotyku. Związki te mogą także wpływać na profil sensoryczny oraz właściwości fizykochemiczne probiotycznych fermentowanych produktów mlecznych głównie poprzez zdolność regulowania zawartości wody. Prebiotyki składają się głównie z niestrawnych oligosacharydów, które mogą być selektywnie wykorzystywane

jako odpowiedni substrat przez probiotyki. Inulina, laktuloza, oligofruktoza czy polidekstroza to przykłady prebiotyków o udowodnionej efektywności do zwiększania przeżywalności szczepów probiotycznych [3]. Jednakże, w przemyśle spożywczym, wciąż poszukuje się nowych dodatków funkcjonalnych, wykazujących potencjalne działanie prebiotyczne. Z tego względu w badaniu własnym skupiono się na analizie potencjału prebiotycznego odmiennych od powszechnie stosowanych fruktooligosacharydów (FOS) czy galaktooligosacharydów (GOS) – czyli nietrawionych składników żywności, takich jak błonnik owsiany i wyodrębniony z drożdży piwowarskich β-glukan.

Badania innych autorów potwierdzają korzystny wpływ dodatków takich jak β-glukan czy błonnik na przeżywalność bakterii probiotycznych w produktach fermentowanych. W badaniu Lazaridou i wsp. [16] dodatek 1,4 % owsianego β-glukanu do mleka fermentowanego z kulturami jogurtowymi, wzbogaconego o szczep probiotyczny *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* B117, wpłynął na wzrost liczby żywych komórek tego szczepu podczas przechowywania. Pozwoliło to uzyskać funkcjonalny produkt probiotyczny łączący immunomodulujące, hipocholesterolemiczne i hipoglikemiczne właściwości β-glukanów. Z kolei w badaniu Hang i wsp. [10] określano liczbę żywych komórek bakterii *Lactobacillus plantarum* CCFM8661 po 48-godzinnej fermentacji w temp. 35 °C oraz po 25-dniowym przechowywaniu fermentowanego mleka z dodatkiem ekstraktu z owsa oraz ekstraktu słodowego w temperaturze 4 °C. Liczebność żywych komórek bakterii wynosiła 9,04 $\log_{10}$ jtk/g ($p < 0,05$) po 48 godzinach zakwaszania, a pod koniec 25-dniowego przechowywania próby – 8,61 $\log_{10}$ jtk/g ($p < 0,05$). Wpływ ekstraktu z owsa na tempo wzrostu szczepu probiotycznego *Lactobacillus plantarum*w fermentowanym mleku był silniejszy niż w przypadku zaobserwowanego w badaniu własnym wpływu błonnika owsianego na przeżywalność szczepu *Lactobacillus rhamnosus* GG. W innym badaniu, przeprowadzonym przez Güler-Akın i wsp. [8], wykazano, że dodatek błonnika z owsa do morelowego probiotycznego jogurtu pitnego poprawiał żywotność bakterii *L. acidophilus*, *Bifidobacterium* BB-12 oraz *Streptococcus thermophilus* na podobnym poziomie jak dodatek inuliny, jednoznacznie potwierdzając prebiotyczny potencjał błonnika owsianego.

Zmiany pH w fermentowanych napojach podczas przechowywania

We wszystkich badanych próbach stwierdzono obniżenie wartości pH napojów podczas przechowywania w temp. 4 ºC przez 21 dni (tab.1).

W napoju z dodatkiem β-glukanu, błonnika oraz w próbie kontrolnej odnotowano statystycznie istotne obniżenie pH pomiędzy pierwszym a ostatnim tygodniem przechowywania. W napoju fermentowanym z błonnikiem pH w pierwszym i drugim tygodniu pozostało niezmienione. Wartości pH próby kontrolnej zawierającej mleko i szczep LGG oraz mlecznego napoju fermentowanego z dodatkiem β-glukanu po fer-

mentacji były zbliżone, mimo że wzrost bakterii podczas fermentacji umiarkowanie się różnił, zwłaszcza w ostatnim tygodniu przechowywania. Największą zmianę wartości pH (o 0,6) odnotowano w próbie napoju fermentowanego z dodatkiem β-glukanu.

Tabela 1. Zmiany wartości pH w badanych mlecznych napojach fermentowanych – próbie z dodatkiem błonnika, próbie z dodatkiem β-glukanu, oraz próbie kontrolnej bez dodatków, w zależności od czasu przechowywania w temp. 4 °C

Table 1. The changes of pH values in sample with the addition of fibre, in sample with the addition of β-glucan and in control sample without additives depending on the storage time at 4 °C

Czas przechowywania Storage time	Napój z β-glukanem Beverage with β-glucan addition	Napój z błonnikiem Beverage with fibre addition	Próba kontrolna Control sample	*p*
0 tydzień / week 0	$4{,}9\pm0{,}01^{aA}$	$4{,}2\pm0{,}01^{aB}$	$4{,}8\pm0{,}01^{aAB}$	0,0265
1 tydzień / week 1	$4{,}6\pm0{,}01^{abA}$	$4{,}2\pm0{,}02^{abB}$	$4{,}5\pm0{,}02^{abAB}$	0,0265
2 tydzień / week 2	$4{,}4\pm0{,}02^{abAB}$	$4{,}0\pm0{,}01^{abA}$	$4{,}5\pm0{,}01^{abB}$	0,0273
3 tydzień / week 3	$4{,}3\pm0{,}01^{bAB}$	$3{,}9\pm0{,}01^{bA}$	$4{,}4\pm0{,}01^{bB}$	0,0265
p	0,0151	0,0221	0,0200	

Objaśnienia / Explanatory notes:

a, b – wartości średnie w obrębie próby oznaczone różnymi literami różnią się między sobą statystycznie istotnie ($p < 0{,}05$); A, B – wartości średnie w obrębie danego okresu przechowywania oznaczone różnymi literami różnią się między sobą statystycznie istotnie ($p < 0{,}05$)

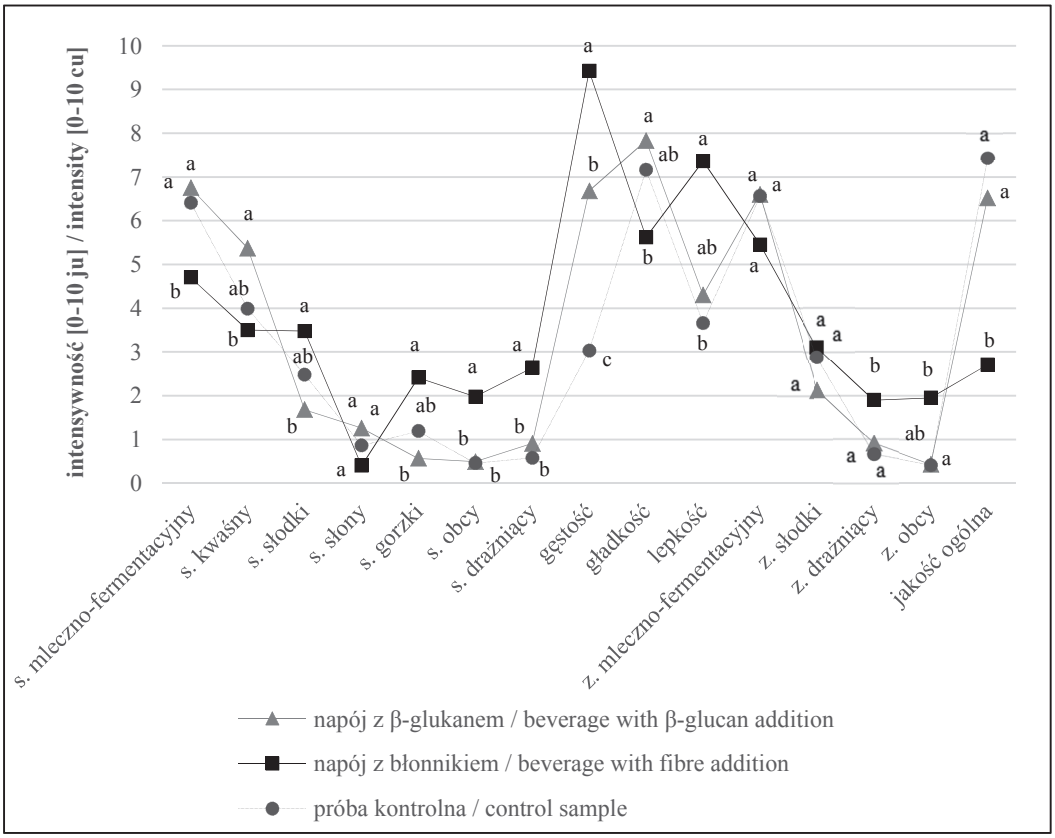
a, b – mean values within each sample, which are marked with various letters, are statistically significantly different ($p < 0.05$); A, B – mean values within each storage period, which are marked with various letters, are statistically significantly different ($p < 0.05$)

Zmieniająca się kwasowość jest swoistym wskaźnikiem wzrostu drobnoustrojów. Rozwój komórek szczepu LGG w próbach skutkował zwiększoną syntezą kwasu mlekowego, co spowodowało obniżenie wartości pH napojów podczas przechowywania. Kwas mlekowy powstaje w dużej mierze na drodze fermentacji mlekowej, a mikroorganizmy zdolne do wytwarzania kwasu mlekowego to przede wszystkim bakterie fermentacji mlekowej (LAB, ang. *Lactic Acid Bacteria*), do których zalicza się szczep wykorzystany w niniejszym badaniu – *Lactobacillus rhamnosus* GG. W badaniu Coman i wsp. [2] podczas fermentacji mleka pełnego z otrębami owsianymi lub mąką gryczaną, czyli potencjalnie prebiotycznym substratem roślinnym, stwierdzono znacznie szybsze niż w badaniu własnym obniżenie wartości pH podczas przechowywania w temperaturze 4 °C przez 28 dni. Dodatek składników o charakterze prebiotycznym spowodował selektywny wzrost populacji bakterii probiotycznych w mleku i wpływał w pozytywny sposób na stabilność drobnoustrojów w czasie 28-dniowego przechowywania. Autorzy potwierdzili dodatkowo, że mleczne produkty fermentowane z dodatkiem otrębów z owsa wywierały korzystny efekt na organizm gospodarza dzięki wyso-

kiej zawartości błonnika rozpuszczalnego pod postacią β-glukanu oraz błonnika nierozpuszczalnego w formie arabinoksylanów i celulozy.

Ocena sensoryczna zaprojektowanych napojów mlecznych po fermentacji

Średnie wyniki intensywności wybranych do oceny wyróżników charakteryzujących badane mleczne napoje fermentowane zamieszczono na rys. 2.



