

ŻYWNOSĆ

Nauka
Technologia
Jakość

FOOD

Science
Technology
Quality



Kwartalnik
Nr 2
Kraków 2023

Nr 2 (135); Rok 30
ISSN 2451-0769
e-ISSN 2451-0777



ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość

Organ naukowy PTTŻ – kwartalnik

Nr 2 (135)

Kraków 2023

Rok 30

SPIS TREŚCI

Od Redakcji	3
MAŁGORZATA MISZTAŁ-SZKUDLIŃSKA, JUSTYNA OŚKO, JOANNA BRZEZIŃSKA-ROJEK, SVITLANA SAGATOVYCH, MAŁGORZATA GREMBECKA: Suplementy diety i żywność wzbogacana jako środki umożliwiające uzupełnienie diety w żelazo	5
MAGDALENA MIKUS, SABINA GALUS: Biopolimerowe materiały aktywne do żywności.....	18
IGA PIASECKA, EWA OSTROWSKA-LIGEŻA, STANISŁAW KALISZ, AGATA GÓRSKA: Charakterystyka właściwości termicznych nasion z czarnej i czerwonej porzeczki.....	33
NATALIA POLAK, STANISŁAW KALISZ, ADAM WAWRZYŃCZAK, BARTOSZ KRUSZEWSKI: Wpływ czasu przechowywania na wybrane wyróżniki jakościowe soków mieszanych z aronii czarnoowocowej i jagody kamczackiej.....	45
ANNA MIKULEC, MAREK ZBOROWSKI, URSZULA CISOŃ-APANASEWICZ, ALEKSANDRA STAWIARSKA, AGNIESZKA RUDZKA, STANISŁAW KOWALSKI: Stan wiedzy na temat bezpieczeństwa i marnowania żywności wśród młodych konsumentów	57
MAŁGORZATA KOSTECKA, JULIANNA KOSTECKA, GABRIELA GUTOWSKA, KAROLINA JACHIMOWICZ-ROGOWSKA, KATARZYNA KOLASA, MONIKA BOJANOWSKA: Czy pandemia covid-19 wpłynęła na sposób żywienia dzieci w wieku przedszkolnym chorujących na alergie pokarmowe?	82
SZCZEPAN MIKOŁAJCZYK, MAŁGORZATA WARENIK-BANY, MAREK PAJUREK: Dioksyny, furany i pcb w importowanych rybach morskich – narażenie konsumentów.....	96
NIKOLA MACIEJEWSKA, ANNA SZOSLAND-FALTYN, BEATA BARTODZIEJSKA: Przeżywalność środowiskowych bifidobacterium spp. oraz bakterii fermentacji mlekowej w serach twarogowych wyprodukowanych z użyciem kultury środowiskowej.....	109
LESŁAW JUSZCZAK, AGNIESZKA CABAJ: Propolis jako funkcjonalny składnik żywności ...	144
GRAŻYNA MORKIS: Problematyka żywnościowa w ustawodawstwie polskim i unijnym	163
Podsumowanie VII Sympozjum Naukowego z cyklu „Bezpieczeństwo żywnościowe i żywności”	166
Relacja z Krokusowego XIII Sympozjum Naukowego „Probiotyki i prebiotyki w żywności“	168
Z żałobnej karty: Prof. dr hab. Krzysztof Krygier 1949 - 2023.....	174
Technolog Żywności	176

Zamieszczone artykuły są recenzowane

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



ŻYWNOSĆ

Nauka Technologia Jakość

FOOD

Science Technology Quality

Nr 2 (135)

Kraków 2023

Rok 30

Redaktor naczelny: prof. dr hab. Lesław Juszcak; 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. Mirosława 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 ŻYWNOSTI WYDAWNICTWO
NAUKOWE PTTŻ

W latach 1994-1999 wydawcą czasopisma był Oddział Małopolski PTTŻ

© Copyright by Polskie Towarzystwo Technologów Żywności, Kraków 2023
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

OD REDAKCJI

Szanowni Czytelnicy,

przekazujemy Państwu nr 2(135) czasopisma Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, w którym publikujemy artykuły naukowe o zróżnicowanej tematyce z zakresu nauk o żywności i żywieniu.

Zapraszamy również do lektury tzw. stałych działów, w których zamieściliśmy m.in. informacje o wybranych konferencjach współorganizowanych przez Polskie Towarzystwo Technologów Żywności, oraz zmianach w prawie żywnościowym.

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

Kraków, czerwiec 2023 r.

Redaktor Naczelny



prof. dr hab. Lesław Juszcza

Publikacja dofinansowana z projektu „Rozwój dobrych praktyk wydawniczych i edytorskich oraz digitalizacja publikacji naukowych wydawanych w czasopiśmie Żywność. Nauka. Technologia. Jakość w latach 2021-2023” - zadanie finansowane w ramach umowy RCN/SN/0195/2021/1 ze środków Ministra Edukacji i Nauki w ramach programu „Rozwój czasopism naukowych”.

MAŁGORZATA MISZTAŁ-SZKUDLIŃSKA, JUSTYNA OŚKO,
JOANNA BRZEZIŃSKA-ROJEK, SVITLANA SAGATOVYCH,
MAŁGORZATA GREMBECKA

SUPLEMENTY DIETY I ŻYWNOŚĆ WZBOGACANA JAKO ŚRODKI UMOŻLIWIAJĄCE UZUPEŁNIENIE DIETY W ŻELAZO

Streszczenie

Wprowadzenie. Niedokrwistość z niedoboru żelaza jest chorobą o zasięgu globalnym, dotyczy głównie kobiet, małych dzieci i osób starszych. W artykule podano charakterystykę omawianego pierwiastka, zapotrzebowanie organizmu na ten składnik oraz informacje na temat ryzyka niedoborów i nadmiarów, omówiono czynniki wpływające na biodostępność żelaza z diety oraz zasady suplementacji. Ponadto, scharakteryzowano suplementy diety oraz żywność wzbogacaną żelazem pod względem obowiązujących wymagań prawnych. Produkty te są popularne wśród konsumentów, głównie ze względu na łatwość podania.

Wyniki i wnioski. Wśród suplementów diety można znaleźć preparaty przeznaczone dla odpowiednich grup wiekowych: dzieci, kobiet w ciąży czy osób starszych, które zawierają adekwatną dla nich dawkę żelaza. Suplementy diety zgodnie z wymaganiami prawnymi występują w formie umożliwiającej dawkowanie, tj. w postaci tabletek, kapsułek, drażetek, saszetek z proszkiem, ampułek z płynem i innych. Zarówno suplementy diety, jak i żywność wzbogacana mogą być wykorzystywane jako uzupełnienie diety w żelazo. Żywność wzbogacana żelazem jest przeznaczona głównie dla osób wykluczających ze swojej diety produkty pochodzenia zwierzęcego, które są szczególnie narażone na niedobory żelaza. Najczęściej są to produkty przeznaczone bezpośrednio do spożycia w postaci gotowych dań lub występują w formie płatków śniadaniowych, deserowych, burgerów roślinnych, kiełbasek i innych. Zarówno w przypadku suplementów diety, jak i żywności wzbogacanej należy zwrócić uwagę na ilość i formę chemiczną, w jakiej występuje ten pierwiastek w danym produkcie. Warto zaznaczyć, że nie wszystkie produkty podlegają stałej kontroli jakości i mogą stanowić zagrożenie dla konsumentów.

Słowa kluczowe: żelazo, anemia, suplementy diety, żywność wzbogacana, rekomendacje żywieniowe

Wprowadzenie

Prawidłowa, dobrze zbilansowana dieta powinna dostarczać wszystkich składników odżywczych, witamin i składników mineralnych. Jednak zdarza się, że z różnych

Dr M. Misztal-Szkudlińska, ORCID: 0 000-0001-5614-196X; dr J. Ośko, ORCID: 0000-0002-1898-4381; mgr J. Brzezińska-Rojek, ORCID: 0000-0001-8159-5517, Katedra i Zakład Bromatologii; S. Sagatowych ORCID: 0009-0001-5572-6461, Studenckie Koło Naukowe przy Katedrze i Zakładzie Bromatologii, dr hab. M. Grembecka, ORCID: 0000-0002-9298-059X, Katedra i Zakład Bromatologii, Wydział Farmaceutyczny, Gdański Uniwersytet Medyczny, al. Gen. J. Hallera 107, 80-416 Gdańsk; Kontakt: malgorzata.grembecka@gumed.edu.pl

przyczyn nie jest to możliwe i prowadzi do wystąpienia niedoborów np. składników mineralnych – problem ten dotyczy szczególnie żelaza. Anemia wynikająca z niedoboru tego pierwiastka dotyka w głównej mierze wcześniaki, noworodki i kobiety w ciąży. Zgodnie z raportem WHO szacuje się, że 42 % dzieci poniżej 5. roku życia i 40 % kobiet w ciąży na całym świecie cierpi na anemię [27]. Na przestrzeni lat 2000 – 2019 tę jednostkę chorobową stwierdzono u około 20 % kobiet w wieku 15 ÷ 49 lat w społeczeństwie polskim [27]. Zarówno w światowej polityce zdrowotnej, jak i krajowej, prowadzonych jest szereg działań mających zapobiegać tym niedoborom. Ustanawiane są m.in. szczegółowe zasady suplementacji oraz zalecania dietetyczne dotyczące spożycia produktów będących dobrym źródłem żelaza. Oprócz zbilansowanej diety, osoby cierpiące na niedobory tego składnika mineralnego mogą sięgnąć po odpowiednie suplementy diety lub żywność wzbogacaną.

Celem niniejszej pracy było scharakteryzowanie żelaza i jego funkcji w organizmie wraz z omówieniem aktualnych rekomendacji żywieniowych, czynników wpływających na biodostępność oraz konsekwencji potencjalnych nadmiarów i niedoborów tego pierwiastka. Ponadto porównano suplementy diety zawierające żelazo oraz żywność wzbogacaną tym mikropierwiastkiem pod względem aktualnej sytuacji prawnej, zastosowania i dostępnych w handlu postaci.

Żelazo i jego funkcje w organizmie człowieka

Organizm dorosłego człowieka zawiera od 3500 do 4500 mg żelaza, które gromadzone jest głównie w wątrobie i śledzionie, przy czym od 60 do 75 % znajduje się w aktywnych związkach, takich jak hemoglobina, mioglobina, różne enzymy i transferyna. Pozostała pula stanowi materiał zapasowy, zgromadzony w postaci np. ferrytyny czy homosyderyny [4,11]. Jako składnik związków aktywnych i enzymów, żelazo odpowiada za transport i przechowywanie tlenu. Uczestniczy w procesie tworzenia krwinek czerwonych w szpiku kostnym, syntezie DNA, wspomaga układ odpornościowy organizmu. Reguluje pracę enzymów, np. oksydazy cytochromu c, katalazy, peroksydazy tarczycowej i innych. Bierze udział w biosyntezie prostaglandyn, katabolizmie tryptofanu oraz detoksykacji związków obcych jako składnik cytochromu P-450. Żelazo jest niezbędne prawie we wszystkich szlakach metabolicznych [10].

Żelazo w organizmie ludzkim magazynowane jest głównie w erytrocytach, wątrobie, mięśniach, osoczu krwi oraz szpiku kostnym [14]. U zdrowych, dojrzałych osób obieg tego pierwiastka w organizmie może odbywać się w cyklu zamkniętym. Związane jest to z ciągłymi procesami starzenia się erytrocytów, jego odzyskiem z hemu i wielokrotnym wykorzystaniem [1]. Straty tego składnika mineralnego u zdrowych osób wynoszą dziennie od 1 do 1,5 mg i związane są m.in. z usuwaniem złuszczonego się nabłonka jelit [14]. W celu uzupełniania prawidłowych ilości tego pierwiastka

w organizmie niezbędna jest zbilansowana dieta obfitująca w produkty będące jego dobrym źródłem.

Źródła żelaza i rekomendacje żywieniowe

W żywności żelazo występuje w dwóch formach, tj.: hemowej, pochodzenia zwierzęcego i niehemowej, pochodzenia roślinnego. Pokarmy zawierające stosunkowo duże ilości tego pierwiastka obejmują podroby, zwłaszcza wątrobę i nerki, mięso, natkę pietruszki, ryby, zboża, ciemne pieczywo, nasiona roślin strączkowych, fasolę, orzechy, żółtka jaj, ciemnozielone warzywa, ziemniaki i wzbogacone produkty spożywcze [10].

Zapotrzebowanie organizmu człowieka na żelazo jest zróżnicowane w zależności od wieku, płci i diety. Ograniczenie spożycia mięsa, nabiału, owoców morza wpływa na blisko dwukrotne zwiększenie zapotrzebowania. W Tabeli 1 zestawiono rekomendowane dzienne spożycie (RDA) dla żelaza w zależności od płci i grupy wiekowej. Dopuszczalny górny poziom spożycia (UL) żelaza nie został wyznaczony dla populacji europejskiej przez Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) [5].

Tabela 1. Rekomendowane dzienne spożycie żelaza (RDA) [mg/dobę] wg Norm żywienia dla populacji Polski [10]

Table 1. Recommended daily intake of iron (RDA) [mg/day] according to the Nutrition Standards for the Polish population [10]

Grupa / Group	Wiek / Age	Zalecane dzienne spożycie / Recommended daily intake [mg/dobę]	
		Płeć / Sex	
		Żeńska / Female	Męska / Male
Niemowlęta / Infants	0-6 miesięcy / months	0,3 (AI*)	
	7-11 miesięcy / months	11	
Dzieci / Kids	1-3 lata / years	7	
	4-9 lat / years	10	
Młodzież / Youth	10-12 lat / years	10(15**)	10
	13-18 lat / years	15	12
Dorośli /Adults	19-50 lat / years	18	10
	>50 lat / years	10	10
Kobiety w ciąży / Pregnant women	≥19 lat / years	27	

Objaśnienia / Explanatory notes:

* AI - poziom wystarczającego spożycia (stosowany w normach EFSA, IOM/HMD i normach dla populacji Polski) / AI - Adequate intake (used in EFSA, IOM/HMD recommendations and standards for the Polish population)

** przed wystąpieniem menstruacji (po wystąpieniu menstruacji) / before menstruation starts (after menstruation starts)

Wchłanianie żelaza

Wchłanianie tego pierwiastka z pożywienia zachodzi w dwunastnicy i bliższym odcinku jelita cienkiego [24, 25]. Żelazo występuje w żywności w połączeniach hemowych (głównie produkty mięsne) oraz niehemowych (produkty roślinne), a wyższą biodostępnością charakteryzuje się jego hemowa forma [10]. Przy fizjologicznym pH, pierwiastek ten występuje w stanie utlenionym, żelazowym (Fe^{3+}). Aby zostać wchłoniętym, musi znajdować się w stanie żelazawym (Fe^{2+}) lub być związany przez białko, takie jak hem. Wychwyt enterocytów jest inicjowany przez przemianę Fe^{3+} w Fe^{2+} przez reduktazę cytochromu B (DcytB/reduktaza żelazowa), która znajduje się na powierzchni enterocytów. Następnie jest on współtransportowany z protonami (Na^+/H^+) przez transbłonowy transporter metali dwuwartościowych (DMT1) przez błonę wierzchołkową cytoplazmy [7]. Z kolei w przypadku żelaza hemowego, jego mechanizm wchłaniania pozostaje wciąż niejasny.

Biodostępność jest miarą wchłaniania i wykorzystania (w przypadku żelaza – wbudowania do hemoglobiny) pierwiastka z pożywienia, przez co wyrażana jest jako procent lub ułamek całkowitego jego spożycia [4]. Dostępność wchłanianego żelaza zależy od jego postaci chemicznej w dwunastnicy i jelicie cienkim oraz fizjologicznego zapotrzebowania, które określa ilość dostępnego pierwiastka wchłanianego oraz transportowanego do krwi. Czynniki pożywienia, które ułatwiają lub utrudniają biodostępność tego składnika mineralnego przez jelita, stają się ważniejsze wraz ze wzrostem potrzeb ogólnoustrojowych. Ze względu na niską przyswajalność żelaza z diety wynoszącą około 10 %, konieczne jest spożycie jego większej ilości w celu zaspokojenia zapotrzebowania [9].

Inhibitorami wchłaniania żelaza niehemowego są fityny, szczawiany oraz polifenole, będące substancjami pochodzenia roślinnego. Z kolei za hamowanie początkowej fazy wchłaniania formy niehemowej przez enterocyty odpowiada wapń. Białka mleka, białka jaj i białka roślinne (białko sojowe) mogą również ograniczać wchłanianie tego pierwiastka u ludzi [2]. Z kolei promotorem wchłaniania żelaza niehemowego, jest głównie kwas askorbinowy (witamina C), który wykazuje zdolność do redukcji Fe^{3+} do Fe^{2+} przy niskim pH żołądka (tworzy chelat z Fe^{3+}) [2]. Ponadto kwasy takie jak: kwas cytrynowy, jabłkowy, winowy, mlekowy w większym lub mniejszym stopniu odpowiadają za zwiększoną biodostępność pierwiastka [16]. Na biodostępność żelaza ma wpływ także fruktoza, która odpowiada za zwiększanie wchłaniania niehemowej formy, prawdopodobnie poprzez chelatowanie i/lub redukcję tego pierwiastka [3]. Promotorami wchłaniania żelaza są również aminokwasy takie jak: histydyna, cysteina, metionina, glutamina, kwas asparaginowy czy glicyna [15]. Wśród interakcji jakie zachodzą pomiędzy żelazem a innymi pierwiastkami, można wymienić konkurencyjne działanie z miedzią oraz cynkiem. Prawdopodobnie spowodowane jest ono

konkurencyjnym wiązaniem tych metali z białkiem transportowym DMT1, który uczestniczy w transporcie metali dwuwartościowych [7].

Ryzyko wynikające z nadmiarów i niedoborów żelaza

Grupami najbardziej narażonymi na niedobory tego pierwiastka są kobiety w okresie ciąży i laktacji, dzieci i młodzież w czasie intensywnego wzrostu i rozwoju oraz osoby starsze. Czynniki wpływające na ryzyko niedoboru żelaza zestawiono w Tabeli 2. Głównymi przyczynami niedoborów w organizmie jest niewystarczająca podaż z pożywieniem lub źle zbilansowana dieta, która obfituje w składniki ograniczające biodostępność. Jest to zjawisko często spotykane u osób stosujących restrykcyjne diety, wegetariańskie, wegańskie lub inne. Konsekwencją długotrwałego narażenia na niewystarczającą podaż żelaza z pożywieniem jest rozwój niedokrwistości, którą rozpoznaje się, gdy stężenie hemoglobiny osiąga wartość 12 g/dL (u kobiet), u mężczyzn 14 g/dL, a u osób starszych, niezależnie od płci, 12 g/dL [10]. Często za rozwój niedokrwistości odpowiadają zaburzenia we wchłanianiu i dostępności kwasu foliowego i witaminy B₁₂, co można zaobserwować poprzez charakterystyczne zmiany kształtu krwinek czerwonych oraz gęstości hemu [6,21].

Szczególnie niebezpieczna jest niewystarczająca podaż żelaza dla niemowląt i małych dzieci, ponieważ jej skutki mogą być nieodwracalne i wpływać na dalszy rozwój oraz zdrowie. We wczesnych okresach życia, przy długotrwałym narażeniu na niedobory pokarmowe, obserwuje się obniżoną masę ciała, słabą wydajność poznawczą i behawioralną, związaną z ograniczoną pamięcią i orientacją przestrzenną oraz upośledzonymi interakcjami społecznymi [4].

Ponadto do częstych skutków niedoboru żelaza można zaliczyć [1,6,21]:

- zmiany w obrębie tkanki łącznej, objawiające się bladością i szorstkością skóry, zapaleniem języka, zajądami w kącikach ust, koilonychią, dodatkowo zaburzeniami w syntezie kolagenu, co może prowadzić do rozwoju osteoporozy;
- obniżoną zawartość mioglobiny w mięśniach, co powoduje zmniejszoną siłę mięśniową i sprawność fizyczną;
- ograniczoną aktywność oksydazy cytochromu c w mięśniach i błonie śluzowej jelit, zaburzony metabolizm witaminy A i prostaglandyn, co może prowadzić do obniżonej odporności i stanów zapalnych w organizmie;
- upośledzenie w funkcjonowaniu układu nerwowego przejawiające się zaburzeniami w neuroprzekaznictwie, czego konsekwencją mogą być opóźnione reakcje na bodźce słuchowe, wzrokowe, zaburzenia pamięci i orientacji przestrzennej, wzrost ryzyka rozwoju depresji.

Do niedoborów żelaza poza nieprawidłową dietą mogą doprowadzać krwotoki, utrata krwi z dróg moczowo-płciowych, dróg oddechowych, przewodu pokarmowego oraz zaburzenia wchłaniania. Ryzyko wystąpienia takiego stanu może być również

spowodowane zwiększonym narażeniem na stężenia metali ciężkich w środowisku, zwłaszcza kadmu i ołowiu. W niedoborze żelaza podwyższona zawartość kadmu wynika prawdopodobnie ze zwiększonego wchłaniania jelitowego w obecności podwyższonego poziomu transportera metali dwuwartościowych 1 (DMT1). Natomiast w przypadku narażenia na ołów wystąpienie objawów chorobowych najprawdopodobniej jest związane z uwarunkowaniem genetycznym [4].

Nadmiar żelaza w organizmie jest rzadko spotykany, może być związany z dużym spożyciem, powyżej 20 mg/kg masy ciała, z transfuzjami krwi oraz z przedawkowaniem preparatów leczniczych z tym pierwiastkiem. Spożywanie 100 - 200 mg żelaza dziennie może wywołać skutki uboczne związane z przewodem pokarmowym (zaparcia, ból żołądka, nudności, wymioty, omdlenie). Jeśli taki stan utrzymywany jest przez dłuższy okres, może to doprowadzić do uszkodzeń narządów wewnętrznych, zwłaszcza wątroby, rozwoju miażdżycy, kardiomiopatii oraz nowotworów [28].

Jednym ze schorzeń związanych z nadmierną kumulacją żelaza jest hemochromatoza. Jest to choroba uwarunkowana genetycznie, dziedziczna, często występująca u ludzi rasy kaukaskiej. Wywoływana jest przez mutacje genów, których produkty ekspresji zaburzają metabolizm żelaza doprowadzając do patologicznego gromadzenia się tego pierwiastka w organizmie. Stres oksydacyjny towarzyszący temu procesowi doprowadza do destrukcji komórek, wywołuje stan zapalny, a w konsekwencji doprowadza do zwłóknienia narządów, marskości wątroby, rozwoju nowotworu wątrobowo-komórkowego, cukrzycy i niewydolności krążeniowej [2, 13, 23]. Osoby cierpiące na hemochromatozę, powinny unikać dodatkowej suplementacji żelaza ze względu na upośledzenie metabolizmu tego mikroelementu przez organizm [2].

Suplementacja żelaza – zalecenia żywieniowe

Prawidłowa dieta powinna dostarczać takie ilości żelaza, aby zaspokoić potrzeby organizmu związane ze wzrostem, stratami fizjologicznymi czy zmianami objętości krwi i stężenia hemoglobiny. Tylko w przypadku stwierdzenia występowania niedokrwistości związanej z niedoborem tego pierwiastka wskazana jest jego suplementacja. Najczęściej występuje ona u kobiet i dzieci do 5 r. ż., ale także jest jednym z podstawowych typów niedokrwistości u osób starszych na całym świecie [22]. Dodatkowo zaleca się suplementację żelazem u niemowląt urodzonych przedwcześnie, z niską masą urodzeniową, pochodzących z ciąży bliźniaczych lub gdy u matki stwierdzona była anemia [26]. W celu uzupełnienia diety, można sięgać po różnego rodzaju produkty wzbogacane, suplementy diety lub leki. Uzupełnianie żelaza różnymi preparatami powinno odbywać się pod kontrolą lekarza, ponieważ przyjmowanie zbyt dużych jednorazowych dawek, zwłaszcza na czczo, może doprowadzić do wystąpienia niepożądanych skutków ubocznych, takich jak zaparcia, ból żołądka, nudności czy wymioty [28]. Na polskim rynku obecnych jest bardzo wiele suplementów diety i żywności

wzbogacanej, z tym składnikiem mineralnym. A ich powszechność i ogólna dostępność niosą za sobą ryzyko niekontrolowanego spożycia różnego rodzaju preparatów zawierających żelazo.

Tabela 2. Czynniki ryzyka niedoboru żelaza i niedokrwistości z niedoboru żelaza u niemowląt, dzieci i osób dorosłych (opracowanie własne na podstawie [22])

Table 2. Risk factors for iron deficiency and iron deficiency anemia in infants, children and adults (own elaboration based on [22])

Etap/ Stage		Czynnik ryzyka / Risk factors	Efekt w organizmie / Effect in the body
NIEMOWLĘTA I DZIECI / INFANTS AND CHILDREN	Okres prekoncepcyjny i prenatalny / Preconception and prenatal period	Niski status socjoekonomiczny matki / Low socioeconomic status of the mother Szybko następujące po sobie ciąży Rapid succession of pregnancies Niedokrwistość w czasie trwania ciąży Anemia during pregnancy	Zmniejszone zasoby żelaza u matki / Decreased maternal iron stores
		Palenie papierosów / Smoking Nadciśnienie tętnicze / Hypertension Cukrzyca / Diabetes Otyłość w trakcie ciąży Obesity during pregnancy / Inne choroby przewlekłe ciężarnej Other chronic diseases of pregnant women	Zaburzenia wchłaniania żelaza, zaburzenia transportu przezłożyskowego żelaza, zwiększona erythropoeza u płodu w odpowiedzi na przewlekłe niedotlenienie / Iron malabsorption, transplacental iron transport disorder, increased fetal erythropoiesis in response to chronic hypoxia
		Ciąża wielopłodowa / Multiple pregnancy	Zwykle zasoby żelaza u kobiety są zbyt małe dla kilkorga dzieci / Normally, a woman's iron reserves are too small for several children
		Zbyt szybkie odpępnienie po urodzeniu / Unclinging too soon after birth	Strata krwi w łożysku / Blood loss in the placenta
	Okres pourodzeniowy / The postnatal period	Wcześnieactwo (szczególnie noworodki urodzone przed 32 tygodniem ciąży) / Prematurity (especially newborns born before 32 weeks of gestation)	Skrócony okres gromadzenia zasobów żelaza / Reduced period of gathering iron resources
		Hipotrofia wewnątrzmaciczna / Intrauterine hypotrophy	Zaburzenia transferu przezłożyskowego wszystkich składników odżywczych na skutek chorób matki lub płodu / Disorders of transplacental transfer of all nutrients due to maternal or fetal diseases
		Niska masa urodzeniowa (2000 ÷ 2500 g) / Low birth weight (2000 ÷ 2500 g)	Zmniejszone zgromadzone zasoby żelaza (w przeliczeniu na kg masy ciała) / Decreased iron stores (per kg of body weight)

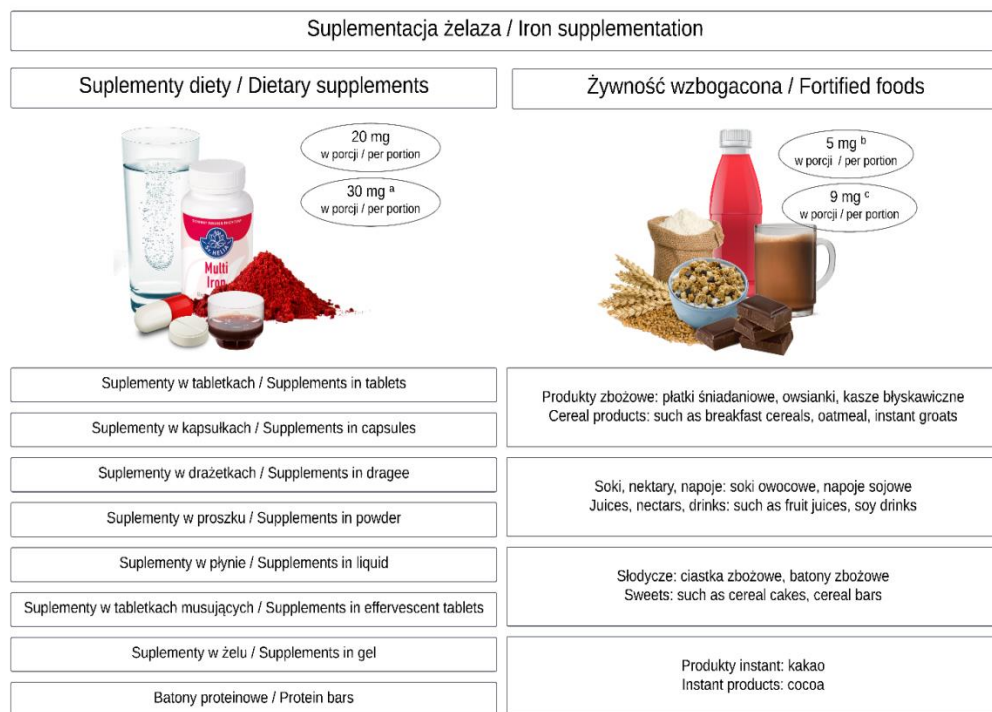
Etap/ Stage		Czynnik ryzyka / Risk factors	Efekt w organizmie / Effect in the body
		Dzieci matek z niedokrwistością ciążową / Children of mothers with gestational anemia	Zmniejszone zasoby żelaza u matki i dziecka / Decreased iron stores in mother and child
		Dzieci wymagające pobrań krwi we wczesnym okresie niemowlęcym / Children requiring blood donations in early infancy Dzieci z krwawieniami we wczesnym okresie niemowlęcym Children with bleeding in early infancy	Zwiększone straty żelaza / Increased iron losses
		Niemowlęta szybko zwiększające masę / Infants gaining weight rapidly	Zwiększone zapotrzebowanie na żelazo / Increased need for iron
		Niemowlęta >3. miesiąca życia karmione wyłącznie pokarmem matki / Infants >3 months of age exclusively breastfed	Dieta nie pokrywa zapotrzebowania na żelazo / The diet does not cover the need for iron
		Biegunki, nieprawidłowości anatomiczne jelit (wrodzone, nabyte) / Diarrhea, anatomical abnormalities of the intestines (congenital, acquired)	Zaburzenia wchłaniania żelaza / Iron absorption disorders
		Zakażenia / Infections	Zwiększone straty żelaza, zaburzenia wchłaniania żelaza związane ze stanem zapalnym / Increased iron loss, iron malabsorption associated with inflammation
		Alergia na białko mleka krowiego / Cow's milk protein allergy Alergie i inne choroby wymagające restrykcyjnej diety / Allergies and other diseases requiring a restrictive diet	Mikrouszkodzenia jelita z przewlekłym krwawieniem i straty żelaza drogą przewodu pokarmowego, ograniczenie ilości dostarczanego żelaza na skutek restrykcyjnej diety / Intestinal microdamage with chronic bleeding and iron loss through the gastrointestinal tract, reduced iron intake due to a restrictive diet
DOROŚLI ADULTS		Okres wzrostu dzieci i młodzieży Allergies and other diseases requiring a restrictive diet	Zwiększone zapotrzebowanie na żelazo / Increased need for iron
		Ciąża, okres laktacji i karmienia piersią / Pregnancy, lactation and breastfeeding	Zwiększone zapotrzebowanie na żelazo / Increased need for iron
		Zaburzenia wchłaniania związane z chorobami przewodu pokarmowego Absorption disorders associated with diseases of the gastrointestinal tract	Zaburzenia wchłaniania i transportu żelaza Iron absorption and transport disorders

Etap/ Stage	Czynnik ryzyka / Risk factors	Efekt w organizmie / Effect in the body
	Palenie papierosów / Smoking Nadciśnienie tętnicze / Hypertension Cukrzyca / Diabetes Otyłość / Obesity	
	Przewlekłe biegunki / Chronic diarrhea Krwotoki i obfite krwawienie miesięczne / Hemorrhages and heavy menstrual bleeding	Zwiększona utrata żelaza / Increased iron loss
	Choroby przewlekłe o etiologii zapalnej lub nowotworowej np. Autoimmunologiczne / Chronic diseases of inflammatory or neo- plastic etiology, e.g. autoimmune	Przewlekły stan zapalny i wydzielanie prozapalnych cytokin prowadzą do supresji hematopoezy w szpiku / Chronic inflammation and the secretion of pro-inflammatory cytokines lead to the suppression of hematopoiesis in the bone marrow

Suplementy diety i żywność wzbogacana

Do produktów, które mogą uzupełniać niedobory żelaza w diecie, należą przede wszystkim suplementy diety i żywność wzbogacana. Produkty te jednak różnią się między sobą znacząco zarówno pod względem postaci, jak i ilości żelaza, którą mogą zawierać (Ryc. 1). Według definicji, „suplement diety to środek spożywczy, którego celem jest uzupełnienie normalnej diety, będący skoncentrowanym źródłem witamin lub składników mineralnych lub innych substancji wykazujących efekt odżywczy lub inny fizjologiczny, pojedynczych lub złożonych, wprowadzany do obrotu w formie umożliwiającej dawkowanie, w postaci: kapsułek, tabletek, drażetek i w innych podobnych postaciach, saszetek z proszkiem, ampułek z płynem, butelek z kroplomierzem i w innych podobnych postaciach płynów i proszków przeznaczonych do spożywania w małych, odmierzonych ilościach jednostkowych, z wyłączeniem produktów posiadających właściwości produktu leczniczego w rozumieniu przepisów prawa farmaceutycznego” [12]. Z kolei żywność wzbogacana to środki spożywcze, do których dodawane są witaminy, składniki mineralne lub substancje, o których mowa w rozporządzeniu (UE) nr 1925/2006 [19]. Najczęściej jest to żywność, którą można przygotować poprzez dodanie wody np. zupa, makaron lub ryż z dodatkami, napoje i inne. Pozostałe produkty to: płatki śniadaniowe i deserowe, burgery roślinne, kiełbaski, kotlety lub inne rodzaje żywności przeznaczone przede wszystkim dla wegan. Sprzedaż produktów z obu tych grup powinna być poprzedzona notyfikacją o chęci pierwszego wprowadzenia do obrotu złożoną do Głównego Inspektoratu Sanitarnego (GIS). Jest to także organ sprawujący nadzór nad rynkiem tych wyrobów, który przeprowadza wybiórcze kontrole celem zapewnienia bezpieczeństwa konsumentom. Zgodnie z ustawą o bezpieczeństwie żywności i żywienia (art. 28 ustawy z dnia 25 sierpnia 2006 roku)

[12] dopuszcza się wzbogacanie żywności w witaminy i składniki mineralne lub inne substancje takie jak aminokwasy, niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe, kwasy tłuszczowe, błonnik pokarmowy, rozmaite rośliny i ekstrakty roślinne. Formę, ilość, sposób, warunki dodawania różnych substancji regulowane są ustawodawstwem krajowym i Unii Europejskiej [12, 17, 18, 20]. Żelazo może być wykorzystywane w następujących formach chemicznych: węglan żelaza(II), cytrynian żelaza(II), cytrynian amonu-żelaza(II), glukonian żelaza(II), fumaran żelaza(II), difosforan sodu-żelaza(II), mleczan żelaza(II), siarczan żelaza(II), difosforan żelaza(III) (pirofosforan żelaza(III)), cukrzan żelaza(III), żelazo elementarne (karbonyl + elektrolit + zredukowane wodorem), diglicynian żelaza(II), L-pidolan żelaza(II), fosforan żelaza(II), fosforan amonu-żelaza(II), etylodiaminotetraoctan sodu-żelaza (III) oraz taurynian żelaza(II) [18]. Maksymalna ilość tego pierwiastka w zalecanej dziennej porcji suplementów



Dopuszczalna maksymalna zawartość żelaza (Fe) w porcji: ^a suplementu dedykowanego kobietom w ciąży, ^b żywności wzbogaconej w stosunku do RDA Fe dla mężczyzn (10 mg/dzień), ^c żywności wzbogaconej w stosunku do RDA Fe dla kobiet (18 mg/dzień) / Acceptable maximum iron (Fe) content per serving: ^a supplement dedicated to pregnant women, ^b foods fortified for men, ^c foods fortified for women

Ryc. 1. Przykładowe grupy produktów z obszaru suplementów diety oraz żywności wzbogaconej zawierające dodatek żelaza. Opracowanie własne na podstawie Rejestru produktów objętych powiadomieniem o pierwszym wprowadzeniu do obrotu (GIS) oraz literatury [29]

Fig. 1. Examples of product groups among dietary supplements and fortified foods containing iron. Own elaboration based on the Register of products covered by the first marketing notification (GIS) and literature [29]

diety powinna być utrzymana na poziomie 20 mg lub 30 mg w preparatach oznaczonych jako przeznaczone dla kobiet w ciąży [28]. Natomiast żywność wzbogacona może zawierać nie więcej niż 50 % zalecanego dziennego spożycia na 100 g lub 100 cm³ lub na jedną porcję, jeśli jest ona niższa niż 100 g albo 100 cm³ [17].

Wnioski

1. Zarówno suplementy diety, jak i żywność wzbogacona mogą być efektywnym sposobem uzupełniania diety w żelazo pod warunkiem stosowania ich zgodnie z rekomendacjami producenta. Należy jednak zadbać o prawidłowe zbilansowanie diety zapewniające różne źródła tego pierwiastka z uwzględnieniem warunków wpływających na poprawę jego biodostępności. Warto zaznaczyć, że suplementy diety nie podlegają stałej kontroli jakości, a obecna weryfikacja jest niewystarczająca i nie zapewnia w pełni bezpieczeństwa zdrowotnego konsumentów.
2. W przypadku żywności wzbogacanej w żelazo należy zauważyć istotny fakt, iż najczęściej są to produkty pochodzenia roślinnego, płatki zbożowe, żywność wegetariańska, wegańska itp. Produkty te naturalnie zawierają duże ilości substancji takich jak: szczawiany, błonnik, flawonoidy i inne, które ograniczają wchłanianie żelaza, co negatywnie będzie oddziaływać na jego biodostępność z diety.
3. Najważniejsza w zachowaniu prawidłowego bilansu zawartości żelaza w organizmie jest zrównoważona, prawidłowa, urozmaicona dieta, obfitująca w ten pierwiastek w formie biodostępnej dla naszego organizmu. Produkty takie jak suplementy diety czy żywność wzbogacona mogą stanowić jedynie okresowe uzupełnienie diety, przy niewystarczającej podaży tego mikroelementu. Natomiast przy wyborze produktów należy się kierować przede wszystkim informacjami zawartymi na etykietach, tj. zawartością żelaza, jego formą oraz zastanowić się nad jego potencjalną biodostępnością dla organizmu.

Literatura

- [1] Anderson G., Frazer DM.: Current understanding of iron homeostasis. *Am. J. Clin. Nutr.* 2017, 106(C), 1559S-1566S.
- [2] Beck K., Conlon C., Kruger R., Coad J.: Dietary Determinants of and Possible Solutions to Iron Deficiency for Young Women Living in Industrialized Countries: A Review. *Nutrients*, 2014, 6(9), 3747-3776.
- [3] Christides T., Sharp P.: Sugars increase non-heme iron bioavailability in human epithelial intestinal and liver cells. *PLoS One*, 2013, 8(12), #83031.
- [4] EFSA (European Food Safety Authority): Scientific Opinion on Dietary Reference Values for Iron.; 2015. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2015.4254> (dostęp 16.06.2023)
- [5] EFSA (European Food Safety Authority): Overview on Tolerable Upper Intake Levels as derived by the Scientific Committee on Food (SCF) and the EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and

- Allergies (NDA); 2018.
https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/assets/UL_Summary_tables.pdf (dostęp 19.06.2023)
- [6] Ergul A., Turanoglu C., Karakukcu C., Karaman S., Altuner Torun Y.: Increased Iron Deficiency and Iron Deficiency Anemia in Children with Zinc Deficiency. *Eurasian J. Med.*, 2018, 50(1), #17237.
- [7] Ginzburg Y.: Hepcidin-ferroportin axis in health and disease. *Vitam Horm.*, 2019, 110, 17-45.
- [8] Gunshin H., Mackenzie B., Berger U., Gunshin Y., Romero M.F., Boron W.F., Nussberger S., Gollan J.L., Hediger M.A. Cloning and characterization of a mammalian proton-coupled metal-ion transporter. *Nature*, 1997, 388(6641), 482-488.
- [9] Hamułka J., Wawrzyniak A., Piatkowska D., Górnicka M.: Ocena spożycia żelaza, witaminy B12 i folianów w grupie kobiet w wieku prokreacyjnym. *Rocz. Państw. Zakł. Hig.*, 2011, 62(3), 263-270.
- [10] Jarosz M., Rychlik E., Stoś K., Charzewska J.: Normy żywienia dla populacji Polski i ich zastosowanie. (Jarosz M., Rychlik E., Stoś K., Charzewska J., red.). Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny, 2020.
- [11] Kabata-Pendias A., Szteke B.: Trace Elements in Abiotic and Biotic Environments. CRC Press; 2015.
- [12] Kancelaria Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej: Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia Dz.U. 2006 r. Nr 171 poz. 1225 z późn. zm. 2006.
- [13] Kościńska-Ilczyński K., Zuchowski P., Wojciechowski R., Jeka S.: Hemochromatoza pierwotna z zajęciem stawów. *Reumatologia*, 2013, 51(4), 308-312.
- [14] Kuras M., Zielińska-Pisklak M., Perz K., Szeleszczuk Ł.: Żelazo i cynk-główne mikroelementy niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmu. *Farmakoterapia*, 2015, 25(05), 6-13.
- [15] Li Y., Jiang H., Huang G.: Protein Hydrolysates as Promoters of Non-Haem Iron Absorption. *Nutrients*, 2017, 9(6), #609.
- [16] Milman N.: A Review of Nutrients and Compounds, Which Promote or Inhibit Intestinal Iron Absorption: Making a Platform for Dietary Measures That Can Reduce Iron Uptake in Patients with Genetic Haemochromatosis. *J. Nutr. Metab.*, 2020, 14, 7373498.
- [17] Minister Zdrowia: Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 16 września 2010 r. w sprawie substancji wzbogacających dodawanych do żywności (Dz. U. poz. 1184), 2010.
- [18] Parlament Europejski i Rada (UE): Dyrektywa 2002/46/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 10 czerwca 2002 r. w sprawie zbliżenia ustawodawstw Państw Członkowskich odnoszących się do suplementów żywnościowych (Dz. Urz. UE L 183/51 z 10.06.2002), 2002.
- [19] Parlament Europejski i Rada (UE): Rozporządzenie (WE) nr 1925/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 20 grudnia 2006 r. w sprawie dodawania do żywności witamin i składników mineralnych oraz niektórych innych substancji (Dz.U.UE.L.2006.404.26.), 2006.
- [20] Parlament Europejski i Rada (UE): Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1169/2011 z dnia 25 października 2011 r. w sprawie przekazywania konsumentom informacji na temat żywności (Dz. Urz. UE L 304/18 z 22.11.2011, z późn. zm.), 2011.
- [21] Percy L., Mansour D., Fraser I.: Iron deficiency and iron deficiency anaemia in women. *Best. Pract. Res. Clin. Obstet. Gynaecol.*, 2017, 40, 55-67.
- [22] Pleskaczyńska A.: Zapobieganie niedoborowi żelaza i leczenie niedokrwistości z niedoboru żelaza u niemowląt i małych dzieci. *Pediatra po Dyplomie*, 2017, 6. <https://podyplomie.pl/pediatra/29325,zapobieganie-niedoborowi-zelaza-i-leczenie-niedokrwistosci-z-niedoboru-zelaza-u-niemowlat-i-malych> (dostęp 16.06.2023)
- [23] Sikorska K., Bielawski K., Romanowski T., Stalke P.: Hemochromatoza dziedziczna-najczęstsza choroba genetyczna człowieka. *Postępy Hig. Med. Dosw.*, 2006, 60, 667-676.
- [24] Silvestri L.: Iron Metabolism in Aging. In: Malovolta M., Mocchegiani E. (eds.) *Molecular Basis of Nutrition and aging*. Academic Press. 2016, 523-536.

- [25] Tian Y., Tian Y., Yuan Z., Zeng Y., Wang S., Fan X., Yang D., Yang M.: Iron Metabolism in Aging and Age-Related Diseases. *Int. J. Mol. Sci.* 2022, 23(7), # 3612.
- [26] Weker H., Barańska M.: *Żywienie niemowląt i małych dzieci. Zasady postępowania w żywieniu zbiorowym*. Instytut Matki i Dziecka; 2014.
- [27] WHO: Prevalence of anaemia in women of reproductive age (aged 15-49). [https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/prevalence-of-anaemia-in-women-of-reproductive-age\(-\)](https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/prevalence-of-anaemia-in-women-of-reproductive-age(-)) (dostęp 16.06.2023)
- [28] Zespół do spraw suplementów diety: Uchwała nr 20/2019 Zespołu do spraw Suplementów Diety z dnia 13 grudnia 2019 r. w sprawie wyrażenia opinii dotyczącej maksymalnej dawki żelaza w zalecanej dziennej porcji w suplementach diety; 2019. Główny Inspektor Sanitarny; 2019.
- [29] Żuk E., Skrypnik K., Suliburska J.: Analiza wybranych grup produktów spożywczych wzbogaconych w żelazo. *Forum Zaburzeń Metabl.*, 2018, 9(3), 103-111.

DIETARY SUPPLEMENTS AND FORTIFIED FOODS AS MEANS OF DIET SUPPLEMENTATION WITH IRON

S u m m a r y

Background. Iron (Fe) deficiency anaemia is a global disease that affects mainly women, young children, and the elderly. The article provided information on Fe characteristics, discussed the body's requirement for Fe, the risk of Fe deficiency and excess, factors affecting the bioavailability of this element in the diet and the principles of supplementation. Moreover, dietary supplements (DSs) and Fe-fortified food were characterized in consideration of the legal requirements in force. These products are popular among consumers mainly due to the fact that they can be easily served.

Results and conclusion. Both of them can be used to supplement the diet with Fe. Some DSs enriched with Fe are dedicated to various age groups: children, pregnant women or the elderly, and thus can contain particular doses of Fe. DSs, in accordance with legal requirements, are in the form that allows dosing, i.e. in the form of tablets, capsules, druggers, sachets with powder, ampoules with liquid and others. Iron-fortified foods are mainly recommended for people who exclude animal products from their diet and are at risk of Fe deficiency. Most often, these are products intended for direct consumption in the form of ready meals or breakfast, dessert cereals, vegetable burgers, sausages and others. Both in the case of DSs and fortified food, however, attention should be paid to the amount and chemical form in which this element occurs in each product to provide optimal supplementation. Furthermore, it is worth noting that not all products are subject to constant quality control and might be potentially dangerous for consumers.