Objaśnienia / Explanatory notes: ju – jednostki umowne / cu – conventional units;
Tested attributes: fermented milk f. (flavour), sour f., sweet f., salty f., bitter f., untypical f., acrid f.; thickness, smoothness, viscosity; fermented milk o. (odour), sweet o., acrid o., untypical o.; overall quality
a, b, c – wartości średnie w obrębie badanego wyróżnika oznaczone rożnymi literami różnią się między sobą statystycznie istotnie ($p < 0,05$); a, b, c – mean values within each tested attribute, which are marked with various letters, are statistically significantly different ($p < 0.05$)
Rysunek 2. Ocena intensywności wyróżników sensorycznych przygotowanych trzech rodzajów napojów (metoda QDP)
Figure 2. Evaluation of intensity of sensory attributes of prepared three kinds of beverage samples (QDP method)

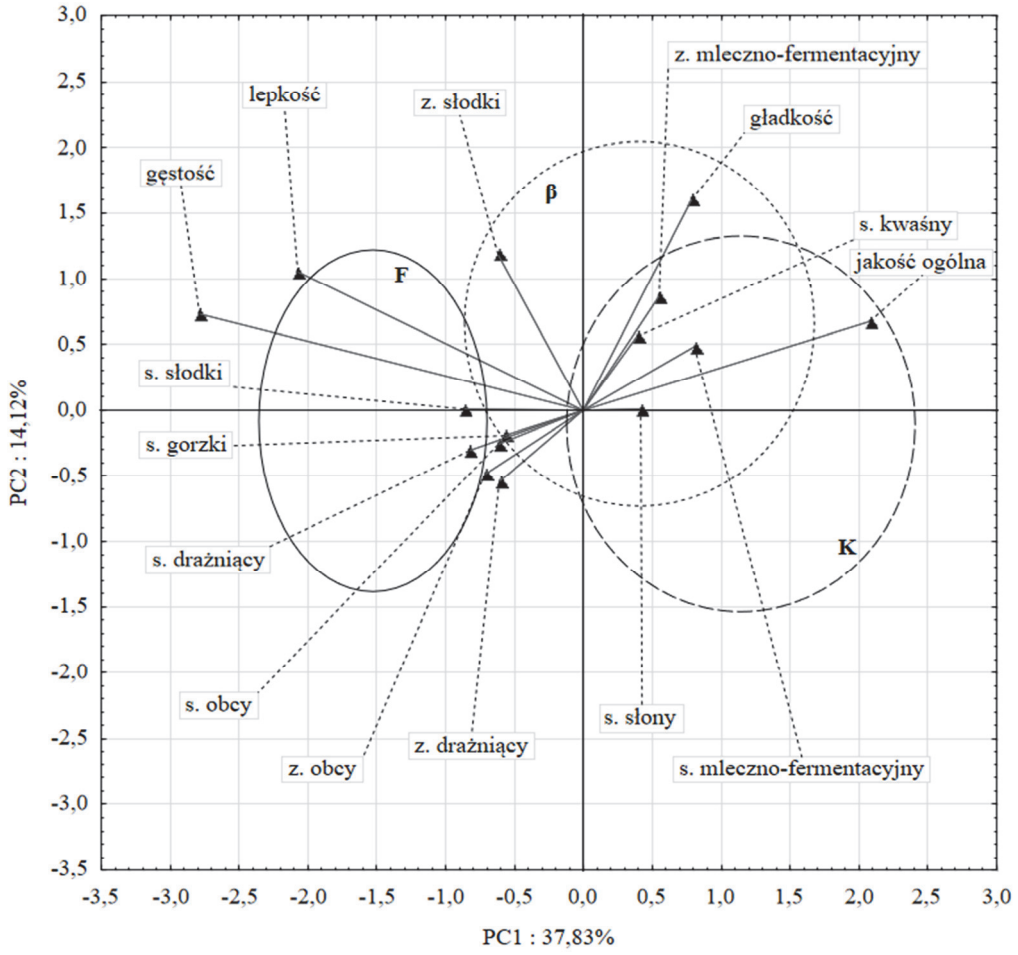
Próba napoju fermentowanego bez dodatków uzyskała najwyższą ocenę ogólnej jakości w porównaniu z pozostałymi ocenianymi próbami. Napój z dodatkiem β-glukanu charakteryzował się podobną jakością i oceniony był na poziomie 6,52 ju. Różnica ta nie była istotna statystycznie względem próbki kontrolnej ($p > 0,05$). Próba z dodatkiem błonnika charakteryzowała się najniższymi ocenami jakości ogólnej, w porównaniu z pozostałymi próbami i była to różnica istotna statystycznie ($p < 0,05$).

Napój z dodatkiem β-glukanu charakteryzował się najwyższą intensywnością smaku i zapachu mleczno-fermentacyjnego, który postrzegany jest jako korzystny i charakterystyczny dla mlecznych produktów fermentowanych. Próba ta była również odmienna od napoju przygotowanego z dodatkiem błonnika pod względem smaku kwaśnego i słodkiego. Ocena intensywności wybranych wyróżników konsystencji mlecznych napojów fermentowanych była zróżnicowana. Wszystkie badane produkty różniły się znacząco gęstością ($p < 0,05$). Najmniejszą intensywność odczucia gęstości (3,03 ju) stwierdzono w próbie napoju bez dodatków prebiotycznych, natomiast największą (9,42 ju) obserwowano w napoju z dodatkiem błonnika. Wynika to z fizycznej zdolności błonnika do wiązania wody w swojej matrycy. Próbę kontrolną oraz napój z dodatkiem β-glukanu cechowały porównywalne noty intensywności gładkości oraz lepkości. Produkt z dodatkiem błonnika oceniony został jako mniej gładki (5,62 ju), jednak bardziej lepki (7,36 ju).

Analiza PCA (rys. 3) wykazała że największy pozytywny wpływ na parametr jakości ogólnej w badanych produktach miały: smak i zapach mleczno-fermentacyjny, smak kwaśny oraz gładkość. Wyróżniki w największym stopniu wpływające na pogorszenie jakości ogólnej to: lepkość i gęstość oraz zapach obcy i zapach drażniący, a także smak gorzki i smak słodki. Punkty w układzie współrzędnych odpowiadające badanym próbom napojów fermentowanych korelowały ($r > 0,65$) z wyróżnikami znajdującymi się w obrębie elips ukazanych na wykresie. Przypadki dotyczące napoju z błonnikiem były w głównej mierze powiązane z wyróżnikami negatywnie wpływającymi na jakość ogólną próbki. Próbki napoju kontrolnego oraz przygotowanego z dodatkiem β-glukanu były bezpośrednio powiązane z wyróżnikami oddającymi pozytywne cechy jakościowe produktu. Rozkład na wykresie przypadków dotyczących tych próbek był bezpośrednio związany z umiejscowieniem wyróżników pozytywnie wpływających na jakość ogólną badanych napojów.

Z badań innych autorów wynika, że dodatek błonnika może zmieniać atrybuty sensoryczne i pogarszać właściwości mlecznych produktów fermentowanych, do których jest dodawany. W badaniu Tomic i wsp. [20] wzbogacano jogurty nierozpuszczalnym błonnikiem pochodzącym z pszenżyta, pszenicy lub owsa. Dodawanie do jogurtów pszenżyta powodowało zmianę ich barwy na żółtobrązową, wyraźną chropowatość i ziarnisty smak. Dodatkowo jogurty z 0,15 % dodatkiem błonnika z pszenżyta, pszenicy lub owsa zostały wyżej ocenione pod względem intensywności wyróżników

odpowiadających za jakość ogólną w porównaniu z produktami ze zwiększonym dwukrotnie (0,3 %) dodatkiem błonnika.



Objaśnienia jak pod Rys. 2. / Explanatory notes as in Fig. 2

Rysunek 3. Wykres konfiguracji punktów reprezentujących zmienne w układzie dwóch pierwszych głównych składowych. Elipsa nakreślona liną ciągłą oznaczoną literą F odnosi się do obszaru reprezentującego przypadki próby z dodatkiem błonnika; elipsa nakreślona linią przerywaną oznaczoną literą β odnosi do obszaru reprezentującego przypadki próby z dodatkiem β-glukanu; elipsa nakreślona linią przerywaną oznaczoną literą K odnosi do obszaru reprezentującego przypadki próby kontrolnej

Figure 3. The graph of configuration of points representing variables in the system of the first two principal components. The solid ellipse marked with the letter F refers to the area representing the sample with the addition of fibre; the dashed ellipse marked with the letter β refers to the area representing the sample with addition of β-glucan; the dashed ellipse marked with the letter K refers to the area representing the control sample

Z kolei Karaca i wsp. [14] zaobserwowali, że wraz ze wzrostem zawartości błonnika w jogurcie probiotycznym pogarszały się jego właściwości reologiczne, strukturalne i sensoryczne, co jest spójne z wynikami badań własnych. Ponadto Güler-Akın i wsp. [8] wykazali, że dodatek błonnika owsianego do probiotycznego napoju owocowego wpływał negatywnie na aromat i ogólną akceptację.

Wnioski

1. Zaprojektowane w badaniu mleczne napoje fermentowane stanowiły dobrą pożywkę dla wzrostu bakterii probiotycznych. Liczba żywych komórek bakterii we wszystkich zaprojektowanych napojach przekraczała 7 $\log_{10}$ jtk/ml w trakcie 21-dniowego przechowywania w temp. 4 ºC, była więc wyższa od minimalnej dawki rekomendowanej dla produktów probiotycznych. Przeżywalność komórek bakterii probiotycznych w produktach była powiązana z obniżeniem wartości pH w czasie przechowywania, przy czym największą żywotność bakterii szczepu probiotycznego *Lactobacillus rhamnosus* GG uzyskano w próbie z dodatkiem β-glukanu, natomiast najmniejszą – w próbie z dodatkiem błonnika.
2. Napój fermentowany z dodatkiem β-glukanu cechowała podobna do napoju kontrolnego ogólna jakość sensoryczna. Próba z dodatkiem błonnika charakteryzowała się istotnie ($p > 0,05$) niższą oceną jakości ogólnej, w porównaniu z pozostałymi próbami, na co wpływały niekorzystne zmiany gęstości i lepkości oraz zwiększona intensywność smaku gorzkiego, drażniącego i obcego.
3. W świetle przedstawionych wyników własnych i prac innych autorów stwierdza się, że β-glukan, będący rozpuszczalną frakcją błonnika, może zostać wykorzystany jako dodatek prebiotyczny do opracowania mlecznego napoju fermentowanego o dużej liczebności bakterii probiotycznych, zadowalającej jakości sensorycznej oraz ulepszonej funkcjonalności. Zaprojektowany napój mógłby stanowić formę żywności funkcjonalnej przeznaczonej dla konkretnej grupy konsumentów np. z otyłością, chorobami układu sercowo-naczyniowego czy zespołem jelita drażliwego, w przypadku której regularna konsumpcja mogłaby korzystnie wpływać na zdrowie.