Keywords: iron, anemia, dietary supplements, fortified foods, nutritional recommendations 

MAGDALENA MIKUS, SABINA GALUS

BIOPOLIMEROWE MATERIAŁY AKTYWNE DO ŻYWNOŚCI**Streszczenie**

Wprowadzenie. Celem pracy było omówienie rozwiązań stosowanych w opracowywaniu biopolimerowych materiałów aktywnych do żywności dla przemysłu żywnościowego. Biopolimery, takie jak polisacharydy, białka i lipidy, są coraz częściej stosowane w opakowaniowych materiałach aktywnych do żywności ze względu na ich biodegradowalność i biokompatybilność. Ponadto znajdują zastosowanie jako nośniki różnego rodzaju substancji funkcjonalnych, m.in. substancji przeciwutleniających oraz środków hamujących rozwój mikroorganizmów chorobotwórczych, głównie w celu zwiększenia bezpieczeństwa produktów żywnościowych. W przeciwieństwie do opakowań z biopolimerów, wykorzystanie materiałów polimerowych z surowców nieodnawialnych, ma znaczący wpływ na środowisko i niekorzystny wpływ na gromadzące się odpady opakowaniowe. Materiały jadalne, stosowane w formie folii lub powłok, mogą wydłużać trwałość i poprawiać jakość żywności. Ponadto obserwuje się obecnie coraz większe zastosowanie łagodnych metod przetwarzania żywności, jak również nowe materiały opakowaniowe pochodzące z surowców odnawialnych.

Wyniki i wnioski. Kluczowym obszarem rozwoju są obecnie nowe strategie opakowań aktywnych, w których zastosowane mogą być substancje naturalne. Prowadzone są intensywne badania naukowe w kierunku tworzenia opakowań o działaniu aktywnym z ulepszonymi właściwościami mechanicznymi, barierowymi, przeciwutleniającymi i przeciwdrobnoustrojowymi. Zastosowanie w praktyce opakowań aktywnych może mieć wpływ na ograniczenie marnotrawienia żywności, a obniżenie tego zjawiska jest jednym z celów modelu gospodarki o obiegu zamkniętym, co również zostało uwzględnione w Europejskim Zielonym Ładzie. Niniejsza publikacja stanowi przegląd dotychczasowych osiągnięć badawczych w zakresie stosowania materiałów opakowaniowych do żywności na bazie biopolimerów, wraz z omówieniem różnego rodzaju substancji aktywnych i ich wpływu na trwałość wybranych produktów żywnościowych.

Słowa kluczowe: biopolimery, opakowanie aktywne, folie i powłoki jadalne, bezpieczeństwo żywności

Wprowadzenie

Opakowania są stosowane w branży żywnościowej do ochrony przed psuciem oraz zanieczyszczeniami wielu produktów żywnościowych. Powszechnie stosowanymi

Mgr inż. M. Mikus, ORCID: 0000-0003-0738-1005, dr hab. inż., prof. SGGW S. Galus, ORCID: 0000-0002-2352-5307, Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Instytut Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159c, 02-776 Warszawa. Kontakt: sabina_galus@sggw.edu.pl

materiałami do tworzenia opakowań są: szkło, metale, papier, tektura oraz tworzywa sztuczne [5]. Zaobserwować można badanie nowych materiałów opakowaniowych, w tym wielowarstwowych, m.in. na bazie furcellaranu oraz składników aktywnych: hydrolizatu żelatyny, kurkuminy, kapsaicyny, montmorylonitu i nanocząstek srebra [15]. Wprowadzenie substancji aktywnej w postaci ekstraktu z kurkuminy z olejkami eterycznymi trawy cytrynowej do folii w środkowej warstwie z furcellaranu, pomiędzy warstwą z żelatyny i chitozanu, umożliwiło wytworzenie opakowania o działaniu aktywnym w celu efektywnego monitorowania jakości mięsa karpia poprzez zmianę barwy folii [18].

Postępujący rozwój opakowalnictwa przyczynił się również do zwiększenia funkcjonalności innowacyjnych materiałów opakowaniowych do żywności, wśród których wyróżniamy także opakowania aktywne oraz inteligentne. Obecnie poszukuje się opakowań, które są przyjazne środowisku, wpisujące się w zasady gospodarki o obiegu zamkniętym. Odpowiednie zagospodarowanie odpadów opakowaniowych może sprawić, że znacznie zmniejszy się skala ich gromadzenia na składowiskach śmieci. W odpowiedzi na kryzys klimatyczny i napływające dane o degradacji środowiska ustawodawstwo wymusza wprowadzenie zmian, które umożliwią neutralność klimatyczną do 2050 roku. Komisja Europejska w ramach tzw. Europejskiego Zielonego Ładu przedstawiła działania mające na celu zastąpienie opakowań z tworzyw sztucznych na takie, które można ponownie wykorzystać lub poddać recyklingowi. Do 2030 roku powstałe opakowania będą pochodzenia biologicznego lub będą tworzywami sztucznymi ulegającymi biodegradacji. Dodatkowo, została również zwrócona uwaga na znaczenie opakowań aktywnych, które mogą przyczynić się do zmniejszenia marnotrawienia żywności. Obok opakowań z tradycyjnych materiałów, wyróżnia się także materiały pochodzenia biopolimerowego, które są biodegradowalne i jednocześnie wpisują się w założenia obu planów działań (gospodarki cyrkularnej i Europejskiego Zielonego Ładu), które mają na celu przeciwdziałanie powstawaniu odpadów opakowaniowych, jak również poprawę jakości żywności i ograniczenie strat produktowych. W związku z czym, celem niniejszej pracy było omówienie rozwiązań stosowanych w opracowywaniu biopolimerowych materiałów aktywnych do żywności dla przemysłu żywnościowego, które mogą przyczynić się do ograniczenia marnotrawienia żywności.

Opakowaniowe materiały biopolimerowe

Od wielu lat podstawowymi opakowaniami w różnych sektorach są opakowania wykonywane z tworzyw sztucznych, stwarzające poważne problemy środowiskowe i wzrost ilości odpadów [32]. Wzrastające zainteresowanie materiałami polimerowymi w ostatnim czasie wynika z wielu ich zalet, m.in. dostępności i dobrych właściwości mechanicznych, barierowych i optycznych [1, 32]. Pakowanie żywności zarówno prze-

tworzonej i nieprzetworzonej umożliwia ochronę produktów żywnościowych przed zanieczyszczeniami różnego pochodzenia [39]. Postępujący rozwój przemysłu spożywczego/żywnościowego wpłynął na poszukiwanie alternatywnych rozwiązań, ograniczających ryzyko stwarzane przez opakowania wykonane z tworzyw sztucznych nieulegających biodegradacji [32]. Tymi nowymi rozwiązaniami są biotworzywa, materiały wytworzone z surowców pochodzących ze źródeł odnawialnych, które mogą ulegać biodegradacji, jak również niektóre z nich mogą być kompostowane. Takie materiały opakowaniowe mogą być tworzone z biopolimerów ze składników żywności lub innych źródeł odnawialnych. Biopolimery ze względu na źródło pozyskania można podzielić na biopolimery pochodzenia roślinnego, zwierzęcego i mikrobiologicznego, wśród nich wyróżniamy białka, polisacharydy i tłuszcze. Zazwyczaj opakowania biopolimerowe wytwarzane są w oparciu o powszechnie stosowane metody produkcji opakowań, m.in. folie z rozdmuchu lub termoformowanie tacek z wytlóków poprodukcyjnych na owoce lub inne wyroby spożywcze. Wśród tych wyrobów wyróżnia się folie i powłoki, które cechują się jadalnością. Foliami jadalnymi nazywa się cienkie warstwy, które powstają z zastosowaniem metody wylewania, a następnie są poddawane procesowi suszenia. Jest to warstwa, która została specjalnie ukształtowana i może być nałożona na produkt lub stanowić opakowanie jednostkowe [33]. Obok folii jadalnych wyróżniane są powłoki, które jako cienkie warstwy uformowane są bezpośrednio na produkcie. Folie i powłoki jadane wytwarzane są ze składników żywności i najczęściej stanowią je białka, polisacharydy i tłuszcze lub połączenia tych komponentów. Dodatkowo do tych materiałów mogą być dodawane różnego rodzaju substancje o konkretnym działaniu, np. przeciwdrobnoustrojowym [16]. Białka zwierzęce zazwyczaj klasyfikuje się jako mleczne (m.in. białka serwatkowe oraz kazeina) i mięsne (żelatyna, kolagen). Najczęściej spotykanymi białkami roślinnymi jest zeina kukurydziana, białko sojowe lub gluten, a materiały z nich wytworzone są elastyczne i charakteryzują się dobrymi właściwościami mechanicznymi [32]. Przy produkcji folii jadalnych stosuje się także tłuszcze (m.in. woski i oleje roślinne), ponieważ stanowią one dobrą barierę wobec pary wodnej oraz mają hydrofobowy charakter [19]. Natomiast folie jadalne otrzymywane z dodatkiem wosków zazwyczaj są grubsze i bardziej kruche w porównaniu z foliami z dodatkiem olejów, które charakteryzują się większą plastycznością, wpływającą na uplastycznienie struktury materiału [13]. Ostatnią grupą biopolimerów stosowaną w tworzeniu folii jadalnych są polisacharydy. Najczęściej stosowanymi polisacharydami są skrobia i celuloza, jednak w ostatnim czasie na popularności zyskuje też pektyna, chityna i alginiany. Wysoką przepuszczalnością dla pary wodnej a tym samym negatywnym wpływem na przechowywaną żywność charakteryzuje się folie i powłoki wykonane ze skrobi i celulozy, które stanowią łatwo dostępne źródło polisacharydów [5]. Ograniczenie migracji gazów, w tym pary wodnej, można uzyskać poprzez wprowadzenie tłuszczów do struktury biopolimerów (redukcja migra-

cji pary wodnej), jak również modyfikacje struktury lub zastosowanie folii wielowarstwowych [16]. Cennym biopolimerem stosowanym w technologii żywności jest również pektyna o bardzo dobrych właściwościach żelujących, pozyskiwana najczęściej z wytlóków jabłkowych lub cytrusowych. Folie pektynowe charakteryzują się stosunkowo dobrą wytrzymałością oraz barierowością w stosunku do tlenu. Natomiast materiały, które zawierają w swoim składzie alginiany charakteryzują się dobrymi właściwościami powłokotwórczymi oraz są odporne na migrację tłuszczów [26]. Chityna i chitozanu również wykazują duże zdolności błonotwórcze, a wytworzone z nich folie i powłoki jadalne stanowią barierę w stosunku do ditlenku węgla i tlenu. Oprócz tego charakteryzują się dobrymi właściwościami przeciwbakteryjnymi [19]. Folie jadalne jako osłonki stosowane są już od wielu lat w przemyśle mięsnym i wciąż są udoskonalane, dzięki czemu możliwości ich zastosowania znacznie się zwiększyły. Badane są nowe materiały opakowaniowe, w tym wielowarstwowe, m.in. na bazie furcellaranu oraz składników aktywnych: hydrolizatu żelatyny, kurkuminy, kapsaicyny, montmorylonitu i nanocząstek srebra [15]. Wprowadzenie substancji aktywnej w postaci ekstraktu z kurkuminy z olejkim eterycznym trawy cytrynowej do folii w środkowej warstwie z furcellarany, pomiędzy warstwą z żelatyny i chitozanu, umożliwiło wytworzenie opakowania o działaniu aktywnym w celu efektywnego monitorowania jakości mięsa karpia poprzez zmianę barwy folii [18].

Prawdopodobnie folie jadalne nie zastąpią całkowicie tradycyjnych materiałów, ale wpłyną na zmniejszenie liczby odpadów opakowaniowych, zwiększą wydajność pakowania, a co za tym idzie ograniczą zużycie polimerów ropopochodnych [10]. Folie biopolimerowe można różnie modyfikować w zależności od cech, które są pożądane. Przeprowadza się modyfikację właściwości mechanicznych, odżywczych, sensorycznych poprzez dodatek różnych substancji: plastyfikatorów, środków sieciujących czy związków bioaktywnych [10, 19]. Jadalne folie mają wiele zastosowań w zależności od rodzaju biopolimeru jak również metody wytworzenia lub zastosowanych modyfikacji. Folie z dodatkiem np. kwasu askorbinowego zapobiegają brązowieniu nieenzymatycznemu w przypadku minimalnie przetworzonych owoców i warzyw, dzięki czemu przedłużona jest ich trwałość i przez dłuższy czas są atrakcyjne dla konsumenta [16]. Folie jadalne mogą być również nośnikiem składników odżywczych, np. witamin czy minerałów.

Wytwarzanie folii biopolimerowych może odbywać się na kilka sposobów, które zależą np. od rodzaju używanego biopolimeru lub skali produkcji. Najczęściej stosowaną metodą na skalę laboratoryjną pozyskiwania folii jadalnych jest metoda odlewania (na mokro) [32]. Metodę tę wykorzystuje się w badaniach naukowych, natomiast nie jest stosowana do produkcji na dużą skalę. Oprócz metody odlewania stosuje się także ekstruzję, elektroprzędzenie (*electrospinning*) lub metodę formowania [32]. Niezależnie od zastosowanej metody materiały biodegradowalne, które są w składzie opa-

kowania lub stanowią opakowanie jadalne (np. powłoka chitozanowa), mogą pełnić funkcję aktywną (poprzez kontrolowane uwalnianie substancji o działaniu aktywnym) lub inteligentną, jeżeli w jej składzie znajdują się substancje o odpowiednim działaniu (m.in. poprzez zmianę barwy wskaźnika kolorymetrycznego). Odpowiednie działanie aktywne bądź funkcja inteligentna są uzależnione od zastosowanych dodatków lub technik nadających odpowiednie właściwości.

Opakowania aktywne

Aktywne systemy pakowania żywności obejmują opakowania absorbujące (tlen, ditlenek węgla, wodę, etylen lub zapachy), opakowania wydzielające (ditlenek węgla, etanol lub zapachy), jak również opakowania o właściwościach antybakteryjnych i antyutleniających oraz zabezpieczające barwę produktu [2]. Zastosowanie pochłaniaczy (absorberów) ma na celu usunięcie niepożądanych składników znajdujących się wewnątrz opakowania i stosuje się głównie węgiel aktywny, żel krzemionkowy, celuloza, jony żelaza lub wodorotlenek wapnia. Natomiast emitery uwalniają pożądane substancje o pozytywnym wpływie na produkt oraz zawierają lub wytwarzają związki charakteryzujące się zdolnością ograniczania niekorzystnych procesów [2]. Podczas pakowania warzyw w celu ograniczenia psucia wywołanego przez bakterie stosowane są emitery antybakteryjne. Natomiast wyróżnia się także emitery w postaci m.in. substancji zapachowych (Tab. 1). Najczęściej stosowanymi substancjami o charakterze przeciwbakteryjnym są etanol, siarka oraz ditlenek węgla [38].

Tabela 1. Potencjalne zastosowania aktywnych opakowań do żywności z wybranymi składnikami
Table 1. Potential applications of active food packaging with selected ingredients

Emitery ditlenku węgla Carbon dioxide emitters	Pochłaniacze etylenu Ethylene absorbers	Pochłaniacze tlenu Oxide absorbers	Substancje o działaniu przeciwutleniającym Antioxidants	Substancje o działaniu mikrobiologicznym Antimicrobials
- kwas cytrynowy / citric acid - wodorowęglan sodu / sodium bicarbonate - węglan żelaza / iron carbonate	- tlenki metali / metal oxides - węgiel aktywny / active carbon - ditlenek tytanu / titanium dioxide	- żelazo / iron - kwas galusowy / gallic acid - kwas askorbinowy / ascorbic acid	- olejki eteryczne / essential oils - ekstrakty roślinne / plant extracts - związki fenolowe / phenolic compounds - lignina / lignin	- olejki eteryczne / essential oils - metale / metals - chitozan / chitosan - nizyna / nisin

Objaśnienia / Explanatory notes:
Źródło: Opracowanie własne na podstawie: [2, 7, 37] / Source: Own elaboration based on: [2, 7, 37]

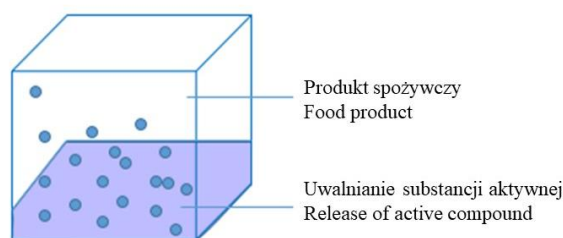
Zaobserwowano, że materiały biopolimerowe mogą być z powodzeniem wzbogacone w różne związki o działaniu aktywnym, które modyfikują ich właściwości fizyczne, wpływając na większą funkcjonalność w zastosowaniach praktycznych [5]. W przemyśle mięsnym najczęściej stosowanymi opakowaniami aktywnymi są opakowania antybakteryjne, opakowania przeciwutleniające (zawierające flawonoidy oraz związki fenolowe) oraz emitujące/generujące ditlenek węgla [28]. Substancje o działaniu aktywnym, które często są dodatkami do żywności i mogą być dodawane do produktów żywnościowych, powinny być stosowane w dawkach całkowicie bezpiecznych dla konsumentów oraz nie powinny mieć negatywnego wpływu na cechy sensoryczne żywności. Szczegółowe zasady stosowania dodatków do żywności uwzględnione są w Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie dodatków do żywności [30]. Oprócz tego stosowanie substancji o działaniu aktywnym powinno być również zgodne z regulacjami i wymaganiami przedstawionymi przez różne agencje, np. Food and Drug Administration (USA) czy Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (UE). Rozporządzenie Komisji (WE) nr 450/2009 z dnia 29 maja 2009 r. w sprawie aktywnych i inteligentnych materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością reguluje zasady stosowania opakowań aktywnych [31]. Obecnie na rynku dostępnych jest wiele systemów opakowań spełniających te wymagania i dopuszczonych do sprzedaży [37], m.in.: opakowania aktywne z antybakteryjnymi składnikami (Biomaster[®], Aglon[®], Surfactive[®]), opakowania aktywne z przeciwutleniającymi składnikami (ATOX), pochłaniacze tlenu (Bioka, FreshPax[®]), pochłaniacze etylenu (Bio-fresh, Ethysorb), pochłaniacze wilgoci (BagStar) i emitery ditlenek węgla (Superfresh, VerifrainsTM). Na rynku polskim można m.in. zaobserwować stosowanie materiału z tworzywa sztucznego w formie arkuszy zawierających pirosiarczyn sodu do opakowań zbiorczych winogron (Grapage[®] dual release).

Mechanizm działania materiałów aktywnych

Na rysunku 1 przedstawiono ideę opakowań aktywnych, wskazując na powolny mechanizm uwalniania się substancji aktywnej z opakowania lub jednej z warstw opakowania. Niekiedy stosowane są tylko pewne dodatkowe elementy zbiorczego opakowania, m.in. folie polimerowe nasączone związkiem aktywnym jako arkusz nad owocami w zamkniętym opakowaniu kartonowym, które zawiera wewnątrz również folię polietylenową.

Odpowiednia regulacja uwalniania substancji aktywnych na powierzchni produktu z powłoki aktywnej lub z wkładki obecnej w opakowaniu produktu umożliwia np. utrzymywanie optymalnego stężenia związków aktywnych, które wpłynie korzystnie na opóźnienie rozwoju mikroorganizmów poprzez zahamowanie namnażania się drobnoustrojów i/lub będzie zapobiegać m.in. utlenianiu się żywności. Dlatego ważne jest,

aby zachować równowagę między szybkością uwalniania oraz kinetyką utleniania żywności [20]. W związku z czym prowadzone są badania nad kontrolowaniem szybkości uwalniania danej substancji w różnych warunkach przechowywania (temperatura, wilgotność, czas), umożliwiając odpowiedni dobór składnika aktywnego, jak również jego efektywność.



Ryc. 1. Idea opakowań aktywnych. Opracowanie własne na podstawie Hu i wsp. [17].

Fig. 1. The idea of active packaging. Own elaboration based on Hu et al. [17].

Aktywne systemy opakowań, w tym folie i powłoki jadalne, mogą również zawierać organiczne lub nieorganiczne związki aktywne zamknięte w saszetkach [38]. Zastosowanie tzw. absorberów tlenu, które w czasie przechowywania uwalniają odpowiednie związki, wpływa na przedłużenie okresu przydatności do spożycia produktów żywnościowych o krótkim okresie przydatności do spożycia, dzięki pochłanianiu tlenu znajdującego się w środowisku opakowania.

Głównym problemem występującym podczas projektowania systemów aktywnych jest szybkość migracji związków aktywnych. Skutkiem zbyt szybkiego uwalniania związków aktywnych do środowiska zapakowanej żywności jest utrata wydłużonej aktywności w okresie przydatności do spożycia produktów żywnościowych. Dodatkowo można zaobserwować gromadzenie się nadmiernej ilości substancji czynnej lub jej utratę w wyniku postępującej degradacji lub wchodzenia w interakcję ze składnikami żywności. Natomiast bardzo wolne tempo uwalniania związków może powodować niewystarczającą ilość związków aktywnych, które opóźniają psucie się żywności, obniżając jej jakość [3].

Substancje o działaniu aktywnym w opakowaniach biopolimerowych

Do najbardziej obiecujących materiałów stosowanych jako składniki opakowań aktywnych zalicza się substancje naturalnie uzyskane z roślin, w tym olejki eteryczne i ekstrakty lub czyste związki wyekstrahowane z roślinnych surowców, które mogą pełnić różną rolę w systemie pakowania, np. działać jako środki przeciwutleniające lub przeciwdrobnoustrojowe. Biorąc pod uwagę strukturę i budowę chemiczną, związki

aktywne charakteryzują się różnorodnymi właściwościami biologicznymi i dzięki temu mogą być stosowane w wielu dziedzinach, w tym w rolnictwie (m.in. w otoczkowaniu nasion roślin uprawnych, takich jak rzepak lub kukurydza) lub w medycynie (m.in. opatrunki biologiczne aktywne) [28].

Związki przeciwdrobnoustrojowe

Opakowania antybakteryjne są rodzajem aktywnego opakowania, zawierającego odpowiednie związki hamujące rozwój bakterii, których działanie wpływa na wydłużenie okresu przydatności do spożycia żywności poprzez ograniczenie wzrostu drobnoustrojów w żywności [30]. Obecność środków przeciwdrobnoustrojowych w materiałach opakowaniowych powoduje stopniowe ich uwalniania do matrycy żywności. Takie działanie eliminuje potrzebę dodawania wysokich stężeń konserwantów do żywności, mających na celu przeciwdziałanie rozwojowi niepożądaney mikroflory bakteryjnej [12].

Związki przeciwutleniające

Eugenol, stanowiący główny składnik fenolowy goździków charakteryzuje się wysoką aktywnością przeciwutleniającą, wpływając na ochronę ludzkiego organizmu przed wolnymi rodnikami oraz chorobami przewlekłymi. Wykazano, że otrzymane folie z dodatkiem eugenolu wykazują potencjał w zakresie stosowania ich jako naturalne konserwanty oraz systemy pakowania przyjazne środowisku. Ponadto otrzymane folie charakteryzowały się barierowością wobec promieniowania UV, dzięki czemu zapobiegały utlenianiu się żywności, a także hamowaniem rozwoju drobnoustrojów takich jak *Escherichia coli* i *Staphylococcus aureus* [14]. Liczne badania wskazują również na pozytywny wpływ opakowań aktywnych na przedłużenie trwałości mikrobiologicznej i chemicznej pakowanej żywności bez znacznego wpływu na cechy organoleptyczne i sensoryczne produktu [24].

Kwasy fenolowe

Jako metabolity roślinne kwasy fenolowe występują w wielu ekstraktach roślinnych i posiadają właściwości przeciwutleniające oraz przeciwdrobnoustrojowe, które mogą być zróżnicowane i mogą wynikać z różnej struktury molekularnej. Kwasy fenolowe w porównaniu z olejkami eterycznymi nie wywierają silnego wpływu sensorycznego na produkty żywnościowe [29]. Oprócz tego zastosowanie kwasów fenolowych do folii biopolimerowych może skutkować interakcjami cząsteczki biopolimeru, modyfikując usieciowaną sieć struktury matrycy folii jadalnych, czego skutkiem będzie poprawienie się właściwości barierowych lub mechanicznych, wodoodporności lub stabilności termicznej [40]. Dodatek kwasu garbnikowego skutecznie wpływa na ograniczenie przenikania światła UV i wykazuje podwyższoną aktywność przeciwdrobnoustrojową niż *E. Coli*. Ponadto folie te charakteryzowały się dobrą barierowo-

ścią wobec pary wodnej, a wraz ze zwiększaniem się stężenia kwasu garbnikowego zmieniła się przepuszczalność pary wodnej z $1,24 \cdot 10^6$ g/m/h/Pa do $0,54 \cdot 10^6$ g/m/h/Pa [21]. Zastosowanie kwasu ferulowego, który jest jednym z najbardziej rozpowszechnionych kwasów fenolowych w roślinach, jako dodatku do powłok i filmów jadalnych wpływa na zwiększenie ich wytrzymałości na rozciąganie i zrywanie. Oprócz tego kwas ferulowy charakteryzuje się działaniem przeciwutleniającym, przeciwdrobnoustrojowym, przeciwzapalnym, przeciwzakrzepowym i przeciwnowotworowym. Powlekanie świeżo krojonych jabłek powłokami otrzymywanymi na bazie izolatu białka sojowego oraz kwasu ferulowego wpłynęło na wydłużenie okresu przydatności do spożycia, a także na zadowalające wyniki barwy, które sugerowały zmniejszenie degradacji oksydacyjnej [4].

Olejki eteryczne

Olejki eteryczne stanowią grupę związków, która jest pozyskiwana poprzez ekstrakowanie z różnych części roślin (np. kora, pąki, kwiaty, owoce, liście, skórki, korzenie, nasiona). Ponadto są one skoncentrowanymi i złożonymi cieczami pozyskiwanymi ze złożonych mieszanin aromatycznych hydrofobowych oleistych związków lotnych. Olejki eteryczne wykazują działanie antybakteryjne, przeciwutleniające oraz przeciwgrzybicze [25]. Istnieje wiele doniesień o stosowaniu olejków eterycznych w powłokach i foliach jadalnych. Na przykład folie chitozanowe zawierające olejek eteryczny *Eucalyptus globulus*, zastosowano do pakowania kielbasy w plastrach, ze względu na wysoki potencjał przeciwdrobnoustrojowy, natomiast powłoki na bazie chitozanu zawierające olejek cytrynowy, które stosowano na truskawki, wpłynęły na opóźnienie procesu ich dojrzewania [33]. Olejek cynamonowy charakteryzuje się korzystnym działaniem przeciwbakteryjnym wobec m.in. *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* lub *Salmonella typhimurium*. Zarówno olejek eteryczny z liści oraz kory cynamonu jest uznawany za doskonały środek konserwujący do opracowywania aktywnego środka przeciwbakteryjnego stosowanego w opakowaniach. Jednak ze względu na zbyt duże zmiany smaku produktów zawierających olejek eteryczny z cynamonu, jak również hydrofobowy charakter olejku, niską stabilność, a także wysoki koszt produkcji, nie obserwuje się ich powszechnego stosowania eterycznego olejku z cynamonu w przemyśle żywnościowym [22].

Ekstrakty roślinne

Dodatek ekstraktów roślinnych do biodegradowalnych folii opakowaniowych wpływa na modyfikację właściwości fizykochemicznych, mechanicznych i barierowych, a oprócz tego na właściwości przeciwdrobnoustrojowe i przeciwutleniające, poprawiając ich trwałość. W wyniku takich działań otrzymywane są folie i powłoki

jadalne o ulepszonych właściwościach i większym potencjale zastosowań w opakowaniu żywności. Zachodzenie oddziaływań między danym biopolimerem a ekstraktem roślinnym zależy przede wszystkim od jego natury, składu chemicznego, zastosowanych stężeń biopolimeru i ekstraktu oraz właściwości strukturalnych składników aktywnych. Polifenole, będące naturalnymi związkami organicznymi, składające się z kilku jednostek fenolowych to są przede wszystkim przeciwutleniacze, pozyskiwane ze źródeł roślinnych. Natomiast, polifenole izolowane z liści herbaty, są stosowane w przemyśle żywnościowym i opakowaniowym ze względu na właściwości konserwujące, jako składniki w aktywnych opakowaniach do żywności, które wpływają na utrzymywanie ogólnego wyglądu i jakości pakowanej żywności. Głównym problemem w pakowaniu żywności jest możliwość zachodzenia reakcji utleniania różnych produktów żywnościowych oraz ich składników. Zastosowanie polifenoli w opakowaniach aktywnych wpływa na spowolnienie reakcji utleniania oraz zapobiega namnażaniu się wybranych drobnoustrojów. Jednakże czynnikami ograniczającymi ich powszechne stosowanie jest ich niska biodostępność, gorzki smak oraz niekorzystny wpływ parametrów środowiskowych (temperatura, pH, światło lub ekspozycja na niektóre gazy) zmniejszających ich bioaktywne działanie [8].

Nanocząstki metali

Wśród innowacji w branży opakowań do żywności wymienia się zastosowanie biodegradowalnych polimerów wzmocnionych nanocząsteczkami metali, ze względu na polepszenie ich właściwości technologicznych, szczególnie większą wytrzymałość mechaniczną oraz barierowość wobec gazów [34]. Ponadto dodatek jonów metali takich jak srebro, miedź lub złoto do matrycy polimeru wpływa na poprawę właściwości mechanicznych folii biopolimerowych, odporności termicznej oraz właściwości przeciwdrobnoustrojowych. Natomiast kompatybilność nanocząstek i ich różnych postaci czyni je doskonałymi składnikami do wzmacniania opakowań. Z przeprowadzonych badań wynika, że nanocząstki cynku wpływają na zahamowanie rozwoju bakterii, natomiast nanocząstki tytanu wykazują działanie przeciwdrobnoustrojowe, w tym *Vibrio parahaemolyticus*, *Listeria monocytogenes* i *Salmonella enterica* [9].

Zastosowanie biopolimerowych materiałów aktywnych do żywności

Mięso, ryby i produkty powstałe z ich przetwórstwa są artykułami żywnościowymi, które przechowywane w nieodpowiednich warunkach łatwo się psują. Dlatego do konserwowania i pakowania tej żywności mogą być zastosowane jadalne folie lub powłoki samodzielnie lub w połączeniu ze składnikami aktywnymi, które wpływają na wydłużenie okresu przechowywania, zapobiegają utracie wilgoci i ograniczają wzrost mikroorganizmów chorobotwórczych [13, 36]. W Polsce można zaobserwować głównie różnego rodzaju zastosowania praktyczne biopolimerowych folii jadalnych i po-

włók ochronnych, m.in. osłonki jadalne z alginianu sodu do kabanosów, warstwy glazurujące do gum do żucia z wosku carnauba, warstwy oddzielające chrupki wafelek od wilgotnego nadzienia w produktach wielowarstwowych typu lody, batony i ciastka, jak również powłoki z wosku pszczelego do wyrobów cukierniczych [13]. Jednakże, prowadzone są badania nad zastosowaniem materiałów biopolimerowych w formie folii lub powłoki zawierających różnego rodzaju substancje o działaniu aktywnym omówione w poprzednim rozdziale. Z przeprowadzonych dotychczas badań wynika, że zastosowanie powłok jadalnych z dodatkiem olejku eterycznego z oregano wpłynęło na wydłużenie okresu przechowywania mięsa z piersi kurcząt z 6 do 13 dni w temperaturze 4 °C [9]. Zastosowanie powłok jadalnych z dodatkiem olejku z oregano wpłynęło również na zahamowanie rozwoju bakterii psychrofilnych, pleśni i drożdży podczas przechowywania niskotłuszczowego sera krojonego, zapobiegając jego psuciu [6]. Według raportu Food Wastage Footprint and Climate Change Report [11] około 15 % wszystkich owoców i 25 % wszystkich warzyw jest marnotrawionych. Odpady poprodukcyjne owocowo-warzywne są bogatym źródłem składników odżywczych, wykorzystywanych również w opracowywaniu aktywnych folii opakowaniowych. Zhang i wsp. [40] wykazali, że folie wzbogacone 4-procentowym ekstraktem ze skórki banana i 2-procentowym dodatkiem chitozanu utworzyły materiały o gładkiej i zwartej strukturze. Otrzymane folie charakteryzowały się również właściwościami przeciwutleniającymi i wysoką wytrzymałością na rozciąganie. Ponadto folie te wykazywały zmniejszenie przepuszczalności wilgoci i pary wodnej w porównaniu z próbą kontrolną niezawierającą ekstraktu ze skórki banana i chitozanu, a zastosowanie ich w formie powłoki ochronnej na jabłka skutkowało spowolnieniem dojrzewania owoców, zachowaniem twardości, masy oraz poziomu kwasu askorbinowego. Mannozi i wsp. [23] w swoich badaniach zaobserwowali, że zastosowanie powłok aktywnych na borówkach opóźniło proces psucia się owoców oraz szybkość oddychania i transpiracji. Badania powyższe potwierdzają, że stosowanie powłok jadalnych na powierzchni owoców borówki ma pozytywny wpływ na poprawę ogólnej wizualnej jakości owoców i zmniejszenie wzrostu drożdży i mezofilnych bakterii tlenowych oraz utrzymuje atrakcyjność powierzchni powlekanych produktów. Opakowania niebiopolimerowe również mogą być wzbogacane w aktywne związki, jak na przykład woskowijki z bawełny organicznej wzbogacone w wosk pszczeli, żywicę sosnową i olej jojoba, które wpływają na zwiększenie trwałości w czasie przechowywania takich produktów żywnościowych, jak chleb, kanapki, ser, warzywa i owoce lub inne przekąski.

Wnioski

1. Przedstawione w niniejszym opracowaniu folie jadalne jako materiały opakowaniowe tworzone mogą być z biopolimerów ze składników żywności lub innych źródeł odnawialnych. Wytwarzanie ich może odbywać się w oparciu o powszech-

nie stosowane metody produkcji opakowań, m.in. rozdmuch lub termoformowanie tacek z wytłoków poprodukcyjnych na owoce.

2. Stosowanie biopolimerowych aktywnych materiałów opakowaniowych do żywności, czyli takich, które zostały wzbogacone o uwalniające się składniki o działaniu aktywnym, wpływa na wydłużenie okresu przydatności do spożycia wielu produktów spożywczych żywnościowych, poprzez zabezpieczenie żywności m.in. przed niekorzystnym wpływem drobnoustrojów oraz procesem utleniania.
3. Na rynku żywności można zaobserwować opakowania z biopolimerów, które są biodegradowalne lub kompostowalne a wraz z ich popytem szacuje się, że cena takich materiałów w przyszłości będzie bardziej porównywalna z tradycyjnymi materiałami opakowaniowymi. Dodatkowo wprowadzanie różnego rodzaju substancji aktywnych naturalnego pochodzenia, takich jak olejki eteryczne, związki fenolowe lub ekstrakty roślinne, może przyczynić się do zachowania jakości żywności, jak również może wpływać na ograniczenia marnotrawienia żywności.

Literatura

- [1] Agarwal A., Shaida B., Rastogi M., Singh N.B.: Food packaging materials with special reference to biopolymers-properties and applications. *Chemistry Africa*, 2023, 6, 117-144.
- [2] Ahmed M.W., Haque M.A., Mohibbullah M., Khan M.S.I., Islam M.A., Mondal M.H.T., Ahmmed R.: A review on active packaging for quality and safety of foods: Current trends, applications, prospects and challenges. *Food Packag. Shelf Life*, 2022, 33, 100913.
- [3] Almasi H., Oskouie M.J., Saleh A.: A review on techniques utilized for design of controlled release food active packaging. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2021, 61(15), 2601-2621.
- [4] Alves M.M., Gonçalves M.P., Rocha C.M.R.: Effect of ferulic acid on the performance of soy protein isolate-based edible coatings applied to fresh-cut apples. *LWT-Food Sci. Technol.*, 2017, 80, 409-415.
- [5] Amin U., Khan M. U., Majeed Y., Rebezov M., Khayrullin M., Bobkova E., Shariati, M.A., Chung I.M., Thiruvengadam M.: Potentials of polysaccharides, lipids and proteins in biodegradable food packaging applications. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2021, 183, 2184-2198.
- [6] Artiga-Artigas M., Acevedo-Fani A., Martin-Belloso O.: Improving the shelf life of low-fat cut cheese using nanoemulsion-based edible coatings containing oregano essential oil and mandarin fiber. *Food Control*, 2017, 76, 1-12.
- [7] Asgher M., Qamar S.A., Bilal M., Iqbal H.M.N.: Bio-based active food packaging materials: Sustainable alternative to conventional petrochemical-based packaging materials. *Food Res. Int.*, 2020, 137, #109625.
- [8] Dai J., Sameen D.E., Zeng Y., Li S., Qin W., Liu Y.: An overview of tea polyphenols as bioactive agents for food packaging applications. *LWT-Food Sci. Technol.*, 2022, 167, 1-11.
- [9] Dash K.K., Deka P., Bangar S.P., Chaudhary V., Trif M., Rusu A.: Applications of inorganic nanoparticles in food packaging: a comprehensive Review. *Polymers*, 2022, 14, 1-17.
- [10] Dąbrowski M., Lesiów T., Saadi Y.: Zastosowanie folii i powłok jadalnych w utrwalaniu żywności. w: Lesiów T. (red.). Zastosowanie opakowań aktywnych i inteligentnych oraz powłok i folii jadal-

- nich w przemyśle żywnościowym. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław, 2020, 69-110.
- [11] FAO: Food Wastage Footprint and Climate Change Report, 2015.
 - [12] Fernández-Pan I., Carrión-Granda X., Maté J.I.: Antimicrobial efficiency of edible coatings on the preservation of chicken breast fillets. *Food Control*, 2014, 36(1), 69-75.
 - [13] Galus S., Gouathitz M., Kowalska H., Debeaufort F.: Effect of candelilla or carnauba wax on barrier, mechanical, optical, structural properties of sodium caseinate edible films. *Int. J. Molecular Sci.*, 2020, 21(24), 9349, 1-20.
 - [14] Gengatharan A., Rahim M.H.A.: The application of clove extracts as a potential functional component in active food packaging materials and model food systems: A mini-review. *Appl. Food Res.*, 2023, 3, 1-7.
 - [15] Grzebieniarsz W., Tkaczewska J., Juszcak L., Krzyściak P., Cholewa-Wójcik A., Nowak N., Guzik P., Szuwarzyński M., Mazur T., Jamróz E. Improving the quality of multi-layer films based on furcellaran by immobilising active ingredients and impact assessment of the use of a new packaging material. *Food Chem.*, 2023, 428, #136759.
 - [16] Hassan B., Chatha S.A.S., Hussain A.I., Zia K.M., Akhtar N.: Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2018, 109, 1095-1107.
 - [17] Hu X., Lu C., Tang H., Pouri H., Joulin E., Zhang J.: Active food packaging made of bopolymer-based composites. *Materials*, 2023, 16, #279.
 - [18] Jamróz E., Cabaj A., Tkaczewska J., Kawecka A., Krzyściak P., Szuwarzyński M., Mazur T., Juszcak L. Incorporation of curcumin extract with lemongrass essential oil into the middle layer of triple-layered films based on furcellaran/chitosan/gelatin hydrolysates – In vitro and in vivo studies on active and intelligent properties. *Food Chem.*, 2023, 402, #134476.
 - [19] Kocira A., Kozłowicz K., Panasiewicz K., Staniak M., Szpunar-Krok E., Hortynska P.: Polysaccharides as edible films and coatings: characteristics and influence on fruit and vegetable quality-a review. *Agronomy*, 2021, 11(5), #813.
 - [20] Kuai L., Liu F., Chiou B.S., Avena-Bustillos R.J., McHugh T.H., Zhong F.: Controlled release of antioxidants from active food packaging: A review. *Food Hydrocoll.*, 2021, 120, 1-14.
 - [21] Li H., Liu C., Sun J., Lv S.: Bioactive edible sodium alginate films incorporated with tannic acid as antimicrobial and antioxidative food packaging. *Foods*, 2022, 11, 1-15.
 - [22] Lucas-Gonzales R., Yilmaz B., Khaneghah A.M., Hano C., Shariati M.A., Bangar S.P., Goksen G., Dhama K., Lorenzo J.M.: Cinnamon: An antimicrobial ingredient for active packaging. *Food Packag. Shelf Life*, 2023, 35, 1-15.
 - [23] Mannozi C., Cecchini J. P., Tylewicz U., Siroli L., Patrignani F., Lanciotti R., Rocculi P., Rosa M.D., Romani S.: Study on the efficacy of edible coatings on quality of blueberry fruits during shelf-life. *LWT-Food Sci. Technol.*, 2017, 85, 440–444.
 - [24] Masarczyk M., Lesiów T. Zastosowanie opakowań aktywnych i inteligentnych w żywności. *Gospodarka Mięsna*, 2022, 8, 24-35.
 - [25] Masyita A., Sari R.M., Astuti A.D., Yasir B., Rumata N.R., Emran T.B., Nainu F., Simal-Gandara J.: Terpenes and terpenoids as main bioactive compounds of essential oils, their roles in human health and potential application as natural food preservatives. *Food Chemistry: X*, 2022, 13, 1-14.
 - [26] Mikus M., Galus S.: Powlekanie żywności – materiały, metody i zastosowanie w przemyśle spożywczym. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.*, 2020, 27, 4(125), 5-24.
 - [27] Moeini A., Pedram P., Fattahi E., Cerruti P., Santagata G.: Edible polymers and secondary bioactive compounds for food packaging applications: antimicrobial, mechanical, and gas barrier properties. *Polymers*, 2022, 14, 1-21.

- [28] Nethra P.V., Sunooj K.V., Aaliya B., Navaf M., Akhila P.P., Sudheesh C., Mir, S.A., Shijin A., George J.: Critical factors affecting the shelf life of packaged fresh red meat – A review. *Measurement: Food*, 2023, 10, 1-10.
- [29] Ordoñez R., Atarés L., Chiralt A.: Biodegradable active materials containing phenolic acids for food packaging applications. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 2022, 21, 3910-3930.
- [30] Rozporządzenie 2008: Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1831/2003 z dnia 22 października 2003 r. w sprawie dodatków do żywności. *Official Journal of the European Union*, L 261/1.
- [31] Rozporządzenie 2009: Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1831/2003 z dnia 22 października 2003 r. w sprawie aktywnych i inteligentnych materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością. *Official Journal of the European Union*, L 261/1.
- [32] Sani M. A., Azizi-Lalabadi M., Tavassoli M., Mohammadi K., McClements D. J.: Recent advances in the development of smart and active biodegradable packaging materials. *Nanomaterials*, 2021, 11(5), #1331.
- [33] Sharma S., Barkauskaite S., Jaiswal A.K., Jaiswal S.: Essential oils as additives in active food packaging. *Food Chem.*, 2021, 343, 1-10.
- [34] Souza V.G.L., Fernando A.L.: Nanoparticles in food packaging: Biodegradability and potential migration to food – a review. *Food Packag. Shelf Life*, 2016, 8, 63-70.
- [35] Suhag R., Kumar N., Petkoska A.T., Upadhyay A.: Film formation and deposition methods of edible coating on food products: A review. *Food Res. Int.*, 2020, 136, 109582.
- [36] Umaraw P., Muneke P.E.S., Verma A.K., Barba F.J., Singh V.P., Kumar P., Lorenzo J.M.: Edible films/coatings with tailored properties for active packaging of meat, fish and derived products. *Trends Food Sci. Technol.*, 2020, 98, 10-24.
- [37] Vilela C., Kurek M., Hayouka Z., Röcker B., Yildirim S., Antunes M.D.C., Nilsen-Nygaard J., Pettersen M.K., Freire C.S.R.: A concise guide to active agents for active food packaging: *Trends Food Sci. Technol.*, 2018, 80, 212-222.
- [38] Wyrwa J., Barska A.: Innovations in the food packaging market: active packaging. *Eur. Food Res. Technol.*, 2017, 243, 1681-1692.
- [39] Yan M.R., Hsieh S., Ricacho N.: Innovative food packaging, food quality and safety and consumer perspectives. *Processes*, 2022, 10, 747, 1-13.
- [40] Zhang W., Li X., Jiang W.: Development of antioxidant chitosan film with banana peels extract and its application as coating in maintaining the storage quality of apple. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2019, 154, 1205-1214.

BIOPOLYMER ACTIVE MATERIALS FOR FOOD

S u m m a r y

Background. The aim of the work was to discuss solutions used in the development of biopolymer active materials for food for the food industry. Biopolymers such as polysaccharides, proteins and lipids are increasingly used in active food packaging materials due to their biodegradability and biocompatibility. In addition, they are used as carriers of various types of functional substances, e.g. antioxidant substances and agents inhibiting the development of pathogenic microorganisms, mainly to increase the safety of food products. In contrast to packaging made of biopolymers, the use of polymeric materials from non-renewable raw materials has a significant impact on the environment and a negative impact on the accumulation of packaging waste. Edible materials, utilized in the form of films or coatings, can extend the

quality and shelf life of food. In addition, we can observe nowadays the use of gentle food processing methods, as well as new packaging materials derived from renewable raw materials.

Results and conclusion. The key area of development is currently new strategies of active packaging in which natural substances can be used. Intensive scientific research is being carried out to create active packaging with improved mechanical, barrier, antioxidant and antimicrobial properties. The practical use of active packaging can have an impact on the reduction of food waste, and reducing this phenomenon is one of the goals of the circular economy model, which has also been included in the European Green Deal. This publication is a review of current research achievements regarding the use of food packaging materials based on biopolymers, along with a discussion of various types of active substances and their impact on the durability of selected food products.

Key words: biopolymers, active packaging, edible films and coatings, food safety, biodegradability 

IGA PIASECKA, EWA OSTROWSKA-LIGĘZA, STANISŁAW KALISZ,
AGATA GÓRSKA

CHARAKTERYSTYKA WŁAŚCIWOŚCI TERMICZNYCH NASION Z CZARNEJ I CZERWONEJ PORZECZKI

Streszczenie

Wprowadzenie. Porzeczki są jednymi z szeroko uprawianych owoców w Polsce i przeznaczone są głównie na produkcję soków i koncentratów owocowych. Wytłoki owocowe, stanowiące produkt uboczny przemysłu owocowego, są bogate w nasiona, które mogą stanowić cenny surowiec w przemyśle spożywczym, z uwagi na zawartość polisacharydów oraz tłuszczu o unikalnym profilu kwasów tłuszczowych. Celem pracy była ocena właściwości termicznych nasion czarnych i czerwonych porzeczek oraz ocena możliwego kierunku ich zastosowania w przemyśle spożywczym, tak, aby produkcja owoców i przetworów owocowych była zgodna z zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym oraz w celu pozyskania nowych źródeł składników odżywczych. Zbadano nasiona czarnych i czerwonych porzeczek. Wykorzystano metody różnicowej kalorymetrii skaningowej, modulowanej różnicowej kalorymetrii skaningowej oraz analizy termograwimetrycznej.

Wyniki i wnioski. Dobrane metody okazały się użytecznym narzędziem do oceny właściwości termicznych nasion porzeczek. Wyniki uzyskane z użyciem różnicowej kalorymetrii skaningowej dostarczyły informacji, iż badany materiał zawiera związki polisacharydowe oraz tłuszcz. W badaniu z zastosowaniem modulowanej różnicowej kalorymetrii skaningowej wyznaczono temperatury przejścia szklistego, których wartości mogą wskazywać na zmniejszoną stabilność materiału w trakcie przechowywania. Analiza termograwimetryczna pozwoliła określić zakres przemian związanych z utratą masy w próbkach poddawanych ogrzewaniu do temperatury 700 °C. Otrzymane wyniki badań pozwalają wnioskować, iż nasiona czarnych i czerwonych porzeczek, pozyskane z wytłoków owocowych mogą znaleźć zastosowanie w przemyśle spożywczym.

Słowa kluczowe: nasiona owocowe, różnicowa kalorymetria skaningowa, analiza termograwimetryczna, czarna porzeczka, czerwona porzeczka

*Mgr farm. I. Piasecka, ORCID: 0000-0002-8346-0939, Katedra Chemii; Dr hab., prof. SGGW E. Ostrowska-Ligęza, ORCID: 0000-0002-8387-8462, Katedra Chemii; Dr hab. S. Kalisz, ORCID: 0000-0001-7592-2470, Katedra Technologii i Oceny Żywności; Dr hab., prof. SGGW A. Górską, ORCID: 0000-0002-7134-3719, Katedra Chemii, Instytut Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159C, 02-776 Warszawa;
Kontakt: e-mail: iga_piasecka @sggw.edu.pl*

Wprowadzenie

Porzeczka jest krzewem owocowym uprawianym w Polsce na szeroką skalę. Produkcja owoców porzeczki w 2022 roku według danych Głównego Urzędu Statystycznego wyniosła ponad 145 tysięcy ton [7]. W opracowaniu nie ma podziału na gatunek lub odmianę porzeczki, więc podana wartość odnosi się do wszystkich odmian porzeczek. Z owoców tych wytwarza się m.in. soki i koncentraty, których proces produkcji skutkuje wytworzeniem wyłoków owocowych, postrzeganych jako produkt uboczny technologii przetwarzania owoców. Obecnie wyłoki owocowe przerabiane są na paszę dla zwierząt lub stanowią dodatek do żywności ze względu na zawartość związków bioaktywnych, pektyn czy błonnika [1, 22]. W wyłoku, poza resztkami miąższu owoców, skórkami, łodygami czy liśćmi, znajdują się nasiona owocowe. Stanowią one mogą cenny surowiec w przemyśle spożywczym z uwagi na zawartość oleju o wysokim udziale wielonienasyconych kwasów tłuszczowych i związków bioaktywnych [20] oraz unikalny skład frakcji polisacharydowej [12].

Aby ocenić użyteczność nasion owocowych w przemyśle spożywczym, zasadne wydaje się przeprowadzenie analizy termicznej tego materiału z wykorzystaniem metod umożliwiających ocenę stabilności oraz przemian w zmiennych warunkach temperaturowych i środowiskowych. Do tego celu może posłużyć różnicowa kalorymetria skaningowa (DSC), która pozwala na analizę przepływu ciepła w próbce w zmiennej temperaturze układu. Uzyskane wyniki pomagają zobrazować przemiany składników badanego materiału, np. tłuszczu, węglowodanów lub białek [13]. Modulowana różnicowa kalorymetria skaningowa (MDSC) to odmiana kalorymetrii, która bazuje na sinusoidalnym modulowaniu jednostajnie zmieniającej się temperatury. Pozwala to na obserwację szczegółowych zmian przepływu ciepła i tym samym na wyznaczenie charakterystycznych temperatur przejścia szklistego badanego materiału [18]. Analiza termogravimetryczna (TG) pozwala określić zakres przemian związanych z utratą masy, zachodzących w próbce w rosnącej temperaturze.

Celem niniejszej pracy była ocena właściwości termicznych nasion czarnych i czerwonych porzeczek, stanowiących produkt uboczny przemysłu owocowego, poprzez przeprowadzenie badań różnicowej kalorymetrii skaningowej, modulowanej różnicowej kalorymetrii skaningowej i analizy termogravimetrycznej, które pozwalają na określenie przemian termicznych zachodzących w badanej próbce, a w konsekwencji zdefiniowanie stabilności materiału w danym zakresie temperatur. Dodatkowo określono możliwości wykorzystania nasion porzeczek w przemyśle spożywczym, tak, aby produkcja owocowa była zgodna z zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym oraz w celu pozyskania nowych źródeł składników odżywczych.

Material i metody

Materiał do badań pozyskano z wytlóków owocowych uzyskanych w procesie tłoczenia soków w prasie laboratoryjnej (HPL 14, Bucher Unipektin, Niederweningen, Szwajcaria). Odważono po ok. 10 kg owoców czarnej porzeczki (*Ribes nigrum* var. Ruben) i czerwonej porzeczki (*Ribes rubrum* var. Jonkheer van Tets), pochodzących z lokalnych upraw. Soki tłoczono z zastosowaniem ciśnienia ok. 3 Bar, z wydajnością 41 % oraz 69 % odpowiednio dla czarnej i czerwonej porzeczki. Powstałe wytloki wysuszone w prototypowej, konwekcyjnej suszarce laboratoryjnej w temperaturze 45 °C, przy przepływie powietrza 1,5 m/s do uzyskania aktywności wody $0,362 \pm 0,015$ w przypadku czarnej porzeczki i $0,254 \pm 0,012$ w przypadku porzeczki czerwonej, zmierzonej w higrometrze Rotronic HygroLab C1 (Rotronic AG, Bassersdorf, Szwajcaria) w temperaturze $25 \pm 0,3$ °C. Wysuszone wytloki poddano mechanicznemu rozdziałowi na frakcję bez nasion i frakcję składającą się głównie z nasion, których po zmieleniu w młynku laboratoryjnym IKA Tube Mill (IKA Werke Staufen im Breisgau, Niemcy), z zastosowaniem 20 000 obr./min w czasie 20 s użyto do przeprowadzenia niniejszych badań.

Różnicowa kalorymetria skaningowa

Badanie różnicowej kalorymetrii skaningowej (DSC) przeprowadzono z wykorzystaniem kalorymetru TA Q200 (TA Instruments, New Castle, USA) poprzez umieszczenie w celi pomiarowej 12 ÷ 13 mg próbek zmielonych nasion czarnej i czerwonej porzeczki w aluminiowych naczynkach, zamykanych hermetycznie, o objętości 30 µl. Użyto też pustego naczynka jako próbki referencyjnej. Próbkę doprowadzono do temperatury -70 °C i ogrzewano z szybkością 5 °C/min do 200 °C w atmosferze azotu o przepływie 50 ml/min. Kalibrację urządzenia przeprowadzono przy użyciu standardowego czystego indu. Pomiar ciepła właściwego skalibrowano przy użyciu wzorca szafirowego. W wyniku analiz otrzymano wykresy przepływu ciepła (W/g) w funkcji temperatury i wyznaczono na nich maksymalne temperatury przemian (T_{peak}) [3].

Modulowana różnicowa kalorymetria skaningowa

W celu ustalenia temperatury przejścia szklistego sproszkowanych nasion porzeczek przeprowadzono badanie różnicowej kalorymetrii skaningowej z modulacją temperatury (MDSC) także z wykorzystaniem kalorymetru TA Q200 (TA Instruments, New Castle, USA). Odważone w aluminiowych naczynkach próbki (12-13 mg) sproszkowanych nasion czarnej i czerwonej porzeczki zamknięto hermetycznie i wraz z pustym naczynkiem referencyjnym umieszczono w celi pomiarowej aparatu w atmosferze azotu o szybkości przepływu 50 ml/min. Próbkę schłodzono do temperatury -70 °C i utrzymywano w tych warunkach przez 5 min. Następnie ogrzewano je do 60 °C, z szybkością 2 °C /min, z modulacją w czasie 60 s. Otrzymane krzywe przeana-

lizowano pod kątem całkowitego, odwracalnego i nieodwracalnego przepływu ciepła i wyznaczono punkty odpowiadające temperaturze przejścia szklistego [17].

Analiza termograwimetryczna

Analizę termograwimetryczną przeprowadzono w urządzeniu Discovery TGA (TA Instruments New Castle, USA), które zostało skalibrowane z użyciem referencyjnych materiałów: alumelu, stopów niklu i kobaltu oraz czystego niklu i kobaltu. Zważono ok. $7 \div 8$ mg sproszkowanych nasion czarnej i czerwonej porzeczki i umieszczono na wytarowanych naczynkach platynowych z ceramicznym spiekami. Pomiarów dokonano w atmosferze azotu oraz tlenu o szybkości przepływu 25 ml/min. Próbkę ogrzewano w zakresie temperatur $50 \div 700$ °C, z szybkością 10 °C/min. Otrzymane krzywe TG były graficznym zilustrowaniem utraty masy próbki w funkcji temperatury. Na podstawie uzyskanych wyników wyznaczono także pierwszą pochodną [16].

Analiza statystyczna

Przeprowadzono po 3 powtórzenia dla wszystkich eksperymentów, uzyskane wyniki DSC i MDSC poddano testowi t-Studenta dla zmiennych niezależnych, w celu zidentyfikowania różnic w średnich wynikach na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Różnicowa kalorymetria skaningowa

Analiza krzywych uzyskanych w badaniu różnicowej kalorymetrii skaningowej (DSC) (Ryc. 1) umożliwiła wyznaczenie temperatur przemian endotermicznych odpowiadających topnieniu frakcji tłuszczowej oraz przemianom węglowodanów. Dokładne wyniki przedstawiono w Tabeli 1. Różnice w intensywności pików, widocznych na krzywej DSC wynikają z różnego udziału poszczególnych składników w składzie materiału. Na podstawie uzyskanych wyników temperatur przemian endotermicznych można stwierdzić, iż w nasionach czarnych i czerwonych porzeczek dominują związki polisacharydowe, o czym świadczy dominujący pik na wykresie DSC w okolicach 163 °C i 168 °C odpowiednio dla nasion czarnej i czerwonej porzeczki. W badaniu Helbig i wsp. [11] opisano odtłuszczone nasiona czarnej porzeczki, których frakcję węglowodanową stanowił głównie błonnik, zarówno rozpuszczalny (57,5 %), jak i nierozpuszczalny (42,5 %) o wysokiej zawartości hemicelulozy (24 %), celulozy (10,3 %) i ligniny (8,2 %). Frakcja tłuszczowa stanowi mniejszy udział w składzie nasion, jednakże charakterystyczny pik zarejestrowany na krzywej DSC nasion czarnej porzeczki zarejestrowano w niniejszej pracy w temperaturze zgodnej z temperaturą topnienia tłuszczu wyekstrahowanego z nasion czarnych porzeczek wynoszącą, według Górskiej i wsp. [9] około -37 °C.

Tabela 1. Wyniki analizy DSC nasion czarnej porzeczki (BC) i czerwonej porzeczki (RC)

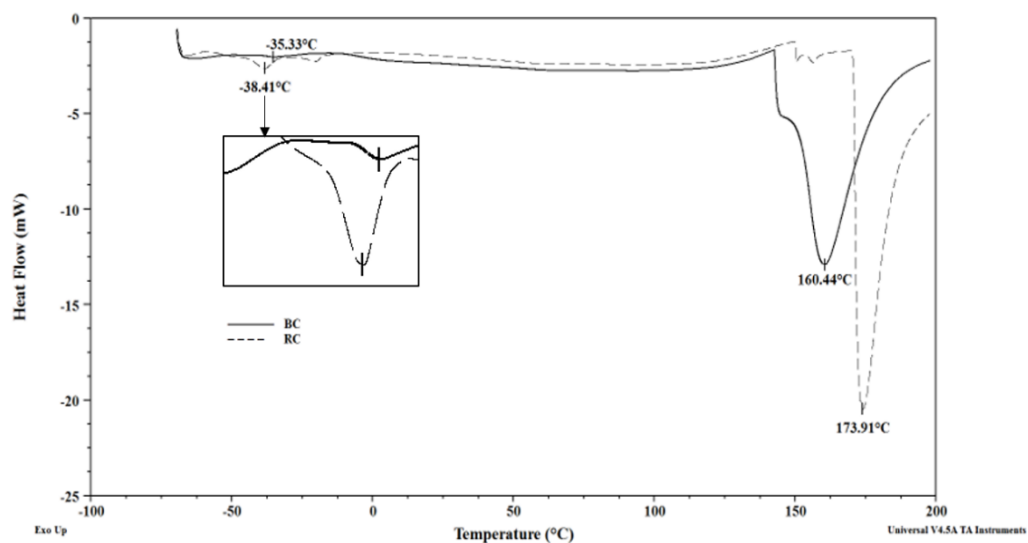
Table 1. DSC analysis results for black currant (BC) and red currant (RC) seeds

Nasiona / Seeds	Temperatura przemiany endotermicznej I / Temperature of endothermal transition I [°C]	Temperatura przemiany endotermicznej II / Temperature of endothermal transition II [°C]
BC	- 35,09 ^b ± 0,35	163,42 ^a ± 3,26
RC	- 38,30 ^a ± 0,16	168,43 ^a ± 5,47

Objaśnienia / Explanatory notes:

w tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / table shows mean values ± standard deviation; wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi małymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p < 0,05$ / mean values in columns denoted by different small superscript letters differ statistically significantly at $p < 0.05$

Przebieg krzywych DSC nasion porzeczek zbliżony jest do przebiegu krzywych DSC nasion aronii, malin i jeżyn [19]. Ewentualne różnice w temperaturach zarejestrowanych przemian ściśle zależą od badanego materiału. Topnienie oleju pochodzącego z różnych surowców przebiega w zróżnicowanych temperaturach, podobnie jak przemiana frakcji węglowodanowej, co pozwala na zastosowanie DSC jako metody oceniającej autentyczność produktów żywnościowych, w tym olejów [21].



Ryc. 1. Przykładowe krzywe DSC ogrzewania nasion czarnej porzeczki (BC, linia ciągła) oraz czerwonej porzeczki (RC, linia przerywana)

Fig. 1. Examples of DSC heating curves for black currant (BC, solid line) and red currant (RC, dashed line) seeds

Modulowana różnicowa kalorymetria skaningowa

Wynik badania modulowanej różnicowej kalorymetrii skaningowej (MDSC) pozwala wyznaczyć temperaturę przejścia szklistego badanego materiału. Na podstawie krzywych, będących rezultatem przeprowadzonej analizy, wyznaczono jedno przejście szkliste dla nasion czarnej porzeczki i dwa przejścia szkliste w przypadku nasion czerwonej porzeczki. Temperatury pierwszego przejścia szklistego nasion czerwonej porzeczki oraz pojedynczego przejścia szklistego nasion czarnej porzeczki wynoszą odpowiednio T_g midpoint $-41,45 \pm 0,95$ °C i $-39,26 \pm 0,02$ °C. Drugie przejście szkliste sproszkowanych nasion czerwonej porzeczki zanotowano w temperaturze T_g midpoint równej $-22,23 \pm 0,92$ °C. Uzyskane wartości tych parametrów oznaczają zmniejszoną stabilność materiału podczas przechowywania oraz jego wysoką termoplastyczność. Parametry przejścia szklistego mogą wynikać m.in. ze składu surowca, który zawiera cukry, kwasy organiczne i olej oraz zawartości wody w materiale [5, 10]. Na podstawie wyników badań [15, 23] można też stwierdzić, iż istnieje korelacja pomiędzy aktywnością wody a parametrami przejścia szklistego. Im niższa temperatura przejścia szklistego, tym niższa jest krytyczna wartość aktywności wody materiału, która determinuje jego stabilność w trakcie przechowywania i tym samym nie dopuszcza do występowania mobilności molekularnej skutkującej zmianami morfologicznymi i funkcjonalnymi przechowywanego materiału [15].

Tabela 2. Temperatury przejścia szklistego nasion czarnej porzeczki (BC) i czerwonej porzeczki (RC)

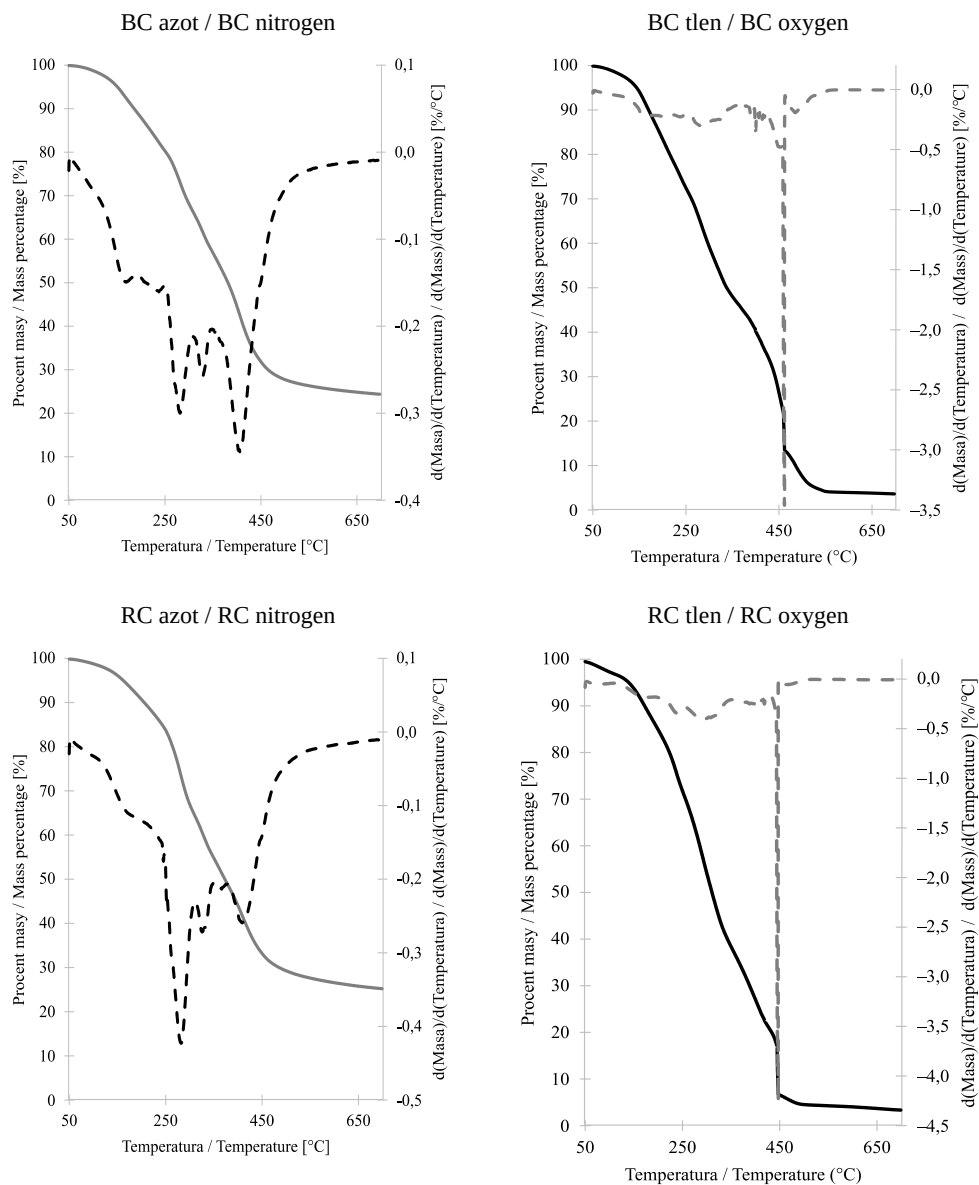
Table 2. Glass transition temperatures of black currant (BC) and red currant (RC) seeds

Nasiona / Seeds	T_g onset / T_g początek [°C]	T_g midpoint / T_g środek [°C]	T_g endpoint / T_g koniec [°C]	T_g onset / T_g początek [°C]	T_g midpoint / T_g środek [°C]	T_g endpoint / T_g koniec [°C]
	I przejście szkliste / I glass transition			II przejście szkliste / II glass transition		
BC	$-40,75^b \pm 0,04$	$-39,26^b \pm 0,02$	$-37,83^b \pm 0,00$	-		
RC	$-42,97^a \pm 1,07$	$-41,45^a \pm 0,95$	$-39,95^a \pm 0,87$	$-23,45^a \pm 0,66$	$-22,23^a \pm 0,92$	$-20,97^a \pm 1,16$

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

Analiza termogravimetryczna

W wyniku przeprowadzonej analizy termogravimetrycznej uzyskano wykresy zależności utraty masy w funkcji temperatury, wraz z wyznaczoną pierwszą pochodną (Ryc. 2). Na wykresach odczytano ubytki masy próbek w kilku przedziałach temperaturowych.



Ryc. 2. Przykłady wykresów TG-linia ciągła/DTG-linia przerywana, zarejestrowane dla nasion czarnej porzeczki (BC) oraz czerwonej porzeczki (RC) w atmosferze azotu i tlenu

Fig 2. Examples of TG-solid line/DTG-dashed line curves registered for black currant (BC) and red currant (RC) seeds in nitrogen and oxygen atmosphere

Wyniki analizy termogravimetrycznej przeprowadzonej w atmosferze azotu, obejmujące średnią utratę masy próbek wraz z zakresem temperatur, w którym nastąpiła przemiana przedstawiono w Tabeli 3. W przypadku nasion czarnej porzeczki (BC) zaobserwowano pięć zakresów, w których nastąpiła utrata masy, a w przypadku czerwonej porzeczki (RC) – cztery. Pierwszy zakres utraty masy, zarejestrowany w temperaturze $50 \div 180\text{ }^{\circ}\text{C}$ związany był z odparowaniem wody oraz lotnych składników próbek. Dwa kolejne, zaobserwowane w temperaturze do $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ powiązane były z termicznym rozkładem związków tłuszczowych [4] oraz polisacharydów (hemicelulozy i celulozy) [24]. Główne przemiany związane z utratą masy materiału, zarejestrowane w temperaturze powyżej $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ wynikają z rozkładu pozostałych składników organicznych, zawartych w nasionach, np. ligniny [14]. Zawartość popiołu wyznaczona w atmosferze azotu wynosiła $23,9 \pm 0,6\%$ dla nasion czarnej porzeczki i $28,8 \pm 2,4\%$ dla nasion czerwonej porzeczki.

Tabela 3. Wyniki analizy termogravimetrycznej w atmosferze azotu nasion czarnej (BC) i czerwonej (RC) porzeczki

Table 3. Results of thermogravimetric analysis in nitrogen atmosphere of black currant (BC) and red currant (RC) seeds

Nasiona / Seeds	BC		RC	
Parametr / Parameter	Utrata masy / Mass loss [%]	Zakres temperatur / Temperature range [$^{\circ}\text{C}$]	Utrata masy / Mass loss [%]	Zakres temperatur / Temperature range [$^{\circ}\text{C}$]
I utrata masy / I mass loss	$11,0 \pm 0,6$	$50 \div 180$	$13,0 \pm 0,5$	$50 \div 180$
II utrata masy / II mass loss	$7,8 \pm 1,1$	$180 \div 210$	$21,8 \pm 0,4$	$180 \div 300$
III utrata masy / III mass loss	$16,4 \pm 2,7$	$210 \div 300$	$12,0 \pm 3,8$	$300 \div 360$
IV utrata masy / IV mass loss	$10,8 \pm 2,2$	$300 \div 360$	$24,4 \pm 0,5$	$360 \div 700$
V utrata masy / V mass loss	$30,0 \pm 3,8$	$360 \div 700$	-	-
Popiół / Ash	$23,9 \pm 0,6\%$		$28,8 \pm 2,4\%$	

Wyniki analizy termogravimetrycznej nasion porzeczki w atmosferze tlenu przedstawiono w Tabeli 4. W przypadku nasion czarnej i czerwonej porzeczki zaobserwowano pięć zakresów związanych z utratą masy. Analogicznie, jak w przypadku pomiaru w atmosferze azotu, początkowe zakresy utraty masy w temperaturze $50 \div 250\text{ }^{\circ}\text{C}$ dla BC oraz $50 \div 185\text{ }^{\circ}\text{C}$ dla RC odzwierciedlały odparowanie wilgoci i składników lotnych z próbek. Kolejne utraty masy były wynikiem rozkładu frakcji tłuszczowej, polisacharydów oraz składników organicznych. Próbkę zawierały znacz-

nie mniej popiołu (około 3 %) w porównaniu do próbek analizowanych w atmosferze azotu. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że w atmosferze tlenu dochodziło do utlenienia związków, co powodowało ich degradację w znacznie większym stopniu niż w przypadku analizy prowadzonej w atmosferze azotu.

Tabela 4. Wyniki analizy termogravimetrycznej w atmosferze tlenu nasion czarnej (BC) i czerwonej (RC) porzeczki

Table 4. Results of thermogravimetric analysis in oxygen atmosphere of black currant (BC) and red currant (RC) seeds

Nasiona / Seeds	BC		RC	
Parametr / Parameter	Utrata masy / Mass loss [%]	Zakres temperatur / Temperature range [°C]	Utrata masy / Mass loss [%]	Zakres temperatur / Temperature range [°C]
I utrata masy / I mass loss	25,1 ± 4,0	50 ÷ 250	12,6 ± 0,4	50 ÷ 185
II utrata masy / II mass loss	25,8 ± 0,8	250 ÷ 350	49,9 ± 0,8	185 ÷ 350
III utrata masy / III mass loss	13,2 ± 2,6	350 ÷ 425	16,3 ± 0,0	350 ÷ 425
IV utrata masy / IV mass loss	22,8 ± 0,2	425 ÷ 470	16,6 ± 0,1	425 ÷ 470
V utrata masy / V mass loss	9,5 ± 0,9	470 ÷ 700	1,3 ± 0,4	470 ÷ 700
Popiół / Ash	3,6 ± 0,1 %		3,3 ± 0,0 %	

Podobne wyniki uzyskano w analizie termogravimetrycznej nasion malin, jeżyn i aronii [19]. W przypadku pomiaru w atmosferze tlenu, stwierdzono cztery zakresy utraty masy w podobnych temperaturach, z największą utratą masy w temperaturze 300 ÷ 500 °C. W przypadku analizowanych nasion czarnej i czerwonej porzeczki maksymalne utraty masy także zaobserwowano w temperaturach wynoszących powyżej 360 °C. W analizie termogravimetrycznej nasion malin, jeżyn i aronii z wykorzystaniem tlenu zarejestrowano trzy do czterech zakresów utraty masy. Zakresy temperaturowe i procentowa utrata masy poszczególnych składników wskazują na podobny rozkład próbek, jak w niniejszym badaniu.

Ocena możliwości wykorzystania nasion porzeczek w przemyśle spożywczym

W niniejszej pracy określone właściwości termiczne nasion porzeczek wskazują na możliwość wykorzystania ich, jako surowca w przemyśle spożywczym, ze względu na zawartość oleju i związków polisacharydowych, głównie błonnika. Oprócz tego nasiona te mogą stanowić źródło związków polifenolowych o właściwościach przeciwutleniających. Flores i del Castillo [6] zbadali zawartość kwasów fenolowych w od-

tłuszczonych nasionach czarnej porzeczki. Zidentyfikowano kwas galusowy, kawowy, p-kumarowy i ferulowy. Związki przeciwutleniające dodają walorów prozdrowotnych produktom spożywczym, a także ograniczają niepożądane procesy degradacji, np. oleju, będącego składnikiem nasion. Helbig i wsp. [11] zbadali także frakcję białkową nasion czarnej porzeczki, która okazała się zawierać wszystkie niezbędne aminokwasy w odpowiednich proporcjach. Z kolei olej zawarty w nasionach czerwonych porzeczek został opisany jako bogate źródło tokoferoli i tokotrienoli [8]. Oleje z nasion porzeczek charakteryzuje też wysoki udział kwasu linolowego (powyżej 60%) i β -sitosterolu [2]. Znając skład nasion porzeczek oraz ich właściwości termiczne można stwierdzić, iż nasiona porzeczek czarnych i czerwonych są potencjalnie użyteczne w przemyśle spożywczym jako dodatek, będący równocześnie składnikiem wzbogacającym produkt spożywczy.

Wnioski

1. Metody różnicowej kalorymetrii skaningowej, modulowanej różnicowej kalorymetrii skaningowej oraz analizy termograwimetrycznej pozwalają na wyznaczenie właściwości termicznych nasion czarnej i czerwonej porzeczki. Z analizy DSC wynika, iż w nasionach zachodzą dwie przemiany endotermiczne w temperaturach poniżej -30°C i powyżej 160°C , charakterystycznych odpowiednio dla przemian tłuszczu i węglowodanów. W badaniu MDSC wyznaczono jedno przejście szkliste dla nasion czarnej porzeczki i dwa przejścia szkliste w przypadku nasion czerwonej porzeczki. Analiza termograwimetryczna dostarczyła z kolei informacji o wielkości przemian i zakresie temperatur rozkładu termicznego nasion.
2. Z przeprowadzonych badań oraz danych literaturowych wynika, iż nasiona czarnej i czerwonej porzeczki zawierają cukry, związki polisacharydowe, przeciwutleniające, białko oraz tłuszcz i mogą stanowić surowiec do wykorzystania w przemyśle spożywczym jako dodatek wzbogacający produkty spożywcze.
3. Badania wyłoków owocowych, w tym nasion, mogą przyczynić się do bardziej zrównoważonego gospodarowania odpadami przemysłu owocowego poprzez wykorzystywanie ich do projektowania nowych produktów spożywczych.

Pracę zaprezentowano podczas XXVII Sesji Naukowej Sekcji Młodej Kadry Naukowej „Rozwój Nauk o Żywności. Zrównoważona przyszłość” oraz Xth International Session of Young Scientific Staff „Food Science Development. Sustainable Future”, Warszawa 11-12.05.2023.

Literatura

- [1] Alba K., MacNaughtan W., Laws A.P., Foster T.J., Campbell G.M., Kontogiorgos V.: Fractionation and characterisation of dietary fibre from blackcurrant pomace. *Food Hydrocoll.*, 2018, 81, 398-408.
- [2] Bada J.C., León-Camacho M., Copovi P., Alonso L.: Characterization of berry and currant seed oils from Asturias, Spain. *Int. J. Food Prop.*, 2014 17(1), 77-85.
- [3] Brynda-Kopytowska A., Górka A., Bryś J., Domian E., Wirkowska-Wojdyła M., Ostrowska-Ligęza E.: Application of DSC and GC methods for characterization of newly designed spray-dried pea protein-fat preparations formulated with different types of a carbohydrate component. *J. Therm. Anal. Calorim.*, 2018, 134, 609-621.
- [4] Coni E., Podesta E., Catone T.: Oxidizability of different vegetables oils evaluated by thermogravimetric analysis. *Thermochim. Acta*, 2014, 418(1-2), 11-15.
- [5] Domian E., Bialik E.: Wybrane właściwości fizyczne soku jabłkowego w proszku. *Acta Agrophys.*, 2006, 8, 803-814.
- [6] Flores G., del Castillo M.L.R.: Enhancement of nutritionally significant constituents of black currant seeds by chemical elicitor application. *Food Chem.*, 2016, 194, 1260-1265.
- [7] Produkcja upraw rolnych i ogrodnich w 2022 roku. [on line]. Główny Urząd Statystyczny. Dostęp w Internecie [08.05.2023]: <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/rolnictwo-lesnictwo/uprawy-rolne-i-ogrodnicze/produkcja-upraw-rolnych-i-ogrodnich-w-2022-roku,9,21>
- [8] Górnaś P., Pugajeva I., Seglińska D.: Seeds recovered from by-products of selected fruit processing as a rich source of tocochromanols: RP-HPLC/FLD and RP-UPLC-ESI/MS n study. *Eur. Food Res. Technol.*, 2014, 239, 519-524.
- [9] Górka A., Piasecka I., Wirkowska-Wojdyła M., Bryś J., Kienc K., Brzezińska R., Ostrowska-Ligęza E.: Berry Seeds—A By-Product of the Fruit Industry as a Source of Oils with Beneficial Nutritional Characteristics. *Appl. Sci.*, 2023, 13, 1-12.
- [10] Górka A., Szulc K., Ostrowska-Ligęza E., Bryś J., Wirkowska-Wojdyła M.: Effect of composition and drying method on glass transition temperature, water sorption characteristics and surface morphology of newly designed β -lactoglobulin/retinyl palmitate/disaccharides systems. *J. Therm. Anal. Calorim.*, 2017, 130, 177-185.
- [11] Helbig D., Böhm V., Wagner A., Schubert R., Jahreis G.: Berry seed press residues and their valuable ingredients with special regard to black currant seed press residues. *Food Chem.*, 2008, 111, 1043-1049.
- [12] Hilz H., Bakx E.J., Schols H.A., Voragen A.G.J.: Cell wall polysaccharides in black currants and bilberries—characterisation in berries, juice, and press cake. *Carbohydr. Polym.*, 2005, 59, 477-488.
- [13] Leyva-Porras C., Cruz-Alcantar P., Espinosa-Solis V., Martínez-Guerra E., Piñón-Balderrama C.I., Martínez I.C., Saavedra-Leos M.Z.: Application of Differential Scanning Calorimetry (DSC) and Modulated Differential Scanning Calorimetry (MDSC) in Food and Drug Industries. *Polymers*, 2019, 12, 1-21.
- [14] Lopes F.C.R., Pereira J.C., Tannous K.: Thermal decomposition kinetics of guarana seed residue through thermogravimetric analysis under inert and oxidizing atmospheres. *Bioresour. Technol.*, 2018, 270, 294-302.
- [15] Mosquera L.H., Moraga G., de Córdoba P.F., Martínez-Navarrete N.: Water Content-Water Activity-Glass Transition Temperature Relationships of Spray-Dried Borojó as Related to Changes in Color and Mechanical Properties. *Food Biophys.*, 2011, 6, 397-406.
- [16] Ostrowska-Ligęza E., Dolatowska-Żebrowska K., Wirkowska-Wojdyła M., Bryś J., Górka A.: Comparison of Thermal Characteristics and Fatty Acids Composition in Raw and Roasted Cocoa Beans from Peru (Criollo) and Ecuador (Forastero). *Appl. Sci.*, 2021, 11, 1-19.

- [17] Ostrowska-Ligeza E., Jakubczyk E., Górską A., Wirkowska M., Bryś J.: The use of moisture sorption isotherms and glass transition temperature to assess the stability of powdered baby formulas. *J. Therm. Anal. Calorim.*, 2014, 118, 911-918.
- [18] Phinney D.M., Frelka J.C., Heldman D.R.: Composition-Based Prediction of Temperature-Dependent Thermophysical Food Properties: Reevaluating Component Groups and Prediction Models. *J. Food Sci.*, 2017, 82, 6-15.
- [19] Piasecka I., Górską A., Ostrowska-Ligeza E., Kalisz S.: The Study of Thermal Properties of Blackberry, Chokeberry and Raspberry Seeds and Oils. *Appl. Sci.*, 2021, 11, 1-15.
- [20] Piasecka I., Wiktor A., Górską A.: Alternative Methods of Bioactive Compounds and Oils Extraction from Berry Fruit By-Products – A Review. *Appl. Sci.*, 2022, 12, 1-35.
- [21] Rajagukguk Y.V., Utcu M.A., Islam M., Muzolf-Panek M., Tomaszewska-Gras J.: Authenticity Assessment from Sesame Seeds to Oil and Sesame Products of Various Origin by Differential Scanning Calorimetry. *Molecules*, 2022, 27, 1-11.
- [22] Reißner A.M., Al-Hamimi S., Quiles A., Schmidt C., Struck S., Hernando I., Turner C., Rohm H.: Composition and physicochemical properties of dried berry pomace. *J. Sci. Food Agric.*, 2019, 99, 1284-1293.
- [23] Telis V.R.N., Martínez-Navarrete N.: Collapse and color changes in grapefruit juice powder as affected by water activity, glass transition, and addition of carbohydrate polymers. *Food Biophys.*, 2009, 4, 83-93.
- [24] Yang H., Yan R., Chin T., Liang D.T., Chen H., Zheng, C.: Thermogravimetric analysis– Fourier transform infrared analysis of palm oil waste pyrolysis. *Energy Fuels*, 2004, 18(6), 1814-1821.

THE CHARACTERISTICS OF THERMAL PROPERTIES OF BLACK CURRANT AND RED CURRANT SEEDS

S u m m a r y

Background. Currants are one of the most widely cultivated fruits in Poland and are used mainly for the production of fruit juices and concentrates. Fruit pomace, which is a by-product of the fruit industry, is rich in seeds which can be a valuable material in the food industry, as they contain polysaccharides and fat with a unique profile of fatty acids. The aim of the work was to assess the thermal properties of black and red currant seeds and assess the possible direction of their application in the food industry, so that fruit production would be consistent with the circular economy principles and in order to obtain new sources of nutrients. Black and red currant seeds were examined. The following methods were employed: differential scanning calorimetry, modulated differential scanning calorimetry and thermogravimetric analysis.

Results and conclusions. The methods selected proved to be a useful tool for assessing the thermal properties of currant seeds. Results obtained using differential scanning calorimetry provided information that the material contains polysaccharide compounds and fat. Glass transition temperatures determined in the modulated differential scanning calorimetry study may indicate reduced stability of the material during storage. The thermogravimetric analysis allowed to determine the scope related to weight loss in samples heated up to 700 °C. The test results obtained allow to conclude that black and red currant seeds obtained from fruit pomace can have a potential application in the food industry.

Key words: fruit seeds, differential scanning calorimetry, thermogravimetric analysis, black currant, red currant ☒

NATALIA POLAK, STANISŁAW KALISZ, ADAM WAWRZYŃCZAK,
BARTOSZ KRUSZEWSKI

WPLYW CZASU PRZECHOWYWANIA NA WYBRANE WYRÓŻNIKI JAKOŚCIOWE SOKÓW MIESZANYCH Z ARONII CZARNOOWOCOWEJ I JAGODY KAMCZACKIEJ

Streszczenie

Wprowadzenie. Świadomość konsumentów na temat zdrowego stylu życia stopniowo rośnie. Owoce są bogatym źródłem prozdrowotnych antocyjanów czy polifenoli. Celem badań było określenie wpływu czasu przechowywania soków mieszanych z aronii czarnoowocowej i jagody kamczackiej na wybrane wyróżniki jakościowe. W niniejszych badaniach postawiono hipotezę, iż czas przechowywania soków mieszanych będzie czynnikiem wpływającym na zawartość polifenoli, antocyjanów oraz barwę. Materiał do badań stanowiły 100-procentowe soki z aronii czarnoowocowej i jagody kamczackiej oraz soki mieszane z udziałem poszczególnych soków w zakresie $10 \div 90$ %.

Wyniki i wnioski. Sok z jagody kamczackiej okazał się cenniejszym źródłem polifenoli i antocyjanów ($308,3$ mg i $234,5$ mg w 100 cm^3) niż sok z aronii czarnoowocowej ($229,9$ mg i $122,2$ mg w 100 cm^3). Tak samo soki mieszane z większym udziałem jagody kamczackiej cechowały się większą zawartością tych związków, a tym samym potencjalnie wyższą wartością prozdrowotną. Największą jasnością oraz wyższym udziałem barwy czerwonej i żółtej wśród badanych soków odznaczał się stu procentowy sok z aronii czarnoowocowej. W przypadku przechowywania wykazano, iż najintensywniejsze zmiany degradacyjne oznaczonych składników bioaktywnych zachodzą w pierwszym miesiącu, zaś w późniejszym okresie tempo przemian tych związków jest mniejsze. Miesięczne przechowywanie spowodowało obniżenie zawartości polifenoli o $12,1 \div 14,2$ % oraz antocyjanów o $19,7 \div 33,5$ % w zależności od wariantu soku. W przypadku barwy zaobserwowano, iż wydłużenie czasu przechowywania wpłynęło znacząco na pojaśnienie badanych produktów, a także na zmiany wartości parametrów a^* i b^* .

Słowa kluczowe: polifenole, antocyjany, składniki bioaktywne, aronia czarnoowocowa, jagoda kamczacka

Wprowadzenie

Dzisiejszy konsument szuka produktów o wysokiej wartości prozdrowotnej, chcąc wspomóc prawidłowe działanie organizmu. Soki owocowe są atrakcyjnymi źró-

Mgr inż. N. Polak, ORCID: 0000-0003-1861-1507; dr hab. S. Kalisz, ORCID: 0000-0001-7592-2470; mgr inż. A. Wawrzyńczak; dr inż. B. Kruszewski, ORCID: 0000-0001-8762-7460; Katedra Technologii i Oceny Żywności, Instytut Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 166, 02-776 Warszawa; Kontakt: e-mail: natalia_polak@sggw.edu.pl

dłami składników bioaktywnych, takich jak polifenole, w tym m.in. antocyjany. Związki polifenolowe są metabolitami wtórnymi roślin, które biorą udział w licznych czynnościach życiowych takich jak fotosynteza, regulacja ekspresji genów czy oddychanie [7]. Jedną z grup polifenoli są antocyjany, które są głównymi barwnikami owoców jagodowych. Odpowiadają za ich jasnoczerwoną, fioletową i niebieską barwę [4]. Najlepszym sposobem na spożywanie związków polifenolowych jest konsumpcja owoców i soków owocowych [1]. Te związki bioaktywne mają działanie prewencyjne wobec wielu schorzeń oraz chorób cywilizacyjnych, takich jak choroby układu krążenia czy nowotwory, a także wspomagają funkcjonowanie organizmu [1, 3]. Surowcami szczególnie bogatymi w wymienione związki są aronia czarnoowocowa i jagoda kamczacka. W związku z powyższym w poszukiwaniu produktu o potencjalnie wysokiej jakości prozdrowotnej jednocześnie zastosowanie jagody kamczackiej i aronii czarnoowocowej uznano za jak najbardziej uzasadnione.

Celem badań było określenie wpływu czasu przechowywania na wybrane wyróżniki jakościowe uzyskanych soków mieszanych z udziałem tych owoców. Oznaczono parametry barwy, a także określono zawartość polifenoli ogółem i poszczególnych antocyjanów bezpośrednio przed, a także po jedno-, dwu-, cztero- i sześciomiesięcznym przechowywaniu.

Materiał i metody badań

Materiał do badań stanowiły uzyskane w skali laboratoryjnej soki z jagody kamczackiej (A0JK100) i aronii czarnoowocowej (A100JK0), a także soki mieszane z ich udziałem o następujących składach: 10 % aronii, 90 % jagody (A10JK90); 20 % aronii 80 % jagody (A20JK80); 30 % aronii, 70 % jagody (A30JK70); 40 % aronii 60 % jagody (A40JK60); 50 % aronii, 50 % jagody (A50JK50); 60 % aronii, 40 % jagody (A60JK40); 70 % aronii, 30 % jagody (A70JK30); 80 % aronii 20 % jagody (A80JK20); 90 % aronii 10 % jagody (A90JK10). Soki otrzymano poprzez tłoczenie owoców na prasie tłokowej (HPL14, BUCHER Unipectin AG, Niemcy), następnie poddano je utrwaleniu przez pasteryzację (85 °C, 10 minut) w opakowaniach szklanych o pojemności 80 cm³. Soki przechowywano przez 6 miesięcy w warunkach pokojowych (22 °C), w zaciemnionym miejscu.

Wykonano pomiary parametrów barwy, oznaczenia zawartości polifenoli ogółem oraz poszczególnych antocyjanów bezpośrednio po utrwaleniu (0) oraz po okresie przechowywania 1, 2, 4 i 6 miesięcy. Przed przechowywaniem oznaczono ekstrakt refraktometryczny i kwasowość miareczkową. Pomiar ekstraktu refraktometrycznego wykonano przy zastosowaniu refraktometru (Refracto 30PX, Mettler Toledo, Columbus, OH, USA) zgodnie z normą PN-EN 12143:2000 [17] i wyrażono w jednostkach °Bx. Kwasowość miareczkową metodą potencjometryczną oznaczono zgodnie z normą PN-90/A-75101/04 [16], z wykorzystaniem titratora TitroLine® 5000 firmy Xylem

Analytics Germany Sales GmbH & Co. KG. (Niemcy), wyniki wyrażono jako ekwiwalent kwasu cytrynowego [%]. Zawartość polifenoli ogółem metodą Folina–Ciocalteu’a z wykorzystaniem spektrofotometru UV1650PC (Shimadzu, Japonia) wykonano zgodnie z metodyką przedstawioną przez Gao i wsp. [5] przy zastosowaniu 50-krotnego rozcieńczenia soków, zaś uzyskane wyniki przeliczono na mg kwasu galusowego/100 cm³ soku. Oznaczenie ilościowe i jakościowe związków antocyjanowych wykonano za pomocą wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC) z detektorem PDA (Shimadzu, Japonia) zgodnie z metodyką, którą przedstawili Goiffon i wsp. [6], uprzednio wirując soki przez 10 minut przy 14000 obr./min (MPW–350R, MPW MED Instruments, Polska) oraz po rozcieńczeniu 1:4 z wodą. Identyfikację związków antocyjanowych przeprowadzono z użyciem chromatogramów wzorców poszczególnych związków. Wyniki analizy chromatograficznej wyrażono jako mg antocyjanów na 100 cm³ soku w przeliczeniu na cyjanidyno-3-O-glukozyd. Za pomocą spektrofotometru (Konica Minolta 3600-d, Japonia) oznaczono parametry barwy L*, a* i b*. Oznaczenia wykonano w trzech powtórzeniach, a otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem programów Microsoft Excel 2016 oraz Statgraphics 18. Zastosowano metodę analizy wariancji (ANOVA), natomiast istotność różnic pomiędzy średnimi określono za pomocą testu Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Wszystkie soki jednoskładnikowe i mieszane nie różniły się istotnie między sobą wartością ekstraktu – oscylował on w zakresie od 13,2 do 13,3 °Bx (tabela 1). Są to wartości nieznacznie niższe niż te spotykane w literaturze: 14,2 °Bx [2] i 15,4 °Bx [9] odpowiednio dla soku z jagody kamczackiej i aronii. Wraz ze zwiększeniem udziału soku jagodowego kwasowość istotnie wzrastała – od 1,25 % dla 100-procentowego soku z aronii do 2,45 % dla 100 % soku z jagody. Tolić i wsp. [22] wskazali na kwasowości soków z aronii pozyskiwanych w różnych sezonach na poziomie $0,89 \div 1,06\%$. W swoich badaniach Grobelna i wsp. [8] wykazali, że puree z jagody kamczackiej wykazywało kwasowość $1,9 \div 2,0\%$ w zależności od odmiany. Zatem można stwierdzić jednoznacznie, że nie tylko gatunek, ale i odmiana, a także różne warunki środowiskowe mogą determinować te cechy jakościowe produktu końcowego.

Poszczególne warianty soków istotnie różniły się zawartością polifenoli ogółem (rysunek 1). Ich ilość wzrastała wraz ze zwiększeniem udziału soku z jagody kamczackiej – od 229,9 mg w 100 cm³ soku 100-procentowego aroniowego do 308,3 mg w 100 cm³ 100-procentowym soku z jagody kamczackiej. W świeżym soku jagodowym Piassek i wsp. [15] uzyskali około połowę mniejszą zawartość polifenoli, tj. 163,0 mg w 100 cm³, natomiast Grobelna i wsp. [9], czy Kalisz i Kieliszek [10] zdecydowanie większą w soku pasteryzowanym – odpowiednio aż 767,9 oraz 1019,7 mg w 100 cm³.