Autorki dziękują mgr inż. Marcinowi Krukowi za pomoc w wykonaniu analizy składowych głównych (PCA, ang. Principal Component Analysis) oraz wskazówki dotyczące interpretacji wyników.

Literatura

[1] Chen M., Fan B., Liu S., Imam K.M.S.U., Xie Y., Wen B., Xin F.: The in vitro effect of fibers with different degrees of polymerization on human gut bacteria. Front. Microbiol., 2020, 11, #819.

[2] Coman M.M., Verdenelli M.C., Cecchini C., Silvi S., Vasile A., Bahrim G.E., Orpianesi C., Cresci A.: Effect of buckwheat flour and oat bran on growth and cell viability of the probiotic strains *Lactobacillus rhamnosus* IMC 501®, *Lactobacillus paracasei* IMC 502® and their combination SYNBIO®, in synbiotic fermented milk. Int. J. Food Microbiol., 2013, 167 (2), 261-268.

[3] De Souza Oliveira R.P., Perego P., de Oliveira M.N., Converti A.: Effect of inulin on the growth and metabolism of a probiotic strain of *Lactobacillus rhamnosus* in co-culture with *Streptococcus thermophilus*. LWT-Food Sci. Technol., 2012, 47 (2), 358-363.

[4] Food and Drug Administration, HHS: Food labeling: health claims; soluble dietary fiber from certain foods and coronary heart disease. Interim final rule. Federal register, 2002, 67 (191), 61773-61783.

[5] Gawęcki J.: Żywność i żywienie a zdrowie. In.: Żywienie człowieka a zdrowie publiczne. Eds. J. Gawęcki. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2011, s. 40-41, 53-55.

[6] Gibson G.R., Hutkins R., Sanders M.E., Prescott S.L., Reimer R.A., Salminen S.J., Scott K., Stanton, C., Swanson K.S., CaniP.D., Verbeke K., Reid G.: Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol., 2017,14, 491-502.

[7] Gudej S., Filip R., Harasym J., Wilczak J., Dziendzikowska K., Oczkowski M., Jałosińska M., Juszczak M., Lange E., Gromadzka-Ostrowska J.: Clinical outcomes after oat beta-glucans dietary treatment in gastritis patients. Nutrients, 2021, 13 (8), #2791.

[8] Güler-Akın M. , Ferliarslan I., Serdar Akın M.: Apricot Probiotic Drinking Yoghurt Supplied with Inulin and Oat Fiber. Adv. Microbiol, 2016, 6 (14), 999-1009.

[9] Gyawali R., Nwamaioha N., Fiagbor R., Zimmerman T., Newman R.H., Ibrahim S.A.: The Role of Prebiotics in Disease Prevention and Health Promotion. In.: Dietary Interventions in Gastrointestinal Diseases. Eds. R.R. Watson, V.R. Preedy. Academic Press, 2019, p. 151-167.

[10] Hang F., Jiang Y., Yan L., Hong Q., Lu W., Zhao J., Zhang H., Chen, W.: Preliminary study for the stimulation effect of plant-based meals on pure culture *Lactobacillus plantarum* growth and acidification in milk fermentation. J. Dairy Sci., 2020, 103 (5), 4078-4087.

[11] Hill C., Guarner F., Reid G., Gibson G.R., Merenstein D.J., Pot B., Morelli L., Canani R.B., Flint H. J., Salminen S., Calder P.C., Sanders, M.E.: Expert consensus document. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol., 2014, 11 (8), 506-514.

[12] Ho H.V., Sievenpiper J.L., Zurbau A., Blanco Mejia S., Jovanovski E., Au-Yeung F., Jenkins A.L., Vuksan V.: The effect of oat β-glucan on LDL-cholesterol, non-HDL-cholesterol and apoB for CVD risk reduction: a systematic review and meta-analysis of randomized-controlled trials. Br J Nutr., 2016, 6 (8), 1369-1382.

[13] ISO 13299:2016. Sensory Analysis. Methodology. General Guidance for Establishing a Sensory Profile.

[14] Karaca O.B., Güzeler N., Tangüler H., Yaşar K., Akın, M.B.: Effects of Apricot Fibre on the Physicochemical Characteristics, the Sensory Properties and Bacterial Viability of Nonfat Probiotic Yoghurts. Foods, 2019, 8 (1), #33.

[15] Korbekandi H., Mortazavian A.M., Iravani S.: Technology and stability of probiotic in fermented milks. In.: Probiotic and Prebiotic Foods: Technology, Stability and Benefits to the human health. Eds. N. Shah, A.G. Cruz, J.A.F. Faria. Nova Science Publishers, New York, 2011, chapter 7.

[16] Lazaridou A., Serafeimidou A., Biliaderis C.G., Moschakis T., Tzanetakis N.: Structure development and acidification kinetics in fermented milk containing oat β-glucan, a yogurt culture and a probiotic strain. Food Hydrocoll., 2014, 39, 204-214.

[17] Ning L., Sen M., Li L., Xiaoxi W.: Study on the effect of wheat bran dietary fiber on the rheological properties of dough. Grain Oil Sci. Technol., 2019, 2 (1), 1-5.

[18] Qu X., Nazarenko Y., Yang W., Nie Y., Zhang Y., Li B. Effect of oat β-glucan on the rheological characteristics and microstructure of set-type yogurt. Molecules, 2021, 26 (16), #4752.
[19] Scientific Opinion on the substantiation of a health claim related to oat beta glucan and lowering blood cholesterol and reduced risk of (coronary) heart disease pursuant to Article 14 of Regulation (EC) No 1924/2006. EFSA Journal, 2010, 8 (12), 1885.
[20] Tomic N., Dojnov B., Miocinovic J., Tomasevic I., Smigic N., Djekic I., Vujcic Z.: Enrichment of yoghurt with insoluble dietary fiber from triticale - a sensory perspective. LWT-Food. Sci. Technol., 2017, 80, 59-66.
[21] Tripathi M.K., Giri S.K.: Probiotic functional foods: Survival of probiotics during processing and storage. J. Funct. Foods, 2014, 9, 225-241.

EFFECT OF THE ADDITION OF FIBRE AND B-GLUCAN ON THE SURVIVABILITY OF PROBIOTIC BACTERIA IN FERMENTED MILK BEVERAGES

S u m m a r y

Background. Consumer interest in healthy food contributes to the development of functional products which, due to active ingredients they contain, are supposed to provide health benefits. Fermented milk beverages, classified as functional food, are among the products which consumers choose most frequently. They are appreciated mainly due to their taste, as well as beneficial nutritional and health-promoting properties. The aim of the study was to evaluate the survivability of the *Lactobacillus rhamnosus* GG probiotic strain in a model fermented beverage with the addition of (1) fibre or (2) β-glucan and (3) without additives and to assess the quality of these products during refrigerated storage.

Results and conclusion. It was demonstrated that fermented milk beverages provided a good medium for the growth of probiotic bacteria. The number of viable bacterial cells in all beverages during the entire storage period was higher than the minimum dose recommended for probiotic products. Moreover, the overall sensory quality of both the fermented milk beverage with the addition of β-glucan and the control sample was similar. The study conducted confirms that β-glucan can be used to develop a fermented milk beverage with a large number of probiotic bacteria (>7.5 log cfu/ml). In addition, the designed beverage meets the definition of functional food because one serving (200 ml) contains 3 g of β-glucan, which is believed to have beneficial properties reducing the risk of cardiovascular diseases and for which a health claim can be made.

Key words: fermented milk beverages, probiotic, prebiotic, synbiotic, fibre, β-glucan

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2022, 29, 1 (130), 101 – 110

DOI: 10.15193/zntj/2022/130/411

JOANNA HOROSZEWICZ, MARCIN KRUK, KATARZYNA KRÓL,
DANUTA JAWORSKA, EWELINA HALLMANN, MONIKA TRZĄSKOWSKA

THE USE OF HAZELNUT SEED SKINS FOR THE FORTIFICATION OF FOOD WITH POLYPHENOLS AND TO INCREASE FOOD SAFETY

S u m m a r y

Background. Nut skins are ones of the most common types of waste in the confectionery industry. They are rich in polyphenolic compounds, including phenolic acids, flavonoids and flavonols, which have a health-promoting effects. The study aimed to analyze the content of polyphenols and the antimicrobial properties of hazelnut seed skins and the possibility of using them to enrich the model snack with phenolic compounds.

Results and conclusion. The researched huzelnut skins contained a wide spectrum of polyphenolic compounds, in particular a high content of gallic acid, and also showed inhibitory properties on the growth of the selected strains of pathogenic bacteria. Their addition may contribute to increasing food safety. It was found that the addition of seed skins did not adversely affect the sensory quality of the products to which they have been added and the consumer acceptance. Hazelnut seed skins can be used to enrich food with polyphenols.

Keywords: hazelnuts, seed skins, bars, polyphenols, phenolic compounds, functional food, zero waste

Introduction

The confectionery and dried fruits and nuts processing industry generates a lot of post-production waste, and one of its most common types is nut seed skins. Currently, solutions are being sought for the management of this raw material. The nut skins are most often recycled or used for fodder. A new approach is their secondary use in food production, due to the high content of dietary fiber and phenolic compounds, which

Inż. J. Horoszewicz, mgr. inż. M. Kruk ORCID: 0000-0002-9133-0122, Katedra Technologii Gastronomicznej i Higieny Żywności, mgr inż. K. Król, prof. dr hab. inż. Ewelina Hallamnn, ORCID: 0000-0002-4855-7057, Katedra Żywności Funkcjonalnej i Ekologicznej, dr hab. inż. Danuta Jaworska, prof. SGGW, ORCID: 0000-0002-1242-5255, dr hab. inż. Monika Trząskowska, ORCID: 0000-0002-9419-463X,Katedra Technologii Gastronomicznej i Higieny Żywności, Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. ul. Nowoursynowska 159c, 02-776 Warszawa.
Kontakt: marcin_kruk@sggw.edu.pl

have a positive effect on the human body [6]. Nut skins are used as an additive used e.g. for wheat bread, ice cream, yogurt or meat products [2, 9]. In addition, the management of post-production waste is a part of sustainable development goals.

Research indicates a high content of antioxidant compounds in hazelnut oils, peel, seeds, leaves and seed husk [13]. Hazelnuts are a very good source of antioxidant compounds, including polyphenols, while the seed skins of these nuts are rich in phenolic acids and flavonoids, which, apart from vitamin E, constitute the main chemical component with high antioxidant potential [13]. Additionally, products derived from the processing of hazelnuts may exhibit antimicrobial properties [11].