Tabela 1. Wyniki pomiarów ekstraktu i kwasowości miareczkowej w sokach z jagody kamczackiej i aronii czarnoowocowej przed przechowywaniem

Table 1. Measurement results of total soluble solids and total titrable acidity in honeysuckle berry and black chokeberry juices before storage

Sok / Juice	Ekstrakt [°Bx] / Total soluble solids [°Bx]	Kwasowość miareczkowa [ekwiwalent kwasu cytrynowego w %] / Total titrable acidity [equivalent of citric acid in %]
A0JK100	13,20 ^a ±0,06	2,45 ^k ±0,02
A10JK90	13,20 ^{abc} ±0,06	2,38 ^l ±0,02
A20JK80	13,30 ^c ±0,06	2,23 ^l ±0,02
A30JK70	13,30 ^{bc} ±0,00	2,12 ^h ±0,02
A40JK60	13,20 ^{ab} ±0,00	1,99 ^g ±0,02
A50JK50	13,20 ^{ab} ±0,00	1,84 ^f ±0,02
A60JK40	13,30 ^{abc} ±0,06	1,73 ^e ±0,01
A70JK30	13,20 ^{ab} ±0,00	1,59 ^d ±0,01
A80JK20	13,30 ^{bc} ±0,00	1,49 ^c ±0,01
A90JK10	13,20 ^{ab} ±0,00	1,38 ^b ±0,03
A100JK0	13,30 ^{bc} ±0,00	1,25 ^a ±0,02

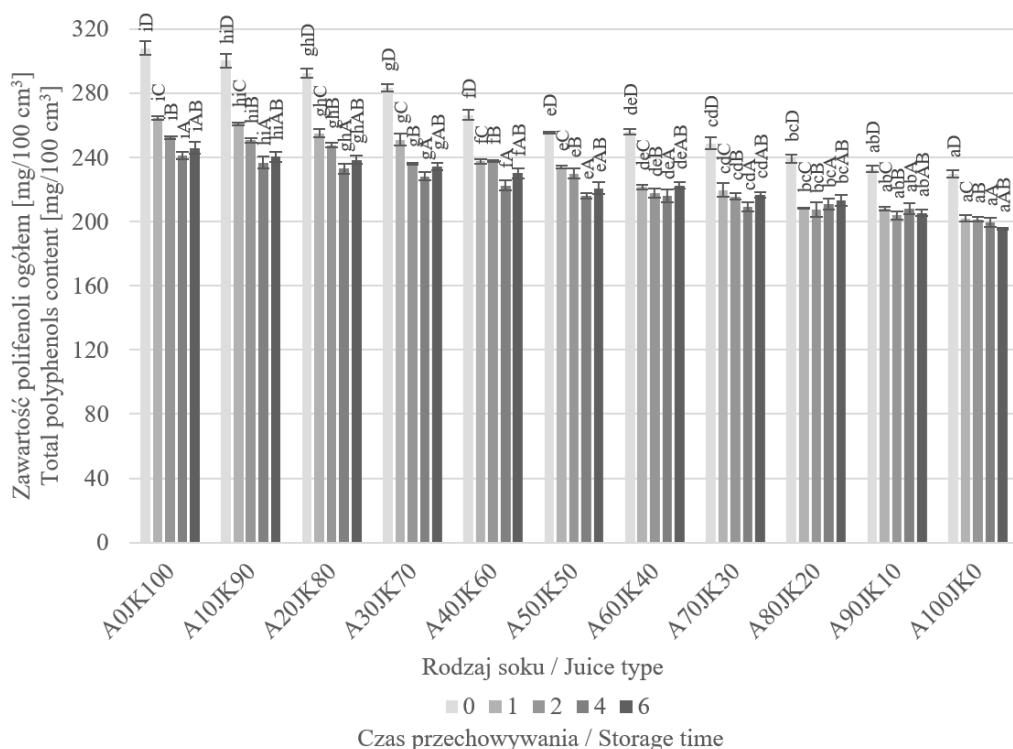
Objaśnienia / Explanatory notes:

takie same litery przy wartościach w kolumnach wyznaczają grupy homogenne / the same letters next to the values in the columns designate homogeneous groups

Zróźnicowanie w zawartości polifenoli ogółem zależne jest od szeroko rozumianych warunków agrotechnicznych, cech odmianowych, postępowania pozbiorniczego i warunków procesu technologicznego [13]. Szajdek i wsp. [21] wskazują na zawartość polifenoli ogółem na poziomie 205,2 mg w 100 cm³ pasteryzowanego soku aroniowego, co jest wartością zbliżoną do uzyskanych przez nas. Biorąc pod uwagę półroczne przechowywanie, należy zauważyć, że zawartość tych związków bioaktywnych istotnie zależała od udziału poszczególnych surowców w produkcie finalnym i okresu przechowywania. W czasie 6 miesięcy zaobserwowano tendencję spadkową zawartości polifenoli ogółem – w 100-procentowym soku jagodowym ich ilość w ciągu całego tego okresu zmalała o 20,2 %, a w aroniowym – o 15,1 %. Jednocześnie należy podkreślić, iż najintensywniejsza degradacja polifenoli ogółem nastąpiła w pierwszym miesiącu przechowywania (rysunek 1), a największy spadek, o 14,2 %, odnotowano w soku 100-procentowym jagodowym.

Tendencję spadkową w zawartości polifenoli ogółem w trakcie przechowywania soków jednoskładnikowych i mieszanych potwierdzają badania Kalisza i Kieliszka [10] czy Kinga i wsp. [12]. Pierwsi odnotowali obniżenie zawartości polifenoli ogółem w wyniku czteromiesięcznego przechowywania soku z jagody kamczackiej w 22 °C o 29,9 %. Druga grupa badaczy podczas 12-tygodniowego okresu przechowywania zaobserwowała obniżenie zawartości badanych związków o 21 % w soku z aronii. Potwierdza to wpływ czasu przechowywania na proces degradacji wspomnianych

związków bioaktywnych. Należy jednak pamiętać o istotności czynników biotycznych oraz abiotycznych, jak i o rodzaju matrycy żywnościowej [8].



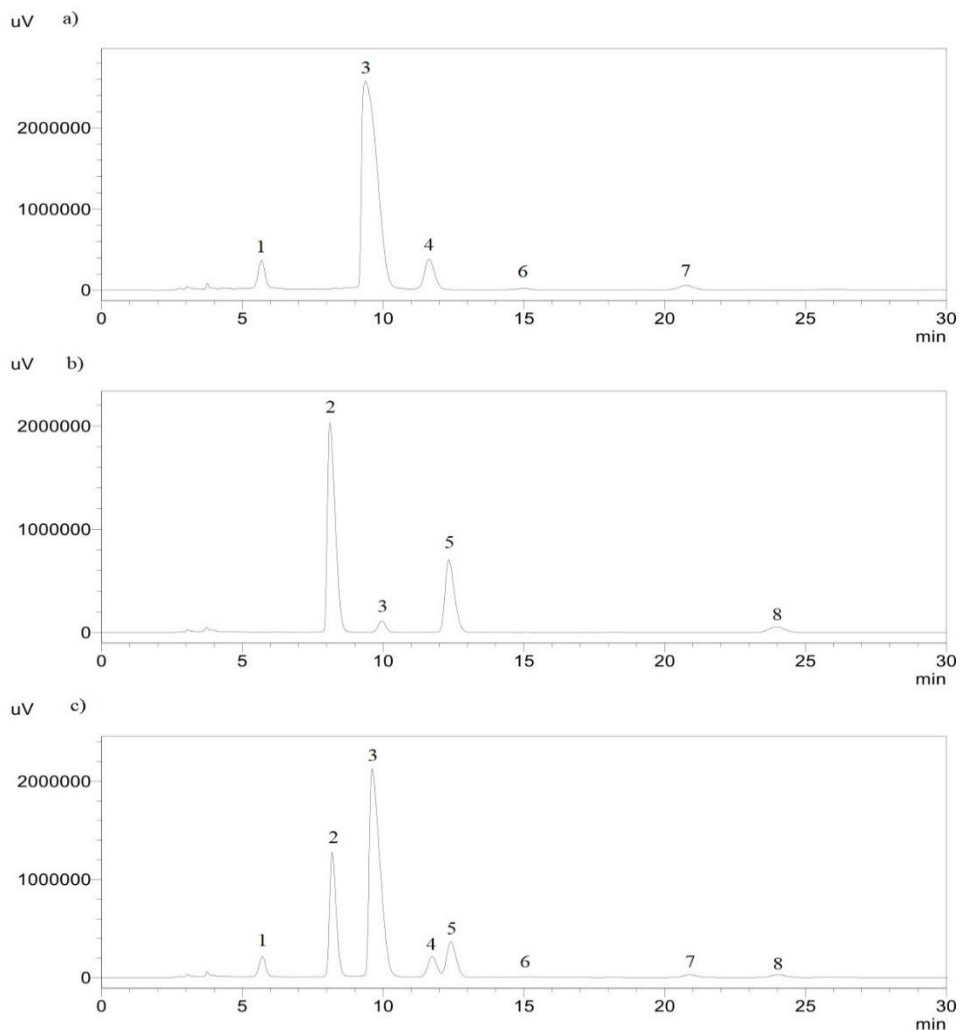
Rys. 1. Zmiany w zawartości polifenoli ogółem w sokach z jagody kamczackiej i aronii czarnoowocowej w trakcie ich przechowywania

Fig. 1. Changes in total polyphenols content in honeysuckle berry and black chokeberry juices during storage

Objaśnienia / Explanatory notes:

litery a-i – grupy homogenne ze względu na rodzaj soku, A-D – grupy homogenne ze względu na czas przechowywania / letters a-i – homogeneous groups depending on the juice type, A-D – homogeneous groups depending on the storage time

Szczególnie istotnym składnikiem soków czerwono zabarwionych determinującym potencjalne właściwości prozdrowotne oraz wpływającym na barwę są antocyjany. Na podstawie analizy chromatograficznej w obydwu sokach jednoskładnikowych zidentyfikowano cyjanidyno-3-O-glukozyd (rysunek 2). Ponadto w soku z jagody kamczackiej zidentyfikowano cyjanidyno-3,5-O-diglukozyd, cyjanidyno-3-O-rutynozyd, pelargonidyno-3-O-glukozyd i peonidyno-3-O-glukozyd, zaś w aroniowym cyjanidyno-3-O-galaktozyd, cyjanidyno-3-O-ksylozyd i cyjanidyno-3-O-arabinozyd [19].



Rys. 2. Chromatogram z analizy antocyjanów w a) 100-procentowym soku z jagody kamczackiej, b) 100-procentowym soku z aronii czarnoowocowej, c) soku mieszanym (50 % jagody, 50 % aronii)

Fig. 2. Chromatogram of anthocyanins analysis in a) 100 % honeysuckle berry juice, b) 100 % black chokeberry juice, c) mixed juice (50 % honeysuckle berry, 50 % black chokeberry)

Objaśnienia / Explanatory notes:

1 – cyjanidyno-3,5-O-diglukozyd, 2 – cyjanidyno-3-O-galaktozyd, 3 – cyjanidyno-3-O-glukozyd, 4 – cyjanidyno-3-O-rutynozyd, 5 – cyjanidyno-3-O-arabinozyd, 6 – pelargonidyno-3-O-glukozyd, 7 – peonidyno-3-O-glukozyd, 8 – cyjanidyno-3-O-ksylozyd / 1 – cyanidin-3,5-O-diglucoside, 2 – cyanidin-3-O-galactoside, 3 – cyanidin-3-O-glucoside, 4 – cyanidin-3-O-rutinoside, 5 – cyanidin-3-O-arabinoside, 6 – pelargonidin-3-O-glucoside, 7 – peonidin-3-O-glucoside, 8 – cyanidin-3-O-xyloside

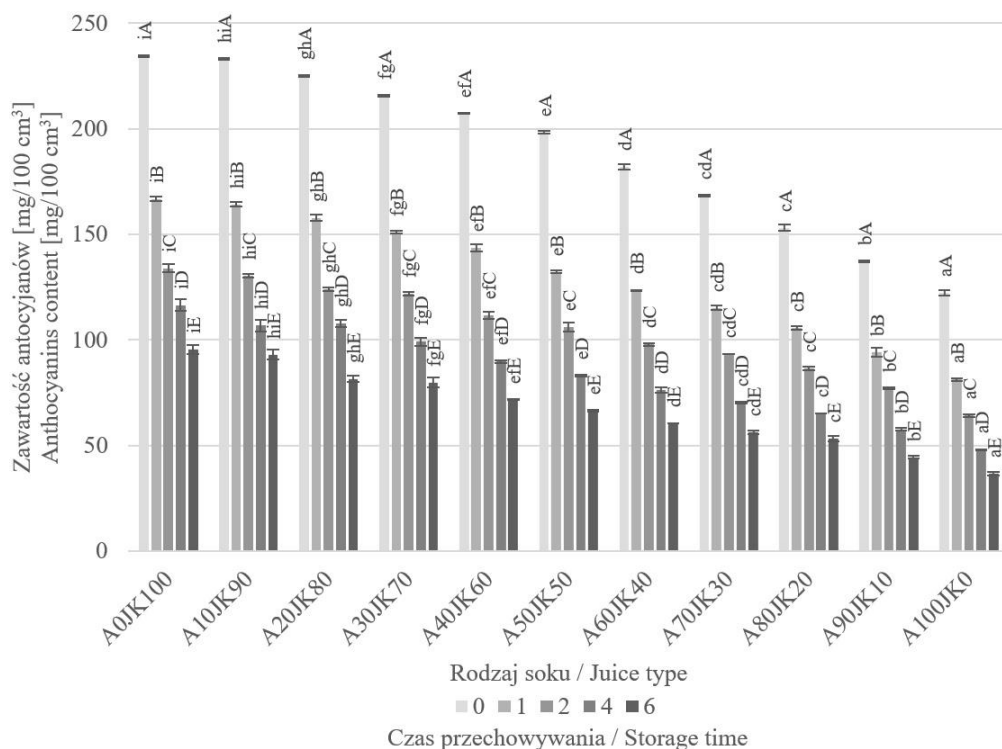
Dominującym antocyjanem w soku jagodowym był cyjanidyno-3-O-glukozyd, a w aroniowym cyjanidyno-3-O-galaktozyd – w sokach 100-procentowych stanowiły one odpowiednio 84,3 % i 66,3 % składu antocyjanowego. W przypadku pierwszego soku uzyskany wynik potwierdza dane literaturowe, mówiące, że cyjanidyno-3-O-glukozyd stanowi od 79 do 92 % całej puli antocyjanów jagody kamczackiej [18]. W przypadku soku z aronii, Błaszczak i wsp. [2] również zaobserwowali, że cyjanidyno-3-O-galaktozyd stanowi większość sumy antocyjanów.

Najmniejszą zawartość antocyjanów oznaczono w soku aroniowym, tj. 122,2 mg w 100 cm³ (rysunek 3). Uzyskany wynik mieści się w zakresie wartości dostępnych w literaturze, tj. od 3,5 [20] do 276,8 mg [22] w 100 cm³. Wraz z dodatkiem drugiego soku ilość antocyjanów wzrastała i osiągnęła najwyższą wartość w soku z jagody kamczackiej – 234,5 mg/100 cm³. Grobelna i wsp. [9] również stwierdzili, że dodatek soku jagodowego może istotnie zwiększyć poziom zawartości antocyjanów w produkcie. Ci sami badacze określili zawartość w czystym soku z jagody kamczackiej na poziomie 595,4 mg w 100 cm³, co jest ponad dwukrotnie większą wartością niż uzyskana w badaniach własnych. Kalisz i Kieliszek [10] podają wartość 431,1 mg w 100 cm³ w tym samym rodzaju soku. Lachowicz i Oszmiański [13] podają zakres od 61,0 do 632,0 mg/100 cm³, co jest zgodne z uzyskanymi wynikami (rysunek 3).

Wykazano istotny wpływ matrycy żywnościowej, a także czasu przechowywania na zawartość antocyjanów. Analogicznie jak w przypadku wcześniej omawianego parametru, również w przypadku związków antocyjanowych najintensywniejsza degradacja zaszła podczas pierwszego miesiąca przechowywania. Jednocześnie w pierwszym miesiącu najmniejsze straty zaszły w 100-procentowym soku jagodowym o 28,9 %, a największe w 100-procentowym aroniowym – o 33,4 %. Analogiczna zależność zaszła w tych samych dwóch sokach po 6 miesiącach – nastąpił spadek odpowiednio o 59,3 % oraz 70,1 %, co potwierdza znacząco mniejszą stabilność antocyjanów w sokach aroniowych. Biorąc pod uwagę poszczególne związki antocyjanowe, nie wykazano znaczących różnic w dynamice rozkładu któregoś ze związków antocyjanowych. Uległy one degradacji w podobnym tempie wraz z wydłużeniem czasu przechowywania.

Grobelna i wsp. [9] również zaobserwowali największą degradację antocyjanów w pierwszym miesiącu przechowywania soku z jagody kamczackiej – tj. o 20,8 %, co jest wartością zbliżoną do tych uzyskanych w badaniach własnych. W badaniach Nour [14] podczas czteromiesięcznych prób przechowalniczych zaobserwowano spadek zawartości antocyjanów o 50,9 % w soku z aronii.

Parametry barwy w zależności od składu surowcowego i czasu przechowywania przedstawiono w tabeli 2, 3 i 4. Dodatek soku aroniowego istotnie wpłynął na rozjaśnienie barwy soku mieszanego, zdeterminował również wzrost udziału barwy czerwonej oraz żółtej.



Rys. 3. Zmiany w zawartości sumy oznaczonych antocyjanów w sokach z jagody kamczackiej i aronii czarnoowocowej w trakcie ich przechowywania

Fig. 3. Changes in detected anthocyanins content in honeysuckle berry and black chokeberry juices during storage

Objaśnienia / Explanatory notes:

litery a-i – grupy homogenne ze względu na rodzaj soku, A-E – grupy homogenne ze względu na czas przechowywania / letters a-i – homogeneous groups depending on the juice type, A-E – homogeneous groups depending on the storage time

Podczas sześciomiesięcznego przechowywania zaobserwowano istotny wzrost wartości parametru L^* , oraz istotny spadek a^* i b^* . W sokach z większym udziałem aronii w trakcie przechowywania zachodziły intensywniejsze zmiany tych wyróżników jakościowych. Grobelna i wsp. [9] poczynili podobne obserwacje w soku z jagody kamczackiej odnośnie do parametru L^* i a^* w czasie 4 miesięcy, zaś odmienne w odniesieniu do b^* . Yuan i wsp. [23] wysunęli analogiczne wnioski w zakresie zmian omawianych parametrów barwy jak Grobelna i wsp. [9] w przypadku analiz puree z aronii czarnoowocowej przechowywanej przez dwa miesiące.

Tabela 2. Wyniki pomiarów parametru L* barwy soków z jagody kamczackiej i aronii czarnoowocowej w systemie CIEL*a*b* w trakcie ich przechowywania

Table 2. Measurement results of color parameter L* in honeysuckle berry and black chokeberry juices in CIEL*a*b* system during storage

Sok Juice	Czas przechowywania [miesiące] / Storage time [months]				
	0	1	2	4	6
A0JK100	19,21 ^{aA} ±0,08	20,0 ^{aB} ±0,02	19,59 ^{aB} ±0,02	19,38 ^{aB} ±0,08	19,13 ^{aB} ±0,03
A10JK90	19,91 ^{aA} ±0,06	20,71 ^{aB} ±0,03	20,44 ^{aB} ±0,03	19,59 ^{aB} ±0,04	20,0 ^{aB} ±0,14
A20JK80	20,99 ^{bA} ±0,04	21,86 ^{bB} ±0,04	21,60 ^{bB} ±0,03	21,58 ^{bB} ±0,01	21,53 ^{bB} ±0,56
A30JK70	22,20 ^{aA} ±0,09	23,16 ^{cB} ±0,05	22,77 ^{cB} ±0,01	22,81 ^{cB} ±0,03	22,65 ^{cB} ±0,28
A40JK60	23,30 ^{dA} ±0,05	24,38 ^{dB} ±0,04	24,18 ^{dB} ±0,02	23,91 ^{dB} ±0,02	23,78 ^{dB} ±0,05
A50JK50	24,72 ^{eA} ±0,06	25,96 ^{eB} ±0,04	25,78 ^{eB} ±0,03	24,94 ^{eB} ±0,05	25,46 ^{eB} ±0,02
A60JK40	26,25 ^{fA} ±0,03	27,47 ^{fB} ±0,03	27,62 ^{fB} ±0,05	27,40 ^{fB} ±0,08	27,87 ^{fB} ±0,03
A70JK30	28,00 ^{gA} ±0,01	28,95 ^{gB} ±0,06	29,47 ^{gB} ±0,03	29,46 ^{gB} ±0,02	29,55 ^{gB} ±0,11
A80JK20	29,75 ^{hA} ±0,04	31,62 ^{hB} ±0,06	32,01 ^{hB} ±0,03	31,81 ^{hB} ±0,07	32,14 ^{hB} ±0,24
A90JK10	32,24 ^{iA} ±0,08	34,53 ^{iB} ±0,03	35,14 ^{iB} ±0,02	35,13 ^{iB} ±0,04	35,79 ^{iB} ±0,10
A100JK0	35,15 ^{jA} ±0,03	37,58 ^{jB} ±0,06	39,0 ^{jB} ±0,05	40,53 ^{jB} ±0,02	42,05 ^{jB} ±0,02

Objaśnienia / Explanatory notes:

litery a-j – grupy homogenne ze względu na rodzaj soku, A-B – grupy homogenne ze względu na czas przechowywania / letters a-j – homogeneous groups depending on the juice type, A-B – homogeneous groups depending on the storage time

Tabela 3. Wyniki pomiarów parametru a* barwy soków z jagody kamczackiej i aronii czarnoowocowej w systemie CIEL*a*b* w trakcie ich przechowywania

Table 3. Measurement results of color parameter a* in honeysuckle berry and black chokeberry juices in CIEL*a*b* system during storage

Sok Juice	Czas przechowywania [miesiące] / Storage time [months]				
	0	1	2	4	6
A0JK100	52,92 ^{aB} ±0,06	53,37 ^{aC} ±0,08	52,51 ^{aB} ±0,05	52,03 ^{aA} ±0,08	51,45 ^{aA} ±0,06
A10JK90	53,71 ^{bB} ±0,09	54,0 ^{bC} ±0,09	53,39 ^{bB} ±0,03	52,14 ^{bA} ±0,03	52,50 ^{bA} ±0,40
A20JK80	54,92 ^{cB} ±0,10	55,39 ^{cC} ±0,11	54,36 ^{cB} ±0,01	54,16 ^{cA} ±0,06	53,79 ^{cA} ±0,58
A30JK70	56,13 ^{dB} ±0,08	56,45 ^{dC} ±0,10	55,50 ^{dB} ±0,13	55,21 ^{dA} ±0,09	54,63 ^{dA} ±0,52
A40JK60	57,26 ^{eB} ±0,10	57,59 ^{eC} ±0,05	56,69 ^{eB} ±0,00	55,98 ^{eA} ±0,07	55,61 ^{eA} ±0,05
A50JK50	58,50 ^{fB} ±0,08	59,01 ^{fC} ±0,07	58,17 ^{fB} ±0,15	56,63 ^{fA} ±0,15	56,87 ^{fA} ±0,11
A60JK40	59,83 ^{gB} ±0,08	60,17 ^{gC} ±0,09	59,60 ^{gB} ±0,09	58,80 ^{gA} ±0,04	58,90 ^{gA} ±0,08
A70JK30	61,39 ^{hB} ±0,01	61,02 ^{gC} ±0,09	61,09 ^{hB} ±0,05	60,38 ^{hA} ±0,05	59,88 ^{hA} ±0,24
A80JK20	62,64 ^{iB} ±0,01	63,24 ^{iC} ±0,07	62,82 ^{iB} ±0,06	61,80 ^{iA} ±0,10	61,54 ^{iA} ±0,40
A90JK10	64,42 ^{jB} ±0,09	65,02 ^{jC} ±0,04	64,89 ^{jB} ±0,05	63,91 ^{jA} ±0,09	63,59 ^{jA} ±0,05
A100JK0	66,31 ^{kB} ±0,04	66,57 ^{kC} ±0,10	66,64 ^{kB} ±0,04	66,72 ^{kA} ±0,02	66,6 ^{kA} ±0,01

Objaśnienia / Explanatory notes:

litery a-k – grupy homogenne ze względu na rodzaj soku, A-B – grupy homogenne ze względu na czas przechowywania / letters a-k – homogeneous groups depending on the juice, A-B – homogeneous groups depending on the storage time

Tabela 4. Wyniki pomiarów parametru b^* barwy soków z jagody kamczackiej i aronii czarnoowocowej w systemie CIELAB w trakcie ich przechowywania

Table 4. Measurement results of color parameter b^* in honeysuckle berry and black chokeberry juices in CIELAB system during storage

Sok / Juice	Czas przechowywania [miesiące] / Storage time [months]				
	0	1	2	4	6
A0JK100	32,80 ^{aB} ±0,16	34,20 ^{aB} ±0,10	33,49 ^{aB} ±0,06	33,06 ^{aA} ±0,20	32,60 ^{Aa} ±0,09
A10JK90	33,99 ^{abB} ±0,12	35,44 ^{ab} ±0,10	34,96 ^{abB} ±0,04	33,42 ^{abA} ±0,12	34,30 ^{abA} ±0,32
A20JK80	35,98 ^{bcB} ±0,13	37,5 ^{bcB} ±0,13	36,88 ^{bcB} ±0,05	36,80 ^{bcA} ±0,02	36,76 ^{bcA} ±0,82
A30JK70	38,02 ^{cdB} ±0,01	39,59 ^{cdB} ±0,13	38,85 ^{cdB} ±0,07	38,85 ^{cdA} ±0,04	38,37 ^{cdA} ±0,51
A40JK60	40,05 ^{deB} ±0,03	41,82 ^{de} ±0,03	41,27 ^{deB} ±0,10	40,59 ^{deA} ±0,11	40,40 ^{deA} ±0,09
A50JK50	42,35 ^{efB} ±0,09	44,4 ^{efB} ±0,07	43,80 ^{efB} ±0,14	42,11 ^{efA} ±0,17	42,55 ^{efA} ±0,13
A60JK40	45,01 ^{fgB} ±0,11	46,9 ^{fg} ±0,09	46,61 ^{fgB} ±0,10	45,57 ^{fgA} ±0,15	45,74 ^{fgA} ±0,08
A70JK30	48,10 ^{ghB} ±0,04	49,12 ^{ghB} ±0,16	49,25 ^{ghB} ±0,13	47,78 ^{ghA} ±0,04	46,58 ^{ghA} ±0,50
A80JK20	50,95 ^{hB} ±0,05	52,90 ^{hB} ±0,07	51,80 ^{hB} ±0,07	48,9 ^{hA} ±0,14	47,41 ^{hA} ±0,76
A90JK10	54,82 ^{hB} ±0,15	55,20 ^{hB} ±0,11	53,41 ^{hB} ±0,07	48,23 ^{hA} ±0,27	43,63 ^{hA} ±0,30
A100JK0	58,64 ^{hB} ±0,15	55,63 ^{hB} ±0,21	50,2 ^{hB} ±0,12	43,22 ^{hA} ±0,03	38,15 ^{hA} ±0,06

Objaśnienia / Explanatory notes:

litery a-h – grupy homogenne ze względu na rodzaj soku, A-B – grupy homogenne ze względu na czas przechowywania / letters a-h – homogeneous groups depending on the juice, A-B – homogeneous groups depending on the storage time

Wnioski

1. Skład recepturowy nie wpłynął istotnie na wartość ekstraktu soków mieszanych. Wzrost udziału soku z jagody kamczackiej zaś istotnie zdeterminował wzrost kwasowości miareczkowej.
2. Najintensywniejsza degradacja polifenoli, w tym antocyjanów, zachodziła w pierwszym miesiącu przechowywania. Podczas dalszego przechowywania obniżenie zawartości badanych związków przebiegało znacznie wolniej. Wydłużenie czasu przechowywania wpływało na obniżenie wartości prozdrowotnej soków.
3. Sok z jagody kamczackiej charakteryzował się znacznie wyższą zawartością polifenoli ogółem i antocyjanów (308,3 i 234,5 mg w 100 cm³) niż sok z aronii czarnoowocowej (229,9 i 122,2 mg w 100 cm³). Dodatek komponentu jagodowego istotnie wpłynął na zwiększenie zawartości wymienionych składników bioaktywnych, podnosząc jakość soków mieszanych.
4. Dodatek soku jagodowego istotnie wpłynął na pociemnienie barwy soku mieszanego, zdeterminował również spadek udziału barwy czerwonej oraz żółtej. Również przechowywanie istotnie wpłynęło na barwę produktu finalnego (pojaśnienie, spadek a^* i b^*).

Praca była prezentowana podczas XXVII Sesji Naukowej Sekcji Młodej Kadry Naukowej „Rozwój Nauk o Żywności. Zrównoważona przyszłość”, Warszawa, 11–12 maja 2023 r.

Literatura

- [1] Achremowicz B., Oszmiański J., Puchalski C.: Antyoksydanty owoców i warzyw. Cz. 1. Funkcja i działanie. Przemysł Fermentacyjny i Owocowo–Warzywny, 2016, 60 (3), 8–11.
- [2] Błaszczak W., Amarowicz R., Górecki A. R.: Antioxidant capacity, phenolic composition and microbial stability of aronia juice subjected to high hydrostatic pressure processing. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 2017, 39, 141–147.
- [3] Danielczuk J.: Przeciwnowotworowe właściwości owoców i warzyw. Przemysł Fermentacyjny i Owocowo–Warzywny, 2019, 63 (8–9), 41–42, 44–45.
- [4] Frąckiewicz J.: The nutritional and health value of fruit, vegetable and fruit–vegetable juices. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 2021, 31/58, 1, 112–119.
- [5] Gao, X., Ohlander, M., Jeppsson, N., Björk, L., Trajkovski, V.: Changes in antioxidant effects and their relationship to phytonutrients in fruits of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) during maturation. *J. Agric. Food Chem.*, 2000, 48 (5), 1485–1490.
- [6] Goiffon, J.P., Mouly, P.P., Gaydou, E.M.: Anthocyanic pigment determination in red fruit juices, concentrated juices and syrups using liquid chromatography. *Anal. Chim. Acta*, 1999, 382 (1–2), 39–50.
- [7] Golonko A., Kalinowska M., Świsłocka R., Świdorski G., Lewandowski W.: Zastosowanie związków fenolowych i ich pochodnych w przemyśle i medycynie. *Budownictwo i Inżynieria Środowiska*, 2015, 6 (4), 161–179.
- [8] Grobelna A., Kalisz S., Kieliszek M.: Effect of processing methods and storage time on the content of bioactive compounds in blue honeysuckle berry purees. *Agronomy*, 2019, 9 (12), #860.
- [9] Grobelna A., Kalisz S., Kieliszek M.: The effect of the addition of blue honeysuckle berry Juice to apple juice on the selected quality characteristics, anthocyanin stability, and antioxidant properties. *Biomolecules*, 2019, 9 (11), #744.
- [10] Kalisz S., Kieliszek M.: Influence of storage conditions on selected quality characteristic of blue honeysuckle berry juice. *Agrochimica*, 2021, 66, 25–37.
- [11] Khattab R., Ghanem A., Brooks M.: Stability of haskap berry (*Lonicera caerulea* L.) anthocyanins at different storage and processing conditions. *J. Food Res.*, 2016, 5 (6), 67–79.
- [12] King E.S., Noll A., Glenn S., Bolling B.W.: Refrigerated and frozen storage impact aronia berry quality. *Food Production, Processing and Nutrition*, 2022, 4:3.
- [13] Lachowicz S., Oszmiański J.: Prozdrowotne właściwości jagody kamczackiej. Przemysł Fermentacyjny i Owocowo–Warzywny, 2016, 60 (2), 24–26.
- [14] Nour V.: Quality characteristics, anthocyanin stability and antioxidant activity of apple (*Malus domestica*) and black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) juice blends. *Plants*, 2022, 11, #2027.
- [15] Piasek A., Kusznierevicz B., Grzybowska I., Malinowska–Pańczyk E., Piekarska A., Azqueta A., Collins A.R., Namieśnik J., Bartoszek A.: The influence of sterilization with EnbioJet® Microwave Flow Pasteurizer on composition and bioactivity of aronia and blue–berried honeysuckle juices. *J. Food Compos. Anal.*, 2011, 24, 880–888.
- [16] PN–90/A–75101/04. Przetwory owocowe i warzywne – Przygotowanie próbek i metody badań fizykochemicznych – Oznaczanie kwasowości ogólnej.

- [17] PN-EN 12143:2000. Soki owocowe i warzywne – Oznaczanie zawartości substancji rozpuszczalnych metodą refraktometryczną.
- [18] Rupasinghe V.H.P., Arumuggam N., Amararathna M., De Silva A.B.K.H.: The potential health benefits of haskap (*Lonicera caerulea* L.): Role of cyanidin-3-O-glucoside. *J. Funct. Foods*, 2018, 44, 24-39.
- [19] Sidor A., Framza-Michałowska A.: Black chokeberry *Aronia Melanocarpa* L.—a qualitative composition, phenolic profile and antioxidant potential. *Molecules*, 2019, 24, #3710.
- [20] Sielicka M., Sady S., Błaszczuk A., Lewandowska N., Łosiewska A., Kulpa M.: Porównanie wybranych wyróżników jakościowych pasteryzowanych soków z aronii czarnoowocowej. W: Słupski J., Tarko T., Drożdż I. (red.). *Składniki bioaktywne surowców i produktów roślinnych*. Oddział Małopolski Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, Kraków, ss 46-57.
- [21] Szajdek A., Dąbkowska E., Borowska E.J.: Wpływ obróbki enzymatycznej miazgi owoców jagodowych na zawartość polifenoli i aktywność przeciwutleniającą soku. *Żywność. Nauka, Technologia. Jakość*, 2006, 4(49), 59-67
- [22] Tolić M–T., Krbavčić I.P., Vujević P., Milinović B., Jurčević I.L., Vahčić N.: Effects of weather conditions on phenolic content and antioxidant capacity in juice of chokeberries (*Aronia melanocarpa* L.). *Polish J. Food Nutr. Sci.*, 2017, 67 (1), 67-74.
- [23] Yuan B., Dano M. G. C., Lu M., Weier S. A., Stratton J. E., Weller C.: High pressure processing (HPP) of aronia berry puree: Pilot scale processing and a shelf–life study. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 2018, 47, 241-248.

THE EFFECT OF STORAGE TIME ON SELECTED QUALITY CHARACTERISTICS OF MIXED JUICES MADE FROM BLACK CHOKEBERRY AND HONEYSUCKLE BERRY

S u m m a r y

Background. Consumer awareness of a healthy lifestyle is gradually growing. Fruits are a rich source of health-promoting anthocyanins or polyphenols. The aim of the research was to determine the effect of the storage time of mixed juices made from black chokeberry and honeysuckle berry on selected quality characteristics. In this study, it was hypothesized that the storage time of mixed juices would be a factor affecting the content of polyphenols, anthocyanins and color. The test material included black chokeberry and honeysuckle berry juices and mixed juices with a share of juices in the range of 10 ÷ 90 %.

Results and conclusions. The honeysuckle berry juice proved to be a more valuable source of polyphenols and anthocyanins (308.3 and 234.5 mg/100 cm³) than the chokeberry juice (229.9 mg and 122.2 mg/100 cm³). Similarly, the mixed juices with a higher share of honeysuckle berry juice were characterized by a higher content of these compounds, and consequently, a potentially higher health-promoting value. The highest value of L*, a* and b* was found in the 100 % black chokeberry sample. For storage, it was demonstrated that the most intense degradation changes in the bioactive components took place in the first month, whereas in the later period, the rate of changes in these compounds was lower. The one-month storage resulted in a decrease in the content of polyphenols by 12.1 ÷ 14.2 % and anthocyanins by 19.7 ÷ 33.5 %, depending on the juice variant. In the case of color, it was observed that extending the storage time had a significant effect on the brightening of the tested products, as well as on changes in the values of the a* and b*.

Key words: polyphenols, anthocyanins, bioactive compounds, black chokeberry, honeysuckle berry ☒

ANNA MIKULEC, MAREK ZBOROWSKI, URSZULA CISOŃ-APANASEWICZ,
ALEKSANDRA STAWIARSKA, AGNIESZKA RUDZKA,
STANISŁAW KOWALSKI

THE STATE OF KNOWLEDGE ON FOOD SAFETY AND FOOD WASTE AMONG YOUNG CONSUMERS

S u m m a r y

Background. Consumer behavior and food waste are crucial factors that contribute to global food insecurity. This study aimed to evaluate the knowledge of food safety and food waste young consumers in Poland have. The survey was conducted among young people aged 15 ÷ 29. The impact of education, place of residence and household residence on the knowledge of food safety and food waste was examined. The cross-sectional survey was carried out between September and December 2022, using the CAWI technique for data collection. The anonymity and confidentiality of data were ensured.

Results and conclusion. The respondent group comprised 640 people. Significant differences were observed in the definition of food safety among groups with different levels of education. The vast majority of respondents were not familiar with or did not even hear of the WHO's "5 Keys to Safe Food" (68.1 %), the 2030 Agenda for Sustainable Development (86.3 %) or the concept of sustainable food (59.1 %). On the other hand, when it came to issues of food loss and waste, 86.5 % of respondents were familiar with these concepts. As many as 67.3 % of respondents admitted to throwing food away. The groups differed significantly both in terms of education and place of residence. Based on logistic regression, it was estimated that those living alone, those living in the city and those with secondary and higher education were more likely to pay attention to food waste. Based on the survey, it can be concluded that large-scale educational action is needed.

Key words: food safety, young people, food waste, nutritional knowledge

Dr inż. A. Mikulec, ORCID: 0000-0002-2737-5967, Katedra Zarządzania i Inżynierii Produkcji, Wydział Nauk Inżynierskich, Akademia Nauk Stosowanych w Nowym Sączu, ul. Zamenhofa 1a, 33-300 Nowy Sącz; mgr inż. M. Zborowski, ORCID: 0000-0003-2695-2491, Katedra Dietetyki; dr U. Cisoń-Apanasewicz ORCID: 0000-0003-4309-8442, Katedra Pielęgniarstwa; dr A. Stawiarska ORCID: 0000-0002-8970-5554, Katedra Dietetyki, Wydział Nauk o Zdrowiu, Akademia Nauk Stosowanych w Nowym Sączu, ul. Kościuszki 2G, 33-300 Nowy Sącz; dr inż. A. Rudzka ORCID: 0000-0002-3425-360X, Katedra Dietetyki i Badań Żywności, Wydział Nauk Ścisłych, Przyrodniczych i Technicznych, Uniwersytet Jana Długosza w Częstochowie, ul. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa; dr hab. inż., prof. URK S. Kowalski, ORCID: 0000-0001-5269-0291, Katedra Technologii Węglowodanów i Przetwórstwa Zbóż, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków. Kontakt: e-mail: amikulec@ans-ns.edu.pl

Introduction

Access to food is a fundamental human need that plays a crucial role in the development and maintaining good health [57]. Currently, global food production surpasses the requirements of the world's population. However, despite this abundance, the World Food Programme (WFP), a division of the United Nations, estimates that approximately 850 million people worldwide still suffer from hunger or severe malnutrition [15]. According to the Food and Agriculture Organization (FAO), nearly three billion individuals lack access to a well-balanced and nutritious diet [15, 30]. Pandemics and military conflicts around the world are likely to worsen disparities in food and water access. Hence, it becomes imperative to ensure food security at the individual, national, regional and global level, particularly in light of these challenges [7, 21, 33, 57].

Consumer behavior and food waste are crucial factors that contribute to global food insecurity. The Rome Declaration on World Food Security, included in the World Food Summit Roadmap, emphasizes the importance of taking action to eliminate poverty and social inequality arising from food access. It also highlights the need for a peaceful, stable and supportive political, social and economic environment as the foundation to prioritize global food safety [44]. In the context of food insecurity worldwide, significant attention is given to the scale of food loss and waste, which poses a global problem in ethical, social, environmental and economic terms [55, 64]. It is estimated that one-third of all food produced globally is wasted due to inadequate management [61]. The issue of food waste is a complex effect of several factors, including consumer behavior, which affects all aspects of the food chain [2]. In the United Nations' 2030 Agenda, food waste is primarily addressed in Goal 12 on sustainable consumption and production, and indirectly in Goal 2, which aims to eliminate hunger, promote food safety and improved nutrition, as well as to encourage sustainable agriculture [55, 57].

Food safety is a crucial issue that affects individuals of all ages. Insufficient knowledge about proper food handling and preparation could result in severe health consequences, such as hospitalization and even death. Therefore, awareness of food safety guidelines is essential [3]. However, young consumers tend to waste more food than older individuals. One of the known reasons is the perception of “use by” and “best before” dates on food products. Some young people tend to discard all food past the date indicated on the packaging, regardless of this description. This issue highlights a need for food safety education among young consumers [13, 35, 62].

Based on a study conducted by the Food Standards Agency in the UK, young individuals aged between 16 and 24 years are more inclined to engage in precarious food-related behavior, such as failing to wash their hands before preparing or consuming food, using the same cutting board for raw meat and vegetables, and consuming expired food products. These behaviors can lead to the spread of harmful bacteria such

as *Salmonella* and *Escherichia coli*. To address this issue, several organizations have launched campaigns aimed at increasing food safety awareness among young people. For instance, the Centre for Disease Control and Prevention (CDC) has developed the Safe Food Schools program, which provides teachers with resources and materials to educate their students on safe food handling practices [40].

Similarly, the Food and Drug Administration (FDA) has launched a 'Food Safety for Mums-to-Be' campaign to educate pregnant women and young mothers about the importance of safe food handling during pregnancy [8]. The presence of higher levels of food safety knowledge is associated with more positive attitudes toward safe hygiene behavior, highlighting the need for educational interventions [3]. Studies conducted on adults indicate that food safety knowledge improves with age and experience. Women tend to score higher than men, and younger individuals have the greatest need for additional food safety education [46]. The burden of foodborne diseases is a global issue that necessitates worldwide efforts in terms of cooperation, funding, awareness and involvement from various governments and policy-makers, especially in developing countries [53]. The Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF), which is in place in all Member States in the EU, is an example of the efforts being made in this regard. It allows for the monitoring of food safety risks and taking immediate, preventive action [32].

The process of development of the food market is also accompanied by the phenomenon related to the lack of rational food management and the growing phenomenon of food waste [39]. Catering establishments have become not only places related to feeding people of different ages but also institutions responsible for the potential education of young consumers, especially in terms of care for sustainable development and the environment [43]. Food waste has a significant impact on food security both globally and locally [4]. Generation Z consumers (Gen Z), taking into account the age of birth from the mid-1990s to the beginning of 2010, are characterized by great potential in terms of shaping food consumption patterns [25]. The complexity of the research problem related to sustainable consumption has been observed in numerous publications [20, 28, 54]. A kind of research gap, however, consists of issues related to the habits of young consumers regarding food waste.

This study aimed to evaluate the knowledge of food safety, sustainable food and food waste young consumers in Poland have. The survey was conducted among young people aged 15-29. Based on the stated objectives, the following research hypotheses were formulated:

1. Those people with higher education are characterized by greater knowledge of food safety.
2. Those aged $20 \div 29$ are characterized by greater knowledge of food safety than those aged $15 \div 19$.

3. People living in cities are characterized by greater knowledge of food safety.
4. People with higher education pay more attention to food waste.
5. People living in cities pay more attention to food waste.

Material and methods

The cross-sectional survey was carried out between September and December 2022, using the CAWI (Computer-Assisted Web Interview) technique for data collection. The anonymity and confidentiality of data were ensured.

The research sample was recruited from among young people in Poland through social media advertisements. Interested individuals were directed to a questionnaire, which they were asked to complete if they met the inclusion criteria. Inclusion criteria included those aged 15 ÷ 29 who gave informed consent to participate in the study. For those under 18, consent was requested from a parent or legal guardian. Out of 664 collected questionnaires, 24 were rejected due to serious errors.

The study used an author's questionnaire based on the works of Tomaszewska et al. [57]; Zborowski and Mikulec [64]; Bilska et al. [2]; Zborowski and Mikulec [63]; and Mikulec et al. [31].

The survey questionnaire consisted of closed-ended questions, covering various aspects. Respondents were required to provide information such as their gender, age, education level, place of residence and household size.

The exploratory section of the questionnaire included inquiries about the respondents' knowledge of food safety and factors influencing it, the awareness of sustainable food issues and familiarity with the WHO's "Five Keys to Safer Food." Additionally, the survey incorporated questions regarding food waste, including its causes. Most questions were answered with a simple "yes" or "no" response.

The collected data was analyzed using Statistica 13.3 (Stat Soft Polska Sp. z o.o., Poland). The study results were presented using percentage distribution (%), indicating the proportion of each score (% of indications). By age, the respondents were divided into two age groups 15 ÷ 19 (the age at which young people attend high school) and 20 ÷ 29 (the age at which young adults potentially start their independent lives). To assess differences between groups categorized by education, age and place of residence, the Chi-square test of independence with Yates correction was employed. A multivariate logistic regression model was prepared to verify if an education level, age and place of residence has an impact on whether a person pays attention to food waste. The independent binary variable in the model included categories: "no paying attention to food waste" (class 0) and "paying attention to food waste" (class 1). During the model preparation process, the dataset was split into a training set and a testing set in a proportion of 80:20 observations. Additionally, the oversampling method was applied to the minority class to achieve a balanced target variable in the training set. The selec-

tion of variables in logistic regression considered a multicollinearity problem. Due to the strong positive correlation observed between the variables connected with education and age, only the education variable was included in order to avoid multicollinearity. Taking all these factors into account, the following variables were selected: living alone or with family, place of residence and education. A statistical significance level of $\alpha = 0.05$ was considered for all analyses.

Results and discussion

A total of 463 women and 177 men participated in the survey, with a total sample size of 640 respondents. Almost two-thirds of the respondents lived in the countryside, while more than one-third came from urban areas. The size of the groups by age was similar to each other. Respondents aged 15-19 accounted for 43.0 % and those aged 20 ÷ 29 for 57.0 % of the total group. In the examined group, individuals with secondary school education predominated (49.1 %). More than 90 % of the respondents lived with their families in households of 3 ÷ 4 people (43.3 %) (Table 1).

Table 1. Characteristics of the study sample

Tabela 1. Charakterystyka badanej grupy

Parameters /Parametr	Number of Respondents [n] / Liczba Respondentów [n]	Percentage [%] / Odsetek [%]
Gender / Płeć		
Female / Kobiety	463	72.3
Male / Mężczyźni	177	27.7
Age [years] / Wiek [lata]		
15 ÷ 19	275	43.0
20 ÷ 29	365	57.0
Place of residence / Miejsce zamieszkania		
Countryside / Wieś	393	61.4
City / Miasto	247	38.6
Education / Wykształcenie		
Primary school / Podstawowe	198	30.9
Secondary school / Średnie	314	49.1
Higher education / Wyższe	128	20.0
Current residence / Sytuacja rodzinno-mieszkaniowa		
I live alone / Mieszkam sam	57	8.9
I live with a family / Mieszkam z rodziną	583	91.1
Number of persons living in the household / Liczba osób zamieszkujących gospodarstwo domowe		
1 to 2 / 1 do 2	74	11.6
3 to 4 / 3 do 4	277	43.3
5 to 6 / 5 do 6	226	35.3
More than 6 / Powyżej 6	63	9.8

Knowledge of the definition of food safety

In the question “what is your understanding of food safety”, the respondents were asked to indicate “yes” or “no” for each answer option. The majority of respondents selected the correct answer, which referred to the set of conditions that must be met concerning the actions to be taken at all stages of food production or trade to ensure human health and life. Significant differences in the frequency of selecting this answer were observed among different educational and age groups. Individuals with secondary education (30.5 %), aged 20 ÷ 29 (38.8 %) and those residing in rural areas (33.4 %) most frequently chose the answer “D”. It was also noteworthy that the answer options “B” and “A”, which pertained to contaminants in food and the use of food additives, were indicated as definitions of safe food with similar frequencies, although significant differences ($p = 0.04$) in the frequency of answering “A” were observed only for the 20-29 age group. (Table 2).