The study aimed to analyze the content of polyphenols and antimicrobial properties of hazelnut seed skins and the possibility of using them to enrich the model snack with phenolic compounds.

Material and methods

The research material was hazelnut seeds skins (Ferrero; Poland) and snack bars. Seed skins were used to make three variants of bars with the addition of 1 %, 2 % and 3 % of skins having the weight corresponding, more or less, to the basic base of the snack. The control sample and the base for the preparation of the tested variants was a product without the addition of seed skins. It consisted of ground dates (8 0%) (Bakalland, Poland), blanched cut almonds (4 %) (Bakalland, Poland), coconut flakes (4 %) (Bakalland, Poland), basil seeds (4 %) (Przedsiębiorstwo Wielobranżowe "Rekord" Export-Import, Poland), raspberry juice concentrate (4 %) (Döhler, Poland), strawberry lyophilisate (2 %) (Lyofood, Poland), dried beetroot (2 %) (Przedsiębiorstwo Wielobranżowe "Rekord" Export-Import, Poland). The ingredients were weighed in line with the recipe and mixed until a homogeneous mass was obtained using a 300 W mixer - KitchenAid (Belgium). 25 g portions were formed, which constituted a single bar, the dimensions of which were: 80 mm x 30 mm x 15 mm. The snacks thus formed were analyzed after 7 days.

Analysis of the content of polyphenolic compounds by high-performance liquid chromatography (HPLC)

The content of polyphenols was analyzed by HPLC in line with the methodology of Król et al. [8]. Nut skins were minced with a Bosch grinder (Germany), 1 g was weighed and extracted with 5 ml of 80 % methanol by shaking in a Micro-Shaker 326 M (Poland). The samples were sonicated in an ultrasonic bath (10 min, 30 °C, 550 Hz). After 10 min, the samples were centrifuged (10 min, 6000 rpm, 0 °C). A 1 ml of the extract was put into vials and analyzed. For the analysis of phenolic compounds, HPLC systems were prepared. It comprised two LC-20AD pumps, CMB-20A system controller, SIL-20AC autosampler, UV-visible SPD-20AV detector, CTD-20AC furnace and

Phenomenex Fusion-RP 80A column (250 × 4.60 mm; column size 4 μm), from Shimadzu (Shimadzu, Tokyo, Japan). Two gradient phases were used: A-10 % (v:v) acetonitrile phase and HPLC grade demineralized water; phase B-55 % (v:v) acetonitrile and HPLC grade demineralized water. The phases were acidified with 85 % o-$_3PO_4$ (pH 3.0). The analysis time was 38 minutes. The phase flow program was as follows: 1.00-22.99 min 95 % Phase A and 5% Phase B, 23.00-27.99 min 50 % Phase A and 50 % Phase B, 28.00-28.99 min 80 % phase A and 20 % phase B, and 29.00-38.00 min 95 % phase A and 5 % phase B. Two wavelengths of 250 nm (flavonol) and 370 nm (phenolic acid) were used. Phenolic compounds were identified based on external standards (Sigma-Aldrich, Poznań, Poland) with a purity of at least 99.5 %. The analysis was performed in 4 replications.

Analysis of bacteriostatic properties of seed skins

The bacterial strains selected for the analysis are shown in Table 1. The bacteria were activated from a culture bank (-80 °C) in nutrient broth (Oxoid, UK) and incubated for 24 hours at 37 °C. The bacterial cultures were diluted in a geometric series to a concentration of 4 log CFU / ml. Cultures prepared in this manner were used for the analysis of bacteriostatic properties. The nut seed skins were ground and diluted in Miller-Hilton agar (Oxoid, UK) to concentrations of 1% (w/w), 2 % (w/w), and 3 % (w/w). Media without the addition of the nut skins were the control. 0.1 ml of the bacterial suspension was plated on a solidified agar medium and spread. The plates with growth medium were incubated at 37 °C for 24 h. The bacterial growth inhibitory effect was evaluated by the visual observation of the agar surface with hazelnut seed skins. The lack of visible colonies on the surface of the growth medium was considered to be an inhibitory effect on bacterial growth. The determinations were made in 3 replications.

Analysis of the antioxidant potential using the $ABTS^{\bullet+}$ method 2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt

The antioxidant activity was measured by the method of Re et al. [12] using the radicals $ABTS^{\bullet+}$ (2,2'-azobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate) (Sigma-Aldrich, Poznań, Poland). $ABTS^{\bullet+}$ was prepared 24 hours before the determination by mixing inactive ABTS radicals (7 mM/L) with $K_2S_2O_8$ salt (2.45 mM/L) (Sigma-Aldrich, Poznań, Poland) and stored at room temperature. After preparation, the solution was stored for 24 hours. Immediately before the determination, the $ABTS^{\bullet+}$ solution was diluted with PBS to obtain an absorbance of 0.7 ± 0.02. The bar samples were ground with a Bosch grinder (Germany). Then 10 g of each sample was weighed and put into 100 ml volumetric flasks, the mark was made up to the mark with 0.1 M phosphate buffer (PBS) (Chempur, Poland). Samples were extracted in a laboratory shaker (Thermo

Fisher Scientific; USA) (180 min, 200 rpm, 37 °C) After extraction, the samples were centrifuged using an Eppendorf Centrifuge 5804 R (Poland) (10 min, 10000 rpm, 0 °C). The supernatant was diluted. 50 µL of each of the test sample solutions and 150 µL of the $ABTS^{\bullet+}$ radical solution were poured into a well of a 96-well polystyrene plate with a volume of 1 well of 300 µL. The reaction was run for 6 minutes and then measured at 734 nm with a SpectraMax iD3 reader (Molecular Devices, USA). Results are expressed as µM Trolox equivalent per 10 g product (µM TEAC/10 g product). The analysis was performed in 5 replications.

Sensory analysis

A semi-consumer sensory evaluation was performed (n = 40) [1]. The consumers were students and employees of the Warsaw University of Life Sciences, who declared that they were snack consumers and not allergic to the recipe ingredients of the snack. The scaling method was used with the use of a 9-point hedonic scale [1]. The evaluation consisted in tasting the bars and assigning them to one of nine designations according to the sensory impressions they gave. The designations were as follows: 1 – extremely undesirable, 2 – very undesirable, 3 – undesirable, 4 – somewhat undesirable, 5 – neither desirable nor undesirable, 6 – somewhat desirable, 7 – desirable, 8 – very desirable, 9 – extremely desirable [1]. Four characteristics were assessed: smell, texture, taste and overall acceptance. To obtain data on the perception of tartness and bitterness, a ranking analysis was performed, covering the same group of people. In this method, the consumer had to rank the samples from the least bitter/tart to the most bitter/tart. The result was presented as the mean of the ranks.

Statistical analysis

The statistical analysis of the results was performed in the Statistica 13.3 program (StatSoft, Poland). Mean values and standard deviations were calculated and one-way ANOVA was used. The HSD Tukey test was used to compare the post hoc mean values. The difference was statistically significant when $p < 0.05$ for the results of all analyzes performed.

Results and discussion

Table 1 presents the results of the analysis of the bacteriostatic properties of seed skins. In the experiment, seed skins showed properties that inhibited the growth of selected microorganisms. The strains of *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes* showed the highest resistance to the effects of compounds contained in the skins. Nevertheless, despite the lack of bacteriostatic effect of seed skins on these strains at the lowest tested concentration (1 %), such an effect was seen at a higher concentration of skins. The addition of the skins effectively inhibited the growth of the remaining

pathogenic bacteria in all tested levels of additions. The research conducted by Lorenzo et al. (2018) confirms the obtained results. The peel of peanuts used in the research effectively inhibited the development of *Bacillus cereus* [10]. The literature provides information on the mechanism of phenolic compounds inhibiting the growth of bacteria. Such an effect may result from the modification of the permeability of cell membranes, changes in intracellular functions caused by the hydrogen bonding of phenolic compounds with enzymes or the loss of the integrity of the cell membrane [3], leading to the inhibition of bacterial growth or inactivation. Such mechanisms were probably present in the research discussed.

Table 1. Bactericidal properties of seed skins at specific concentrations; n = 3
Tabela 1. Właściwości bakteriobójcze okryw nasiennych w określonych stężeniach; n = 3

Bacteria strain under research Badany szczep	Hazelnut seed skins content Zawartość okryw nasiennych orzechów laskowych		
	1 %	2 %	3 %
Bacillus cereus ATCC 11778	-	-	-
Staphylococcus aureus ATCC 25923	+	-	-
Listeria monocytogenes ATCC 19111	+	-	-
Salmonella enterica ATCC 29631	-	-	-
Escherichia coli O157:H7	-	-	-

Explanatory notes / Objaśnienia: "-" indicates no bacterial growth, "+" indicates bacterial growth;"-„ oznacza brak wzrostu bakterii, "+„ uzyskany wzrost bakterii; n = 3.

In turn, Table 2 shows the content of phenolic compounds in seed skins obtained as a result of the HPLC method. The total content of polyphenols was 8.259 mg/g. Phenolic acids constituted about 92 % of the determined compounds, with gallic acid constituting the largest share. It exhibits anti-inflammatory, anti-cancer, antioxidant, and bacteriostatic properties [7]. Flavonoids constituted about 4.5 % of polyphenols. The studies conducted by Del Rio et al. [5] obtained different results. They indicated that the largest group of polyphenols (95 %) were flavan-3-ols, while phenolic acids accounted for less than 1 % of the compounds determined. These differences could result from the origin of the raw material, growing conditions or the roasting method used, which could lead to the autolysis of flavonoid compounds.

On the other hand, Table 3 presents the results of the antioxidant properties of the analyzed snacks with the use of hazelnut seed skins. These properties increased with the greater share of seed skins in the composition of the products. This result shows a clear effect of the amount of hazelnut seed skins added to the antioxidant activity of the analyzed samples. The differences between the samples were statistically significant ($p < 0.05$). The studies by Contini et al. [4] confirm the antioxidant properties of hazelnut seed skins. The antiradical effectiveness of the skins was three times higher

than in the case of butylated hydroxytoluene, α-tocopherol, and about 10 times than in the case of vitamin C.