Table 2. Food safety definition by education level, age and place of residence

Tabela 2. Definicja bezpieczeństwa żywności według wykształcenia, wieku i miejsca zamieszkania

Responses / Odpowiedzi	Education [%] / Wykształcenie [%]				Age in years [%] / Wiek w latach [%]			Place of residence [%] / Miejsce zamieszkania [%]		
	Primary school / Podstawowe	Secondary school / Średnie	Higher education / Wyższe	<i>p</i>	15- 19	20- 29	<i>p</i>	Countryside / Wieś	City / Miasto	<i>p</i>
A	12.1	20.2	6.9	0.46	18.8	20.2	0.04	23.3	15.6	0.52
B	15.5	24.1	10.2	0.97	21.1	28.4	0.91	30.3	19.5	0.67
C	9.2	4.5	2.1	< 0.01	10.8	5.0	<0.01	11.3	4.5	0.02
D	13.3	30.5	13.6	< 0.01	18.6	38.8	<0.01	33.4	23.9	0.06

Explanatory notes:

A – a set of conditions that must be met concerning the use of food additives; B – a set of conditions that must be met concerning the levels of contaminants and residues of plant protection products and fertilizers; C – a set of conditions that must be met concerning the organoleptic characteristics of food; D – a set of conditions that must be met concerning the actions that need to be taken at all stages of food production or trade to ensure human health and life.

Objaśnienia:

A – ogół warunków, które muszą być spełnione, dotyczący stosowanych substancji dodatkowych do żywności; B – ogół warunków, substancji zanieczyszczających, pozostałości środków ochrony i nawożenia roślin, warunków napromieniania żywności; C – ogół warunków, które muszą być spełnione, dotyczący cech organoleptycznych żywności; D – ogół warunków, które muszą być spełnione dotyczący działań, które muszą być podejmowane na wszystkich etapach produkcji lub obrotu żywnością – w celu zapewnienia zdrowia i życia człowieka.

The research results indicate a proper understanding of the concept of food safety. A review of the literature shows that knowledge about food safety varies among young people in different countries [5, 37]. Compared to our Polish youth, the youth from Jordan or Greece gave, on average, fewer correct answers to questions about food safety (only 46 %) [5]. In turn, young people living in Turkey and Saudi Arabia had a similar level of knowledge as Poles, respectively 57 % and 75 % of correct answers on food safety [47, 51]. Studies conducted among adults have shown that knowledge about food safety increases with age and practice: women score higher than men, and younger respondents show the greatest need for additional food safety education [46].

Factors influencing food safety

There were significant differences between respondents of different educational level and age in the perception of important factors that influenced food safety. These factors were: industrialization and intensification of food production (from 10.2 % of respondents with higher education to 18.4 % with a secondary school background), application of pesticides and plant protection and fertilization agents (from 14.1 % of respondents with higher education to 29.2 % with a secondary school background and 20.9 % of respondents aged 15 ÷ 19 and 37.3 % of those aged 20 ÷ 29), changes in animal breeding (e.g., the use of intensive animal farming practices) (from 10.8 % of respondents with higher education to 20.3 % with a secondary school background and 15.8 % of respondents aged 15 ÷ 19 and 27.3 % of those aged 20 ÷ 29), the emergence of new foodborne pathogens (from 7.8 % of respondents with higher education to 21.7 % with a secondary school background and 15.5 % of respondents aged 15 ÷ 19 and 24.1 % of those aged 20 ÷ 29), and aging populations (from 1.4 % of respondents with higher education to 6.1 % with a primary school background and 6.9 % of respondents aged 15 ÷ 19 and 5.3 % of those aged 20 ÷ 29) and the utilization of genetically modified organisms (GMOs) in food production (12.8 % of respondents aged 15 ÷ 19 and 21.9 % of those aged 20 ÷ 29) (Table 3). These results show, among other things, that young people are less afraid of genetically modified food and the possibility of pathogens in food (Table 3).

When considering the respondents' place of residence, significant differences were found in indicating changes in animal breeding (19.4 % of respondents living in rural areas and 23.8 % living in cities) and the utilization of genetically modified organisms (GMOs) in food production (19.5 % of respondents living in rural areas and 15.2 % living in cities) as factors influencing food safety. These factors were also most frequently indicated as posing threats to food safety (Table 3).

Food safety is one of the basic human needs, which, when simplified through Maslow's hierarchy of needs, is nothing more but the need for constant access to food.

Thus, it refers to the elimination of hunger and the internal sense of security in society [29].

Table 3. Factors influencing food safety by education level, age and place of residence

Tabela 3. Czynniki wpływające na bezpieczeństwo żywności według wykształcenia, wieku i miejsca zamieszkania

Factors / Czynniki	Education [%] / Wykształcenie [%]				Age in years [%] / Wiek w latach [%]			Place of residence [%] / Miejsce zamieszkania [%]		
	Primary school / Podstawowe	Secondary school / Średnie	Higher education / Wyższe	<i>p</i>	15÷19	20÷29	<i>p</i>	Countryside / Wieś	City / Miasto	<i>p</i>
industrialization and intensification of food production / industrializacja i intensyfikacja produkcji żywności	10.9	18.4	10.2	0.02	15.5	23.9	0.15	23.4	15.9	0.43
application of pesticides and plant protection and fertilization agents / stosowanie pestycydów i innych środków ochrony i nawożenia roślin	15.1	29.2	14.1	<0.01	20.9	37.3	<0.01	34.2	24.6	0.09
changes in animal breeding / zmiany w żywieniu zwierząt	12.2	20.3	10.8	0.02	15.8	27.3	0.01	19.4	23.8	<0.01
emerging foodborne pathogens / pojawienie się czynników chorobotwórczych przenoszonych przez żywność	10.1	21.7	7.8	0.03	15.5	24.1	0.13	23.9	15.6	0.69
mass production of food / masowa produkcja żywności	8.9	11.2	5.5	0.49	11.3	15.0	0.95	14.8	11.4	0.13
changes in lifestyle and consumption patterns / zmiany stylu życia i wzorców konsumpcji	5.3	7.5	2.8	0.73	7.8	7.8	0.15	9.5	6.1	0.93
aging populations / starzenie się społeczeństw	6.1	4.7	1.4	<0.01	6.9	5.3	0.01	7.9	4.2	0.44

food poisoning and infections / liczba zatruc i zakażeń pokarmowych	10.1	17.2	6.7	0.85	13.0	20.8	0.12	20.6	13.1	0.92
utilization of GMOs in food production / wykorzystywanie GMO do produkcji żywności	8.8	18.3	7.7	0.07	12.8	21.9	0.03	19.5	15.2	0.05

The scope of the conducted research also included the question of the respondents regarding factors determining food safety. Respondents indicating the main factors affecting food safety pointed to the industrialization and intensification of food production, the use of pesticides and plant protection and fertilization agents, changes in animal husbandry, the emergence of new food-borne pathogens and the aging of population. Changing socio-economic conditions make it difficult for food producers to provide adequate nutrition to an ever-growing global population. It is estimated that by 2050 the world population will reach 10 billion, which is a huge challenge for all sectors involved in food production [45]. Alternatives to existing food products, such as edible insects, can partly address this problem by diversifying food sources, as well as providing high-quality dietary protein [22, 23, 24, 59].

Plant protection products are used in many fields of agriculture to improve yields and product quality [52]. The most characteristic contribution of the use of pesticides is the reduction of food losses caused by pests and diseases of crops, especially in developing countries [6, 48, 49, 50]. Similar concerns about the use of pesticides have been observed in the Greek society. Greek consumers were found to be concerned about how pesticide residues in food could affect their health and that of their loved ones [52].

The factors influencing food safety indicated by young respondents are the emergence of new food-borne pathogens. Growing concerns about food safety in this area may be related to globalization, urbanization, increasing social affluence and changing eating patterns around the world. In low- and middle-income places, it is estimated that most foodborne illnesses still result from food mismanagement, which creates potential danger. Current literature suggests that food safety concerns are related to risks throughout the supply chain [26]. Therefore, further efforts to improve food safety should be continued, also through the education of young consumers.

Undoubtedly, nutrition is crucial for physical development and maintaining human health. Well-nourished children learn better and adults are more productive [12]. In recent years, the COVID-19 pandemic has possibly caused legitimate consumer concerns. As pointed out in the literature, there is currently no confirmed evidence of SARS-CoV-2 transmission through consumption of contaminated food or water [16].

Knowledge of concepts

The respondents were asked about their knowledge of issues including familiarity with the WHO's 5 steps to safe food, sustainable food and issues related to food loss and waste. The great majority of respondents neither knew nor had even heard of the WHO's "Five Keys to Safer Food" (68.1 %), the 2030 Agenda for Sustainable Development (86.3 %) or the concept of sustainable food (59.1 %). On the other hand, when it came to issues relating to food loss and waste, 86.5 % of the respondents were familiar with them, and 92.9 % paid attention to food waste. As many as 67.3 % of the respondents admitted to wasting food. These respondents differed significantly by both education and place of residence. The highest percentages of people who threw food away were those with higher education, aged 20 ÷ 29, and those living in rural areas (32.5; 41.2 and 38.6 %, respectively) (Table 4).

Table 4. Knowledge of selected topics related to food by education level, age and place of residence

Tabela 4. Znajomość podstawowych pojęć związanych z żywnością według wykształcenia, wieku i miejsca zamieszkania

Questions Pytania	Education [%] / Wykształcenie [%]				Age in years [%] / Wiek w latach [%]			Place of residence [%] / Miejsce zamieszkania [%]		
	Primary school / Podstawowe	Secondary school / Średnie	Higher education / Wyższe	<i>p</i>	15 ÷ 19	20 ÷ 29	<i>p</i>	Countryside / Wieś	City / Miasto	<i>p</i>
Do you know or have you heard of the "Five Keys to Safer Food" developed by the World Health Organization (WHO)? / Czy znasz lub słyszałeś o opracowanych przez Światową Organizację Zdrowia (WHO) „Pięć kroków do bezpieczniejszej żywności”?										
Yes / Tak	13.2	14.2	4.5	< 0.01	16.9	15.0	< 0.01	21.6	10.3	0.03
No / Nie	17.8	34.8	15.5		26.1	42.0		39.8	28.3	
Do you know or have you heard of the 2030 Agenda for Sustainable Development? / Czy znasz lub słyszałaś/eś o Agendzie na rzecz Zrównoważonego Rozwoju 2030?										
Yes / Tak	4.1	4.8	4.8	< 0.01	5.5	8.3	0.59	8.1	5.6	0.63
No /Nie	26.9	44.2	15.2		37.5	48.8		53.4	32.9	

Do you know or have you heard of the term sustainable food? / Czy znasz lub słyszałaś/eś o pojęciu zrównoważona żywność?										
Yes / Tak	11.7	20.6	8.6	0.56	16.7	24.2	0.41	23.8	17.1	0.14
No / Nie	19.2	28.4	11.5		26.3	32.8		37.6	21.5	
Are you familiar with the concept of food loss and waste? / Czy znasz pojęcie strat i marnotrawstwa żywności?										
Yes / Tak	26.4	43.4	16.7	0.32	36.9	49.7	0.72	52.2	34.3	0.08
No / Nie	4.6	5.6	3.3		6.1	7.3		9.3	4.2	
Do you pay attention to food waste? / Czy zwracasz uwagę na marnowanie żywności?										
Yes / Tak	27.2	46.8	18.9	0.01	38.1	54.8	< 0.01	56.2	36.7	0.08
No / Nie	3.8	2.2	1.1		4.8	2.3		5.2	1.9	
Do you ever waste food? / Czy zdarza ci się marnować jedzenie?										
Yes / Tak	19.5	15.3	32.5	0.03	26.1	41.2	< 0.01	38.6	28.7	< 0.01
No / Nie	11.4	16.6	4.7		16.9	15.8		22.8	9.9	

The 2030 Agenda for Sustainable Development [58] sets out an action plan for the coming years on many levels. Sustainable Consumption and Production, a goal of the 12 Sustainable Development Goals (SDGs), advocates a 50 % reduction in global food waste. Renzi et al. [42] indicate that young consumers seem to pay special attention to global issues. They show a more favorable attitude towards sustainable behavior than older consumers. Unfortunately, as showed by the survey, most respondents do not know or have not even heard of the 2030 Agenda for Sustainable Development.

When it comes to issues related to food losses and waste, 86.5 % of the respondents know these terms, whereas 92.9 % pay attention to food waste. And as many as 67.3 % of them admit to throwing food away. Food waste occurs at all stages of the food chain, however, estimated studies indicate that households in developed countries have the largest share in food waste [1]. The Internet and the school environment were most often indicated as the source of knowledge on food waste. Studies show that interventions and the implementation of educational programs aimed at increasing social awareness of the scale of the problem lead to a reduction in the scale of food waste [9, 18]. Educational institutions around the world are working to implement an educational framework that integrates One Health and transdisciplinary competencies to improve sustainable food production and environmental management. The survey respondents

identify the concept of sustainable food with care for the natural environment. The educational trend focused on this area is "One Health". One Health is a concept according to which the health of humans, animals and the environment are inextricably linked [11].

Table 5. Specifying sustainable food by education level, age and place of residence

Tabela 5. Definiowanie zrównoważonej żywności według wykształcenia, wieku i miejsca zamieszkania

Responses Odpowiedzi	Education [%] / Wykształcenie [%]				Age in years [%] / Wiek w latach [%]			Place of residence [%] / Miejsce zamieszkania [%]		
	Primary school / Podstawowe	Secondary school / Średnie	Higher educa- tion / Wyższe	<i>p</i>	15÷19	20÷29	<i>p</i>	Countryside / Wieś	City / Miasto	<i>p</i>
It is a product of sustainable agriculture, characterized by concern for the environment and the finances of the farmer, and accepted by the society / To produkt rolnictwa zrównoważonego, charakteryzującego się troską o środowisko, finanse rolnika i akceptowany przez społeczeństwo										
Yes / Tak	15.6	22.5	8.3	0.26	22.0	24.4	0.04	28.6	17.8	0.92
No / Nie	15.3	26.6	11.7		20.9	32.7		32.8	20.8	
It is food produced in an environmentally friendly way / To żywność produkowana w sposób przyjazny dla środowiska										
Yes / Tak	16.0	30.0	15.0	< 0.01	23.2	37.7	< 0.01	36.3	24.7	0.22
No / Nie	14.5	19.2	5.4		19.7	19.4		25.0	14.0	
It is food produced in accordance with the principles of profitable agricultural production and its social acceptance / To żywność wyprodukowana zgodnie z zasadami opłacalności produkcji rolniczej i jej akceptacji społecznej										
Yes / Tak	10.0	13.1	4.3	< 0.01	12.4	15.0	0.55	16.7	10.7	0.93
No / Nie	20.9	35.9	15.8		30.6	42.0		44.7	27.9	

In response to the question of where the respondents encountered the concept of sustainable development or sustainable food, the majority pointed at the Internet (32.3 %), school (23.6 %) and articles in scientific journals (13.5 %). The respondents perceived sustainable food as produced in an environmentally friendly manner (61 %). In response to this question, differences were found both in terms of the age of the respondents and their level of education. Those with a secondary education and those aged 20 ÷ 29 represented the largest percentage of those giving this answer (30.0 and

37.7 %, respectively). Rural residents also frequently answered in the same way (36.3 %), although they did not differ significantly ($p = 0.22$) from urban residents. On the other hand, the definition of products of sustainable agriculture, characterized by concern for the environment, the farmer's finances, and accepted by the society, was selected by 46.4 % of the respondents. Only respondents in the groups where age was the dividing criterion differed significantly ($p = 0.04$) (Table 5).

Food losses and waste

The respondents were asked to indicate how they understood food loss and waste. Most comprehended these concepts as food produced for consumption that has not been consumed by humans (60.9 %) and as a reflection of consumer behavior, often combined with conscious decisions to throw edible food products away (62.2 %) (Table 6). In the case of loss and waste perceived as the conscious throwing away of products, significant differences were observed between groups by level of education ($p < 0.01$) (31.5 % of those with a secondary school background), age ($p < 0.01$) (44.0 % of those aged 20 ÷ 29) and by place of residence ($p = 0.01$) (36.6 % of those living in rural areas). The groups also differed significantly from each other as regards their answers related to food waste and waste products being rejected outside the agri-food chain for economic and aesthetic reasons (Table 6).

Table 6. Understanding of food loss and waste by education level, age and place of residence

Tabela 6. Rozumienie strat i marnotrawstwa żywności według wykształcenia, wieku i miejsca zamieszkania

Responses Odpowiedzi	Education [%] / Wykształcenie [%]				Age in years [%] / Wiek w latach [%]			Place of residence [%] / Miejsce zamieszkania [%]		
	Primary school / Podstawowe	Secondary school / Średnie	Higher education / Wyższe	<i>p</i>	15÷19	20÷29	<i>p</i>	Countryside / Wieś	City / Miasto	<i>p</i>
Food produced for consumption that has not been consumed by humans / Żywność wytworzona dla celów konsumpcyjnych, która nie została spożyta przez człowieka										
Yes / Tak	17.4	31.5	12.0	0.17	25.6	35.3	0.61	36.7	24.2	0.45
No / Nie	13.6	17.6	7.9		17.4	21.7		24.7	14.4	
Food products rejected outside the agri-food chain for economic and aesthetic reasons / Produkty żywnościowe odrzucone poza łańcuch rolno-żywnościowy ze względów gospodarczych, estetycznych										

Yes / Tak	10.3	20.5	10.1	0.01	14.2	26.7	< 0.01	22.3	18.6	< 0.01
No / Nie	20.6	28.6	9.9		28.8	30.3		39.1	20.0	
It is a representation of consumer behavior, often combined with conscious decisions to throw food products suitable for consumption away / To odzwierciedlenie zachowań konsumentów, często łączonych ze świadomymi decyzjami związanymi z wyrzucaniem produktów żywnościowych nadających się do spożycia										
Yes / Tak	15.8	31.5	14.9	< 0.01	22.2	40.0	< 0.01	36.6	25.6	0.01
No / Nie	15.2	17.4	5.2		20.8	17.0		24.9	12.9	
It is when food products are past their best-before date / To przekroczenie daty przydatności do spożycia przez artykuły spożywcze										
Yes / Tak	9.1	15.6	6.1	0.82	13.6	17.2	0.75	17.7	13.1	0.16
No / Nie	21.9	33.4	13.9		29.4	39.8		43.7	25.5	

Table 7. Factors determining safe food by education level, age and place of residence

Tabela 7. Czynniki decydujące o bezpieczeństwie żywności według wykształcenia, wieku i miejsca zamieszkania

Responses / Odpowiedzi	Education [%] / Wykształcenie [%]				Age in years [%] / Wiek w latach [%]			Place of residence [%] / Miejsce zamieszkania [%]		
	Primary school / Podstawowe	Secondary school / Średnie	Higher education / Wysze	<i>p</i>	15÷19	19÷29	<i>p</i>	Countryside / Wieś	City / Miasto	<i>p</i>
contamination-free food / żywność wolna od zanieczyszczeń										
Yes / Tak	17.9	35.2	15.1	< 0.01	25.9	42.3	< 0.01	39.5	28.7	0.01
No / Nie	12.9	13.7	5.2		17.1	14.7		21.9	9.9	
food that has not gone off/ żywność nieprzeterminowana										
Yes / Tak	11.7	16.3	8.1	< 0.01	15.5	20.6	0.97	21.3	14.8	0.32
No / Nie	19.2	32.8	11.9		27.5	36.4		40.2	23.7	
ecologically produced food / żywność produkowana metodami ekologicznymi										
Yes / Tak	13.1	13.8	6.9	< 0.01	16.7	17.2	0.03	22.8	11.1	0.04
No / Nie	17.7	35.4	13.1		26.3	39.8		38.6	27.5	

food with quality mark/certification / żywność mająca znak jakości/certyfikat										
Yes / Tak	13.3	21.3	7.5	0.51	20.2	21.8	0.04	26.3	15.6	0.53
No / Nie	17.7	27.7	12.5		22.8	35.2		35.2	22.9	
food that does not cause negative health effects to the body / żywność nie powodująca negatywnych skutków zdrowotnych dla organizmu										
Yes / Tak	14.2	35.2	14.7	< 0.01	22.1	42.0	< 0.01	37.2	26.9	0.02
No / Nie	16.7	13.9	5.3		20.9	15.0		24.2	11.7	
self-made food / żywność wyprodukowana samodzielnie										
Yes / Tak	6.6	8.6	2.8	< 0.01	9.1	8.9	0.09	11.9	6.1	0.30
No / Nie	24.4	40.4	17.2		33.9	48.10		49.5	32.5	

When indicating the factors for safe food, the respondents most often differed based on their level of education and age. Most understood it as free of contaminants and not causing negative health effects to the body (68.1 % and 64.1 %, respectively) (Table 7).

The respondents were asked to mark yes or no next to selected food products that were thrown away at home. Among the products most often indicated, were bakery products (33.2 %), dairy products (31.2 %), fruit (28.4 %), vegetables (25.4 %) and cold cuts (20.0 %). There were significant differences between the groups by education in discarding vegetables ($p = 0.01$); pasta and spices ($p < 0.01$) and groats ($p = 0.02$). Respondents with higher education were most likely to report discarding vegetables (13.9 %), while pasta, spices and groats were most likely to be thrown away by those with primary education. There were significant differences between groups by age observed in the throwing away of bread ($p = 0.02$); meat ($p = 0.01$); vegetables ($p = 0.01$); pasta, groats and spices ($p < 0.01$). Respondents aged 20 ÷ 29 were significantly more likely to report the throwing away of bread (21.1 %) and vegetables (16.7 %), while pasta, spices and groats were most often thrown away by those aged 15 ÷ 19. However, by place of residence, urban and rural residents differed significantly between each other in throwing away bakery products ($p < 0.01$), fruit ($p < 0.01$) and vegetables ($p < 0.01$). City residents were significantly more likely to report the throwing away of bread, fruit and vegetables compared to rural residents.

The obtained results are consistent with those obtained as part of the GOSPOSTRATEG program implemented in Poland in 2018 ÷ 2021, a research project devoted to the study of food losses and waste. Program called “Developing a system for monitoring wasted food and an effective program to rationalize losses and reduce food waste” (acronym PROM). Its purpose was also to examine how much food was wasted in Poland along the entire production chain - the so-called “from field to table”. As a result, Bilaska et al. [1] observed that bread was the most frequently wasted prod-

uct by Polish respondents (23.8 %). Almost 13 % of respondents "often and sometimes" threw away smoked meat, vegetables except for root vegetables, milk drinks and fresh fruit. Bread was wasted more often by people aged 18 ÷ 24, in our own research also people aged over 20 (20 ÷ 29) significantly more often declared that they threw bread away.

Table 8. Reasons for throwing food away by education level and place of residence

Tabela 8. Powody wyrzucania żywności według wykształcenia i miejsca zamieszkania

Responses / Odpowiedzi	Education [%] / Wykształcenie [%] $p = 0.03$			Age in years [%] / Wiek w latach [%] $p = 0.03$		Place of residence [%] / Miejsce zamieszkania [%] $p = 0.57$	
	Primary school / Podstawowe	Secondary school / Średnie	Higher education / Wyższe	15÷19	20÷29	Countryside / Wieś	City / Miasto
obvious signs of spoilage / wyraźne oznaki zepsucia	9.7	26.2	13	15.1	33.9	28.1	20.9
expiration of shelf life / upływ terminu przydatności do spożycia	8.4	10.7	3.9	10.2	12.8	12.8	10.2
loss of organoleptic qualities (e.g. change in taste, smell, color, etc.) / utrata walorów organoleptycznych (np. zmiana smaku, zapachu, barwy itp.)	5.1	5.1	2.8	5.8	7.2	7.2	5.8
inability to use food purchased / nieumiejętność wykorzystania zakupionych produktów	2.8	2.8	0.9	3.5	3.0	4.6	1.9
buying excessive amounts of food products / kupowanie nadmiernych ilości produktów spożywczych	2.3	3.2	1.6	3.3	3.9	3.7	3.5

The respondents were asked to mark the reasons for throwing food away. The main reasons in the group by education, age and place of residence (98.5; 98.7 and 98.7 %, respectively) were obvious signs of spoilage, expiration date, change in organoleptic qualities, inability to use the products they had or purchase of excess food (Table 8). Only by education and age, the respondents differed significantly in the frequency of reasons for throwing food away. Individuals also pointed to reasons such as

preparing too large portions of food at home and the lack of smaller portions/packages of selected food products in markets.

When asked about noting the expiration date, the respondents with different levels of education and age differed significantly ($p = 0.03$). Respondents with secondary education and aged 20 ÷ 29 were most likely to notice this aspect of food by answering always (23.4 and 30.5 % respectively) and often (20.9 and 22.3 % respectively) (Table 9).

Table 9. Taking note of the expiration date of food products

Tabela 9. Zwracanie uwagi na datę ważności produktów spożywczych

Responses / Odpowiedzi	Education [%] / Wykształcenie [%] $p = 0.01$			Age in years [%] / Wiek w latach [%] $p < 0.01$		Place of residence [%] / Miejsce zamieszkania [%] $p = 0.34$	
	Primary school / Podstawowe	Secondary school / Średnie	Higher education / Wyższe	15÷19	20÷29	Countryside / Wieś	City / Miasto
always / zawsze	14.2	23.4	12.0	19.2	30.5	29.1	20.6
often / często	11.7	20.9	6.6	16.9	22.3	24.6	14.5
rarely / rzadko	4.4	3.3	1.3	5.3	3.6	6.3	2.7
never / nigdy	0.6	1.4	0.2	1.6	0.6	1.4	0.8

According to a report by the Food and Agriculture Organization of the United Nations [14], one-third of all food produced for human consumption was wasted each year in the 2000s. This represented approximately 1.3 billion tons of global food production per year. Given the scale of the problem, our research aimed to determine which groups of food products are wasted the most often. Among the food thrown away, the respondents most often mentioned bread, dairy products, fruit, vegetables and cold cuts. Similar observations were made by other researchers in the world [17, 19]. The main reasons for throwing food away are visible signs of spoilage, which can pose a serious threat to the health of consumers both in households and in public catering [27].

Another factor exacerbating the scale of the problem is the expiration of the best-before date. According to the Regulation of the European Union [41], the "date of minimum durability of food" means the date until which the food retains its specific properties, provided that it is properly stored. Observance of proper labeling is particularly

important in the case of food products that promote the growth of microorganisms and thus may pose a direct threat to human health. Different dates on food labels, including best-before dates, and misinterpretation of these dates directly lead to an increase in food waste [60, 65]. It is observed that the terms "use by" and "best before" mean the same thing to respondents. Differences in the scope and methods of date marking can contribute to confusion between the industry and consumers and ultimately lead to significant, unnecessary food loss and waste [34].

It should be emphasized that there is a problem with direct measurement of food loss and waste levels mainly due to the different ways in which data is obtained. Niedeke et al. [36] indicate that there are no universal methods of obtaining data, and their selection depends on the specificity of a particular stage or link in the agri-food chain in which the measurement is to be made and on the purpose of this measurement. The European Union has been undertaking a number of initiatives in this area for years, which are reflected in legal acts, such as Regulation (EC) No. 2150/2002 of November 25, 2002 on waste statistics or Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of November 19, 2008 on waste. In 2019, the Act of 19 July 2019 on counteracting food waste was introduced in Poland.

As part of its "From Field to Table" strategy, the European Commission is working on revisions to Regulation 1169/2011 on the provision of food information to consumers. It envisages various scenarios for what can be done to further combat food waste. One of the proposals is to extend the list of products exempted from the obligation to indicate the minimum durability date. A second proposal is to abandon the term 'best before' in order to keep only one name for the 'use by' date. The third proposal is to use new wording for the use-by date: "best before, often good after" or "end of expiry date, best before" or changes in format, layout, color such as imposing a mandatory graphical/visual presentation (e.g. red color for use-by dates and green for minimum durability dates or different symbols such as the STOP sign to indicate dates) [10].

Research conducted by Bilska et al. [1] showed that a greater percentage of men than women declared that they usually did not check the stock levels in the household before going shopping, which may be associated with an increase in food waste. The author also emphasized that information about food products stored at home before going shopping is the key to avoiding unnecessary food purchases. This practice would lead to less waste due to expired food. In addition, if consumers used a proper food storage system and useful principles such as meal planning by inventory and FIFO, they could reduce the amount of waste caused by forgotten food. The results of the conducted research show how diverse the causes and sources of food waste are and how all these factors are interrelated. The 2030 Agenda for Sustainable Development [58] sets out an action plan for the coming years on many levels. Sustainable Consumption and Production, a goal of the 12 Sustainable Development Goals (SDGs),

advocates a 50 % reduction in global food waste. Several actions should be taken to prevent food waste. These activities start at home by planning a shopping list. When making food products, you should choose only those ingredients that you will be able to reliably use. When dining out, order smaller portions or take leftovers home. At home, use the cooling and freezing of food, which is the best way to preserve it [56]. Adolescence is a special development period for young consumers in terms of nutritional education. There is a positive impact of education through the work of teachers on the awareness of young people on making food choices and reducing losses related to food waste [38].

Logistic regression

The results obtained using logistic regression was shown in Table 10.

Table 10. Parameters of logistic regression model

Tabela 10. Parametry modelu regresji logistycznej

	Coefficient	Standard error	$p > z $
Living alone or with family / Mieszkam sam lub z rodziną	-0.6139	0.101	< 0.010
Place of residence / Miejsce zamieszkania	0.4925	0.157	< 0.012
Secondary education / Wykształcenie średnie	0.9108	0.144	< 0.010
Higher education / Wykształcenie wyższe	0.4468	0.200	0.026

The model achieved an accuracy level of 0.69, a low result that can be explained by the difficulty associated with predicting social phenomena. The F1-score, which takes into account precision and recall, was 0.74. With a significance level of 0.05, all variables were statistically significant.

The interpretations of the estimations for each variable were as follows:

- People living with their families had about 46 % lower chances of paying attention to food waste compared to people living alone, *ceteris paribus*.
- People living in cities had about 64 % higher chances of paying attention to food waste compared to people living in rural areas, *ceteris paribus*.
- People with secondary education had approximately 2.5 times higher chances of paying attention to food waste compared to people with primary education, *ceteris paribus*.
- People with higher education had about 56 % higher chances of paying attention to food waste compared to people with primary education, *ceteris paribus*.

Limitations of the Study

Despite the considerable sample size of 640 young individuals, obtained through voluntary sampling, there may be concerns about its representativeness. Although the survey was conducted only in Poland and focused solely on young people, the research aimed to investigate the level of knowledge about food safety and food waste among this demographic group, as they often do not yet manage their own households. Conversely, restricting the survey to young people in Poland offers an opportunity to compare the findings with those from other countries. Moreover, it would be beneficial to enhance the survey methodology by integrating a food diary to quantify the amount of wasted food.

Conclusion

1. Based on the study, the research hypotheses were verified. Chi2 test and logistic regression confirmed most of the research hypotheses, so it should be concluded:
 - a) Those aged 20 ÷ 29 are characterized by greater knowledge about food safety, compared to those aged 15 ÷ 19.
 - b) People living in cities do not differ in their level of food safety knowledge compared to those living in the countryside.
 - c) People with higher education pay more attention to food waste.
 - d) People living in cities, despite throwing away more bread, fruit and vegetables, pay more attention to food waste than rural residents.
 - e) The hypothesis that people with higher education are characterized by greater knowledge of food safety was not confirmed. Those with secondary education are characterized by a higher level of food safety knowledge, compared to the other groups.
2. Additionally, based on the survey, it should be concluded that the state of knowledge about food safety among young consumers in Poland requires a series of educational activities.
3. Educational efforts also need to be taken in the area of sustainability and sustainable food issues. Only 13.7 % of the respondents have heard of the 2030 Agenda for Sustainable Development, and less than half (40.9 %) are familiar with the term sustainable food. The main source of knowledge about the subject is the Internet (for 32.3 % of the respondents) and school (for 23.6 % of the respondents), so it is worth using these sources to promote topics on the subject more widely.
4. Although the state of knowledge of Polish young consumers does not differ from that of young people living in other countries (e.g. Turkey and Saudi Arabia), it is slightly better than that of young Greeks or Jordanians.

5. It should be emphasized that realizing the importance of the issues of food safety, food waste, sustainability and production is more relevant than ever, if only because the consequences of industrial explosive growth are becoming increasingly felt.
6. It is necessary to undertake educational activities on a large scale because education about this subject is extremely important both for the sake of our health, but also for the condition of the planet on which we live.

References

- [1] Bilska B., Tomaszewska M., Kołożyn-Krajewska D. Analysis of the Behaviors of Polish Consumers in Relation to Food Waste. *Sustainability* 2019, 12, #304.
- [2] Bilska B., Tomaszewska M., Kołożyn-Krajewska D., Piecek M.: Segmentation of Polish Households Taking into Account Food Waste. *Foods* 2020, 9, #379.
- [3] Booth R., Hernandez M., Baker E.L., Grajales T., Pribis P.: Food Safety Attitudes in College Students: A Structural Equation Modeling Analysis of a Conceptual Model. *Nutrients*, 2013, 5, 328-339.
- [4] Burlea-Schiopoiu A., Ogarca R.F., Barbu C.M., Craciun L., Baloi I.C., Miha L.S.; The impact of COVID-19 pandemic on food waste behaviour of young people. *J. Clean. Prod.*, 2021, 294, #126333.
- [5] Courtney S.M., Majowicz S.E., Dubin J.A. Food Safety Knowledge of Undergraduate Students at a Canadian University: Results of an Online Survey. *BMC Public Health* 2016, 16, #1147.
- [6] De Bon H., Huat J., Parrot L., Sinzogan A., Martin T., Malézieux E., Vayssières J.F. Pesticide Risks from Fruit and Vegetable Pest Management by Small Farmers in Sub-Saharan Africa. A Review. *Agron. Sustain. Dev.* 2014, 34, 723-736.
- [7] Devereux S., Béné C., Hoddinott J.: Conceptualising COVID-19's impacts on household food security. *Food Sec.*, 2020, 12, 769-772.
- [8] Dietary Advice for Moms to be. Available online: <https://www.fda.gov/food/people-risk-foodborne-illness/dietary-advice-moms-be> (accessed 11 March 2023).
- [9] Elnakib S.A., Quick V., Mendez M., Downs S., Wackowski O.A., Robson M.G.: Food Waste in Schools: A Pre-/Post-Test Study Design Examining the Impact of a Food Service Training Intervention to Reduce Food Waste. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2021, 18, #6389.
- [10] Food information to consumers legislation. [on line]. Internet access [12.08.2023]: http://food.ec.europa.eu/safety/labelling-and-nutrition/food-information-consumers-legislation_en#:~:text=The%20aim%20of%20revising%20the%20FIC%20Regulation%20is,profiling%20criteria%20to%20restrict%20claims%20made%20on%20foods%3B
- [11] Garcia S.N., Osburn B.I., Jay-Russell M.T.: One Health for Food Safety, Food Security, and Sustainable Food Production. *Front. Sustain. Food Syst.* 2020, 4, 1.
- [12] Gargiulo A.H., Duarte S.G., Campos G.Z., Landgraf M., Franco B.D.G.M., Pinto U.M.: Food Safety Issues Related to Eating in and Eating Out. *Microorganisms* 2022, 10, #2118.
- [13] Ghinea C., Ghiuta O.A.: Household food waste generation: Young consumers behaviour, habits and attitudes. *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, 2018, 16, 2185-2200.
- [14] Global Food Losses and Food Waste – Extent, Causes and Prevention. Available online: <http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e00.pdf> (accessed on 11 March 2022).

- [15] Global Report on Food Crises 2020. Available online: <https://www.fsinplatform.org/global-report-food-crises-2020> (accessed on 09 March 2023).
- [16] Han S., Roy P.K., Hossain M.I., Byun K.H., Choi C., Ha S.D.: COVID-19 Pandemic Crisis and Food Safety: Implications and Inactivation Strategies. *Trends Food Sci. Technol.* 2021, 109, 25-36.
- [17] Hanssen O.J., Syversen F., Stø E.: Edible food waste from Norwegian households—Detailed food waste composition analysis among households in two different regions in Norway. *Resour. Conserv. Recy.* 2016, 109, 146-154.
- [18] Hubbard K.L., Bandini L.G., Foltz S.C., Wansink B., Eliasziw M., Must A.: Impact of a Smarter Lunchroom Intervention on Food Selection and Consumption among Adolescents and Young Adults with Intellectual and Developmental Disabilities in a Residential School Setting. *Public Health Nutr.*, 2015, 18, 361-371.
- [19] Jörissen J., Priefer C., Bräutigam K.R.: Food Waste Generation at Household Level: Results of a Survey among Employees of Two European Research Centers in Italy and Germany. *Sustainability* 2015, 7, 2695-2715.
- [20] Kamenidou I.C., Mamalis S.A., Pavlidis S., Bara E.Z.G.: Segmenting the Generation Z Cohort University Students Based on Sustainable Food Consumption Behavior: A Preliminary Study. *Sustainability* 2019, 11, #837.
- [21] Kent K., Alston L., Murray S., Honeychurch B., Visentin D.: The Impact of the COVID-19 Pandemic on Rural Food Security in High Income Countries: A Systematic Literature Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2022, 19, #3235.
- [22] Kowalski, S.; Mikulec, A.; Mickowska, B.; Skotnicka, M.; Mazurek, A. Wheat Bread Supplementation with Various Edible Insect Flours. Influence of Chemical Composition on Nutritional and Technological Aspects. *Lebenson. Wiss. Technol.* 2022, 159, 113220. <https://doi:10.1016/j.lwt.2022.113220>
- [23] Kowalski S., Mikulec A., Skotnicka M., Mickowska B., Makarewicz M., Sabat R., Wywrocka-Gurgul A., Mazurek A.: Effect of the Addition of Edible Insect Flour from Yellow Mealworm (*Tenebrio Molitor*) on the Sensory Acceptance, and the Physicochemical and Textural Properties of Sponge Cake. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2022, 72, 393-405.
- [24] Kowalski S., Oracz J., Skotnicka M., Mikulec A., Gumul D., Mickowska B., Mazurek A., Sabat R., Wywrocka-Gurgul A., Żyżelewicz D.: Chemical Composition, Nutritional Value, and Acceptance of Nut Bars with the Addition of Edible Insect Powder. *Molecules*, 2022, 27, #8472.
- [25] Kymäläinen T., Seisto A., Malila, R.: Generation Z Food Waste, Diet and Consumption Habits: A Finnish Social Design Study with Future Consumers. *Sustainability* 2021, 13, #2124.
- [26] Liguori J., Trübswasser U., Pradeilles R., Le Port A., Landais E., Talsma E.F., Lundy M., Béné C., Bricas N., Laar A.: How Do Food Safety Concerns Affect Consumer Behaviors and Diets in Low- and Middle-Income Countries? A Systematic Review. *Glob. Food Sec.*, 2022, 32, #100606.
- [27] Lupattelli A., Primavilla S., Roila R., Felici A., Tinaro M.: Microbiological Safety and Quality of Meals and Work Surfaces in Collective Catering Systems in Central Italy: A Five-Year Monitoring Study. *Biology*, 2022, 12, #64.
- [28] Mäkinen J.P., Vainio A.: Barriers to Climate-Friendly Food Choices among Young Adults in Finland. *Appetite*, 2014, 12-19.
- [29] Michalczyk J.: Food Security from the Perspective of European Union Member States. *EM* 2019, 18-45.
- [30] Mikulec A., Zborowski M. The problem of hunger in the world in the context of the COVID-19 pandemic. *Art of Healing*, 2022, 37(2), 65-70.
- [31] Mikulec A., Zborowski M., Cisoń-Apanasewicz U., Stawiarska A., Kowalski S.: Wpływ pandemii COVID-19 na zachowania żywieniowe dzieci i młodzieży. *Zywn. Nauk. Technol. Jakosc / Food Sci. Technol. Qual* 2022, 132, 42-55.

- [32] Mikulec A., Zborowski M., Kowalski S.: Rapid Alert System for Food and Feed Reports As a Source of Information on Food Hazards. *J. Educ. Health Sport*, 2023, 13, 22-31.
- [33] Mueller Yvonne M.: Stratification of hospitalized COVID-19 patients into clinical severity progression groups by immuno-phenotyping and machine learning. *Nature Communications* 2022, 12, #915.
- [34] Newsome R., Balestrini C.G., dr Bauma, Corby J., Fisher W., Goodburn K., Yiannas F.: Applications and perceptions of date labeling of food. *Compr. Rev. Food Sci. Food Safety*, 2014, 13, 745-769.
- [35] Nicewicz R., Bilska B.: The Impact of the Nutritional Knowledge of Polish Students Living Outside the Family Home on Consumer Behavior and Food Waste. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2022, 19, #13058.
- [36] Niedeck M., Łaba S., Szczepański K., Krajewski K.: The quantitative methods in monitoring losses and wastage in the primary production sector. *QME*, 2019, 20, 263-279.
- [37] Osaili T.M., Al-Nabulsi A.A., Taybeh A.O.: Food Safety Knowledge, Attitudes, and Practices among Jordan Universities Students during the COVID-19 Pandemic. *Front. Public Health*, 2021, 9, #729816.
- [38] Prescott M.P., Burg X., Metcalfe J.J., Lipka A.E., Herritt C., Cunningham-Sabo L.: Healthy Planet, Healthy Youth: A Food Systems Education and Promotion Intervention to Improve Adolescent Diet Quality and Reduce Food Waste. *Nutrients* 2019, 11, #1869.
- [39] Radzymińska M., Jakubowska D., Staniewska K.: Consumer Attitude and Behaviour Towards Food Waste. *Journal of Agribusiness and Rural Development*, 2016, 39(1), 175-181.
- [40] Raport Food Standards Agency. Available online: <https://www.food.gov.uk/> (accessed 09 March 2023).
- [41] Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council of 25 October 2011. Off. J. Eur. Union (L 304/18). 551 22 November 2011. Article 2(r). Available online: <http://www.https://eur-lex.europa.eu/legal-con-552tent/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32011R1169> (accessed on 12 March 2023).
- [42] Renzi M.F., Ungaro V., Di Pietro L., Guglielmetti Mugion R., Pasca M.G.: Agenda 2030 and COVID-19: A Young Consumer's Perception of Sustainable Consumption. *Sustainability* 2022, 14, #15627.
- [43] Rocha, A.; Viegas, C.; Challenges of Food Service towards Sustainability Beyond Food Waste. *Highlights of Sustainability*, 2023, 2(1), 10-15.
- [44] Rome Declaration on World Food Security Available online: <http://www.fao.org/3/w3613e/w3613e00.htm> (accessed on 09 March 2023).
- [45] Ruszkowska M., Tańska M., Kowalczewski P.Ł.: Extruded Corn Snacks with Cricket Powder: Impact on Physical Parameters and Consumer Acceptance. *Sustainability*, 2022, 14, 16578.
- [46] Sanlier N.: The knowledge and practice of food safety by young and adult consumers. *Food Control* 2009, 20, 6, 538-542.
- [47] Sanlier N., Konaklioglu E.: Food Safety Knowledge, Attitude and Food Handling Practices of Students. *Br. Food J.* 2012, 114, 469-480.
- [48] Savary S., Ficke A., Aubertot J.N., Hollier C.: Crop Losses Due to Diseases and Their Implications for Global Food Production Losses and Food Security. *Food Secur.* 2012, 4, 519-537.
- [49] Savary S., Willocquet L., Pethybridge S.J., Esker P., McRoberts N., Nelson A.: The Global Burden of Pathogens and Pests on Major Food Crops. *Nat. Ecol. Evol.*, 2019, 3, 430-439.
- [50] Sharma S., Kooner N., Arora R.: Insect Pests and Crop Losses. In *Breeding Insect Resistant Crops for Sustainable Agriculture*; Springer Singapore: Singapore, 2017, 45-66.
- [51] Shati A.A., Al Qahtani S.M., Shehata S.F., Alqahtani Y.A., Aldarami M.S., Alqahtani S.A., Alqahtani Y.M., Siddiqui A.F., Khalil S.N.: Knowledge, Attitudes, and Practices towards Food Poisoning among Parents in Aseer Region, Southwestern Saudi Arabia. *Healthcare*, 2021, 9, #1650.

- [52] Simoglou K.B., Reditakis E.: Consumers' Benefit – Risk Perception on Pesticides and Food Safety – A Survey in Greece. *Agriculture*, 2022, 12, #192.
- [53] Stratev D., Odeyemi O.A., Pavlov A., Kyuchukova R., Fatehi F., Bamidele F.: A Food safety knowledge and hygiene practices among veterinary medicine students at Trakia University, Bulgaria. *J. Inf. Public Health*, 2017, 10(6), 778-782.
- [54] Su C.H., Tsai C.H., Chen M.H., Lv W.Q.: U.S. Sustainable Food Market Generation Z Consumer Segments. *Sustainability* 2019, 11, #3607.
- [55] The Sustainable Development Goals Report 2022. Available online: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/> (accessed on 09 March 2023).
- [56] Tips to Reduce Food Waste Available online: <https://www.fda.gov/food/consumers/tips-reduce-food-waste> (accessed on 27 June 2023).
- [57] Tomaszewska M., Bilśka B., Kołożyn-Krajewska D.: The Influence of Selected Food Safety Practices of Consumers on Food Waste Due to Its Spoilage. *Int. J. Environ. Res. Pub. Health*, 2022, 19, #8144.
- [58] United Nations. Resolution Adopted by the General Assembly on 25 September 2015, 526 A/RES/70/1, Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development, 527, United Nations. 2015. Available online: <https://undocs.org/en/A/RES/70/1> (accessed on 05 March 2023).
- [59] Wiecezorek M., Kowalczewski P., Drabińska N., Różańska M., Jeleń H. Effect of Cricket Powder Incorporation on the Profile of Volatile Organic Compounds, Free Amino Acids and Sensory Properties of Gluten-Free Bread. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2022, 72, 431-442.
- [60] Wilson N.L.W., Rickard J.B., Saputo R., Ho S.T.: Food Waste: The Role of Date Labels, Package Size and Product Category. *Food Qual. Prefer.*, 2017, 55, 35-44.
- [61] Xue L., Liu X., Lu S., Cheng G., Hu Y., Liu J., Dou Z., Cheng S., Liu G.: China's food loss and waste embodies increasing environmental impacts. *Nat. Food* 2021, 2, 519-528.
- [62] Zabłocka K., Rejman K., Prandota A.: Wasting of food and rational food management in the households of Polish and Swedish students. *Sci J Wars Univ Life Sci-SGGW. Economic and Organization of Agri-Food Sector*, 2016, 114, 19-32.
- [63] Zborowski M., Mikulec A.: Dietary behaviours of students at the State Higher Vocational School in Nowy Sącz during COVID-19 pandemic. *Food Sci. Technol. Qual* 2021, 129, 98-110.
- [64] Zborowski M., Mikulec A.: Dietary Catering: The Perfect Solution for Rational Food Management in Households. *Sustainability* 2022, 14, #9174.
- [65] Zielińska D., Bilśka B., Marciniak-Łukasiak K., Łepecka A., Trzaskowska M., Neffe-Skocińska K., Tomaszewska M., Szydłowska A., Kołożyn-Krajewska D.: Consumer Understanding of the Date of Minimum Durability of Food in Association with Quality Evaluation of Food Products After Expiration. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2020, 17, #1632.

STAN WIEDZY NA TEMAT BEZPIECZEŃSTWA I MARNOWANIA ŻYWNOŚCI WŚRÓD MŁODYCH KONSUMENTÓW

Streszczenie

Wprowadzenie. Zachowania konsumentów i marnowanie żywności są kluczowymi czynnikami, które przyczyniają się do globalnego braku bezpieczeństwa żywnościowego. Niniejsze badanie miało na celu ocenę wiedzy młodych konsumentów w Polsce na temat bezpieczeństwa żywności i jej marnowania. Badanie przeprowadzono wśród młodych ludzi w wieku 15 ÷ 29 lat. Zbadano wpływ wykształcenia, miejsca zamieszkania i miejsca zamieszkania gospodarstwa domowego na wiedzę na temat bezpieczeń-

stwa żywności i marnowania żywności. Badanie przekrojowe przeprowadzono w okresie od września do grudnia 2022 r., wykorzystując do zbierania danych technikę CAWI. Zapewniono anonimowość i poufność danych.

Wyniki i wnioski. Grupa respondentów liczyła 640 osób. Zaobserwowano istotne różnice w definiowaniu bezpieczeństwa żywności w grupach o różnym poziomie wykształcenia. Zdecydowana większość respondentów nie знаła lub nawet nie słyszała o "5 kluczach do bezpiecznej żywności" WHO (68,1 %), Agendzie na rzecz zrównoważonego rozwoju 2030 (86.3 %) czy koncepcji zrównoważonej żywności (59.1 %). Natomiast, jeśli chodzi o kwestie strat i marnowania żywności, 86.5 % respondentów było zaznajomionych z tymi pojęciami. Aż 67.3 % respondentów przyznało się do wyrzucania żywności. Grupy różniły się istotnie zarówno pod względem wykształcenia, jak i miejsca zamieszkania. Na podstawie regresji logistycznej oszacowano, że osoby mieszkające samotnie, mieszkające w mieście oraz osoby z wykształceniem średnim i wyższym częściej zwracały uwagę na marnowanie żywności.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo żywności, młodzież, marnowanie żywności, wiedza żywieniowa 

MAŁGORZATA KOSTECKA, JULIANNA KOSTECKA,
GABRIELA GUTOWSKA, KAROLINA JACHIMOWICZ-ROGOWSKA,
KATARZYNA KOLASA, MONIKA BOJANOWSKA

CZY PANDEMIA COVID-19 WPŁYNĘŁA NA SPOSÓB ŻYWIENIA DZIECI W WIEKU PRZEDSZKOLNYM CHORUJĄCYCH NA ALERGIE POKARMOWE?

Streszczenie

Wprowadzenie. Alergia pokarmowa wymaga wprowadzenia diety eliminacyjnej i jej restrykcyjnego przestrzegania. W przypadku małych dzieci za kontrolę diety odpowiedzialni są rodzice. Celem prezentowanych badań było określenie czy pandemia COVID-19 wpłynęła na sposób żywienia dzieci w wieku przedszkolnym, które chorują na alergię pokarmową. Do badania zaproszono rodziców dzieci w wieku przedszkolnym (3 ÷ 6 lat), które mają zdiagnozowaną alergię pokarmową i uczęszczają do przedszkoli prowadzonych przez miasto Lublin. W badaniu wzięły udział matki 151 dzieci, wypełniły one kwestionariusz ankiety składający się z dwóch części. Część pierwsza oparta została na kwestionariuszu KomPAN oceniającym częstotliwość spożycia produktów i potraw, druga część badała zmiany w sposobie żywienia podczas pandemii COVID-19.

Wyniki i wnioski. Najczęstszymi alergenami w badanej grupie były białka mleka krowiego, orzechy, białka jaja kurzego, owoce drobnopestkowe, kakao, seler i cytrusy. 2/3 matek zadeklarowało, że zawsze przestrzega diety eliminacyjnej. Co 10. ankietowana twierdziła, że sporadycznie zdarzają się odstępstwa od diety, natomiast pozostałe matki nie przestrzegały stale diety eliminacyjnej. Problem z dostępem do lekarza pediatry, lekarza specjalisty lub dietetyka w czasie trwania pandemii COVID-19 według 1/3 matek był przyczyną trudności w prawidłowym komponowaniu diety i przyczynił się do popełniania błędów lub częstszych odstępstw od diety. Co 5. respondentka twierdziła, że praca zdalna powodowała brak czasu na gotowanie i częstsze korzystanie z gotowej żywności i tym samym trudniejsze przestrzeganie eliminacji alergenów z diety dziecka. Jak pokazały przeprowadzone badania, brak czasu i trudność w dostępie do podstawowej i specjalistycznej opieki medycznej powodował, że w okresie pandemii dzieci częściej spożywały żywność o właściwościach alergizujących.

Dr hab. M. KostECKa, prof UP, ORCID: 0000-0001-8113-7372, Katedra Chemii, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 15, 20-950, Lublin; J. KostECKa, Wydział Lekarski, Uniwersytet Medyczny w Lublinie, ul. Chodźki 4, 20-093 Lublin; lic. G. Gutowska, SKN Dietetyków, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, mgr. K. Jachimowicz-Rogowska, ORCID: 0000-0001-7540-813X, SKN Dietetyków, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki; lic. K. Kolasa, SKN Dietetyków, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, dr M. Bojanowska, ORCID: 0000-0002-8447-1605, Katedra Chemii, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 15, 20-950, Lublin. Kontakt: e-mail: malgorzata.kostECKa@up.lublin.pl

Słowa kluczowe: alergia pokarmowa, dieta eliminacyjna, choroby atopowe, COVID-19

Wprowadzenie

Choroby atopowe, a przede wszystkim alergie pokarmowe, stanowią obecnie coraz większy problem zdrowotny ze względu na ich długotrwały i nawrotowy charakter oraz możliwość powstania groźnych powikłań narządowych [8, 32]. Alergia pokarmowa pojawiająca się we wczesnym dzieciństwie jest uznawana za pierwszy sygnał potencjalnej choroby atopowej w wieku późniejszym [20].

Alergia pokarmowa wymaga wprowadzenia diety eliminacyjnej i jej restrykcyjnego przestrzegania [7, 38]. Jednak unikanie określonych pokarmów często jest trudne w przypadku dzieci, a wysokie tempo wzrostu i szybki rozwój w pierwszych latach życia sprawia, że są one podatne na niedobór energii, makro- i mikroelementów [11, 42]. Wcześniejsze badania z udziałem dzieci z alergią pokarmową wykazały, że dieta eliminacyjna może skutkować obniżonym spożyciem energii, białek i niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych, a także Ca i witaminy D [1, 29]. W badaniach kohortowych prowadzonych przez Kim i in. wśród pacjentów z atopowym zapaleniem skóry stosujących dietę z wykluczeniem alergizujących produktów stwierdzono, że w porównaniu z pacjentami z ujemnym wynikiem doustnego testu prowokacji pokarmowej osoby z dodatnim wynikiem otrzymywały w zależności od zastosowanej diety eliminacyjnej mniejsze ilości witaminy A i witamin z grupy B, makroelementów (Ca, P, K) i mikroelementów (Fe, Zn) [21]. Poważnym problemem jest współwystępowanie alergii na wiele pokarmów, które dotyczy od 19 do 96% osób z alergią pokarmową [30, 31, 44], przy czym najczęściej dotyczy ona dwóch produktów [4, 31, 44]. Wielokrotne alergie mogą dodatkowo pogarszać jakość diety i utrudniać jej prawidłowe zbilansowanie.

W przypadku małych dzieci za sposób żywienia odpowiedzialni są rodzice, którzy mają decydujący wpływ na to, co dziecko je i jak jest skomponowana jego dieta. Relacja pomiędzy dietetykiem a pacjentem i jego rodziną pozostaje fundamentalna dla optymalizacji opieki nad pacjentem z alergią pokarmową [36]. Okres pandemii COVID-19 spowodował wiele zmian w funkcjonowaniu rodzin i uczęszczaniu dzieci do placówek żywienia zbiorowego. Z jednej strony dzieci na skutek nakładanych okresów kwarantanny czy izolacji oraz zamknięcia placówek przedszkolnych mogły więcej czasu spędzać w domu, a z drugiej strony rodzice bardzo często musieli w domu pracować zdalnie i nie byli w stanie całego czasu poświęcać dziecku. Nowa sytuacja wpłynęła na sposób żywienia w rodzinach, a dodatkowo był to okres utrudnionego dostępu do poradni lekarza ogólnego, porad specjalistycznych czy wizyt u dietetyka. W związku z tym szczególne potrzeby żywieniowe dzieci z alergiami mogły nie być odpowiednio zaspokojone, co z kolei mogło wpływać na przebieg choroby i stan od-

żywienia. Dlatego przeprowadzono badanie, którego głównym celem była próba odpowiedzi na pytanie, czy pandemia COVID-19 wpłynęła na sposób żywienia dzieci w wieku przedszkolnym, które chorują na alergię pokarmową.

Materiał i metody badań

Opisane badanie było częścią projektu naukowo-edukacyjnego „Z alergią przez życie – program edukacyjny dla przedszkolaków” realizowanego w okresie czerwiec 2021 – czerwiec 2022 na terenie Lublina. Do badania zaproszono rodziców dzieci w wieku przedszkolnym (3-6 lat), które miały zdiagnozowaną alergię pokarmową i uczęszczały do przedszkoli prowadzonych przez miasto Lublin. W badaniu wzięło udział 151 matek dzieci z 7 placówek przedszkolnych, które zgłosiły się do udziału w zajęciach edukacyjno-warsztatowych będących elementem projektu. Kryterium włączenia do badania była zdiagnozowana alergia pokarmowa i brak chorób metabolicznych wymagających stosowania specjalistycznej diety u dziecka. Autorzy wykorzystali kwestionariusze ankiety stosowane we wcześniejszych badaniach własnych [23, 25, 41]. Zastosowany kwestionariusz składał się z dwóch części. Część pierwsza została skonstruowana w oparciu o Infant and Young Child Feeding (IYCF) Assessment oraz o kwestionariusz KomPAN do badania poglądów i zwyczajów żywieniowych i zawierała 24 pytania dotyczące częstotliwości spożywania różnych grup produktów spożywczych, a rodzice/opiekunowie mieli do wyboru częstość: ☐ nigdy; ☐ 1-3 razy w miesiącu; ☐ raz w tygodniu; ☐ kilka razy w tygodniu; ☐ raz dziennie; ☐ kilka razy w ciągu dnia. Natomiast w części drugiej badano zmiany w sposobie żywienia rodziny podczas pandemii COVID-19, w tym korzystanie z dań gotowych, zamawianie jedzenia do domu, dostęp do słodczych, zakupy online produktów spożywczych, przestrzeganie diety eliminacyjnej, czytanie etykiet, a także dostęp do konsultacji z dietetykiem lub lekarzem w kontekście prawidłowego zbilansowania diety eliminacyjnej. Wszyscy uczestnicy wyrazili zgodę na udział w ankiecie i zostali poinformowani o celu badania oraz anonimowości udzielanych odpowiedzi. Matki wypełniały ankietę samodzielnie, bez pomocy i ingerencji ankietera. Kwestionariusze były rozdawane na zebraniach w przedszkolach przez autorów oraz studentów, a także w grupach przedszkolnych przez nauczycielki wychowania przedszkolnego. Średni czas wypełniania ankiety na bieżąco w przedszkolu wynosił 25 minut, natomiast średni czas na zwrot ankiety zabranej do domu wyniósł 10 dni. Ankiety zostały opracowane statystycznie w programach SPSS wersja 27 i Statistica wersja 13.1PL. Różnice pomiędzy wartościami średnimi wyznaczono za pomocą współczynnika χ^2 stosowano testy U Manna-Whitneya i test Kruskala-Wallisa, za poziom istotności przyjmując $\alpha = 0.05$.

Wyniki i dyskusja

W badaniu wzięło udział 151 matek, średnia wieku badanych dzieci to 4,3 roku, a średni wiek zdiagnozowania alergii to 7,7 miesiąca. Wśród dzieci młodszych (3 ÷ 4 lata) płeć nie wpływała na częstość występowania alergii, natomiast w grupie 5 ÷ 6-latków częściej na alergię chorowały dziewczęta ($p < 0.005$). Najczęstszymi alergenami w badanej grupie były białka mleka krowiego (BMK), orzechy, białka jaja kurzego, owoce drobnopestkowe, kakao, seler, owoce cytrusowe (Tabela 1).

Tabela 1. Charakterystyka badanej populacji

Table 1. Characteristics of the studied population

Charakterystyka / Characteristics	Ogółem / Total	Płeć / gender		p
		Chłopcy / Male [%]	Dziewczęta / Female [%]	
Wiek / age				
3-4 lata / years	93	44 [47 %]	49 [53 %]	> 0.05
5-6 lat / years	104	36 [35 %]	68 [65 %]	< 0.005
Wiek zdiagnozowania alergii w miesiącach / Age of allergy diagnosis in months	7.7 ± 3.7	7.2 ± 3.6	8.1 ± 3.4	> 0.05
Rodzaj alergii / type of allergy*				
Pokarmowa, w tym: / Food allergy, including:	105	43 [41 %]	62 [59 %]	< 0.05
BMK / Cow's milk protein	46	31 [67 %]	15 [33 %]	< 0.05
Białko jaja kurzego / Chicken egg White	29	14 [48 %]	15 [52 %]	> 0.05
Soja / Soy	23	10 [44 %]	13 [56 %]	< 0.05
Owoce drobnopestkowe / Small-seeded fruits	22	12 [55 %]	10 [45 %]	< 0.05
Owoce cytrusowe / Citrus fruits	20	10 [50 %]	10 [50 %]	> 0.05
Orzechy / Nuts	17	4 [24 %]	13 [76%]	< 0.005
Kakao / Cocoa	15	5 [33 %]	10 [67 %]	< 0.005
Miód / Honey	14	7 [50 %]	7 [50 %]	> 0.05
Barwniki spożywcze / Food dyes	14	9 [64 %]	5 [34 %]	< 0.05
Seler / Celery	6	2 [33 %]	4 [67 %]	< 0.005
Ryby / Fish	6	2 [33 %]	4 [67 %]	< 0.005

Występowanie alergii w rodzinie / Allergies in the family				
Nie / None	57	19 [33 %]	38 [67 %]	< 0.005
U jednego z rodziców / One parent	54	27 [50 %]	27 [50 %]	> 0.05
U obojga rodziców / Both parents	47	26 [55 %]	21 [45 %]	> 0.05
U innych członków rodziny / Other family members	39	9 [23 %]	30 [77 %]	< 0.005

Objaśnienia / Explanatory notes:

*możliwość wielokrotnej odpowiedzi / possibility of multiple answers; BMK – białka mleka krowiego / cow's milk proteins

Jak pokazały przeprowadzone badania alergią zdiagnozowana u obydwójga rodziców wpływała na częstsze jej występowanie u chłopców. Po zdiagnozowaniu choroby dzieci chorujące na alergię pokarmową wymagały diety eliminacyjnej. 2/3 matek zadeklarowało, że zawsze przestrzega diety, wykluczając alergizujące produkty, natomiast, co 10. ankietowana twierdziła, że sporadycznie zdarzają się odstępstwa od diety, szczególnie poza domem, w czasie wakacji czy podczas uroczystości domowych. Pozostałe matki nie przestrzegały diety eliminacyjnej ani w domu, ani poza nim. Czas pandemii COVID-19 wpłynął na możliwość przestrzegania określonego postępowania dietetycznego. Rodzice dzieci młodszych (3 ÷ 4 lata) deklarowali przykładanie większej uwagi do prawidłowego układania jadłospisów (OR 1.54; 95 % CI 1.08 ÷ 1.49, $p < 0.01$), matki wskazywały na większą różnorodność diety swoich dzieci (OR 1.79; 95 % CI 1.12 ÷ 1.94, $p < 0.01$) z jednoczesną lepszą dbałością o bezpieczeństwo doboru produktów i unikaniem alergenów w produktach gotowych i przetworzonych (OR 1.31; 95 % CI 1.02 ÷ 1.51, $p < 0.05$). Z kolei w przypadku dzieci 5 ÷ 6-letnich istotnie częściej zdarzały się odstępstwa od diety (OR 1.27; 95 % CI 1.15 ÷ 1.37, $p < 0.05$), czy brak kontroli nad nowymi produktami spożywczymi włączanymi do diety dziecka (OR 1.47; 95 % CI 1.20 ÷ 1.76, $p < 0.05$) (Tabela 2).

Występowanie alergii na jeden składnik żywności również wpływało na kontrolę i przestrzeganie diety eliminacyjnej. W przypadku wykluczenia tylko BMK zauważono większą różnorodność diety i częstsze wprowadzanie nowych produktów (OR 1.34; 95 % CI 1.11 ÷ 1.56, $p < 0.05$) niż w przypadku diet wymagających eliminacji kilku lub kilkunastu alergenów.

Tabela 2. Iloraz szans (95-procentowy przedział ufności) relacji między postępowaniem rodziców w żywieniu dzieci z alergią pokarmową przed i w czasie trwania pandemii COVID-19

Table 2. Odds ratios (95 % confidence interval) of the relationships between the behavior of parents in the nutrition of children with food allergies before and during the Covid-19 pandemic

	Dieta dzieci 3÷4-letnich w czasie pandemii COVID-19 (ref. sposób żywienia przed pandemią) / Diet of 3÷4-year-old children during the Covid-19 pandemic (ref. diet before the pandemic)	Dieta dzieci 5÷6-letnich w czasie pandemii COVID-19 (ref. sposób żywienia przed pandemią) / Diet of 5÷6-year-old children during the Covid-19 pandemic (ref. diet before the pandemic)	Alergia na 1 główny alergen (BMK) (ref. alergia na kilka składników żywności) / Allergy to 1 food item (ref. allergy to numerous food items)
Przykładanie wagi do prawidłowego układania diety eliminacyjnej / Paying attention to the correct elimination diet	1.54** (1.08 ÷ 1.49)	1.03 (0.88 ÷ 1.21)	1.03 (0.87 ÷ 1.15)
Unikanie alergenów w produktach gotowych i przetworzonych / Avoiding allergens in ready and processed products	1.31* (1.02 ÷ 1.51)	0.84*(0.71 ÷ 0.98)	1.07 (0.98 ÷ 1.25)
Unikanie alergenów w żywności zamawianej na wynos / Avoiding allergens in take-out foods	1.04 (0.93 ÷ 1.24)	1.09 (1.01 ÷ 1.17)	0.76* (0.61 ÷ 0.98)
Sporadyczne, niezamierzone odstępstwa od diety eliminacyjnej / Occasional, unintentional deviations from the elimination diet	1.27* (1.05 ÷ 1.40)	1.03 (0.97 ÷ 1.14)	1.29* (1.01 ÷ 1.46)
Zamierzone odstępstwa od diety eliminacyjnej, szczególnie poza domem / Intentional deviation from the elimination diet, especially outside home	1.13 (1.05 ÷ 1.37)	1.27* (1.15 ÷ 1.39)	1.09 (0.94 ÷ 1.28)

Większa różnorodność diety i wprowadzanie nowych produktów / Greater diversity in the diet and the introduction of new products	1.79** (1.12 ÷ 1.94)	1.12 (1.03 ÷ 1.31)	1.34* (1.11 ÷ 1.56)
Brak kontroli nad wprowadzaniem nowych produktów do diety / Lack of control over the introduction of new products to the diet	0.91 (0.71 ÷ 1.04)	1.47** (1.20 ÷ 1.76)	1.31* (1.09 ÷ 1.57)
Czytanie etykiet produktów spożywczych / Reading food labels	1.06 (0.94 ÷ 1.16)	1.09 (1.01 ÷ 1.20)	0.78* (0.66 ÷ 0.94)
Wpływ mediów i reklamy na wybór produktów alergizujących / The influence of the media and advertising on the choice of allergenic products	1.04 (0.93 ÷ 1.23)	1.13 (1.02 ÷ 1.24)	1.05 (0.97 ÷ 1.140)

Objaśnienia / Explanatory notes:

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Problem z dostępem do lekarza pediatry, lekarza specjalisty lub dietetyka w czasie trwania pandemii COVID-19 według 1/3 matek był powodem trudności w prawidłowym komponowaniu diety i przyczynił się do popełniania błędów. Analiza skutków pandemii jednoznacznie wykazała zaburzenia w funkcjonowaniu wielu sfer życia, włączając wpływ bezpośredni i pośredni na zdrowie i życie ludzkie, m.in. poprzez ograniczenie świadczenia planowych usług opieki zdrowotnej [18]. W badanej populacji szczególnie dotyczyło to dzieci nowo zdiagnozowanych (OR 1.33; 95 % CI 1.19 ÷ 1.54, $p < 0.05$) oraz reagujących krzyżowo na alergeny brzozy i leszczyny (OR 1.51; 95 % CI 1.29 ÷ 1.69, $p < 0.01$). Objawy po spożyciu reagujących krzyżowo produktów spożywczych były błędnie interpretowane lub bagatelizowane, a niemożność bezpośredniej konsultacji z lekarzem pediatrą lub alergologiem u 10 % dzieci doprowadziła do zaostrzenia choroby, u 18 % do czasowego zwiększenia dawki leku, a u 11 dzieci do zdiagnozowania nowych rodzajów choroby alergicznej. Przebywanie na kwarantannie lub izolacja powodowały, że dzieci więcej czasu spędzały w domu pod opieką innych członków rodziny niż rodzice i w opinii badanych tym samym miały łatwiejszy dostęp do żywności alergizującej. Prawie 1/3 respondentek uważała, że podczas ich nieobecności w domu lub podczas pracy zdalnej dzieci miały kontakt z alergenami w żywności przetworzonej czy w słodyczach. Co 5. matka twierdziła, że praca zdalna

powodowała brak czasu na gotowanie i częstsze korzystanie z gotowej żywności ($p < 0.05$), zamawianie jedzenia do domu ($p < 0.05$) i tym samym większe trudności w przestrzeganiu eliminacji alergenów z diety dziecka.

Sposób żywienia dzieci przed i w czasie pandemii COVID-19

Sposób żywienia i bezpieczeństwo diety dziecka w wieku przedszkolnym chorującego na alergię pokarmową ma kluczowe znaczenie dla stabilizacji choroby, wyciszenia reakcji alergicznej i immunologicznej, zarówno lokalnej – w obrębie przewodu pokarmowego, jak i reakcji ogólnoustrojowej oraz utrzymania prawidłowego rozwoju. Dieta eliminacyjna powinna być zawsze powiązana z jednoczesnym wprowadzeniem składników zastępczych o równoważnych wartościach odżywczych [12, 19], co zapobiega wystąpieniu niedoborów składników pokarmowych lub energii.

W badanej populacji przed okresem pandemii prawie 1/3 badanych dzieci spożywała napoje roślinne, jako urozmaicenie diety i substytut mleka krowiego w przypadku alergii na BMK. Mieszanki o wysokim stopniu hydrolizy stosowało 22 % rodziców, a dietę elementarną, najczęściej w postaci preparatu Nutramigen AA, spożywało 3 % dzieci. Podczas trwania pandemii podaż mieszanek mlekozastępczych pozostała na niezmiennym poziomie, natomiast napoje roślinne spożywało regularnie co czwarte dziecko ($p < 0.05$). Były to głównie napój owsiany, sojowy i migdałowy. Jak pokazują badania, większe preferencje wobec wegańskich nawyków żywieniowych wpływają na postawy rodziców, którzy często wybierają substytuty mleka krowiego, w tym inne rodzaje mleka ssaków i napoje roślinne [43]. Jednak wiele z tych produktów niekoniecznie odpowiada potrzebom żywieniowym małych dzieci. Jeśli chodzi o wartość odżywczą, to różnią się one znacznie od mleka krowiego, hydrolizatów mlecznych czy mleka matki. Nie jest jasne, czy ich spożywanie może mieć jakikolwiek korzystny wpływ na zdrowie, ale dobrze wiadomo, że nieodpowiednie zastąpienie mleka i jego przetworów po pierwszym roku życia napojami roślinnymi może być związane z wystąpieniem niedoborów żywieniowych lub nawet rozwojem niedożywienia typu Kwashiorkor u młodszych dzieci, zwłaszcza, jeśli napój ten jest jedynym lub dominującym składnikiem diety [27, 33, 37, 39].

Spożycie warzyw w populacji dzieci w wieku przedszkolnym jest na niewystarczającym poziomie [15, 28, 35]. Według Koziół-Kozakowskiej warzywa gotowane i surowe występują w dietach dzieci najczęściej kilka razy w tygodniu [26]. Podobnie Harton opisała zbyt niskie w stosunku do rekomendacji spożycie warzyw, ich małą różnorodność oraz istotne zmniejszenie podaży tych produktów wraz z wiekiem [16, 17]. W badanej grupie przed pandemią również zauważono zbyt rzadkie spożycie warzyw zielonych (15 % dzieci spożywało je raz dziennie, a co 4. dziecko zaledwie kilka razy w tygodniu) i czerwonych, tylko 25 % dzieci spożywało je raz dziennie. Czas pandemii COVID-19 wpłynął istotnie na zwiększenie spożycia warzyw czerwo-

nych w badanej grupie ($p < 0.05$), prawie połowa dzieci spożywała je raz dziennie, ale spowodował również wzrost odsetka dzieci (z 10 % do 20 %, $p < 0.05$), które nigdy nie spożywają warzyw zielonych. Owoce występowały w dietach badanych dzieci zdecydowanie częściej, 35 % dzieci spożywało je raz dziennie, a kolejne 30 % – kilka razy w tygodniu. W dietach dominowały owoce cytrusowe i jabłka, najrzadziej owoce drobnopestkowe. Czas pandemii nie wpłynął na częstość spożywania owoców, jak również na ich różnorodność w diecie.

W badaniach krajowych nadal obserwuje się zbyt niski udział olejów roślinnych, a duży – tłuszczów zwierzęcych, np. masła. Badania Koziół-Kozakowskiej wykazały, że dzieci przedszkolne jedzą masło codziennie, natomiast spożycie olejów jest niskie [26]. Również analizy przeprowadzone przez Chalcarza i wsp. oraz Weker i wsp. wykazały, że około 3/4 dzieci spożywało pieczywo smarowane masłem [5, 46]. W przeprowadzonym badaniu częstość spożycia margaryn i innych tłuszczów do smarowania pieczywa oraz oleju była na podobnym poziomie, 10 % dzieci jadło takie tłuszcze raz dziennie, a prawie połowa zaledwie kilka razy w miesiącu. Masło, codziennie lub kilka razy w tygodniu, występowało w dietach tylko 25 % dzieci, a czas pandemii nie wpłynął na strukturę spożywanych tłuszczów ($p > 0.05$). Produkty pełnoziarniste są ważnym elementem zróżnicowanej diety dziecka, źródłem błonnika i witamin, ale są też niechętnie spożywane przez dzieci, które preferują produkty z oczyszczonej mąki i drobne kasze. U 1/3 populacji przedszkolaków produkty te pojawiały się kilka razy w tygodniu, a co 4. dziecko według deklaracji rodziców nigdy takich produktów nie jada. Czas pandemii nie wpłynął na częstość konsumpcji tego rodzaju żywności.

Przed pandemią obecność słodczy w dietach badanych dzieci była na podobnym poziomie, jak opisuje to w swoich badaniach Koziół-Kozakowska, w których w przypadku połowy dzieci spożycie słodczy było na poziomie średnio $3 \div 4$ razy w tygodniu, a co dziesiąte dziecko jadło tę grupę produktów codziennie lub kilka razy dziennie [26]. Inne badania prezentują zbliżone wyniki, prawie 1/4 dzieci z populacji Katowic czy z terenu Górnego Śląska spożywała słodczy codziennie, a niemal połowa $3 \div 4$ razy w tygodniu [24, 40]. Powszechnie wiadomo, że taki rodzaj żywności stanowi główne źródło cukrów oraz prowadzi do spożywania przez dzieci nadmiernej ilości kalorii [14, 45]. Poważnym problemem, który znacznie nasilił się w okresie pandemii, jest dostępność słodczy. Wcześniej, według informacji od rodziców, 3/4 dzieci nie miało swobodnego dostępu do słodczy, tylko otrzymywały je od rodziców czy opiekunów, podobne wyniki opisywali w swoich badaniach Kościej i wsp. [24]. Jednak podczas okresów izolacji i pracy zdalnej rodziców ta dostępność w przypadku 35 % dzieci uległa zmianie. Ponad połowa badanych dzieci miała dostęp do ciastek czy cukierków, a co dziesiąte dziecko miało nieograniczony dostęp do słodczy i mogło samodzielnie decydować o ich jedzeniu ($p < 0.05$). Wzrosło również spożycie słodzonych napojów gorących i soków z 23 % do 33 % dzieci ($p < 0.05$).

Źródłem dodatkowych kalorii są również produkty typu fast food i żywność wysoko przetworzona. Jak pokazały badania, spożycie tych produktów wzrosło, szczególnie pizzy i gotowych hamburgerów oraz frytek, wcześniej występowały one w dietach 1/4 dzieci kilka razy w tygodniu, a kolejna 1/4 dzieci nie jadła takich produktów wcale. Podczas izolacji/kwarantanny w czasie COVID-19 aż 30 % dzieci jadło takie produkty kilka razy w tygodniu, a tylko 10 % nie spożywało takiej żywności w ogóle ($p < 0.05$). Badania amerykańskie pokazały jeszcze wyższe spożycie gotowej, przetworzonej żywności przez dzieci [13]. W latach 2015 ÷ 2018 ponad jedna trzecia (36,3 %) dzieci i młodzieży spożywała żywność typu fast food codziennie [13]. Spożywanie takich dań jest prawdopodobnym i wysoce modyfikowalnym czynnikiem ryzyka nadmiernego zwiększania masy ciała, gdyż charakteryzują się one dużymi porcjami, wysoką zawartością tłuszczów nasyconych i dużym dodatkiem cukru [10, 34]. Obecność fast foodów w diecie dzieci w wieku od 4 do 8 lat wiąże się z większym spożyciem kalorii i tłuszczu [2] i w badaniach przekrojowych jest powiązane z wyższym BMI [3, 9].

W przeprowadzonym badaniu zauważono pozytywne zmiany w wyborze płynów. Badane dzieci zwiększyły spożycie wody dwukrotnie ($p < 0.05$), częstość codziennej podaży wzrosła z 37 % dzieci do 54 %.

Diety eliminacyjne powinny być wzbogacane w produkty o porównywalnej wartości odżywczej do tych wykluczanych [6]. Prawidłowa eliminacja z diety składników, najczęściej białek pokarmowych, zależy od profesjonalnego doradztwa, przeszkolenia pacjenta i rodziny, co według badanych rodziców było znacznie utrudnione podczas pandemii COVID-19. Stosowanie diet eliminacyjnych niesie ze sobą ryzyko niewystarczającej podaży krytycznych składników odżywczych, co może mieć niekorzystny wpływ na zdrowie i samopoczucie, szczególnie u dzieci z alergią na białka mleka krowiego oraz pacjentów z wieloma alergiami pokarmowymi [22]. Takie postępowanie musi być nadzorowane i monitorowane w podobnym stopniu jak leczenie farmakologiczne, a potrzeba ciągłego eliminowania składników o działaniu alergizującym powinna być poddawana regularnej ocenie. Istotne jest również rozważenie możliwości wyjścia z diety i powrotu do żywienia ogólnego. W badanej grupie problem nieprawidłowości w komponowaniu diety eliminacyjnej oraz niemożność weryfikacji jej dalszego stosowania, pomimo posiadanej wiedzy, zgłaszała ponad 1/4 rodziców.

Dieta eliminacyjna stosowana w przypadku alergii pokarmowej wymaga od rodziców/opiekunów odpowiedniej wiedzy i konsekwencji w stosowaniu. Dlatego bardzo ważne jest ustalenie prawidłowych wzorców żywieniowych w przypadku konieczności wprowadzenia diety eliminacyjnej i poprawnego jej komponowania w celu pokrycia zapotrzebowania na wszystkie składniki odżywcze i zapobiegania ewentualnym niedoborom.

Wnioski

1. W okresie pandemii COVID-19 okresy izolacji, kwarantanny, a także praca zdalna rodziców wpływały bezpośrednio na zmianę sposobu żywienia, częstość popełnianych błędów w komponowaniu posiłków i występowanie odstępstw od diety eliminacyjnej.
2. Ograniczenie, ze względu na COVID-19, dostępu do porady lekarza pediatry czy specjalisty, jak również do konsultacji z dietetykiem skutkowało zmniejszeniem możliwości korzystania z wiarygodnych źródeł informacji w zakresie diety dzieci z alergią pokarmową.
3. Edukacja rodziców/opiekunów, innych członków rodziny oraz pracowników placówek przedszkolnych powinna być prowadzona w celu uniknięcia błędów w żywieniu dzieci z alergiami pokarmowymi, a także dzieci zdrowych.

Badanie zostało dofinansowane ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, jako część projektu „Z alergią przez życie – program edukacyjny dla przedszkolaków” w ramach programu „Studenckie koła naukowe tworzą innowacje” SKN/SP/496778 /2021.

Literatura

- [1] Aldámiz-Echevarría L., Bilbao A., Andrade F., Elorz J., Prieto J.A., Rodríguez-Soriano J.: Fatty acid deficiency profile in children with food allergy managed with elimination diets. *Acta Paediatr.*, 2008, 97, 11, 1572-1576.
- [2] Bowman S.A., Gortmaker S.L., Ebbeling C.B., Pereira M.A., Ludwig D.S.: Effects of fast-food consumption on energy intake and diet quality among children in a national household survey. *Pediatrics*, 2004, 113, 112-118.
- [3] Braithwaite I., Stewart A.W., Hancox R.J., Beasley R., Murphy R., Mitchell E.A.: Fast-food consumption and body mass index in children and adolescents: an international cross-sectional study. *BMJ Open.*, 2014, 4, 12, e005813.
- [4] Breuer K., Heratizadeh A., Wulf A., Baumann U., Constien A., Tetau D., Kapp A., Werfel T.: Late eczematous reactions to food in children with atopic dermatitis. *Clin. Exp. Allergy*, 2004, 34, 5, 817-824.
- [5] Chalcarz W., Merkiel S., Hodyr Z.: Food behaviour in preschool children from Pabianice. *New Med.*, 2009, 13, 1, 7-12.
- [6] Christie L.: Nutrition basics in food allergy. *Curr Allergy Rep.*, 2001, 1, 1, 80-87.
- [7] D'Auria E., Pendezza E., Zuccotti G.V.: Personalized nutrition in food allergy: tips for clinical practice. *Front. Pediatr.*, 2020, 8, 113.
- [8] Davidson W.F., Leung D.Y.M., Beck L.A., Berin C.M., Boguniewicz M., Busse W.W., Chatila T.A., Geha R.S., Gern J.E., Guttman-Yassky E., Irvine A.D., Kim B.S., Kong H.H., Lack G., Nadeau K.C., Schwaninger J., Simpson A., Simpson E.L., Spergel J.M., Togias A., Wahn U., Wood R.A., Woodfolk J.A., Ziegler S.F., Plaut M.: Report from the National Institute of Allergy and Infectious Diseases workshop on "Atopic dermatitis and the atopic march: Mechanisms and interventions". *J Allergy Clin Immunol.*, 2019, 143, 3, 894-913.

- [9] Emond J.A., Longacre M.R., Titus L.J., Hendricks K., Drake K.M., Carroll J.E., Cleveland L.P., Dalton M.A.: Fast food intake and excess weight gain over a 1-year period among preschool-age children. *Pediatr. Obes.*, 2020, 15, 4, e12602.
- [10] Fast food FACTS (Food Advertising to Children and Teens Score). Food advertising to children and teens score. [on line]. Dostęp w Internecie [15.11.2022]: http://www.fastfoodmarketing.org/media/FastFoodFACTS_Report.pdf
- [11] Flammarion S., Santos C., Guimber D., Jouannic L., Thumerelle C., Gottrand F., Deschildre A.: Diet and nutritional status of children with food allergies. *Pediatr. Allergy Immunol.*, 2011, 22, 2, 161-165.
- [12] Fogg I., Spergel J.: Management of food allergies. *Exp. Opin. Pharm.*, 2003, 4, 7, 1025-1037.
- [13] Fryar C.D., Carroll M.D., Ahluwalia N., Ogden C.L.: Fast Food Intake Among Children and Adolescents in the United States, 2015-2018. *NCHS Data Brief.*, 2020, 375, 1-8.
- [14] Graffe M.I.M., Pala V., De Henauw S., Eiben G., Hadjigeorgiou C., Iacoviello L., Intemann T., Jilani H., Molnar D., Russo P., Veidebaum T., Moreno L.A.: Dietary sources of free sugars in the diet of European children: the IDEFICS Study. *Eur. J. Nutr.*, 2020, 59, 3, 979-989.
- [15] Groele B., Głowska D., Gutkowska K., Guzek D.: Mothers' vegetable consumption behaviors and preferences as factors limiting the possibility of increasing vegetable consumption in children in a national sample of polish and romanian respondents. *Nutrients.*, 2019, 11, #1078.
- [16] Harton A.: Zachowania żywieniowe dzieci w Polsce. W: *Zdrowie dzieci i młodzieży w wymiarze socjodemograficznym*. Red. Szyborski J, Zatoński W. Wszechnica Polska Szkoła Wyższa, Warszawa, 2013, ss. 115-134.
- [17] Harton A., Florczak J., Myszkowska-Ryciak J., Gajewska D.: Spożycie warzyw i owoców przez dzieci w wieku przedszkolnym. *Probl. Hig. Epidemiol.*, 2015, 96, 4, 732-736.
- [18] Jaroszewska E., Ołdak M.: Ochrona zdrowia, zdrowie i życie ludzkie, jako kluczowe obszary zagrożenia w czasie pandemii COVID-19 w Polsce. *Studia Politologiczne*, 2022, 65, 29-57.
- [19] Kaczmarek M., Maciorkowska E., Semeniuk J., Daniluk U., Gocał M.: Dieta eliminacyjna w alergii pokarmowej. *Przegl. Alergol.*, 2004, 1, 30-34.
- [20] Kalinowski P., Mirosław K.: Wiedza rodziców na temat alergii pokarmowej występującej u ich dzieci. *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu*, 2014, 20, 1, 88-91.
- [21] Kim J., Kwon J., Noh G., Lee S.S.: The effects of elimination diet on nutritional status in subjects with atopic dermatitis. *Nutr. Res. Pract.*, 2013, 7, 6, 488-494.
- [22] Koletzko S., Koletzko B.: Allergen avoidance approaches in food allergy management. *Nestle Nutr. Workshop Ser. Pediatr. Program*, 2009, 64, 169-180.
- [23] Kostecka M., Jackowska I., Kostecka J.: Factors Affecting Complementary Feeding of Infants. A Pilot Study Conducted after the Introduction of New Infant Feeding Guidelines in Poland. *Nutrients*, 2020, 13, 1, #61.
- [24] Kościej B.A., Skotnicka-Graca E., Bryś A.: Eating habits in children of preschool age from Katowice. *Pielęgniarstwo i Zdrowie Publiczne*, 2018, 8, 3, 163-170.
- [25] Kowalkowska J., Wądołowska L., Hamułka J., Wojtas N., Człapka-Matyasik M., Kozirok W., Bronkowska M., Sadowska J., Naliwajko S., Dziaduch I., Koronowicz A., Piasna-Słupecka E., Czeczewska E., Czeczewski J., Kostecka M., Długosz A., Loboda D., Jeruszka-Bielak M.: Reproducibility of a Short-Form, Multicomponent Dietary Questionnaire to Assess Food Frequency Consumption, Nutrition Knowledge, and Lifestyle (SF-FFQ4PolishChildren) in Polish Children and Adolescents. *Nutrients*, 2019, 11, #2929,
- [26] Kozioł-Kozakowska A., Piórecka B., Schlegel-Zawadzka M.: Wpływ postaw rodzicielskich na sposób żywienia dzieci w wieku przedszkolnym w Krakowie na tle uwarunkowań socjodemograficznych. *Zdrowie Publiczne i Zarządzanie*, 2014, 12, 1, 82-89.

- [27] Le Louer B., Lemale J., Garcette K., Orzechowski C., Chalvon A., Girardet J.P., Tounian P.: Severe nutritional deficiencies in young infants with inappropriate plant milk consumption. *Arch. Pediatr. Organe Off. Soc. Fr. Pediatr.*, 2014, 21, 5, 483-488.
- [28] Masento N.A., Dulay K.M., Harvey K., Bulgarelli D., Caputi M., Cerrato G., Molina P., Wojtkowska K., Pruszcak D., Barlińska J., Messer D., Houston-Price C.: Parent, child, and environmental predictors of vegetable consumption in Italian, Polish, and British preschoolers. *Front Nutr.* 2022, 9, #958245.
- [29] Mehta H., Groetch M., Wang J.: Growth and nutritional concerns in children with food allergy. *Curr. Opin. Allergy Clin. Immunol.*, 2013, 13, 3, 275-279.
- [30] Meyer R., De Koker C., Dziubak R., Godwin H., Dominguez-Ortega G., Chebar Lozinsky A., Skrapac A.K., Gholmie Y., Reeve K., Shah N.: The impact of the elimination diet on growth and nutrient intake in children with food protein induced gastrointestinal allergies. *Clin. Transl. Allergy.*, 2016, 6, 25.
- [31] Meyer R.: Nutritional disorders resulting from food allergy in children. *Pediatr. Allergy Immunol.*, 2018, 29, 7, 689-704.
- [32] Pierau M., Arra A., Brunner-Weinzierl M.C.: Preventing Atopic Diseases During Childhood - Early Exposure Matters. *Front Immunol.* 2021, 12, #617731.
- [33] Peroni D.G., Bonomo B., Casarotto S., Boner A.L., Piacentini G.L.: How changes in nutrition have influenced the development of allergic diseases in childhood. *Ital. J. Pediatr.*, 2012, 38, 22.
- [34] Rosenheck R.: Fast food consumption and increased caloric intake: a systematic review of a trajectory towards weight gain and obesity risk. *Obes. Rev.*, 2008, 9, 6, 535-547.
- [35] Rucinska K., Umiastowska D., Ratajczak J.: Spożycie owoców i warzyw przez dzieci w wieku 8 lat zróżnicowane czynnikiem płci jako element zdrowego stylu życia. *Aktywność Ruchowa Ludzi w Różnym Wiek*, 2019, 2, 42.
- [36] Scurlock A.M., Jones S.M.: Advances in the approach to the patient with food allergy. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 2018, 141, 6, 2002-2014.
- [37] Sethi S., Tyagi S.K., Anurag R.K.: Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: A review. *J. Food Sci. Technol.*, 2016, 53, 3408-3423.
- [38] Sicherer S.H., Sampson H.A.: Food allergy: a review and update on epidemiology, pathogenesis, diagnosis, prevention, and management. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 2018, 141, 1, 41-58.
- [39] Singhal S., Baker R.D., Baker S.S.: A Comparison of the Nutritional Value of Cow's Milk and Nondairy Beverages. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.*, 2017, 64, 5, 799-805.
- [40] Szczepańska E., Janion K., Stanuch B., Rydelek J., Heller-Surowiec M., Kulesza K.: Zachowania żywieniowe rodziców dzieci przedszkolnych zamieszkałych na terenie Górnego Śląska. *Nowa Pediatr.*, 2014, 3, 87-91.
- [41] USAID Working Group on Infant and Young Child Feeding Indicators. Developing and Validating Simple Indicators of Dietary Quality and Energy Intake of Infants and Young Children in Developing Countries: Summary of findings from analysis of 10 data sets. https://www.fantaproject.org/sites/default/files/resources/ IYCF_Datasets_Summary_2006.pdf.
- [42] Venter C., Groetch M., Netting M., Meyer R.: A patient-specific approach to develop an exclusion diet to manage food allergy in infants and children. *Clin. Exp. Allergy.*, 2018, 48, 2, 121-137.
- [43] Verduci E., D'Elia S., Cerrato L., Comberiati P., Calvani M., Palazzo S., Martelli A., Landi M., Trikamjee T., Peroni D.G.: Cow's Milk Substitutes for Children: Nutritional Aspects of Milk from Different Mammalian Species, Special Formula and Plant-Based Beverages. *Nutrients*, 2019, 11, 8, #1739.
- [44] Wang J., Visness C.M., Sampson H.A.: Food allergen sensitization in inner-city children with asthma. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 2005, 115, 5, 1076-1080.

- [45] Wang L., Martínez Steele E., Du M., Pomeranz J.L., O'Connor L.E., Herrick K.A., Luo H., Zhang X., Mozaffarian D., Zhang F.F.: Trends in Consumption of Ultraprocessed Foods Among US Youths Aged 2-19 Years, 1999-2018. *JAMA*, 2021, 326, 6, 519-530.
- [46] Weker H., Rudzka-Kańtoch Z., Strucińska M., Maron A., Gozdalik E., Marcinkowska M., Klemarczyk W.: Żywienie dzieci w wieku przedszkolnym. Ogólna charakterystyka sposobu żywienia. *Roczn. PZH*, 2000, 51, 4, 385-392.

HAS THE COVID-19 PANDEMIC AFFECTED THE NUTRITION OF PRE-SCHOOL-AGE CHILDREN WITH FOOD ALLERGIES?

S u m m a r y

Background. A food allergy requires that an elimination diet be started and strictly followed. In the case of young children, responsibility for controlling the diet rests on parents. The aim of the presented research was to determine whether the Covid-19 pandemic influenced the diets of preschool-age children suffering from food allergies. Parents of preschool children (3 ÷ 6 years old) diagnosed with a food allergy and attending kindergartens run by the city of Lublin were invited to participate in the study. The mothers of 151 children, who took part in the study, completed a questionnaire consisting of two parts. The first part was based on the KomPAN questionnaire assessing the frequency of consumption of products and dishes, the second part examined changes in diets during the Covid-19 pandemic.

Results and conclusions. The most common allergens in the studied group were cow's milk proteins, nuts, hen's egg whites, small-seeded fruit, cocoa, celery and citrus fruit. Two-thirds of the mothers declared that they always followed an elimination diet. Every tenth respondent claimed that there were occasional deviations from their diet, while the other mothers did not follow an elimination diet on a daily basis. The problem with access to a pediatrician, specialist doctor or dietitian during the Covid-19 pandemic, according to one-third of the mothers, was the cause of difficulties in the correct composition of a diet and contributed to mistakes or more frequent deviations from their diet. Every fifth respondent claimed that remote work resulted in the lack of time for cooking and more frequent use of ready-made food, consequently, making it more difficult to eliminate allergens from the child's diet. As showed by the research, the lack of time and the difficulty in accessing basic and specialized medical care meant that during the pandemic, children more often consumed food having allergenic properties.