Table 2. The content of phenolic compounds in seed skins obtained from the HPLC separation; n = 4
Tabela 2. Zawartość związków fenolowych w okrywach nasiennych uzyskanych z rozdziału HPLC; n = 4

Labeled phenolic compounds Oznaczone związki fenolowe	Average content in mg/g Średnia zawartość mg/g	Labeled phenolic compounds Oznaczone związki fenolowe	Average content in mg/g Średnia zawartość mg/g
Total polyphenols Polifenole ogółem	8.259	Catechin / Katechuna	0.105
Total phenolic acids Kwasy fenolowe ogółem	7.888	Epigallocatechin Epigallokatechina	0.021
Gallic acid Kwas gallusowy	7.586	Rutinoside-3-O-quercetin Rutinozyd-3-O-kwercytyna	0.018
Coffee acid Kwas kawowy	0.220	Glycoside-3-O-kaempferol Glikozyd-3-O-kemferol	0.018
Cumaricacid Kwas kumarynowy	0.060	Quercetin / Kwercytyna	0.011
Ferulic acid Kwas ferulowy	0.022	Apigenin / Apigenina	0.091
Total flavonoids Flawonoidy ogółem	0.371	Kaempferol / Kemferol	0.107

Table 3 Antioxidant activity of studied products with the addition of skin nuts
Tabela 3. Właściwości antyoksydacyjne badanych produktów z dodatkiem okryw z orzechów

The content of the skin coat in the snacks tested (w/w) Zawartość okrywy nasiennej w badanych przekąskach (w/w)			
0 %	1 %	2 %	3 %
Average [μM TEAC / 10g] / Średnia [μM TEAC / 10g]			
330.06 ± 4.42[a]	355.44±7.06[b]	367.72±5.85[c]	376.54±7.36[d]

Explanatory notes / Objaśnienia: The table shows mean values ± standard deviations/ W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe; a, b, c, d - mean values in the rows marked with different letters differ statistically at $p < 0.05$/ a, b, c, d- wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie przy $p<0,05$

The results of the sensory evaluation are shown in Figure 1. Among all the tested determinants, except for the odor, the control sample was the most acceptable. The sample with the addition of 2% of seed skins proved to be the most acceptable. However, the differences between the samples were not statistically significant ($p > 0.05$).

This demonstrates that increasing the share of hazelnut seed skins (to the level of 3%) in products does not affect the level of consumer acceptance for them. It is worth emphasizing that none of the products scored lower than 7 points on the 9-point scale used. This result indicates the high acceptance of the developed products. In the studies by Bertolino et al. [2] seed skins were added to yogurt, consumers indicated products with a 3% addition of skins as the most acceptable. No studies on the enrichment of sweet snacks with skins have been found in the available literature. Comparing the results of Bertolino et al. [2], it can be noticed that the products obtained high hedonic scores with the addition of seed skins.

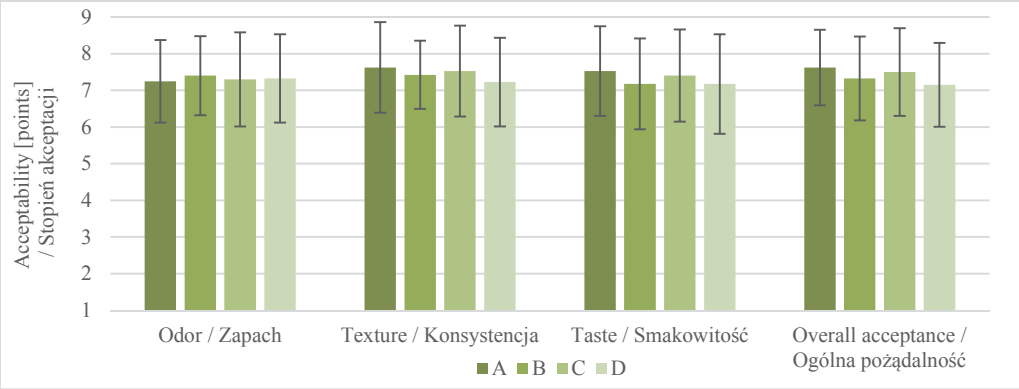


Figure 1 Assessment of the acceptability of the tested products
Rysunek 1. Ocena pożądalności badanych przekąsek
Explanatory notes/ Objaśnienia: A- control test, B- test with the addition of 1% of seed skins, C- test with the addition of 2% of seed skins, D- test with the addition of 3% of seed skins/ A- próbakontrolna, B- próba z dodatkiem 1% okryw nasiennych, C- próba z dodatkiem 2% okryw nasiennych, D- próba z dodatkiem 3% okryw nasiennych; n=40; there were no statistical differences among the samples/ różnice statystyczne pomiędzy próbkami nie występowały

The scheduling method was used to evaluate the effect of the addition of hazelnut seed skins on the perception of astringency and bitterness in the products. The higher average rating the product had, the higher tart and bitter taste note it received. What could be observed was an increase in the perception of a bitter/tart taste with the addition of a seed skins (Tab. 5). The difference was significant ($p < 0.05$) between the control sample and the one with 3 % of nut skins. Despite the fact that this statistical significance existed, the results of the method using the 9-point hedonic scale proved that increasing the share of seed skins in the products did not reduce their acceptance. This result proves the possibility of using seed skins as an addition to sweet snacks. Polyphenolic compounds play an important role in shaping the sensory quality of food products. They increase the intensity of the bitter and tart taste sensation [15]. The

notes of bitterness and tartness are generally negative determinants. For this reason, masking these characteristics can be a key task when developing new products with nuts skins. On the other hand, literature data indicates that not all consumers have an aversion to bitter and tart taste notes and in some products these features may be highly accepted [1, 14].

Table 5. Results of ranking the bar samples in terms of astringency and bitterness
Tabela 5. Wyniki szeregowania próbek batonów pod względem wrażenia cierpkości i goryczy

Assessed sample / Oceniana próba	A	B	C	D
Average rank / Średnia rang	1,95[a]	2,48[ab]	2,45[ab]	3,20[b]

Explanatory notes/ Objaśnienia:
Explanation of symbols as shown in figure 1./ Objaśnienia symboli jak pod rysunkiem 1. The table shows mean values ± standard deviations/ W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe; a, b - mean values in the rows marked with different letters differ statistically at $p < 0.05$/ a, b - wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie przy $p < 0,05$

Conclusions

1. Hazelnut seed skins can be used to enrich sweet snacks due to the high content of phenolic compounds, especially gallic acid, which have health-promoting properties.
2. The addition of up to 3 % of hazelnut seed skins did not change the sensory value of the product and did not lower the consumer acceptance of the product, despite the increase in the perception of bitter and tart notes.
3. Chemical compounds contained in hazelnut seed skins show a bacteriostatic effect on pathogenic microorganisms that most often cause food poisoning.
4. Hazelnut seed skins have high application potential in the production of fortified food, due to bacteriostatic properties, chemical composition and the possibility of limiting bio-waste in the zero-waste idea.

References

[1] Baryłko-Pikielna N., Matuszewska I.: Sensoryczne badania żywności. Podstawy. Metody. Zastosowania. Wyd. II. Wyd. Nauk. PTTŻ, Kraków 2014.
[2] Bertolino M., Belviso S., Dal Bello B., Ghirardello D., Giordano M., Rolle L. Gerbi V., Zeppa G.: Influence of the addition of different hazelnut skins on the physicochemical, antioxidant, polyphenol and sensory properties of yogurt. LWT-Food Sci. Technol., 2015, 63, 2, 1145-1154.
[3] Bouarab- Chibane L., Forquer V., Lanteri P., Clement Y., Leonard- Akkari L., Oulahal N., Degraeve P., Bordes C.: Antibacterial Properties of Polyphenols: Characterization and QSAR (Quantitative Structure–Activity Relationship) Models. Gront Microbiol. 2019, 10, #829.

[4] Cantini M., Baccelloni S., Frangipane M.T., Merendino N., Massantini R.: Increasing espresso coffee brew antioxidant capacity using phenolic extract recovered from hazelnut skin waste. J. Funct. Foods, 2012, 4, 137-146.
[5] Del Rio D., Calani L., Dall'Asta M., Brighenti F.: Polyphenolic composition of hazelnut skin. J. Agric. Food Chem. 2011, 59, 18, 9935–9941.
[6] Durmus Y., Ani M., Simsek S.: Effects of hazelnut skin, cross-linked starch, and oxidized starch on wheat flour and dough quality. J. Food Process. Preserv. 2020, 45, 2, e14919.
[7] Huang D., Chang W., Wu J. S., Shih R., Shen S.: Gallic acid ameliorates hyperglycemia and improves hepatic carbohydrate metabolism in rats fed a high-fructose diet. Nutr. Res. 2016, 36, 2, 150-160.
[8] Król K., Gantner M., Piotrowska A., Hallmann E.: Effect of Climate and Roasting on Polyphenols and Tocopherols in the Kernels and Skin of Six Hazelnut Cultivars (*Corylus avellana* L.). Agriculture, 2020, 10, 2.
[9] Longato E., Meineri G., Peiretti P.G.: Effects of hazelnut skin addition on the cooking, antioxidant and sensory properties of chicken burgers. J. Food Sci. Technol. 2019, 56, 3329–3336.
[10] Lorenzo J.M., Munekata P.E.S., Sant'Ana A.S., Baptista Carvalho R., Barba F. J., Toldra F., Mora L., Trindade M.A.: Main characteristics of peanut skin and its role for the preservation of meat products. Trends Food Sci. Technol. 2018, 77, 1-10.
[11] Nikołajewa N., Kacaniova M., Collado Gonzalez H., Grygoriewa O., Nozkova J.: Determination of microbiological contamination, antibacterial and antioxidant activities of natural plant hazelnut (*Corylus avellana* L.) pollen. J. Environ. Sci. Healt. 2019, 54(6):525-532.
[12] Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice- Evans C.: Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic. Biol. Med.1999, 26, 9-10.
[13] Spagnuolo L., Della Posta S., Fanali C., Dugo L., De Gara L.: Antioxidant and Antiglycation Effects of Polyphenol Compounds Extracted from Hazelnut Skin on Advanced Glycation End-Products (AGEs) Formation. Antioxidants, 2021, 10(3), #424.
[14] Szymandera-Buszka K., Waszkowiak K., Jędrusek-Golińska A., Hęś M.: Sensory analysis in assessing the possibility of 582 using ethanol extracts of spices to develop new meat products. Foods, 2020, 9(2), #209.
[15] Zhuang J., Dai X., Zhu M., Zhang S., Dai Q., Jiang X., Liu Y., Gao L., Xia T.: Evaluation of astringent taste of green tea through mass spectrometry-based targeted metabolic profiling of polyphenols. Food Chem. 2020, 305, #125507.