Key words: allergy, food allergy, elimination diet, atopic diseases, Covid-19 

SZCZEPAN MIKOŁAJCZYK, MAŁGORZATA WARENIK-BANY,
MAREK PAJUREK

DIOKSYNY, FURANY I PCB W IMPORTOWANYCH RYBACH MORSKICH – NARAŻENIE KONSUMENTÓW

Streszczenie

Wprowadzenie. Normy żywieniowe zalecają spożywanie ryb co najmniej dwa razy w tygodniu ze względu na zawarte w nich cenne składniki odżywcze. Najważniejszymi z nich są długołańcuchowe, wielonienasycone kwasy tłuszczowe, makro- i mikroelementy, witaminy rozpuszczalne w tłuszczach (głównie D3), aminokwasy i łatwo przyswajalne białko. Niestety ryby przebywające w zanieczyszczonym środowisku mogą gromadzić toksyczne związki, do których należą polichlorowane dibenzo-p-dioksyny (PCDD), polichlorowane dibenzofurany (PCDF) i polichlorowane bifenyle (PCB). Celem badań było określenie aktualnego stanu zanieczyszczenia toksycznymi związkami PCDD, PCDF, PCB, importowanych do Polski ryb morskich oraz ocena ryzyka dla konsumentów z uwzględnieniem tolerowanej tygodniowej dawki (TWI) 2 pg WHO-TEQ/kg masy ciała (m.c.). Badaniom poddano 6 gatunków ryb dalekomorskich: turbot, makrela, łosoś atlantycki, tuńczyk, mintaj i morszczuk. W badaniach wykorzystano technikę spektrometrii mas rozcieńczenia izotopowego (IDMS) z wysokorozdzielczą chromatografią gazową sprzężoną z wysokorozdzielczą spektrometrią mas (HRGC-HRMS).

Wyniki i wnioski. Najwyższe stężenia dla sumy PCDD/F i dioksynopodobnych PCB (dl-PCB) oznaczano w mięśniach turbota 1,25 pg WHO-TEQ/g świeżej masy (ś.m.), a najniższe odpowiednio w mięśniach mintaja, morszczuka i tuńczyka 0,02, 0,03, 0,04 pg WHO-TEQ/g ś.m. Mimo że badane ryby zawierały niskie w stosunku do dopuszczalnych limitów stężenia PCDD/F/PCB, spożycie rekomendowanych dwóch porcji najbardziej zanieczyszczonych gatunków powoduje nawet sześciokrotne w przypadku dzieci i dwukrotne dla dorosłych przekroczenia dawki TWI. Importowane turboty, łososie i makrele stanowią znaczące źródło dioksyn i PCB dla konsumentów ryb.

Słowa kluczowe: dioksyny, furany, PCB, ryby, ocena ryzyka

Wprowadzenie

Polichlorowane dibenzo-p-dioksyny (PCDD), polichlorowane dibenzofurany (PCDF) i polichlorowane bifenyle (PCB) są związkami zaliczanymi do szerokiej grupy

Dr inż. S. Mikołajczyk, ORCID: 0000-0003-0185-174X; dr M. Warenik-Bany, ORCID: 0000-0002-3839-6464; dr inż. M. Pajurek, ORCID: 0000-0002-8222-7983, Zakład Radiologii, Państwowy Instytut Weterynaryjny - Państwowy Instytut Badawczy, Krajowe Laboratorium Referencyjne w Zakresie Trwałych Zanieczyszczeń Organicznych, ul. Partyzantów 57, 24-100, Puławy.

Kontakt: e-mail: szczepan.mikolajczyk@piwet.pulawy.pl

zanieczyszczeń uwalnianych w ostatnich dziesięcioleciach do środowiska w wyniku działalności człowieka – tzw. trwałych zanieczyszczeń organicznych (TZO). Ich wspólnymi cechami są: trwałość w środowisku, szerokie rozpowszechnienie zarówno w ekosystemach wodnych jak i lądowych, zdolność do biokumulacji w tkance tłuszczowej organizmów żywych oraz wywoływanie efektów toksycznych u zwierząt i ludzi [29].

PCDD i PCDF są uwalniane są do środowiska głównie jako produkty uboczne procesów spalania oraz różnych procesów produkcyjnych (wybielanie papieru, produkcja pestycydów, herbicydów, fungicydów, w hutach żelaza, cementowniach) [4, 15, 20]. Naturalnym źródłem tych związków są pożary lasów i wybuchy wulkanów [10].

PCB produkowane były od 1929 roku do późnych lat osiemdziesiątych XX wieku i stosowane w wymiennikach ciepła, jako płyny hydrauliczne, smary, plastyfikatory w tworzywach sztucznych, wypełniacze farb i środki zmniejszające palność [26]. Produkcja w Polsce była znikoma w stosunku do innych krajów. Do Polski importowano jednak preparaty produkowane w Związku Radzieckim (Sovol), Czechosłowacji (Delor), Niemczech (Clophen), Włoszech (Penoclor), Francji (Pyralen), USA (Aloclor). Prawie połowa całej produkcji miała miejsce w Stanach Zjednoczonych.

Transport powietrzny uważany jest za główną drogę rozprzestrzeniania dioksyn i PCB. Opad atmosferyczny powoduje ich depozycję na powierzchni gleby lub bezpośrednio do zbiorników wodnych [16, 2]. W akwenach, ze względu na hydrofobową naturę, PCDD, PCDF, PCB, wiążą się z cząstkami stałymi zawieszonymi w wodzie, a następnie podlegają sedymentacji do osadów dennych stając się źródłem tych toksycznych substancji dla organizmów wodnych, w tym ryb oraz ich konsumentów [2, 23, 27].

Międzynarodowa Agencja ds. Badań nad Rakiem (IARC) w roku 1997 zaliczyła 2,3,7,8-TCDD do pierwszej grupy związków o udowodnionym działaniu rakotwórczym dla człowieka. W roku 2012 do tej grupy zakwalifikowano również 2,3,4,7,8-PeCDF oraz PCB 126 [18]. W roku 2016 IARC sklasyfikowała wszystkie kongenery dl-PCB, jako rakotwórcze [17]. Długotrwałe narażenie nawet na niewielkie stężenia tych zanieczyszczeń może zwiększać ryzyko wystąpienia negatywnych skutków zdrowotnych, takich jak zaburzenia układu hormonalnego, odpornościowego i rozrodczego, czy skutki neurobehawioralne, a efekty zdrowotne mogą być widoczne po wielu latach, a nawet w kolejnych pokoleniach [1, 9, 11, 12, 25].

W 2018 r. Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA), bazując na najnowszych danych, podjął decyzję o zmniejszeniu dotychczasowej tolerowanej tygodniowej dawki (TWI) do 2 pg WHO-TEQ/kg m.c. [11]. Biorąc pod uwagę nowo ustaloną dawkę TWI, celem naszych badań było określenie aktualnego stanu zanieczyszczenia eksportowanych do Polski ryb morskich toksycznymi związkami PCDD,

PCDF, PCB oraz ocena ryzyka dla konsumentów z uwzględnieniem nowo ustalonej dawki TWI.

Material i metody badań

Badaniom poddano mięśnie sześciu gatunków ryb dalekomorskich (Tab. 1). Pobieranie próbek ryb do badań odbywało się zgodnie z wymaganiami Rozporządzenia Komisji 2017/644 ustanawiających metody pobierania próbek i metody analizy do celów urzędowej kontroli dioksyn i dioksynopodobnych polichlorowanych bifenyli (PCB) w środkach spożywczych. Mięśnie ryb pobierano ze środkowej części ryb, czyli w okolicy środka ciężkości ulokowanego przy płetwie grzbietowej.

Próbki były pobierane przez uprawnionych pracowników Inspekcji Weterynaryjnej. Po pobraniu próbki pakowano do toreb pilipropylenowych a następnie do zaplombowanych kopert i przechowywano w temperaturze $< 0^{\circ}\text{C}$.

Tabela 1. Badane gatunki ryb.

Table 1. Investigated fish species

Gatunek / Species	Miejsce pobrania / Sampling site	Liczba badanych próbek Number of tested samples
Turbot /Turbot	Morze Północne / North Sea	10
Makrela / Mackerel	Morze Północne, Ocean Atlantycki North Sea, Atlantic Ocean	17
Łosoś atlantycki / Atlantic salmon	Morze Północne / North Sea	17
Tuńczyk / Tuna	Ocean Indyjski / Indian Ocean	10
Mintaj / Pollock	Morze Północne / North Sea	12
Morszczuk / Hake	Ocean Atlantycki / Atlantic Ocean	19
Suma / Sum		85

Łowiska ryb dalekomorskich

Morze Północne, położone u wybrzeży ośmiu najbardziej rozwiniętych krajów Europy (Niemcy, Holandia, Belgia, Francja, Wielka Brytania, Dania, Szwecja i Norwegia), połączone jest z Morzem Bałtyckim cieśninami Kattgat, Sund, Wielki Bełt i Mały Bełt. Od północy łączy się z Morzem Norweskim i Oceanem Atlantyckim. Do Morza Północnego wpływają rzeki, które zostały w przeszłości zanieczyszczone dioksynami i PCB w wyniku działalności przemysłowej i pozaprzemysłowej. Najbardziej zanieczyszczone rzeki wpływające do Morza Północnego to Łaba wraz z jej dopływami i Ren [28, 32]. Prądy morskie umożliwiają wymianę wody z Morzem Norweskim i Oceanem Atlantyckim, co powoduje transfer zanieczyszczeń wraz z prądami morskimi.

Ocean Atlantycki jest drugim co do wielkości oceanem na Ziemi. Należy do najbardziej dziewiczych środowisk na świecie. Potencjalne źródła dioksyn i PCB to ich transport drogą powietrzną, wraz z wpływającymi do oceanu rzekami oraz wymianą wód pomiędzy innymi akwenami (Morze Północne, Morze Norweskie).

Ocean Indyjski to trzeci co do wielkości ocean na Ziemi. Potencjalne źródła dioksyn i PCB to, podobnie jak w przypadku Oceanu Atlantyckiego, transport drogą powietrzną, wraz z wpływającymi do oceanu rzekami oraz wymianą wód pomiędzy innymi akwenami wodnymi.

Analizowane związki

W niniejszej pracy oznaczono następujące związki:

- siedem kongenerów dioksyn:
 - 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioksyna (2,3,7,8-TCDD),
 - 1,2,3,7,8-pentachlorodibenzo-p-dioksyna (1,2,3,7,8-PeCDD),
 - 1,2,3,4,7,8- heksachlorodibenzo-p-dioksyna (1,2,3,4,7,8-HxCDD),
 - 1,2,3,6,7,8- heksachlorodibenzo-p-dioksyna (1,2,3,6,7,8-HxCDD),
 - 1,2,3,7,8,9- heksachlorodibenzo-p-dioksyna (1,2,3,7,8,9-HxCDD),
 - 1,2,3,4,6,7,8- heptachlorodibenzo-p-dioksyna (1,2,3,4,6,7,8-HpCDD),
 - octachlorodibenzo-p-dioksyna OCDD)
- dziesięć kongenerów furanów:
 - 2,3,7,8-tetrachlorodibenzofuran (2,3,7,8-TCDF),
 - 1,2,3,7,8-pentachlorodibenzofuran (1,2,3,7,8-PeCDF),
 - 2,3,4,7,8-pentachlorodibenzofuran (2,3,4,7,8-PeCDF),
 - 1,2,3,4,7,8-heksachlorodibenzofuran (1,2,3,4,7,8-HxCDF),
 - 1,2,3,6,7,8-heksachlorodibenzofuran (1,2,3,6,7,8-HxCDF),
 - 2,3,4,6,7,8-heksachlorodibenzofuran (2,3,4,6,7,8-HxCDF),
 - 1,2,3,7,8,9-heksachlorodibenzofuran (1,2,3,7,8,9-HxCDF),
 - 1,2,3,4,6,7,8-heptachlorodibenzofuran (1,2,3,4,6,7,8-HpCDF),
 - 1,2,3,4,7,8,9-heptachlorodibenzofuran (1,2,3,4,7,8,9-HpCDF),
 - oktachlorodibenzofuran OCDF),
- dwanaście kongenerów dl-PCB: PCB 77, PCB 81, PCB 126, PCB 169, PCB 105, PCB 114, PCB 118, PCB 123, PCB 156, PCB 157, PCB 167, PCB 189;
- sześć kongenerów ndl-PCB: (PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153, PCB 180.

Odczynniki i wzorce

Zastosowane odczynniki: n-heksan, toluen, cykloheksan, dichlorometan, izooktan, metanol, florisil zostały zakupione z LGC Standards (Niemcy), Carbopack C, celit 545 z Supelco (USA), żel krzemionkowy z Fluka (Niemcy), ziemia okrzemkowa

z Restek (USA), kwas siarkowy stężony 98%, siarczan sodowy, bezwodny z Merck (Niemcy), hel (czystość 99,9999%), azot (czystość 99,999) z Messer (Austria). Wzorce: 2,3,7,8-chloropodstawionych PCDD/F i PCB znakowanych izotopem węgla $^{13}\text{C}_{12}$ i natywne zakupiono w Cambridge Isotope Laboratory (USA).

Metoda analizy

W badaniach mięśni ryb zastosowano akredytowaną metodę spektrometrii mas rozcieńczenia izotopowego polegającą na dodawaniu na etapie ekstrakcji wzorców wewnętrznych (2,3,7,8-chloropodstawionych PCDD/F i PCB) znakowanych izotopem węgla $^{13}\text{C}_{12}$. Podobne właściwości chemiczne i fizyczne wzorców znakowanych $^{13}\text{C}_{12}$ i natywnych PCDD/F i PCB powodują, że zachowują się jednakowo w etapach ekstrakcji i oczyszczania próbek. Metoda została oparta na metodach referencyjnych US EPA 1613 i US EPA 1668 [33, 34].

Ujednorodnione próbki mięśni liofilizowano, a następnie odwodnioną próbkę (10 g) mieszano z ziemią krzemkową w stosunku 4:1 (w/w) i przenoszono do celi ekstrakcyjnej. W celu kwantyfikacji i określenia strat na poszczególnych etapach do próbek przed ekstrakcją dodawano wzorce zawierające 17 kongenerów $^{13}\text{C}_{12}$ PCDD/F, 12 kongenerów dl-PCB i 6 kongenerów niedioksynopodobnych PCB (ndl-PCB). Następnie próbki poddawano ekstrakcji z wykorzystaniem wysokociśnieniowego ekstraktora z zastosowaniem mieszaniny ekstrakcyjnej dichlorometan/heksan (50/50, v/v).

W kolejnym etapie próbki poddano oczyszczaniu w celu usunięcia składników matrycy, które mogą zakłócać analizę ilościową. Pierwszym etapem oczyszczania było utlenienie tłuszczów na kolumnie ze zmodyfikowanym żelom krzemionkowym. W drugim etapie na kolumnie z Florisilem następował rozdział na dwie frakcje PCB i PCDD/F. Trzecim etapem było oczyszczanie frakcji na węglu aktywnym. Przed detekcją dodawano wzorce odzysku ($^{13}\text{C}_{12}$ PCB-111, $^{13}\text{C}_{12}$ 1,2,3,4-TCDD). Po odparowaniu w strumieniu azotu do 10 μL frakcję PCDD/F i 50 μL frakcję PCB poddawano analizie z zastosowaniem chromatografii gazowej sprzężonej z wysokorozdzielczą spektrometrią mas HRGC-HRMS. Zastosowano chromatograf gazowy Ultra Trace GC, wyposażony w autosampler TriPlus i sprzężony ze spektrometrem mas DFS (Thermo Scientific, Waltham, MA, USA).

Limity oznaczalności wynosiły od 0,002 do 2,71 pg/g dla PCDD/F i DL-PCB i od 0,0004 do 0,022 ng/g dla NDL-PCB. Odzyski standardów wewnętrznych w badanych próbkach wahały się od 60 % do 120 %.

Zapewnienie i kontrola jakości badań

Dla zapewnienia jakości badań z każdą serią próbek analizowano próbkę ślepą oraz materiał referencyjny olej rybny T-0645 (FAPAS, York, Wielka Brytania). Czystość wszystkich odczynników i sorbentów były weryfikowane przed użyciem.

Wyrażanie wyników badań

W celu określenia narażenia ludzi na PCDD, PCDF i dl-PCB wprowadzono koncepcję równoważników toksyczności (TEQ), które umożliwiają łączną ocenę toksyczności próbki, uwzględniając całą grupę związków. Współczynniki toksyczności (TEF) dla poszczególnych kongenerów PCDD, PCDF i dl-PCB odzwierciedlają siłę działania toksycznego w stosunku do najbardziej toksycznej 2,3,7,8-TCDD [35]. Całkowitą toksyczność tej grupy związków oblicza się, jako sumę stężeń 29 kongenerów pomnożonych przez ich TEF.

Wyniki przedstawiono w równoważniku toksyczności TEQ, które oblicza się za pomocą następującego równania:

$$TEQ = \sum_{i=1}^7 (PCDD_i \times TEF_i) + \sum_{j=1}^{10} (PCDF_j \times TEF_j) + \sum_{k=1}^{12} (PCB_k \times TEF_k)$$

Wyniki i dyskusja

Wyniki badań zawartości PCDD/PCDF i PCB przedstawiono w tabeli 2, a ich wkład procentowy w ogólną toksyczność próbki na rycinie 1. W żadnej z badanych próbek ryb nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnych limitów. Najwyższe średnie stężenia wśród badanych ryb oznaczono w mięśniach turbotu, jednak w stosunku do dopuszczalnego limitu stanowiły one zaledwie 19 % dla PCDD/F/dl-PCB oraz 7,0 % dla ndl-PCB. Pozostałe gatunki były mniej zanieczyszczone PCDD/F/dl-PCB, ale różnice nie były istotne statystycznie dla $p < 0,05$ (Test Kruskala-Wallisa $p = 0,386$).

Oznaczone zawartości dioksyn i dl-PCB w łososiach i makrelach atlantyckich były na poziomie $8 \div 12$ %, a dla ndl-PCB 0,6 % dopuszczalnych limitów. W najmniej zanieczyszczonych gatunkach (tuńczyk, mintaj, morszczuk) średnia zawartość dioksyn i dl-PCB była na poziomie $0,3 \div 0,6$ % dopuszczalnego limitu oraz $0,08 \div 0,28$ % dla ndl-PCB. W żadnej z badanych próbek ryb dalekomorskich nie wykryto wysoko chlorowanych furanów: 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF, 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF i OCDF. Spośród kongenerów PCDD/F w mięśniach makreli, turbotów i łososi atlantyckich dominowały dwa furany 2,3,7,8-TCDF ($0,01 \div 0,76$ pg/g ś.m.) oraz 2,3,4,7,8-PeCDF ($0,003 \div 1,03$ pg/g ś.m.). W pozostałych gatunkach dominował kongener OCDD, ale jego stężenia były niskie, od 0,03 do 0,13 pg/g ś.m. Był on jedynym kongenerem spośród PCDD/F wykrytym w tuńczykach. U wszystkich badanych gatunków wykrywano wszystkie kongenery dl-PCB, a najwyższe stężenia oznaczono dla PCB 118 ($2,01 \div 1090,18$ pg/g ś.m.) oraz PCB 105 ($0,39 \div 416,24$ pg/g ś.m.). Wśród kongenerów ndl-PCB dominowały PCB 153 ($0,02 \div 3,65$ ng/g ś.m.) i PCB 138 ($0,01 \div 2,13$ ng/g ś.m.).

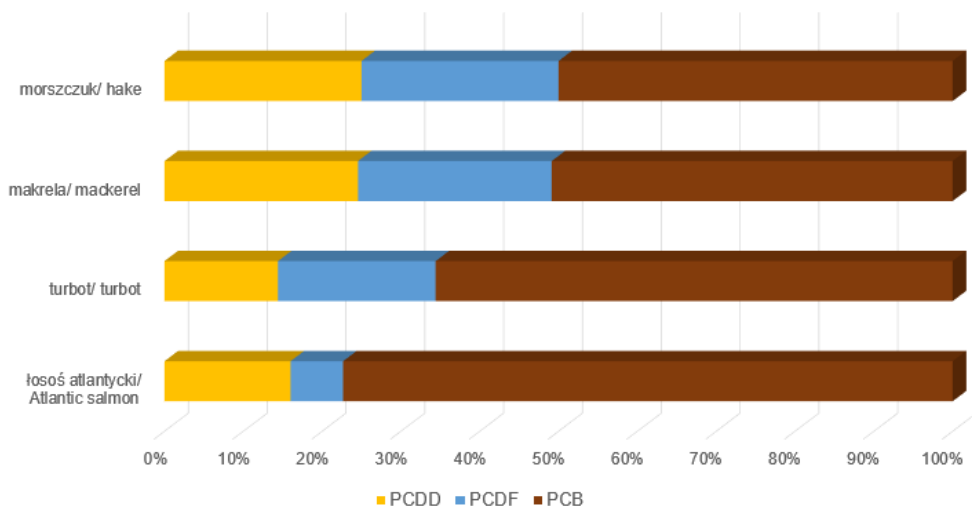
Tabela 2. Zawartość PCDD/F, dl-PCB i ndl-PCB ($\bar{x} \pm s.d$ oraz zakres) w mięśniach ryb
 Table 2. PCDD/F, dl-PCB and ndl-PCB ($\bar{x} \pm s.d$ and range) content in fish muscles

Gatunek Species	% Tłuszczu Fat	pg WHO-TEQ/g ś. / pg WHO-TEQ/g f.w.					ng/g ś.m. ng/g f.w.
		PCDD	PCDF	PCDD/F	dl-PCB	PCDD/F/ dl-PCB	ndl-PCB
Turbot Turbot	4,18 ± 2,25	0,18 ± 0,05 0,14 ÷ 0,21	0,25 ± 0,22 0,10 ÷ 0,41	0,43 ± 0,26 0,24 ÷ 0,62	0,82 ± 0,21 0,67 ÷ 0,97	1,25 ± 0,48 0,91 ÷ 1,59	5,57 ± 4,52 2,37 ÷ 8,77
Łosoś atlantycki Atlantic salmon	7,71 ± 5,17	0,12 ± 0,05 0,01 ÷ 0,14	0,05 ± 0,02 0,01 ÷ 0,06	0,18 ± 0,07 0,02 ÷ 0,21	0,58 ± 0,24 0,04 ÷ 0,67	0,75 ± 0,31 0,05 ÷ 0,87	0,48 ± 0,37 0,19 ÷ 1,22
Makrela Mackerel	7,15 ± 4,52	0,07 ± 0,05 0,3 ÷ 0,12	0,14 ± 0,08 0,06 ÷ 0,26	0,22 ± 0,08 0,09 ÷ 0,38	0,29 ± 0,21 0,08 ÷ 0,59	0,51 ± 0,29 0,18 ÷ 0,97	0,48 ± 0,26 0,17 ÷ 0,78
Tuńczyk Tuna	0,21 ± 0,20	0,01 ± 0,00 0,01 ÷ 0,01	0,01 ± 0,00 0,01 ÷ 0,01	0,01 ± 0,00 0,01 ÷ 0,01	0,03 ± 0,02 0,02 ÷ 0,04	0,04 ± 0,02 0,03 ÷ 0,06	0,08 ± 0,03 0,06 ÷ 0,10
Mintaj Pollock	0,33 ± 0,15	0,01 ± 0,00 0,01 ÷ 0,01	0,01 ± 0,00 0,01 ÷ 0,01	0,01 ± 0,00 0,01 ÷ 0,02	0,01 ± 0,00 0,00 ÷ 0,01	0,02 ± 0,00 0,02 ÷ 0,03	0,06 ± 0,01 0,05 ÷ 0,08
Morszczuk Hake	0,80 ± 0,32	0,01 ± 0,00 0,01 ÷ 0,01	0,01 ± 0,00 0,01 ÷ 0,01	0,02 ± 0,00 0,01 ÷ 0,02	0,02 ± 0,02 0,00 ÷ 0,06	0,03 ± 0,02 0,02 ÷ 0,08	0,21 ± 0,19 0,05 ÷ 0,66
Dopuszczalne limity 2023/915/UE / Acceptable limits 2023/915/EU/		-	-	3,5	-	6,5	75

Wyższe od oznaczonych w ramach niniejszej pracy poziomy dioksyn i PCB stwierdzono u łososi atlantyckich złowionych u wybrzeży Norwegii. Średnie stężenie wynosiło 0,99 pg WHO-TEQ/g ś.m. Kilkunastokrotnie wyższe poziomy zaś oznaczono w przypadku ndl-PCB (6,6 ng/g ś.m) [22]. Porównując poziomy toksyn w łososiach atlantyckich, wykazano średnio dwukrotnie wyższe wartości w stosunku do łososi hodowlanych [22]. Badania z lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku wykazywały, że łososie z Oceanu Atlantyckiego były od 2 do 6 razy mniej zanieczyszczone od bałtyckich [8].

Średni wkład kongenerów PCDD, PCDF i dl-PCB w sumaryczną toksyczność próbki (wyrażonej w WHO-TEQ) w mięśniach ryb dalekomorskich przedstawiono dla czterech gatunków ryb (morszczuk, turbot, makrela i łosoś atlantycki) (Ryc. 1). Ponieważ u tuńczyków i mintajów wykryto tylko najmniej toksyczny kongener z grupy dioksyn (OCDD), nie przedstawiono wkładu w toksyczność dla tych dwóch gatunków ryb. Dominujący wkład w toksyczność wykazywały kongenery dl-PCB (od 50 %

w mięśniach morszczuków do 77 % w łososiach atlantyckich), podobnie jak w rybach bałtyckich [24]. Wkład furanów w ogólną toksyczność był większy niż dioksyn, za wyjątkiem łososia, w którego mięśniach dominowały dioksyne – 16 %, a furany stanowiły 7 % ogólnej toksyczności próbki. U pozostałych gatunków furany stanowiły od 20 % (turbot) do 25 % (morszczuk i makrela) ogólnej toksyczności. Wkład PCDD wynosił 14 ÷ 16 % u turbotów i łososi atlantyckich oraz 25 % u makreli i morszczuków.



Rys 1. Udział procentowy PCDD, PCDF i dl-PCB w ogólnej toksyczności

Fig. 1 Percentage share of PCDD, PCDF and dl-PCB in overall toxicity

Pobieranie dioksyn z konsumpcją ryb i charakterystyka ryzyka

W wyniku kryzysu belgijskiego, w którego trakcie nastąpiło zanieczyszczenie żywności niemal w całej Europie [36], Unia Europejska przyjęła strategię, w której postanowiła doprowadzić do zmniejszenia poziomów dioksyn i PCB w środowisku i żywności oraz ograniczyć narażenie konsumentów na te toksyny (COM (2001)593). Ustalony został poziom reprezentujący bezpieczną tygodniową dawkę dioksyn dla człowieka TWI (14 pg WHO-TEQ/kg m.c.) oraz dawkę tymczasowego tolerowanego miesięcznego pobrania (PTMI) (70 pg WHO-TEQ/kg m.c.). W roku 2018 EFSA, na podstawie wieloletnich badań, podjęła decyzję o zmniejszeniu dotychczasowej tolerowanej tygodniowej dawki (TWI) do 2 pg WHO-TEQ /kg m.c. [11].

Badania wykazują, że żywność jest głównym źródłem (> 90 %) dioksyn i PCB dla człowieka, a codzienne pobranie PCDD, PCDF, dl-PCB wynikające z konsumpcji ryb jest uzależnione od nawyków żywieniowych i poziomów zanieczyszczenia. Według

EFSA spożycie ryb powoduje pobranie na poziomie około $5,8 \div 26,3$ % dla niemowląt oraz do 56 % dla dorosłych i dzieci [11]. W nordyckich krajach bałtyckich może ono wynosić nawet ponad 80 % [6, 30]. Badania z innych krajów europejskich również pokazują, że ryby mają istotny wpływ na pobranie dioksyn [3, 7, 14].

Ocenę narażenia konsumentów wykonano, porównując do dawki TWI (2 pg WHO-TEQ/kg m.c) ilość pobranych PCDD/PCDF/dl-PCB wraz ze spożyciem ryb. Obliczenia wykonano dla osoby dorosłej o masie ciała 70 kg i dziecka o masie ciała 23,1 kg [13]. Założono jednorazową porcję ryby (100 g) przyjmowaną z częstotliwością dwa razy w tygodniu, zgodnie z zaleceniami żywieniowymi [19, 37]. Założono całkowitą absorpcję przyjętych wraz rybami PCDD/F i PCB. Obliczenia wykonano dla średniego stężenia w mięśniach badanych gatunków ryb oraz dla stężenia na poziomie 97,5 percentyla (P97,5) (Tab. 3).

Tabela 3. Narażenie konsumentów ryb wyrażone jako % TWI

Table 3. Exposure of fish consumers expressed as % TWI

Gatunek Ryby / Fish species	Poziom / Level	Stężenie PCDD/F/ dl-PCB pg WHO-TEQ /g ś.m. PCDD/F/ dl-PCB concentration pg WHO-TEQ /g f.w.	Dorosły / Adult % TWI	Dziecko / Child % TWI
Turbot Turbot	średnia / mean P97,5	1,25 1,45	179 207	549 628
Łosoś atlantycki Atlantic salmon	średnia / mean P97,5	0,75 0,82	107 117	325 355
Makrela Mackerel	średnia / mean P97,5	0,51 0,57	73 81	221 247
Tuńczyk Tuna	średnia /mean P97,5	0,04 0,05	6 7	17 22
Mintaj Pollock	średnia/ mean P97,5	0,02 0,02	3 3	9 9
Morszczuk Hake	średnia / mean P97,5	0,03 0,06	4 9	13 26

Mimo że badane ryby zawierały niskie w stosunku do dopuszczalnych limitów stężenia PCDD/F/PCB, spożycie rekomendowanych dwóch porcji niektórych badanych gatunków powoduje przekroczenie TWI (Tab.3). Najwyższe przekroczenia odnotowano dla turбота, ponad sześciokrotne w przypadku dzieci i dwukrotne dla dorosłych. Konsumpcja tuńczyka, mintaja i morszczuka nie powodowała znaczącego pobrania PCDD/F/PCB: < 22 %TWI dla dziecka i < 7% TWI dla dorosłego.

Biorąc pod uwagę, że dioksyny pobierane są przez człowieka również wraz z innymi produktami, które mogą zawierać dioksyny i PCB, powyższe dane wskazują, że konsumpcja niektórych badanych ryb jest istotnym źródłem narażenia konsumentów na te toksyczne związki. Niektóre badania dowodzą, że pomimo znacznie wyższego narażenia rybaków w stosunku do generalnej populacji, wskaźnik śmiertelności w tej grupie jest niższy, co wskazuje na przewagę korzyści zdrowotnych płynących z jedzenia bałtyckich ryb nad potencjalnym zagrożeniem toksykologicznym [31]. W wielu krajach zostały ustalone zalecenia dotyczące konsumpcji ryb. W Polsce zalecenia z roku 2017 wskazują na możliwość spożycia większości ryb w ilościach przekraczających 1 kg tygodniowo. Wyjątkiem jest między innymi łosoś bałtycki (100 g) [19]. Według zalecenia wrażliwe grupy konsumentów (kobiety planujące ciążę, kobiety ciężarne, karmiące oraz małe dzieci) nie powinny spożywać tuńczyków, węgorzy amerykańskich, wędzonych łososi bałtyckich, śledzi i szprotów. Nasze badania wskazują na również turbota czy łososa atlantyckiego jako znaczące źródło dioksyn i PCB.

Aby ograniczyć narażenie konsumentów ryb, zalecane jest odpowiednie przygotowanie ryb, odcinanie tłustych części lub gotowanie, a następnie usuwanie skóry, co może prowadzić do zmniejszenia zawartości TZO [5].

Wnioski

1. Niektóre z badanych gatunków (turbota, łosose i makrele) stanowią znaczące źródło dioksyn i PCB dla konsumentów ryb, a ich konsumpcja powoduje przekroczenie tolerowanej tygodniowej dawki.
2. Najwyższe stężenia dla sumy PCDD/F i dioksynopodobnych PCB (dl-PCB) oznaczano w mięśniach turbota, a najniższe odpowiednio w mięśniach mintaja, morszczuka i tuńczyka.
3. Mimo że badane ryby zawierały niskie w stosunku do dopuszczalnych limitów stężenia PCDD/F/PCB, spożycie rekomendowanych dwóch porcji najbardziej zanieczyszczonych gatunków powoduje nawet sześciokrotne w przypadku dzieci i dwukrotne dla dorosłych przekroczenia dawki TWI.

Literatura

- [1] Arisawa K., Takeda H., Mikasa H.: Background exposure to PCDDs/PCDFs/PCBs and its potential health effects: a review of epidemiologic studies. *J. Med. Investig.*, 2005, 52, 10-21.
- [2] Armitage J.M., McLachlan M.S., Wiberg K., Jonsson P.: A model assessment of polychlorinated dibenzo-p-dioxin and dibenzofuran sources and fate in the Baltic Sea. *Sci. Total Environ.*, 2009, 407, 3784-3792.
- [3] Arnich N., Tard A., Leblanc J.C., Bizec B. Le Narbonne J.F., Maximilien R.: Dietary intake of non-dioxin-like PCBs (NDL-PCBs) in France, impact of maximum levels in some foodstuffs. *Regul. Toxicol. Pharmacol.*, 2009, 54, 287-293.

- [4] Ba T., Zheng M., Zhang B., Li, W., Xiao K., Zhang L.: Estimation and characterization of PCDD/Fs and dioxin-like PCBs from secondary copper and aluminum metallurgies in China. *Chemosphere*, 2009 75, 1173-1178.
- [5] Bayen S., Barlow P., Lee H.K., Obbard J.P.: Effect of cooking on the loss of persistent organic pollutants from salmon. *J. Toxicol. Environ. Health.*, 2005, A68, 253-265.
- [6] Bilau M., Matthys C., Baeyens W., Bruckers L., Backer G. De Hond E., Den Keune H., Koppen G., Nelen V., Schoeters G., Van Larebeke N., Willems J.L., De Henauw S.: Dietary exposure to dioxin-like compounds in three age groups: Results from the Flemish environment and health study. *Chemosphere*, 2008, 70, 584-592.
- [7] Bocio A., Domingo J.L., Falcó G., Llobet J.M.: Concentrations of PCDD/PCDFs and PCBs in fish and seafood from the Catalan (Spain) market: estimated human intake. *Environ. Int.*, 2007, 33, 170–175. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2006.09.005>
- [8] Burreau S., Zebühr Y., Broman D., Ishaq R.: Biomagnification of PBDEs and PCBs in food webs from the Baltic Sea and the northern Atlantic Ocean. *Sci. Total Environ.*, 2006, 366, 659-672.
- [9] Domingo J.L.: Health risks of human exposure to chemical contaminants through egg consumption: A review. *Food Res. Int.*, 2014, 56, 159-165.
- [10] Dyke P., Coleman P., James R.: Dioxins in ambient air, bonfire night 1994. *Chemosphere*, 1997, 34, 1191-1201.
- [11] EFSA: Risk for animal and human health related to the presence of dioxins and dioxin-like PCBs in feed and food. *EFSA J.*, 2018, 16.
- [12] EFSA: Scientific Opinion on the public health hazards to be covered by inspection of meat (bovine animals). *EFSA J.*, 2013, 11, 3266.
- [13] EFSA: Guidance on selected default values to be used by the EFSA Scientific Committee, Scientific Panels and Units in the absence of actual measured data. *EFSA J.*, 2012, 10.
- [14] Fattore E., Fanelli R., Turrini A., Di Domenico A.: Current dietary exposure to polychlorodibenzo-p-dioxins, polychlorodibenzofurans, and dioxin-like polychlorobiphenyls in Italy. *Mol. Nutr. Food Res.*, 2006, 50, 915-921.
- [15] Gilpin R.K., Wagel D.J., Solch J.G.: Production, Distribution, and Fate of Polychlorinated Dibenzop-Dioxins, Dibenzofurans, and Related Organohalogens in the Environment. *Dioxins Heal.*, 2005, 55-87.
- [16] Gouin T., Harner T., Daly G.L., Wania F., Mackay D., Jones K.C.: Variability of concentrations of polybrominated diphenyl ethers and polychlorinated biphenyls in air: implications for monitoring, modeling and control. *Atmos. Environ.*, 2005, 39, 151-166.
- [17] IARC: Polychlorinated Biphenyls and Polybrominated Biphenyls. *IARC Monogr. Eval. Carcinog. risks to humans*, 2016, 107, 9-500.
- [18] IARC: Chemical agents and related occupations. *IARC Monogr. Eval. Carcinog. Risks Hum.*, 2012, 100, 9–562.
- [19] Jarosz M., Rychlik E., Stoś K., Charzewska J.: Normy żywienia dla populacji Polski. 2017.
- [20] Kulkarni P.S., Crespo J.G., Afonso C.A.M.: Dioxins sources and current remediation technologies – A review. *Environ. Int.*, 2008, 34, 139-153.
- [21] Lohmann R., Jones K.C.: Dioxins and furans in air and deposition: A review of levels, behaviour and processes. *Sci. Total Environ.*, 1998, 219, 53-81.
- [22] Lundebye A.K., Lock E.J., Rasinger J.D., Nøstbakken O.J., Hannisdal R., Karlsbakk E., Wennevik V., Madhun A.S., Madsen L., Graff I.E., Ørnsrud R.: Lower levels of Persistent Organic Pollutants, metals and the marine omega 3-fatty acid DHA in farmed compared to wild Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Environ. Res.*, 2017, 155, 49-59.
- [23] Mikołajczyk S., Warenik-Bany M., Pajurek M.: Dioxins and PCBs in freshwater fish and sediments from Polish lakes, *Food Addit. Contam. B*, 2022, 15, 3, 159-167.

- [24] Mikolajczyk S., Warenik-Bany M., Pajurek M.: PCDD/Fs and PCBs in Baltic fish – Recent data, risk for consumers. *Mar. Pollut. Bull.* 2021, 171, #112763.
- [25] Mocarelli P., Gerthoux P.M., Patterson D.G., Milani S., Limonta G., Bertona M., Signorini S., Tramacere P., Colombo L., Crespi C., Brambilla P., Sarto C., Carreri V., Sampson E.J., Turner W.E., Needham L.L.: Dioxin Exposure, from Infancy through Puberty, Produces Endocrine Disruption and Affects Human Semen Quality. *Environ. Health Perspect.*, 2008, 116, 70-77.
- [26] Schecter A., Birnbaum L., Ryan J.J., Constable J.D.: Dioxins: An overview. *Environ. Res.*, 2006, 101, 419-428.
- [27] Sobek A., Gustafsson Ö.: Deep water masses and sediments are main compartments for polychlorinated biphenyls in the Arctic Ocean. *Environ. Sci. Technol.*, 2014, 48, 6719-6725.
- [28] Stachel B., Christoph E.H., Götz R., Herrmann T., Krüger F., Kühn T., Lay J., Löffler J., Pöpke O., Reincke H., Schröter-Kermani C., Schwartz R., Steeg E., Stehr D., Uhlig S., Umlauf G.: Dioxins and dioxin-like PCBs in different fish from the river Elbe and its tributaries, Germany. *J. Hazard. Mater.*, 2007, 148, 199-209.
- [29] Stockholm Convention: The POPs, 2001, [WWW Document]. URL <http://chm.pops.int/TheConvention/ThePOPs/tabid/673/Default.aspx> (accessed 2.22.22).
- [30] Törnkvist A., Glynn A., Aune M., Darnerud P.O., Ankarberg E.H.: PCDD/F, PCB, PBDE, HBCD and chlorinated pesticides in a Swedish market basket from 2005 – Levels and dietary intake estimations. *Chemosphere*, 2011, 83, 193-199.
- [31] Turunen A.W., Verkasalo P.K., Kiviranta H., Pukkala E., Jula A., Männistö S., Räsänen R., Marniemi J., Vartiainen T.: Mortality in a cohort with high fish consumption. *Int. J. Epidemiol.*, 2008, 37, 1008-1017.
- [32] Umlauf G., Burkhard G., Umlauf G., Stachel B., Mariani G.: Dioxins and PCBs in solid matter from the River Elbe, its tributaries and the North Sea (longitudinal profile, 2008), 2011, Scientific and Technical Research series - ISSN 1018-5593 (print), p. 118
- [33] US EPA, 2010. Method 1668C Chlorinated Biphenyl Congeners in Water, Soil, Sediment, Biosolids, and Tissue by HRGC/HRMS
- [34] US EPA, 1994. Tetra- through Octa-Chlorinated Dioxins and Furans by Isotope Dilution HRGC/HRMS.
- [35] Van den Berg M., Birnbaum L.S., Denison M., De Vito M., Farland W., Feeley M., Fiedler H., Hakansson H., Hanberg A., Haws L., Rose M., Safe S., Schrenk D., Tohyama C., Tritscher A., Tuomisto J., Tysklind M., Walker N., Peterson R.E.: The 2005 World Health Organization reevaluation of human and Mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds. *Toxicol. Sci.*, 2006, 93, 223-241.
- [36] Van Larebeke N., Hens L., Schepens P., Covaci A., Baeyens J., Everaert K., Bernheim J., Vlietinck R., Poorter G.: The Belgian PCB and Dioxin Incident of January-June 1999: Exposure Data and Potential Impact on Health. *Environ. Health. Persp.* 2021, 109, 265-273.
- [37] WHO: Report of the joint FAO/WHO expert consultation on the risks and benefits of fish consumption, 2011, 25-29 January 2010, Rome, Italy [www Document]. URL <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44666> (accessed 7.20.23).

DIOXINS, FURANS AND PCBs IN IMPORTED MARINE FISH – CONSUMER EXPOSURE

S u m m a r y

Background. Dietary guidelines recommend that fish should be consumed at least twice a week due to valuable nutrients they contain, like long-chain, polyunsaturated fatty acids, macro- and microelements,

fat-soluble vitamins (mainly D3), amino acids and easily digestible protein. Apart from the benefits, fish consumption becomes a source of toxic compounds including polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs), polychlorinated dibenzofurans (PCDFs) and polychlorinated biphenyls (PCBs). The aim of our research was to investigate the levels of PCDD, PCDF and PCB in marine fish imported to Poland and assess the risk for consumers, taking into account the tolerable weekly intake (TWI) of 2 pg WHO-TEQ/kg body weight (b.w.). Six fish species were investigated: turbot, mackerel, Atlantic salmon, tuna, pollock and hake. The method employed for the research was isotope dilution technique with high-resolution gas chromatography coupled with high resolution mass spectrometry (HRGC-HRMS).

Results and conclusions. The highest concentrations for the sum of PCDD/F/dl-PCB were determined in turbot muscles 1.25 pg WHO-TEQ/g of fresh weight (f.w.) and the lowest in pollock, hake and tuna muscles 0.02, 0.03, 0.04 pg WHO-TEQ/g f.w. respectively. Although the tested fish contained low PCDD/F/PCB concentrations compared to the permissible limits, the consumption of the recommended two portions of the most contaminated species resulted in TWI being exceeded even six times for children and two times for adults. Imported turbot, salmon and mackerel are significant sources of dioxins and PCBs for fish consumers.

Key words: dioxins, furans, PCBs, fish, risk assessment 

NIKOLA MACIEJEWSKA, ANNA SZOSLAND-FALTYN,
BEATA BARTODZIEJSKA

PRZEŻYWAŁNOŚĆ ŚRODOWISKOWYCH BIFIDOBACTERIUM SPP. ORAZ BAKTERII FERMENTACJI MLEKOWEJ W SERACH TWAROGOWYCH WYPRODUKOWANYCH Z UŻYCIEM KULTURY ŚRODOWISKOWEJ

Streszczenie

Wprowadzenie. Skład ilościowy i jakościowy ludzkiej mikrobioty jelitowej zależy od wielu czynników. Wśród nich najczęściej wymieniane są determinanty genetyczne i środowiskowe. Ostatnie badania duży nacisk kładą na fakt, iż struktura populacji mikrobioty jelitowej różni się nie tylko regionalnie, ale i lokalnie. Jej prawidłowy układ warunkuje odpowiednie funkcjonowanie całego organizmu. W celu korzystnej kolonizacji jelit, można wdrożyć terapię probiotykami, które istotnie modulują skład mikrobioty jelitowej. Z uwagi na korelację różnorodności genetycznej bakterii kwasu mlekowego z ich miejscem występowania, istnieje potrzeba izolacji drobnoustrojów potencjalnie probiotycznych z otaczającego środowiska. W dostępnych na rynku preparatach zawierających bakterie probiotyczne, często spotykana jest zbyt mała liczba drobnoustrojów lub mniejsza liczba gatunków, niż jest to deklarowane na opakowaniu. Celem pracy było określenie przeżywalności środowiskowych bakterii z rodzaju *Bifidobacterium* spp. oraz bakterii fermentacji mlekowej, charakterystycznych dla gospodarstw w województwie świętokrzyskim, w serach twarogowych wyprodukowanych z niskopasteryzowanego mleka, przechowywanych w temperaturze $3 \pm 2^{\circ}\text{C}$, przez okres 14 dni. Analizy mikrobiologiczne przeprowadzono zgodnie z normami ISO.

Wyniki i wnioski. Sery twarogowe zapewniały wysoką liczbę drobnoustrojów z rodzaju *Bifidobacterium* spp. oraz bakterii fermentacji mlekowej, spełniając wymagania postawione produktom probiotycznym. Środowiskowe bakterie z rodzaju *Bifidobacterium* spp. charakteryzowały się bardzo dobrą przeżywalnością w wyprodukowanych serach, przewyższając po 14 dniach przechowywania swoją początkową liczbę. Twarogi były zbliżone do siebie pod względem ogólnej akceptowalności podczas analizy sensorycznej, w ciągu całego okresu przechowywania. Badane sery wpisują się w obecne trendy żywieniowe, ukierunkowane na wzbogacenie diety w produkty naturalne, zawierające mikroorganizmy charakterystyczne dla danego środowiska.

Słowa kluczowe: sery twarogowe, żywność funkcjonalna, bakterie kwasu mlekowego, *Bifidobacterium* spp.

Mgr N. Maciejewska, ORCID: 0009-0004-0996-7661, dr inż. A. Szosland-Faltn, ORCID: 0000-0002-5004-8059, dr B. Bartodziejska, ORCID: 0000-0002-5492-5514, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego – Państwowy Instytut badawczy in. Prof. W. Dąbrowskiego w Warszawie, Zakład Jakości Żywności, al. Marszałka J. Piłsudskiego 84, 92-202 Łódź; Kontakt: nikola.smigielska@ibprs.pl

Wprowadzenie

Na przestrzeni wielu lat wykazano, że odległe geograficznie populacje drobnoustrojów wykazują wysoki stopień zróżnicowania. Różnorodność siedlisk mikroorganizmów prowadzi do ich specyficznej dla niszy ewolucji genetycznej, poprzez polimorfizm pojedynczych nukleotydów oraz modyfikacje strukturalne genomu, takie jak zmiany liczby i orientacji chromosomów (delecje, insercje, duplikacje, inwersje) oraz zmiany w lokalizacji chromosomów (translokacje) [2, 33, 35]. Aby zwiększyć przystosowanie bakterii do poszczególnych siedlisk, tracą one lub nabywają konkretne geny na drodze ewolucji [20].