WYKORZYSTANIE OKRYW NASIENNYCH ORZECHÓW LASKOWYCH DO WZBOGACENIA ŻYWNOŚCI W POLIFENOLE I ZWIĘKSZENIA BEZPIECZEŃSTWA ŻYWNOŚCI

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

Wprowadzenie. Jednym z najpowszechniejszych odpadów w przemyśle cukierniczym są okrywy nasienne orzechów. Są bogate w związki polifenolowe w tym kwasy fenolowe, flawonoidy i flawonole, które wykazują działanie prozdrowotne. Celem badania była analiza zawartości polifenoli i właściwości przeciwdrobnoustrojowych okryw nasiennych orzechów laskowych oraz możliwości ich wykorzystania do wzbogacenia modelowej przekąski w związki fenolowe.

Wyniki i wnioski. Okrywy nasienne zawierały szerokie spektrum związków polifenolowych, w szczególności wysoką zawartość kwasu galusowego, a także wykazywały właściwości hamujące wzrost wybranych szczepów bakterii patogennych. Ich dodatek może przyczynić się do zwiększenia bezpieczeństwa żywności. Stwierdzono, że dodatek okryw nasiennych nie wpływał negatywnie na jakość sensoryczną produktów z ich dodatkiem oraz na akceptację konsumencką. Okrywy nasienne orzechów laskowych mogą być stosowane do wzbogacania żywności w polifenole.

Słowa kluczowe: orzechy laskowe, okrywy nasienne, batony, polifenole, związki fenolowe, żywność funkcjonalna, zero waste

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2022, 29, 1 (130), 111 – 113

GRAŻYNA MORKIS

PROBLEMATYKA ŻYWNOŚCIOWA W USTAWODAWSTWIE POLSKIM I UNIJNYM

Publikujemy kolejny przegląd aktów prawnych, które ukazały się w Dzienniku Ustaw RP oraz Dzienniku Urzędowym UE. Poniższe zestawienie zawiera akty prawne dotyczące szeroko omawianej problematyki żywnościowej wg stanu na dzień 31 marca 2022 r.

Polskie akty prawne

1. Ustawa z dn. 2 grudnia 2021 r. o wyrobach winiarskich. (Dz.U. 2022 r., poz. 24).
   Ustawa reguluje zasady:
   - wyrobu fermentowanych napojów winiarskich,
   - znakowania fermentowanych wyrobów winiarskich nazwami, pod którymi są wprowadzane do obrotu,
   - wykonywania działalności gospodarczej w zakresie wyrobu i rozlewu wyrobów winiarskich,
   - organizacji rynku wina.

   Przepisów ustawy nie stosuje się do wyrobów winiarskich, które zostały wyrobione domowym sposobem na użytek własny i które nie są przeznaczone do wprowadzenia do obrotu.
   Ustawa wchodzi w życie z dn. 7 marca 2022 r.
2. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dn. 13 stycznia 2022 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o organizacji rynku mleka i przetworów mlecznych. (Dz.U. 2022 r., poz. 381).
   Obwieszczenie zawiera jednolitego tekstu ustawy z dn. 30 kwietnia 2004 r. o organizacji rynku mleka i przetworów mlecznych. Przedmiotowa ustawa określa zadania i właściwości jednostek organizacyjnych oraz organów w zakresie organizacji

Dr G. Morkis. Kontakt: gmorkis@poczta.onet.pl

rynku mleka i przetworów mleczarskich określonej przepisami Unii Europejskiej, które są zawarte w załączniku do ustawy.

3. Rozporządzenie Prezesa Rady Ministrów z dn. 3 marca 2022 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie nadania funkcjonariuszom Inspekcji Weterynaryjnej, Inspekcji Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych oraz Państwowej Inspekcji Ochrony Roślin i Nasiennictwa uprawnień nakładania grzywien w drodze mandatu karnego. (Dz.U. 2022 r., poz. 516).
   Wprowadzono zmiany w rozporządzenie Prezesa Rady Ministrów z dn. 28 lipca 2001 r. w sprawie nadania funkcjonariuszom Inspekcji Weterynaryjnej, Inspekcji Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych oraz Państwowej Inspekcji Ochrony Roślin i Nasiennictwa uprawnień nakładania grzywien w drodze mandatu karnego. Wprowadzone zmiany dotyczą wysokości grzywien przewidzianych w ustawie z dn. 2 grudnia 2021 r. o wyrobach winiarskich.
   Rozporządzenie wchodzi w życie z dn. 7 marca 2022 r.
4. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dn. 28 stycznia 2022 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o rybołówstwie morskim. (Dz.U. 2022 r., poz. 540).
   Obwieszczenie zawiera jednolitego tekstu ustawy z dn. 19 grudnia 2014 r. o rybołówstwie morskim.
   Ustawa powyższa określa zasady wykonywania rybołówstwa morskiego oraz tryb postępowania, w tym zakres zadań i właściwości organów w sprawach:
   - nadawania i cofania uprawnień do wykonywania rybołówstwa morskiego,
   - racjonalnego wykonywania rybołówstwa morskiego, w tym ochrony żywych zasobów morza,
   - nadzoru nad wykonywania rybołówstwa morskiego oraz nad wyładunkiem i przeładunkiem organizmów morskich.
5. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dn. 8 marca 2022 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o mikroorganizmach i organizmach genetycznie zmodyfikowanych. (Dz.U. 2022 r., poz. 546).
   Obwieszczenie zawiera jednolitego tekstu ustawy z dn. 22 czerwca 2001 r. o mikroorganizmach i organizmach genetycznie zmodyfikowanych.
   Ustawa powyższa określa zasad:
   - zamkniętego użycia mikroorganizmów genetycznie zmodyfikowanych,
   - zamkniętego użycia organizmów genetycznie zmodyfikowanych,
   - zamierzonego uwalniania organizmów genetycznie zmodyfikowanych do środowiska,
   - wprowadzania do obrotu produktów genetycznie zmodyfikowanych,
   - prowadzenie upraw roślin genetycznie zmodyfikowanych.

Unijne akty prawne

1. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2022/196 z dn. 11 lutego 2022 r. zezwalające na rozszerzenie zastosowania i zmianę specyfikacji drożdży piekarskich poddanych promieniowaniu UV (*Saccharomyces cerevisiae*) jako nowej żywności zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/2283 oraz zmieniające rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2017/2470.(Tekst mający znaczenie dla EOG). (DZ.U. UE L 2022 r., 31, s.46).
   W unijnym wykazie nowej żywności, na którą wydano zezwolenie, we wpisie dotyczącym drożdży piekarskich poddanych promieniowaniu UV rozszerzono ich zastosowanie oraz zmieniono specyfikację. Nowy zakres i specyfikację zawiera załącznik do niniejszego rozporządzenia.
2. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2022/169 z dn. 8 lutego 2022 r. zezwalające na wprowadzenie na rynek mrożonej, suszonej i sproszkowanej postaci mącznika młynarka (larw *Tenebrio molitor*) jako nowej żywności zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/2283 oraz zmieniające rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2017/2470. (Tekst mający znaczenie dla EOG). (DZ.U. UE L 2022 r., 28, s.10).
   Mrożona, suszona i sproszkowana postać mącznika młynarka (larw *Tenebrio molitor*), jak określono w załączniku do niniejszego rozporządzenia, została włączona do unijnego wykazu nowej żywności, na którą wydano zezwolenie, ustanowionego rozporządzeniem wykonawczym (UE) 2017/2470.
   Przez okres pięciu lat od dnia wejścia w życie niniejszego rozporządzenia wyłącznie pierwotny wnioskodawca, tj. Fair Insects BV (Niderlandy) otrzymuje zezwolenie na wprowadzanie na rynek w Unii tej nowej żywności.

NOWE KSIĄŻKI

RECENZJA MONOGRAFII:

Agnieszka Górka-Chowaniec: **Zachowania konsumentów aktywizujące działania przedsiębiorstw świadczących usługi gastronomiczne w turbulentnym i niepewnym otoczeniu**, PWE, Warszawa 2022, ss. 1-304; ISBN 978-83-208-2480-3.

Nakładem Polskiego Wydawnictwa Ekonomicznego ukazała się monografia pt.: „Zachowania konsumentów aktywizujące działania przedsiębiorstw świadczących usługi gastronomiczne w turbulentnym i niepewnym otoczeniu", autorki Agnieszki Górki-Chowaniec, która stanowi niewątpliwie pierwsze ujęcie problematyki zachowań współczesnych konsumentów w kontekście budowania strategii działania przedsiębiorstw gastronomicznych z uwzględnienie aktualnych uwarunkowań rynkowych, które pojawiło się w ostatnich latach na rynku wydawniczym w Polsce.

Istotność i rangę omawianych w monografii zagadnień uzasadnia nie tylko argument coraz częstszego uwzględniania orientacji na klienta w prowadzonej przez współczesne przedsiębiorstwa aktywności biznesowej, lecz także niezaprzeczalny fakt, że zachowania konsumentów stanowią integralną część każdej gospodarki, stanowiąc o jej sile napędowej.

Rozwój i budowanie przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstw gastronomicznych związane są ze strategiami, które tworzy się i wdraża w celu sprawnego oraz skutecznego zarządzania aktywami w przestrzeni biznesowej. Z chwilą stwierdzenia pandemii zakaźnej choroby COVID-19, wywołanej przez koronawirusa SARS-CoV-2, przestrzeń ta zaczęła cechować się wysokim stopniem niestabilności i dużą dynamiką zmian.

Takie uwarunkowania powodują, że zarządzanie przedsiębiorstwem gastronomicznym wymaga uwzględnienia różnorodnych czynników o charakterze wewnętrznym i zewnętrznym, będących następstwem m.in. sytuacji gospodarczej kraju, dynamiki zmian w obszarze preferencji i zachowań rynkowych konsumentów, obserwowanej reorientacji w stylu i tempie ich życia czy docierających do Polski z dużą częstotliwością europejskich i światowych gastronomicznych trendów.

Uwzględniając powyższe, tylko przykładowe determinanty zmian jakie zostały szczegółowo opisane w książce, autorka rekomenduje wprowadzenie zmian w organi-

zacji, sposobie pracy i zarządzania, które pozwolą szybciej reagować na te zmiany w otoczeniu i wpływać na wzrost poziomu innowacyjności. Niewątpliwym odkryciem metodologicznym jest zaproponowany przez autorkę model strategicznego działania przedsiębiorstw gastronomicznych w okresie pandemii i warunkach postpandemicznych, które Autorka określa mianem „świata straktyki".

Podkreślić również należy, iż praktyczne zastosowanie wielu zaproponowanych i zaprojektowanych w monografii rozwiązań może przyczynić się do osiągania lepszych wyników ekonomicznych i pozaekonomicznych z realizowanego biznesu.

Nie bez znaczenia dla wartości tej monografii jest opracowanie przez autorkę dwóch narzędzi badawczych: „Zwyczajów żywieniowych Polaków" i „Uwarunkowań korzystania przez konsumentów z usług gastronomicznych", które mogą przydać się przyszłym naukowcom podejmującym realizację podobnych badań oraz menedżerom opracowującym strategię rozwoju dla swojej gastronomicznej firmy, która będzie musiała przetrwać wiele zmian i turbulentnych sytuacji we współczesnej rzeczywistości.

Monografia stanowi interesujące opracowanie dotyczące problematyki łączącej aspekty zachowania konsumentów i konieczność dostosowywania się do zmian w zarządzaniu przedsiębiorstwem w okresie pandemicznym i postpandemicznym. Monografia ta, stanowi ważną publikację naukową w dziedzinie nauk społecznych, zwłaszcza w zakresie dyscypliny nauk o zarządzaniu i jakości. Ponadto zakres tematyczny niniejszej publikacji jest szczególnie bardzo istotny dla przedsiębiorców w szczególności reprezentujących branżę gastronomiczną, którzy chcąc być konkurencyjnymi na rynku, tym bardziej powinni być zainteresowani tak ważną problematyką.

Zawartość merytoryczna monografii oraz stopień zaawansowania w niej wiedzy mogą być przydatne dla tych wszystkich osób, które interesują się usługami gastronomicznymi i zachowaniami konsumentów w tym segmencie rynku.

Licząca 304 strony pozycja wydawnicza, ze względu na swój zakres tematyczny, może stanowić inspirujący materiał dla szerokiego grona odbiorców - właścicieli i menedżerów, którzy uznają przydatność zagadnień obejmujących proces zarządzania w warunkach niepewności i chaosu, badaczy poruszanej problematyki, wykładowców i studentów zajmujących się tą sferą działalności, a także dla wszystkich zainteresowanych tą problematyką.

Podsumowując merytoryczną zawartość monografii, należy stwierdzić, że posiada ona niekwestionowane walory naukowe i praktyczne, które mogą przyczynić się do nowego postpandemicznego odrodzenia sektora gastronomicznego, co również ma znaczenie dla całego systemu gospodarczego państwa i społeczeństwa, u którego kultura konsumpcji posiłków w restauracji często przewyższa model konsumpcji w domu z uwagi na panującą modę przebywania w przestrzeni społecznej.

Tadeusz Sikora

Żywienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu. t. 1, wydanie 4
Jan Gawęcki (red. naukowa)
Wydawnictwo Naukowe PWN SA
Termin wydania: sierpnia 2022 r.

Żywienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu to pierwszy tom wielokrotnie wznawianego podręcznika akademickiego poświęconego problematyce żywienia człowieka. Zgodnie z tytułem prezentuje kompleksowo ujęte podstawowe wiadomości z zakresu nauki o żywieniu człowieka. Jest to jedyny na polskim rynku podręcznik akademicki prezentujący aktualną wiedzę z zakresu nauki o żywieniu człowieka, wykorzystywany przez studentów wielu kierunków studiów związanych z żywnością, żywieniem i zdrowiem. Jej autorami jest szerokie grono najwybitniejszych krajowych nauczycieli akademickich i specjalistów reprezentujących różne dyscypliny nauki związane z odżywianiem się człowieka.
Książka *Żywienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu* przeznaczona jest dla studentów uczelni przyrodniczych, medycznych, uniwersytetów i innych, a także żywieniowców, dietetyków, lekarzy i organizatorów turystyki.

Żywienie człowieka zdrowego i chorego. t. 2, wydanie 3
Marian Grzymisławski, Małgorzata Moszak (red. naukowa)
Wydawnictwo Naukowe PWN SA
Termin wydania: sierpnia 2022 r.

Żywienie człowieka zdrowego i chorego. to drugi tom wielokrotnie wznawianego podręcznika akademickiego poświęconego problematyce żywienia człowieka. Zgodnie z tytułem drugi tom prezentuje wiedzę z zakresu współczesnej nauki o żywieniu, dietetyki i zdrowia publicznego. Autorzy omówili: zasady i praktyczne wskazówki prawidłowego żywienia w różnych okresach życia; rolę żywienia w profilaktyce i leczeniu najczęściej występujących chorób, jak niedożywienie i otyłość, jadłowstręt i bulimia, choroby metaboliczne, choroby układu krążenia i pokarmowego, onkologiczne, alergie pokarmowe, intensywna terapia żywieniowa; żywienie pozajelitowe i dojelitowe; praktyczne wskazówki do żywienia człowieka chorego. Opracowanie ma być pomocne w racjonalnym żywieniu, uwzględniając różne uwarunkowania związane z wiekiem, stanem fizjologicznym, trybem i warunkami życia; w rozumieniu roli żywienia w patogenezie, profilaktyce i leczeniu najczęściej występujących chorób oraz prawidłowym stosowaniu żywienia pozajelitowego i dojelitowego, oraz w poznaniu organizacyjnych i technologicznych aspektów optymalizacji praktycznego żywienia osób zdrowych i chorych.

Książka *Żywienie człowieka zdrowego i chorego* jest przeznaczona dla studentów uniwersytetów przyrodniczych, medycznych, i innych uczelni wyższych realizujących przedmioty z zakresu żywienia, a także dla osób praktycznie zajmujących się tym zagadnieniem - lekarzy, dietetyków, żywieniowców, technologów żywności oraz personelu szpitali, sanatoriów i domów opieki.

ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2022, 29, 1 (130), 118 – 122

TECHNOLOG ŻYWNOŚCI

INFORMATOR POLSKIEGO TOWARZYSTWA TECHNOLOGÓW ŻYWNOŚCI

Rok 32 Nr 1 marzec 2022

WALNE ZEBRANIE DELEGATÓW POLSKIEGO TOWARZYSTWA TECHNOLOGÓW ŻYWNOŚCI, WARSZAWA 9 GRUDNIA 2021 R.

Zebranie otworzyła prof. dr hab. Agnieszka Kita, prezes PTTŻ XI Kadencji, która na wstępie powitała wszystkich przybyłych Delegatów oraz zaproszonych gości. Następnie, powołując się na zapisy statutu Towarzystwa, przypomniała role Walnego Zgromadzenia Delegatów oraz zasady wyborów. W dalszej kolejności Prezes PTTŻ przedstawiła propozycję porządku zebrania, która została jednogłośnie zaakceptowana. Następnie wybrano Przewodniczących oraz Sekretarzy Walnego Zebrania Delegatów PTTŻ, oraz członków Komisji Skrutacyjnej i Wnioskowej. Na wstępie Komisja Skrutacyjna sprawdziła quorum, a tym samym ważność Walnego Zebrania Delegatów oraz możliwość podejmowania prawomocnych uchwał.

W kolejnym punkcie zebrania przyjęto bez uwag protokół z Walnego Zebrania Delegatów X Kadencji działalności Towarzystwa, który został wcześniej przesłany Delegatom drogą elektroniczną. Następnie Prezes PTTŻ prof. Agnieszka Kita przedstawiła w formie prezentacji najbardziej istotne zagadnienia z działalności merytorycznej i finansowej Towarzystwa w latach 2019-2021. Szczegółowe sprawozdania z działalności Towarzystwa XI Kadencji zostały wcześniej przesłane Delegatom drogą elektroniczną.

W kolejnym punkcie przewodniczący Komisji Rewizyjnej PTTŻ przedstawił sprawozdanie z działalności Zarządu Głównego i stwierdził, że działalność ta, a szczególnie gospodarka finansowa, prowadzone były prawidłowo i zgodnie ze statutem. W związku z tym przedstawił wniosek o udzielenie absolutorium ustępującemu Zarządowi Głównemu XI kadencji. Następnie przewodniczący zebrania otworzył dyskusję nad sprawozdaniami Zarządu Głównego oraz Komisji Rewizyjnej. Wobec braku głosów, poprosił Komisję Skrutacyjną o potwierdzenie quorum i tym samym możliwości podejmowania prawomocnych uchwał. Po potwierdzeniu obecności odpowiedniej liczby Delegatów przeprowadzono głosowanie, w wyniku którego udzielono absolutorium ustępującemu Zarządowi. Ustępująca Prezes, prof. Agnieszka Kita, podziękowała Delegatom za wyniki głosowania i zaakceptowanie działalności Zarządu.

Następnie po przerwie wznowiono obrady i przeprowadzono wybory Członków Zarządu Głównego XII kadencji. Zarząd Główny Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności XII kadencji ukonstytuował się w następującym składzie: prezes: prof. dr hab. Joanna Stadnik (UP Lublin); v-ce Prezesi: prof. dr hab. Agnieszka Kita (UP Wrocław), prof. UP dr hab. Dorota Piasecka-Kwiatkowska (UP Poznań), sekretarz: prof. UP dr hab. inż. Dariusz Stasiak (UP Lublin), z-ca Sekretarza: prof. SGGW dr hab. Agata Marzec (SGGW w Warszawie), skarbnik:

prof. UP dr hab. Magdalena Montowska (UP Poznań), z-ca Skarbnika: dr hab. inż. Anna Kancelista (UP Wrocław), członkowie: prof. URK dr hab. inż. Emilia Bernaś (URK Kraków), prof. PG dr hab. inż. Edyta Malinowska-Pańczyk, (Politechnika Gdańska), prof. ZUT dr hab. inż. Anna Mituniewicz-Małek (ZUT Szczecin), prof. dr hab. Iwona Konopka (UWM Olsztyn), prof. UP dr hab. inż. Małgorzata Gumienna, dr hab. inż. Krzysztof Kołodziejczyk (Politechnika Łódzka), dr Maciej Kluz (UR Rzeszów), prof. dr hab. Lesław Juszczak (URK Kraków).

WAŻNIEJSZE KRAJOWE I ZAGRANICZNE KONFERENCJE NAUKOWE W ROKU **2022**

Kwiecień

6 - 8 PIEŠŤANY, Slovakia = XIX Scientific Conference with International Participation "Food safety and control"
Organizatorzy: Faculty of Biotechnology and Food Sciences of the Slovak University of Agriculture in Nitra; National Contact Point for Scientific and Technical Cooperation with EFSA – Ministry of Agriculture and Rural Development, Bratislava; Slovak Society for Agriculture, Forestry, Food and Veterinary Sciences at SAS, Food Chamber of Slovakia, Slovak Academy of Agricultural Sciences
Informacje: www.bezpecnostpotravin.sk, www.potravinarstvo.sk
Kontakt: prof. ing. Jozef Golian; e-mail: Jozef.Golian@uniag.sk
tel. +421037 6414 325

25 - 27 KIRY k. ZAKOPANEGO = VI Sympozjum Naukowe z cyklu "Bezpieczeństwo żywnościowe i żywności"
Organizatorzy: Zakład Higieny i Zarządzania Jakością Żywności Instytutu Nauk o Żywieniu Człowieka SGGW w Warszawie, Zarząd Główny PTTŻ oraz Sekcja Bezpieczeństwa Żywności KNoŻiŻ PAN
Kontakt: dr inż. Katarzyna Neffe-Skocińska; tel. (22) 593-70-67
e-mail: sympozjum_bezpieczenstwo@sggw.edu.pl

28 - 29 KIRY k. ZAKOPANEGO = Krokusowe XII Sympozjum Naukowe nt. "Probiotyki i prebiotyki w żywności"
Organizatorzy: Zakład Higieny i Zarządzania Jakością Żywności Instytutu Nauk o Żywieniu Człowieka SGGW w Warszawie, Zarząd Główny PTTŻ, KNoŻiŻ PAN
Kontakt: dr inż. Barbara Sionek; tel. (22) 593-70-67
e-mail: sympozjum_probiotyki@sggw.edu.pl

Maj

18 - 20 ŠTRBSKÉ PLESO, Slovakia = Hygiena Alimentorum XLII International Scientific Conference "Health safety and quality of poultry, fishery and game products – Current problems and trends"
Organizatorzy: Department of Food Hygiene, Technology and Safety of the University of Veterinary Medicine and Pharmacy in Košice; Ministry of Agriculture and Rural Development of the Slovak Republic; State Veterinary and Food Administration of the Slovak Republic; EFSA National Focal Point on Technical and Scientific Matters; Slovak Poultry and Eggs Association; Slovak Society for Agriculture, Forestry, Food and Veterinary Sciences at SAS in Bratislava
Informacje: http://hygiena-alimentorum.uvlf.sk/
Kontakt: hygiena.alimentorum@uvlf.sk
prof. Jozef Nagy tel. +421 915-984-010, e-mail: jozef.nagy@uvlf.sk

19 - 20 POZNAŃ = XXVI Sesja Naukowa Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ pt. „Żywność dzisiaj – lokalna czy globalna? Tradycyjna czy innowacyjna?"
Organizatorzy: Oddział Wielkopolski PTTŻ, Sekcja Młodej Kadry Naukowej
Informacje: https://smkn2022.pl/
Kontakt: dr inż. Monika Przeor
e-mail: smkn2022@up.poznan.pl
Tel. (061) 846-63-30, (061) 848-73-50

Czerwiec

9 - 10 KRAKÓW = XI Krajowa i III Międzynarodowa Konferencja Naukowa pt. „Jakość przyszłości, przyszłość jakości"
Organizator: Katedra Zarządzania Jakością Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie
Kontakt: dr hab. Joanna Dziadkowiec, prof. UEK
e-mail: qffq@uek.krakow.pl, balonu@uek.krakow.pl
Tel. (012) 293-55-83, (012) 293-55-89

9 - 10 POZNAŃ = III Wielkopolska Konferencja Nauka Gospodarce pt. „Partnerstwo nauki i przemysłu źródłem rozwoju"
Organizatorzy: Oddział Wielkopolski PTTŻ, Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu

Informacje: http://pttzow.up.poznan.pl/konferencja
Kontakt: NaukaGospodarce@up.poznan.pl; tel. (61) 848-72-97

Lipiec

4 - 8 **KRAKÓW = Konferencja Europejskiego Stowarzyszenia Badaczy Ziemniaka 21st EAPR Triennial Conference**
Organizatorzy: European Association for Potato Research, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin
Informacje: https://www.eapr2020.pl
Kontakt: Magdalena Owczarek, tel. (12) 651-90-54
e-mail: eapr2020@targi.krakow.pl

Wrzesień

27 - 30 **WROCŁAW = 1st European Conference on Applied Animal Sciences (ECAAS)**
Informacje: https://www.ecaas-congress.com
Kontakt: Marcjanna Wrzecińska, tel. 518-805-704
e-mail: marcjanna.wrzecinska@zut.edu.pl ; congress.ecaas@gmail.com

Październik

5 - 6 Zurich, Switzerland = 26th International Conference on Food Technology and Processing
Organizator: Conference Series LLC Ltd
Informacje: https://foodtechnology.insightconferences.com
Kontakt: foodtechnology@brainstormingmeetings.com; tel. +44 2033180199

26 - 27 **KRAKÓW = XIV Międzynarodowa Konferencja Naukowa pt. „Wiedza – Gospodarka – Społeczeństwo" (online)**
Organizatorzy: Kolegium Nauk o Zarządzaniu i Jakości Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Fundacja Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie
Informacje: https://cmq.uek.krakow.pl
Kontakt: cmq@uek.krakow.pl ; tel. (12) 293-55-99

Listopad

17 - 18 **CZĘSTOCHOWA = IX Ogólnopolska Konferencja Naukowa z cyklu Żywność – Żywienie – Dietetyka nt. „Żywienie dzieci w/po pandemii"**
Organizatorzy: Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy im. Jana Długosza w Częstochowie, Polskie Towarzystwo Technologów Żywności, Komitet Nauk o Żywności i Żywieniu PAN
Informacje: http://www.dietkonf.ujd.edu.pl
Kontakt: dr n. farm. Wojciech Woszczyk
e-mail: dietkonf@ujd.edu.pl

CZŁONKOWIE WSPIERAJĄCY POLSKIEGO TOWARZYSTWA TECHNOLOGÓW ŻYWNOŚCI

Przy Zarządzie Głównym: **TCHIBO – WARSZAWA Sp. z o.o. Marki, HORTIMEX Sp. z o.o. Konin**, **BUNGE POLSKA Sp. z o.o. Karczew**.
Przy Oddziale Małopolskim: **ZAKŁADY PRZEMYSŁU TŁUSZCZOWEGO BIELMAR Sp. z o.o. Bielsko-Biała.**

KOMUNIKATY

Informacje dla Autorów oraz wymagania redakcyjne publikujemy na stronie internetowej **http://www.wydawnictwo.pttz.org**

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

Adresy Zarządu Głównego, Oddziałów i Sekcji Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności

http://pttz.org/pl/

PREZES /ODDZIAŁ	ADRES
Prof. dr hab. inż. Joanna Stadnik Prezes PTTŻ	UP, ul. Skromna 8, 20-704 LUBLIN; Tel.: (81) 462-33-41; e-mail: joanna.stadnik@up.lublin.pl
Dr hab. inż., prof. UP Dariusz Stasiak Sekretarz PTTŻ	UP, ul. Skromna 8, 20-704 LUBLIN; Tel.: (81) 462-33-43; e-mail: dariusz.stasiak@up.lublin.pl
Dr hab. inż., prof. PG Edyta Malinowska-Pańczyk Oddział Gdański https://chem.pg.edu.pl/pttzog	PG, ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk; Tel.: (58) 347-26-56; e-mail: pttzog.wch@pg.edu.pl; edymalin@pg.edu.pl
Dr hab. inż., prof. UP Dariusz Stasiak Oddział Lubelski https://up.lublin.pl/foodscience/towarzystwa-naukowe/	UP, ul. Skromna 8, 20-704 LUBLIN; Tel.: (81) 462-33-43; e-mail: pttz@up.lublin.pl; dariusz.stasiak@up.lublin.pl
Dr hab. inż. Krzysztof Kołodziejczyk Oddział Łódzki http://www.pttz.p.lodz.pl	PŁ, ul. Stefanowskiego 4/10, 90-924 ŁÓDŹ; Tel.: (42) 631-27-77; e-mail: pttz@info.p.lodz.pl; krzysztof.kolodziejczyk@p.lodz.pl
Dr hab. inż., prof. URK Emilia Bernaś Oddział Małopolski http://www.pttzm.org/	UR, ul. Balicka 122, 30-149 KRAKÓW; Tel.: (12) 662-47-56; e-mail: emilia.bernas@urk.edu.pl
Prof. dr hab. inż. Iwona Konopka Oddział Olsztyński http://www.uwm.edu.pl/kpichsr/?page=216	UWM, Pl. Cieszyński 1, 10-726 OLSZTYN; Tel.: (89) 523-34-66; e-mail: iwona.konopka@uwm.edu.pl
Dr Maciej Kluz Oddział Podkarpacki	UR w Rzeszowie, ul. M. Ćwiklińskiej 2, 35-601 RZESZÓW; Tel.: (17) 785-53-60; e-miał: pttz.podkarpacie@gmail.com; mkluz@ur.edu.pl
Dr hab. inż., prof. ZUT Anna Mituniewicz-Małek Oddział Szczeciński www.pttz.zut.edu.pl/	ZUT, ul. Kazimierza Królewicza 4, 71-550 SZCZECIN; Tel.: (91) 449-65-10; e-mail: anna.mituniewicz-malek@zut.edu.pl
Dr hab. inż., prof. SGGW Agata Marzec Oddział Warszawski http://owpttz.sggw.pl	SGGW, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 WARSZAWA; Tel.: (22) 593-75-65; e-mail: agata_marzec@sggw.pl
Dr hab. inż. prof. UPP Małgorzata Gumienna Oddział Wielkopolski http://pttzow.up.poznan.pl	UP, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 POZNAŃ; Tel.: (61) 848-72-67; e-mail: gumienna@up.poznan.pl
Dr hab. inż. Anna Kancelista Oddział Wrocławski http://wnoz.up.wroc.pl/pttzow/index.php	UPWr, ul. Chełmońskiego 37/41, 51-630 WROCŁAW; Tel.: (71) 320-77-35; e-mail: pttz_ow@wnoz.up.wroc.pl; anna.kancelista@upwr.edu.pl
SEKCJE	
Dr Karol Krajewski Ekonomiczna	WSIiZ, ul. Rakowiecka 32, 02-532 WARSZAWA Tel. +48 22 646-20-60; e-mail: krajewski@wsiiz.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
Prof. dr hab. inż. Magdalena Rudzińska Chemii i Technologii Tłuszczów	UP, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 POZNAŃ; Tel.: (61) 848-72-76; e-mail: magdar@up.poznan.p
Prof. dr hab. inż. Antoni Golachowski Technologii Węglowodanów	UPWr, ul. Chełmońskiego 37/41, 51-630 WROCŁAW; Tel.: (71) 320-77-68; e-mail: antoni.golachowski@upwr.edu.pl
Dr hab. inż. Dorota Walkowiak-Tomczak Technologii Owoców i Warzyw	UP, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 POZNAŃ; Tel.: (61) 846-60-43; e-mail: dorota.walkowiak@up.poznan.pl
Dr inż. Monika Przeor Młodej Kadry Naukowej	UP, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 POZNAŃ; Tel.: (61) 848-73-30; e-mail: monika.przeor@up.poznan.p