Probiotyki od wielu lat są szeroko badane w celu wykorzystania ich w leczeniu oraz zapobieganiu wystąpienia chorób autoimmunologicznych, np. atopowego zapalenia skóry [30, 32]. W badaniach przeprowadzonych na populacji dzieci fińskich udowodniono wpływ suplementacji *Lactobacillus* GG (LGG) na zmniejszenie częstości występowania chorób atopowych. Doświadczenia te na przestrzeni lat zostały przeprowadzone kilkakrotnie z niewielkimi różnicami, jednak ogólna zasada była zachowana podczas każdego z nich. Probiotyk był podawany matkom w czasie trwania ciąży oraz podczas karmienia piersią, a po narodzinach dodatkowo był aplikowany również dzieciom. Wyniki wykazały, że przyjmowanie probiotyków w okresie pre- i postnatalnym znacznie zmniejszyło częstość występowania choroby atopowej u dzieci [14, 15, 16, 30]. Z kolei w badaniach przeprowadzonych w Niemczech, które zachowują schemat eksperymentu bardzo zbliżony do badań klinicznych fińskich, wykazano brak pozytywnego wpływu suplementacji LGG na zmniejszenie częstości występowania chorób atopowych. Co więcej, zaobserwowano statystycznie wyższe ryzyko wystąpienia zapalenia oskrzeli u grupy osób przyjmujących probiotyk w porównaniu z grupą noworodków przyjmujących placebo. Badania te poparły hipotezę wysuniętą przez autorów, że podatność na probiotyki może się różnić między poszczególnymi osobami z powodu różnic w podłożu genetycznym [18].

Wyraźny związek między różnorodnością genomową pałeczek kwasu mlekowego a ich gospodarzami oraz siedliskami, sugeruje, że adaptacja do konkretnej niszy środowiskowej intensyfikuje dywersyfikację i ewolucję wielu gatunków. Udowodniono, że szczepy bakterii probiotycznych, *Ligilactobacillus salivarius* (dawniej *Lactobacillus salivarius*) wyizolowane od różnych gospodarzy, ewoluują indywidualnie, w zależności od wielu czynników, tj. genotypu gospodarza lub czynników środowiskowych takich jak dieta charakterystyczna dla konkretnego regionu [20]. Wykazano podobne profile COG - klastrów genów o wspólnym pochodzeniu ewolucyjnym (z ang. Clusters of Orthologous Genes), u szczepów z rodzaju *Lactiplantibacillus plantarum* (dawniej *Lactobacillus plantarum*) wyizolowanych od ludzi oraz z produktów mlecznych, co może wynikać z łatwej wymiany bakterii między produktami mlecznymi a ludźmi [4]. Adaptacja do konkretnej niszy odgrywa kluczową rolę w zmianach genetycznych

drobnoustrojów, szczególnie tych związanych z metabolizmem, dlatego czynnik ten należy wziąć bezwzględnie pod uwagę podczas badania komercyjnych szczepów probiotycznych [17, 26]. Z uwagi na korelację bioróżnorodności genetycznej bakterii kwasu mlekowego z ich miejscem występowania oraz osobniczą podatność na korzystny wpływ probiotyków, różniącą się w zależności od obszaru geograficznego, istnieje potrzeba izolacji drobnoustrojów potencjalnie probiotycznych z otaczającego środowiska, w celu przyszłego wykorzystania tych izolatów [4, 17, 20, 26].

W dostępnych na polskim rynku preparatach zawierających bakterie probiotyczne często spotykana jest zbyt mała liczba drobnoustrojów lub mniejsza liczba gatunków, niż producent deklarował na opakowaniu. Bardzo często obserwuje się niską przeżywalność lub jej brak, zwłaszcza w przypadku bakterii z rodzaju *Bifidobacterium* spp., w komercyjnych suplementach diety i preparatach medycznych [1, 3, 19, 22, 34]. Drobnoustroje te są beztlenowymi, nieruchliwymi, Gram-dodatnimi i nietworzącymi przetrwalników pałeczkami [5]. Bifidobakterie należą do jednego z głównych rodzajów bakterii w przewodzie pokarmowym człowieka, najliczniej występują u niemowląt i ich liczba maleje wraz z wiekiem człowieka. Obecność tych bakterii w przewodzie pokarmowym jest powiązana z wieloma korzyściami zdrowotnymi, np. takimi jak łagodzenie objawów u pacjentów z nietolerancją laktozy, zapobieganie bieguncie związanej ze stosowaniem antybiotyków oraz wynikającej z zakażeń *Clostridium difficile*, łagodzenie objawów zespołu jelita drażliwego, czy też zmniejszanie częstości występowania egzemy. Wykazano, że drobnoustroje z rodzaju *Bifidobacterium* spp. mogą hamować rozwój patogenów poprzez wytwarzane metabolity, takie jak kwasy organiczne, peptydy przeciwbakteryjne, inhibitory quorum-sensing oraz poprzez immunomodulacje [11]. Krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe (SCFA z ang. short chain fatty acid), wytwarzane przez mikrobiotę jelitową na drodze fermentacji, mają istotny wpływ na zdrowie jelit, a ich nieodpowiednia ilość jest powiązana z wieloma schorzeniami. Suplementacja probiotykami z rodzaju *Bifidobacterium* spp. zwiększa ilość wydalanego octanu oraz propionianu, które są jednymi z głównych SCFA, wpływających na prawidłowe funkcjonowanie jelit [11, 21]. Przeprowadzono badania różnorodności mikrobioty jelitowej wśród różnych grup etnicznych na poziomie gatunków *Bifidobacterium* spp.. Podczas tych badań, stwierdzono znaczące różnice w wielkości i rozpowszechnieniu populacji drobnoustrojów z gatunku *B. catenulatum* pomiędzy mikrobiotą osób mieszkających w Belgii a mikrobiotą osób pochodzących z Japonii, mimo że ogólna wielkość populacji bakterii z rodzaju *Bifidobacterium* spp. w obydwu tych grupach była taka sama [13]. W badaniach przeprowadzonych pomiędzy różnymi populacjami europejskimi zaobserwowano u populacji włoskiej od dwu- do trzykrotnie wyższe proporcje bakterii z rodzaju *Bifidobacterium* spp. niż w populacjach niemieckiej, francuskiej i szwedzkiej. Przynależność geograficzna oraz różnice w diecie mię-

dzy różnymi populacjami, były związane z różnicami w składzie mikrobioty jelitowej [24].

Celem pracy było określenie przeżywalności środowiskowych bakterii z rodzaju *Bifidobacterium* spp., charakterystycznych dla województwa świętokrzyskiego, w serach twarogowych przechowywanych w temperaturze 3 ± 2 °C przez okres 14 dni.

Material i metody badań

Materiał badany stanowiły sery wyprodukowane w gminnej mleczarni na terenie województwa świętokrzyskiego. Na potrzeby doświadczenia wytworzono ser zaszczerpiony startową kulturą środowiskową, składającą się z pięciu gatunków bakterii kwasu mlekowego: *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactocaseibacillus paracasei* subsp. *paracasei*, *Lactiplantibacillus plantarum*, *Limosilactobacillus fermentum* i *Levilactobacillus brevis* oraz drobnoustrojów z rodzaju *Bifidobacterium* spp., wyizolowanych z serów twarogowych z mleka niepasteryzowanego, powstałych na terenie województwa świętokrzyskiego, w tej samej mleczarni, która wyprodukowała twarogi na potrzeby prezentowanego badania. Bakterie kwasu mlekowego zostały zidentyfikowane przy pomocy API 50 CH, z użyciem podłoża 50 CHL (Biomerieux, Francja). Bakterie z rodzaju *Bifidobacterium* spp. oraz drobnoustroje kultury startowej przechowywano w temperaturze -80 °C, używając systemu do mrożenia drobnoustrojów – Protect Microorganism Preservation System (Technical Service Consultants Ltd, Wielka Brytania). Do hodowli drobnoustrojów użyto bulionu MRS (Merck, Niemcy), do którego dodano po jednym koraliku z fiolek z poszczególnymi drobnoustrojami i inkubowano w temperaturze 30 °C przez 48 godzin (hodowla wspólna). Następnie komórki bakteryjne przemyto trzykrotnie w PBS (Phosphate - buffered saline, pH 7,4, Sigma-Aldrich, USA), koraliki usunięto, a zawiesinę rozcieńczono w mleku mikrofiltrowanym, niskopasteryzowanym do otrzymania gęstości inokulum $9,00 \log \text{ jtk/ cm}^3$. Tak otrzymaną kulturę startową dodano do mleka o zawartości 2 % tłuszczu, mikrofiltrowanego (proces zastosowany w celu eliminacji drobnoustrojów, rozmiar porów na filtrze 0,45 μm), niskopasteryzowanego (pasteryzacja przez 30 min w 65 °C), w ilości 0,1 dm^3 na 20 dm^3 mleka. Mleko pozostawiono w temperaturze 26 ± 2 °C aż do osiągnięcia pH 4,59. W kolejnym etapie skrzep ogrzano do 45 ± 2 °C. Zakończono ogrzewanie twarogu, odsączono serwatkę, spuszczone gęstwę twarogową do prasy i poddano prasowaniu. Prasę wystawiono do chłodni (3 ± 2 °C) i pozostawiono na 2,5 h. Łącznie uzyskano 3,6 kg twarogu, po 300 g każdy. Po upływie wskazanego czasu sery pokrojono i zapakowano próżniowo w formie krajanki i przekazano do badań, które przeprowadzono bezpośrednio po produkcji oraz po upływie 7 i 14 dni, przechowując sery w temperaturze 3 ± 2 °C.

Badanie mikrobiologiczne

Przeżywalność bakterii środowiskowych z rodzaju *Bifidobacterium* spp. zbadano w warunkach beztlenowych (37 °C, 48h) przy użyciu podłoża TOS z suplementem MUP zgodnie z normą PN-ISO 29981:2012 [26]. Przeżywalność bakterii kwasu mlekowego została zbadana w warunkach tlenowych (30 °C, 72 h) przy użyciu podłoża de Man, Rogosa i Sharpe (MRS, Merck, Niemcy) zgodnie z normą PN-ISO 15214:2002 [25]. Wymienione analizy zostały wykonane w trzech powtórzeniach, a jako wynik przyjęto średnią z trzech powtórzeń, wyrażoną w $\log_{10}$ jtk/cm³.

Pomiar aktywności wody

W powstałych serach określano aktywność wody (a_w), korzystając z aparatu AquaLab 4TE firmy METER Group w temp. $25 \pm 0,2$ °C. Pomiarów dokonywano w trzech powtórzeniach.

Pomiar wartości pH

Pomiar wartości pH badanych serów wykonano przy pomocy pH-metru Elmetron CX-505 (Zabrze, Polska) metodą potencjometryczną w trzech powtórzeniach. Wskazania pH-metru zaokrąglono do 0,1.

Analiza sensoryczna

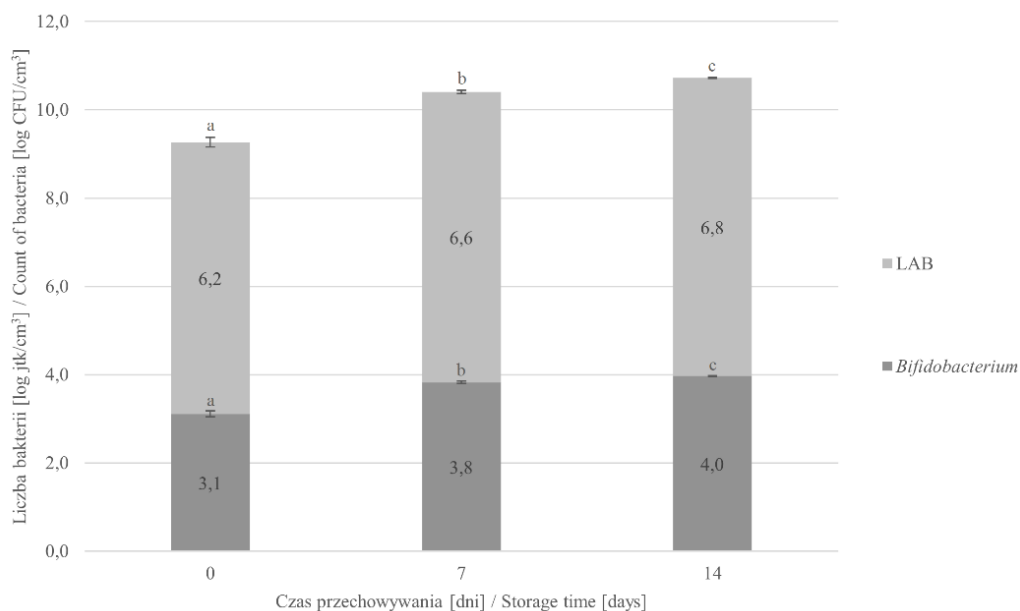
W celu uzyskania profilu sensorycznego wyprodukowanych serów, zastosowano metodę QDA (ang. *Quantitative Descriptive Analysis*). Badane cechy obejmowały: wyróżniki zapachu: twarogowy/śmietanowy/mleczny, obcy; wyróżniki smaku: twarogowy/śmietanowy/mleczny, kwaśny, obcy; wyróżniki konsystencji: wilgotność i grudkowatość oraz jakość ogólną próbek. Ocenę przeprowadzono w trzech powtórzeniach. Intensywność wyróżników zaznaczano na skali, przedstawiającej 10-centymetrowy odcinek, bez podziałki, zakończony skrajnymi liniami brzegowymi. Dla wyróżników zapachu i smaku zastosowano oznaczenia skrajne, takie jak niewyczuwalny (0) – bardzo intensywny (10), natomiast dla wyróżników konsystencji (wilgotność, grudkowatość) oraz jakości ogólnej określenia te były zależne od badanej cechy (od 0 – gdy badana cecha nie była wyczuwalna do 10 – gdy badana cecha była odczuwana najintensywniej). Analizę przeprowadził 12-osobowy zespół w przedziale wiekowym $26 \div 60$ lat, z odpowiednimi kwalifikacjami metodycznymi i doświadczeniem w przeprowadzaniu ocen metodą QDA dla fermentowanych wyrobów mlecznych. W badaniu brały udział zarówno kobiety jak i mężczyźni. Uzyskane wyniki uśredniono i zaprezentowano w postaci diagramu radarowego.

Analiza statystyczna

Do opracowania wyników badań wykorzystano program Microsoft Excel 2016. Wszystkie oznaczenia wykonano w trzech powtórzeniach, pobierając każdorazowo próbkę z odrębnej sztuki sera bezpośrednio po produkcji oraz po upływie 7 i 14 dni przechowywania. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie, stosując jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA). Istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi, przy $\alpha = 0.05$, weryfikowano testem Bonferroniego $\alpha = 0.05/3 = 0.0167$.

Wyniki i dyskusja

Wyniki przeżywalności środowiskowych bakterii z rodzaju *Bifidobacterium* spp. oraz bakterii kwasu mlekowego (LAB – Lactic Acid Bacteria) przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Liczba bakterii środowiskowych z rodzaju *Bifidobacterium* spp. oraz bakterii kwasu mlekowego podczas przechowywania serów

Fig. 1. Count of environmental bacteria of the genus *Bifidobacterium* spp. and lactic acid bacteria during cheese storage

Objaśnienia / Explanatory notes:

Na rysunku przedstawiono wartości średnie (w postaci słupków) $\pm$ odchylenia standardowe; a, b, c – wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się między sobą statystycznie istotnie / The figure shows mean values (bars) $\pm$ standard deviations; a, b, c – mean values within each sample, which are marked with various letters, are statistically significantly different

Określono liczbę mezofilnych bakterii fermentacji mlekowej, liczbę bakterii z rodzaju *Bifidobacterium* spp. oraz sumarycznie wyznaczoną liczbę *Bifidobacterium* spp.

i LAB. Liczba bakterii z rodzaju *Bifidobacterium* spp. w serach twarogowych bezpośrednio po produkcji wynosiła $3,1 \pm 0,07$ log jtk/g. Po 7 dniach przechowywania zaobserwowano wzrost liczby bifidobakterii do $3,8 \pm 0,03$ log jtk/g, a po 14 dniach – ponowny wzrost do $4,0 \pm 0,01$ log jtk/g. Zmiany te były istotne statystycznie. Analogicznie kształtowały się wyniki dotyczące liczby mezofilnych bakterii fermentacji mlekowej, wynosząc bezpośrednio po produkcji $6,2 \pm 0,11$ log jtk/g, wzrastając do $6,6 \pm 0,03$ log jtk/g po tygodniu przechowywania i do $6,8 \pm 0,02$ log jtk/g po 14 dniach przechowywania. W tym wypadku również były to różnice statystycznie istotne. Zgodnie z zaleceniami Organizacji Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) oraz Światowej Organizacji Zdrowia (WHO), liczba bakterii probiotycznych w produkcie gwarantująca osiągnięcie efektu terapeutycznego jest na poziomie $6 \div 7$ log jtk/g [8]. Liczba drobnoustrojów środowiskowych z rodzaju *Bifidobacterium* spp. oraz bakterii kwasu mlekowego w serach twarogowych, przez cały okres przechowywania, przekraczała znacznie tę wartość, wynosząc $9,3 \pm 0,18$ log jtk/g; $10,4 \pm 0,06$ log jtk/g i $10,7 \pm 0,03$ log jtk/g odpowiednio: bezpośrednio po produkcji oraz po upływie 7 i 14 dni przechowywania, jednak nie wszystkie drobnoustroje obecne w twarogach mogły mieć właściwości potencjalnie probiotyczne. Jak wynika z literatury, bifidobakterie charakteryzują się słabym wzrostem w fermentowanych produktach na bazie mleka, ze względu na wysoką wrażliwość tych drobnoustrojów na pH poniżej 4,6 [6]. W badaniu przeprowadzonym przez Dmytrów [6] określono, w serach twarogowych wzbogaconych bakteriami probiotycznymi komercyjnymi, ogólną liczbę LAB oraz liczbę bifidobakterii (*B. bifidum* BB 12). W przeciwieństwie do badań własnych, w czasie 21-dniowego przechowywania twarogów, stwierdzono sukcesywne zmniejszanie się liczby drobnoustrojów, jednak mieszczących się w limitach produktów o potencjalnych właściwościach probiotycznych. Zhang i wsp. [37] opracowali beztłuszczowy jogurt z koziego mleka przy użyciu poddanego obróbce cieplnej koncentratu białka serwatki (zamiennik tłuszczu) i pektyny (środek zagęszczający), z dodatkiem bakterii probiotycznych – *L. acidophilus* i *Bifidobacterium* spp. Szczepy pochodziły z kultury startowej dostępnej komercyjnie. Autorzy zaobserwowali stopniowy spadek liczebności *L. acidophilus*, która po 3 tygodniach przechowywania jogurtu w warunkach chłodniczych była poniżej wymaganej wartości dla produktów probiotycznych. Przeżywalność *Bifidobacterium* spp. w jogurcie kształtowała się na znacznie wyższym poziomie, niż *L. acidophilus*, spełniając wymagania dla produktów probiotycznych nawet po 10 tygodniach przechowywania. Tak długo utrzymującą się na wysokim poziomie liczbę bifidobakterii, można uzasadnić poprzez obecność w zastosowanej kulturze *Streptococcus thermophilus*, który ma wysoką zdolność do wykorzystania tlenu, co z kolei umożliwia wzrost ściśle beztlenowych pałeczek z rodzaju *Bifidobacterium* spp. [23]. W badaniu przeprowadzonym przez Hamdy i wsp. [10] sprawdzano przeżywalność kilku kultur startowych, zastosowanych w różnych

proporcjach (*S. thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium longum*) w niskotłuszczowym serze feta, a także ich wpływ na poprawę właściwości sera. Liczebność bifidobakterii w serze feta wzrastała stopniowo do 15. dnia przechowywania, w każdym zastosowanym wariancie – kultury startowej, co jest spójne z wynikami badań własnych. Po 15 dniach przechowywania zaobserwowano spadek liczebności drobnoustrojów z rodzaju *Bifidobacterium* spp. w kilku wariantach sera aż do wartości poniżej tych wymaganych dla produktów probiotycznych. Dodatkowo ser z dodatkiem bifidobakterii uzyskał wyższe noty za smak i teksturę w porównaniu z serem zawierającym tylko dwa gatunki: *S. thermophilus*, *L. bulgaricus*.

W prezentowanej pracy, w powstałych serach oznaczono aktywność wody (a_w) bezpośrednio po produkcji oraz po 7 i 14 dniach przechowywania (tab. 1). Parametr ten jest jednym z głównych czynników ograniczających, a nawet zapobiegających wzrostowi drobnoustrojów w produktach spożywczych. Wartości aktywności wody w badanych twarogach kształtowały się przez cały okres przechowywania na bardzo zbliżonym poziomie, mieszcząc się w przedziale $0,91 \div 1,00$, zapewniającym optymalny wzrost bakterii. Wartości a_w poniżej 0,61, poprzez ograniczanie rozwoju bakterii, drożdży oraz pleśni, zapewniają stabilność produktów [31]. W badaniu Goduli i in. [9] sprawdzano trwałość przechowalniczą twarogów tradycyjnych i bezlaktozowych. Wartości aktywności wody w twarogach tradycyjnych w ciągu całego okresu przechowywania utrzymywały się na tym samym poziomie, zbliżonym do wyników badań własnych, wynoszącym 0,95. Porównywalne wartości aktywności wody zaobserwowano również w badaniu przeprowadzonym przez Pałachę i Makarewicz [25], określającym wartości a_w w wybranych grupach produktów spożywczych. W analizowanych przez autorów twarogach aktywność wody wynosiła $0,996 \pm 0,001$ dla twarogu chudego oraz $0,998 \pm 0,001$ dla twarogu śmietankowego, co również jest spójne z wynikami badań własnych.

W analizowanych serach twarogowych określono również pH. Nie zaobserwowano istotnych statystycznie zmian pH produktów w ciągu całego okresu przechowywania. Jak podaje Dmytrów [7], wartości kwasowości czynnej mieszczące się w zakresie $4,4 \div 4,6$, dowodzą poprawności procesu ukwaszania mleka oraz osiągnięcia punktu izoelektrycznego kazeiny, czyli momentu, gdy zewnętrzny ładunek elektryczny miceli wynosi zero i tworzy się żel kazeinowy o odpowiedniej zwężności. W badaniu Goduli i in. [9], pH twarogów tradycyjnych mieściło się w przedziale $4,17 \pm 0,10 \div 4,33 \pm 0,03$, co było wartościami niższymi od wyników badań własnych. Zastosowanie podobnego stopnia ukwaszenia w będących przedmiotem badań twarogach prawdopodobnie uniemożliwiłoby wzrost i przeżywalność *Bifidobacterium* spp., które są wrażliwe na pH poniżej 4,6 [7]. Z kolei w badaniach Dmytrów [6], sprawdzających wpływ probiotycznych bakterii kwasu mlekowego na stabilność przechowalniczą kwasowych serów twarogowych, zaobserwowano wartości pH na poziomie $4,5 \div 4,6$, które były

niższe od wyników badań własnych, a przyczyną wysokiego pH serów uzyskanego w wynikach prezentowanego badania, mogła być niska temperatura podczas ukwaszania mleka.

Tabela 1. Wyniki wartości pH ocenianych serów

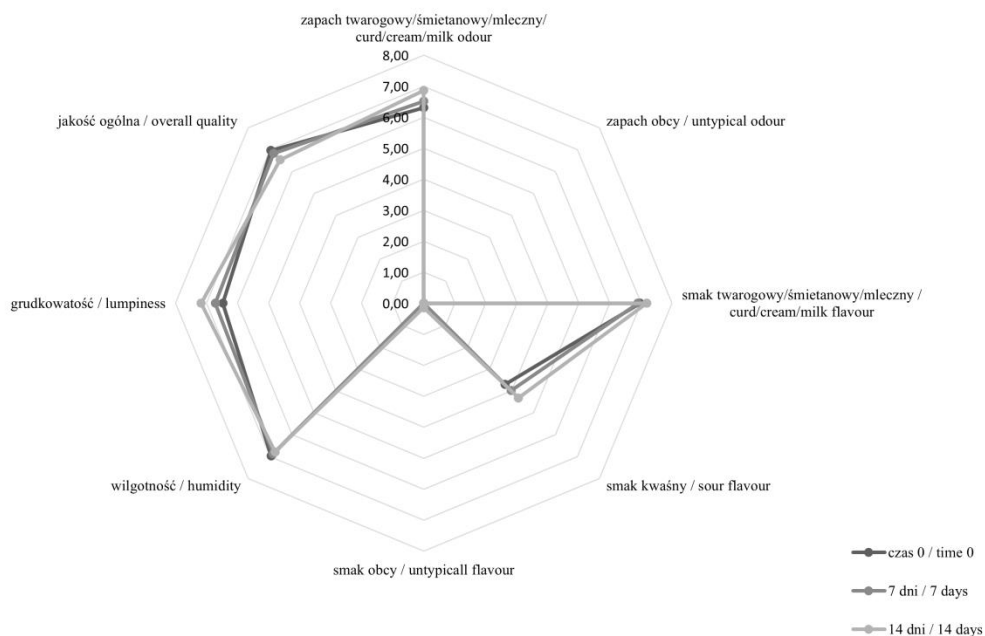
Table 1. pH values results of evaluated cheeses

Czas przechowywania [dni] / Storage period [days]	0	7	14
Wartości pH / pH values	4,8	4,8	4,7
Różnice istotne statystycznie / Statistically significant differences	Brak różnic / No differences		

Objaśnienia / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie / Table shows mean values

Profil sensoryczny badanych serów uzyskano poprzez analizę ośmiu wyróżników sensorycznych w skali od 1 do 10 bezpośrednio po produkcji oraz po upływie 7 i 14 dni przechowywania, a otrzymane wyniki zaprezentowano w postaci diagramu radarowego (rys. 2).



Rys. 2. Wykres radarowy intensywności wyróżników sensorycznych twarogów.

Fig. 2. Radar chart of intensity of sensory attributes of curd cheeses (tvarogów).

Analizując wyniki oceny sensorycznej stwierdzono, iż przebadane próbki twarogów, niezależnie od czasu przechowywania były bardzo zbliżone pod względem jakości sensorycznej. Intensywność zapachu twarogowego oraz smaku kwaśnego, zwiększała się wraz z czasem przechowywania serów. Analogicznie kształtowały się zmiany odczuwalności wyróżnika konsystencji: grudkowatości. Zaobserwowano niewielkie obniżenie jakości ogólnej badanych serów po 14 dniach przechowywania, jednak nie były to wartości istotne statystycznie. Jak podaje literatura, dodatek bakterii z rodzaju *Bifidobacterium* spp. do serów zawierających standardowe kultury startowe może poprawiać ich smak i aromat [6, 10].

Podsumowując, sery twarogowe wyprodukowane z niskopasteryzowanego mleka z dodatkiem startowej kultury środowiskowej zawierającej bakterie z rodzaju *Bifidobacterium* spp., zapewniały wysoką liczbę drobnoustrojów, spełniając wymagania stawiane produktom probiotycznym, jednak nie wszystkie drobnoustroje obecne w kulturze środowiskowej były potencjalnie prozdrowotne. Wysokie pH, aktywność wody oraz pakowanie próżniowe (warunki beztlenowe) niewątpliwie wpłynęły korzystnie na liczebność bifidobakterii w produkcie. Środowiskowe *Bifidobacterium* spp. charakteryzowały się bardzo dobrą przeżywalnością w serach twarogowych, przewyższając po 14 dniach przechowywania swoją początkową liczbę. Badane sery wpisują się w obecne trendy żywieniowe, ukierunkowane na wzbogacenie diety w produkty naturalne, sezonowe, zawierające mikroorganizmy charakterystyczne dla danego środowiska.

Wnioski

1. W ciągu 14-dniowego okresu doświadczeń, sumaryczna liczba bakterii fermentacji mlekowej i bakterii z rodzaju *Bifidobacterium* spp. w serach twarogowych była na wysokim poziomie, powyżej 9 log jtk/g.
2. Możliwe jest uzyskanie wysokiej przeżywalności drobnoustrojów i potencjalnej wartości prozdrowotnej twarogów, poprzez zastosowanie odpowiednich parametrów procesu produkcji i produktu (wysoka aktywność wody, wysokie pH oraz pakowanie próżniowe).
3. Sery twarogowe były zbliżone do siebie pod względem ogólnej akceptowalności podczas analizy sensorycznej, w ciągu całego okresu przechowywania.

Badania zostały sfinansowane w ramach działania „Współpraca” nr projektu 00060.DDD.6509.00037.2019.13 „Spersonalizowane sery twarogowe”.

Literatura

- [1] Aldawsari F.S., Bin Helel B.S., Al Shehry Y.M., Alharbi Y.T., Abudahash M.A.: Probiotics and Their Quality-Related Concerns: Highlights From the Saudi Arabian Market. *Ther. Innov. Regul. Sci.*, 2020, 54(2), 365-369.
- [2] Barrick J.E., Yu D.S., Yoon S.H., Jeong H., Oh T.K., Schneider D., Lenski R.E., Kim J.F.: Genome evolution and adaptation in a long-term experiment with *Escherichia coli*. *Nature*, 2009, 461(7268), 1243-1247.
- [3] Bogusławska-Wąs E., Piechowiak N., Dłubała A., Modrzejewka K.: Mikrobiologiczna analiza preparatów probiotycznych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2022, 29, 3(132), 32-41.
- [4] Cen S., Yin R., Mao B., Zhao J., Zhang H., Zhai Q., Chen W.: Comparative genomics shows niche-specific variations of *Lactobacillus plantarum* strains isolated from human, *Drosophila melanogaster*, vegetable and dairy sources. *Food Biosci.*, 2020, 35, #100581.
- [5] Chen J., Wang J., Zheng H.: Characterization of *Bifidobacterium apousia* sp. nov., *Bifidobacterium cholidohabitans* sp. nov., and *Bifidobacterium polysaccharolyticum* sp. nov., three novel species of the genus *Bifidobacterium* from honey bee gut. *Syst. Appl. Microbiol.*, 2021, 44(5), #126247.
- [6] Dmytrów I.: Wpływ probiotycznych bakterii kwasu mlekowego na stabilność przechowalniczą kwasowych serów twarogowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2015, 5(102), 49-60.
- [7] Dmytrów I.: Wybrane czynniki technologiczne jako determinanty jakości sensorycznej i stabilności przechowalniczej serów twarogowych kwasowych. Rozprawa habilitacyjna. ZUT, Szczecin 2012.
- [8] FAO/WHO: Probiotics in food Health and nutritional properties and guidelines for evaluation. [online]. FAO/WHO. Rome 2006. Dostęp w Internecie [17.05.2023.]: <https://www.fao.org/3/a0512e/a0512e.pdf>
- [9] Godula K., Dmytrów I., Mituniewicz-Matek I., Mulawka E. Stabilność przechowalnicza twarogów tradycyjnych i bezlaktozowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2018, 25, 4(117), 140-149.
- [10] Hamdy A.M., Ahmed M.E., Mehta D., Elfaruk M.S., Hammam A.R.A., El-Derwy Y.M.A.: Enhancement of low-fat Feta cheese characteristics using probiotic bacteria. *Food Sci. Nutr.*, 2020, 9(1), 62-70.
- [11] Hemalatha R., Ouwehand A.C., Saarinen M.T., Prasad U.V., Swetha K., Bhaskar V.: Effect of probiotic supplementation on total lactobacilli, bifidobacteria and short chain fatty acids in 2–5-year-old children. *Microb. Ecol. Health Disease*, 2017, 28(1), #1298340.
- [12] Hidalgo-Cantabrana C., Delgado S., Ruiz L., Ruas-Madiedo P., Sánchez B., Margolles A.: Bifidobacteria and their health-promoting effects. *Microbiol. Spectrum*, 2017, 5(3), 1-19.
- [13] Ishikawa E., Matsuki T., Kubota H., Makino H., Sakai T., Oishi K., Kushihiro A., Fujimoto J., Watanabe K., Watanuki M., Tanaka R.: Ethnic diversity of gut microbiota: species characterization of *Bacteroides fragilis* group and genus *Bifidobacterium* in healthy Belgian adults, and comparison with data from Japanese subjects. *J. Biosci. Bioeng.*, 2013, 116(2), 265-70.
- [14] Kalliomäki M., Salminen S., Arvilommi H., Kero P., Koskinen P., Isolauri E.: Probiotics in primary prevention of atopic disease: a randomised placebo-controlled trial. *Lancet*, 2001, 357(9262), 1076-1079.
- [15] Kalliomäki M., Salminen S., Poussa T., Arvilommi H., Isolauri E.: Probiotics and prevention of atopic disease: 4-year follow-up of a randomised placebo-controlled trial. *Lancet*, 2003, 361(9372), 1869-1871.
- [16] Kalliomäki M., Salminen S., Poussa T., Isolauri E.: Probiotics during the first 7 years of life: a cumulative risk reduction of eczema in a randomized, placebo-controlled trial. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 2007, 119(4), 1019-1021.

- [17] Kelleher P., Bottacini F., Mahony J., Kilcawley K.N., van Sinderen D.: Comparative and functional genomics of the *Lactococcus lactis* taxon; insights into evolution and niche adaptation. BMC Genomics, 2017, 18, #267.
- [18] Kopp M.V., Hennemuth I., Heinzmann A., Urbanek R.: Randomized, double-blind, placebo-controlled trial of probiotics for primary prevention: no clinical effects of *Lactobacillus* GG supplementation. Pediatrics, 2008, 121, 850-856.
- [19] Korona-Główniak I., Siwiec R., Luszczewska-Sierakowska I., Maciejewski R., Wrobel R., Malm A.: Microbiological evaluation of 10 commercial probiotic products available in Poland. Curr. Issues Pharm. Med. Sci., 2019, 32, 121-124.
- [20] Lee J.Y., Han G.G., Kim E.B., Choi Y.J.: Comparative genomics of *Lactobacillus salivarius* strains focusing on their host adaptation. Microbiol. Res., 2017, 205, 48-58.
- [21] Lee Y., Ba Z., Roberts R.F., Rogers C.J., Fleming J.A., Meng H., Furumoto E.J., Kris-Etherton P.M.: Effects of *Bifidobacterium animalis* subsp. lactis BB-12® on the lipid/lipoprotein profile and short chain fatty acids in healthy young adults: a randomized controlled trial. Nutr. J., 2017, 16, #39.
- [22] Lorbeg M.P., Golob M., Kramer M., Treven P., Bogovič Matijašić B.: Evaluation of Dietary Supplements Containing Viable Bacteria by Cultivation/MALDI-TOF Mass Spectrometry and PCR Identification. Front. Microbiol., 2021, 12, #700138.
- [23] Lourens-Hattingh A., Viljoen B.C.: Yogurt as probiotic carrier food. Int. Dairy J., 2001, 11, 1-17.
- [24] Mueller S., Saunier K., Hanisch C., Norin E., Alm L., Midtvedt T., Cresci A., Silvi S., Orpianesi C., Verdenelli M.C., Clavel T., Koebnick C., Zunft H.J., Doré J., Blaut M.: Differences in fecal microbiota in different European study populations in relation to age, gender, and country: a cross-sectional study. Appl. Environ. Microbiol., 2006, 72 (2), 1027-33.
- [25] Pałacha Z., Makarewicz M. Aktywność wody wybranych grup produktów. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego 2011, 2, 24-29.
- [26] Pan Q., Cen S., Yu L., Tian F., Zhao J., Zhang H., Chen W., Zhai Q.: Niche-Specific Adaptive Evolution of *Lactobacillus plantarum* Strains Isolated From Human Feces and Paocai. Front. Cell. Infect. Microbiol., 2021, 10, #615876.
- [27] PN-73/A-86232 Mleko i przetwory mleczarskie. Sery. Metody badań.
- [28] PN-ISO 15214:2002. Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda oznaczania liczby mezofilnych bakterii fermentacji mlekowej. Metoda płytkowa w temperaturze 30 stopni C.
- [29] PN-ISO 29981:2012. Przetwory mleczne. Oznaczanie przypuszczalnych bifidobakterii. Metoda liczenia kolonii w temperaturze 37 stopni C.
- [30] Rautava S., Kalliomäki M., Isolauri E.: Probiotics during pregnancy and breast-feeding might confer immunomodulatory protection against atopic disease in the infant. J. Allergy Clin. Immunol., 2002, 109 (1), 119-21.
- [31] Rusu E., Enache G., Cursaru R., Alexescu A., Radu R., Onila O., Cavallioti T., Rusu F., Posea M., Jinga M., Radulian G.: Prebiotics and probiotics in atopic dermatitis. Exp. Ther. Med., 2019, 18(2), 926-931.
- [32] Tapia M.S., Alzamora S.M., Chirife J.: Effects of water activity (aw) on microbial stability as a hurdle in food preservation. In: Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications. Barbosa-Cánovas G.V., Fontana A.J. Jr., Schimdt, S.J., Labuza, T.P. Blackwell Publishing and the Institute of Food Technologists, 2020, pp. 323-355.
- [33] Umborowati M.A., Damayanti D., Anggraeni S., Endaryanto A., Surono I.S., Effendy I., Prakoeswa C.R.S.: The role of probiotics in the treatment of adult atopic dermatitis: a meta-analysis of randomized controlled trials. J. Health Popul. Nutr., 2022, 41(1), #37.

- [34] Wellenreuther M., Mérot C., Berdan E., Bernatchez L.: Going beyond SNPs: The role of structural genomic variants in adaptive evolution and species diversification. *Mol. Ecol.*, 2019, 28(6), 1203-1209.
- [35] Zawistowska-Rojek A., Zaręba T., Mrówka A., Tyski S.: Assessment of the Microbiological Status of Probiotic Products. *Pol. J. Mikrobiol.*, 2016, 65, 97-104.
- [36] Zhang J.: Positive selection, not negative selection, in the pseudogenization of *rcaA* in *Yersinia pestis*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2008, 105 (42), #E69.
- [37] Zhang T., McCarthy J., Wang G., Liu Y., Guo M.: Physiochemical properties, microstructure, and probiotic survivability of nonfat goats' milk yogurt using heat-treated whey protein concentrate as fat replacer. *J. Food Sci.*, 2015, 80(4), M788-94.

SURVIVABILITY OF ENVIRONMENTAL BIFIDOBACTERIUM SPP. AND LACTIC ACID BACTERIA IN CURD CHEESE (TVAROG) PRODUCED USING ENVIRONMENTAL CULTURE

S u m m a r y

Background. Qualitative and quantitative composition of human intestinal microbiota depends on many factors. Those which are the most often mentioned include genetic and environmental determinants. Recent studies suggest that the structure of intestinal microbiota population differs not only regionally but also locally. Its composition determines the proper functioning of the entire body. In order to favorably colonize the intestine, a probiotic therapy can be implemented, significantly modulating the composition of intestinal microbiota. Owing to a correlation between the genetic diversity of LAB and their location, there is a need to isolate potential probiotic bacteria from the surrounding environment. Dietary supplements and medicinal products containing probiotics available on the market often comprise too few microorganisms or a smaller number of species than declared on the packaging. The aim of the study was to determine the survival rate of environmental bacteria of the genus *Bifidobacterium* spp. and LAB, characteristic of farms in the Świętokrzyskie Province, in curd cheeses produced from low-pasteurized milk and stored at 3 ± 2 °C for 14 days. Microbiological analyses were performed in accordance with ISO standards.

Results and conclusions. Curd cheeses ensured a high number of bacteria of the genus *Bifidobacterium* spp. and lactic acid bacteria meeting the requirements for probiotics. Environmental strains of *Bifidobacterium* spp. were characterized by good survivability in the tvarogs, exceeding their initial number after 14 days of storage. The curd cheeses were similar to each other in terms of overall acceptability during the sensory analysis throughout the entire storage period. The tested cheeses are in line with the current nutritional trends aimed at enriching the diet with natural products containing microorganisms characteristic of a given environment.

Key words: curd cheese (tvarog), functional food, lactic acid bacteria, *Bifidobacterium* spp. 

ANNA PLATTA, ANNA MIKULEC, MILLENA RUSZKOWSKA,
GRZEGORZ SUWAŁA

EATING-RELATED HEALTH BEHAVIORS AND BODY PERCEPTION: A STUDY OF YOUNG ADULTS IN POLAND

S u m m a r y

Background. The time of studies and the change in the social environment resulting from taking up education at a university is a time of complex experiences for young people, during which they encounter factors that predispose them to change their eating habits and to increased susceptibility to mental disorders. The lifestyle of university students who aim to shape their health behaviors in their new environment is mediated by a multitude of factors. Therefore, in the present study, we seek to identify health behaviors (eating behaviors, the use of stimulants and addictive substances - tobacco) in terms of self-perception of an appearance among students at selected higher education institutions in Poland. This empirical study was conducted using a custom-designed questionnaire with an indirect interview technique via a web-based platform (CAWI) in the period from 1 February to 31 March 2023. The study covered 805 respondents, of which 461 were women and 344 men.

Results and conclusions. It has been shown that a high level of satisfaction with body parts and normal body weight are factors influencing the self-assessment of the quality of life, health and nutrition among young adults. An interesting phenomenon that has been observed is the influence of the level of satisfaction with body parts on the frequency of eating and preparing meals. In addition, all young people unequivocally believed that one's appearance is important in the life of a modern person. In their opinion, it plays a particularly important role in finding a well-paid job and a life partner. The results contribute to an understanding of potential pathways of healthy eating development, thereby highlighting possible intervention targets.

Keywords: quality of life, health behavior, eating behavior, body image, students

Dr inż. A. Platta ORCID: 0000-0002-7963-1889, Katedra Zarządzania Jakością, Wydział Zarządzania i Nauk o Jakości, Uniwersytet Morski w Gdyni, ul. Morska 81-87, 81-225 Gdynia; dr inż. A. Mikulec, ORCID: 0000-0002-2737-5967, Katedra Zarządzania i Inżynierii Produkcji, Wydział Nauk Inżynierskich, Akademia Nauk Stosowanych w Nowym Sączu, ul. Zamenhofa 1a, 33-300 Nowy Sącz; dr hab. inż. M. Ruszkowska ORCID: 0000-0002-4488-1087, Katedra Zarządzania Jakością, Wydział Zarządzania i Nauk o Jakości, Uniwersytet Morski w Gdyni, ul. Morska 81-87, 81-225 Gdynia; dr G. Suwała ORCID: 0000-0002-7857-2282, Katedra Jakości Produktów Żywnościowych, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie ul. Rakowicka 27, 31-510 Kraków. Kontakt: a.platta@wznj.umg.edu.pl

Introduction

The transition from adolescence to adulthood is an important period for establishing behavioral patterns that affect the quality of life, long-term health and chronic disease risk [8, 23, 25]. Sedentary behaviors, low levels of physical activity (PA) and low body image quality of life have been identified during college years in young adults and are associated with poor health outcomes [7].

The student period and the change in the social environment resulting from the choice of a university is a special time for changing eating habits that may increase the risk of obesity [2, 12, 15]. Overweight and obesity have become epidemic growth trends both in developed and developing countries. They are currently a huge challenge for healthcare [22]. Going through college is also a complex experience for young people, during which they encounter factors predisposing to increased susceptibility to mental disorders [6]. Chronic exposure to stress directly affects health and the secretion of cortisol responsible for increasing appetite and, consequently, the amount of food consumed. Population studies have shown that stress may also reduce food intake [30].

Another challenge for the protection of public health of the whole society, and in particular among young people, is the prevention of tobacco smoking [11]. University students are at high risk of engaging in risky behaviors such as smoking and using illicit substances [10]. Demographic factors such as gender, along with habits such as alcohol consumption and smoking, have been linked to caffeine consumption [20]. Research conducted on university students and young people of similar age showed a higher prevalence of caffeine consumption observed more often in women than men [20]. There is a lack of data in the literature relating to self-perception of an appearance among students at higher education institutions in Poland in terms of their declared frequency of using stimulants and addictive substances - tobacco.

The behavior of university students who aim to shape their health behaviors in their new environment is mediated by a multitude of factors. Therefore, in the present study, we seek to identify implemented health behaviors (eating behaviors, the use of stimulants and addictive substances - tobacco) in terms of self-perception of an appearance among students at selected higher education institutions in Poland.

Material and methods

The study used an author's questionnaire based on the works of Wójtowicz, 2008 [27] and Wójtowicz, 2014 [28]. The cross-sectional survey was carried out between February and March 2023, using the CAWI (Computer-Assisted Web Interview) technique for data collection. The research sample was recruited from among young people in Poland through advertisements in social media. Interested persons were directed to a

questionnaire, which they were asked to complete if they met the inclusion criteria. The inclusion criteria were as follows: adult students, up to 30 years of age. Respondents gave informed and voluntary consent to participate in the survey. They also confirmed that they were familiar with the risk factors associated with participation in the CAWI survey. A total of 810 respondents participated in the survey. Five people, or 0.6 % of the surveyed population, refused to specify their gender. Due to the fact that the gender of the respondents was a differentiating factor for the surveyed population, five questionnaires were rejected.

Our study does have some limitations. Despite a considerable sample size of 805 young adults, which was deliberately selected, there may be concerns about its representativeness. However, the results obtained are important and interesting and allow for their comparison with results obtained in other countries.

The survey questionnaire consisted of thematic blocks including: profiling information (5 questions), expressing the respondents' opinions on their quality of life (in general, the level of perceived stress, adherence to a pro-healthy dietary model and undertaking daily physical activity), health status, the frequency of smoking and drinking caffeinated beverages, the self-assessment of dietary recommendations implemented on a daily basis, learning about the respondents' individual opinions regarding the perception of body appearance as an important factor in the life of a modern person and the influence of appearance on finding a well-paid job, friends, life partner (30 questions).

The self-assessment of the respondents' health status and their quality of life were reported on a 5-point Likert scale (1 – no, 2 – not really, 3 – neither yes nor no, 4 – somewhat, 5 – yes). The frequency of use/consumption of stimulants such as traditional tobacco products and e-cigarettes, black and/or white, yellow, green, red tea, as well as coffee and/or caffeinated beverages was assessed based on 5 response categories: 1 – never; 2 – rarely; 3 – sometimes; 4 – often; 5 – daily. To systematize the answers given, the respondents answered: 1 – no, 2 – rather not, 3 – hard to say, don't know, 4 – rather yes, 5 – yes, for each given characteristic of the successive features of the implemented diet. The same categories of answers were used to find out the respondents' opinions on the role of appearance in a modern man's life and the influence of appearance on finding a well-paid job, friends and a life partner.

The degree of satisfaction with one's body was calculated from the scores given by the respondents for each body image criterion on a scale of 1 to 5, with "very low" being the lowest (1) and "very high" being the highest (5). Based on the answers given, the sums of the scores obtained for all the features analyzed were calculated for each participant. The higher the number of points obtained, the higher the respondent's degree of satisfaction with their body. Satisfaction was reported for the following specific aspects of appearance: body weight, height, waist circumference, hip circumference,

shoulder width (men)/shoulders (women), chest (men)/breasts (women), abdomen and face. Total scores (sums of the points) were divided into 3 levels of appearance satisfaction, with thresholds at 1/3 and 2/3 of the total score range ($1 \div 5$ point scale): low satisfaction level ($< 1/3$ of the range: $1 \div 2.33$ points), ambivalent satisfaction level ($1/3$ to $2/3$ of the range: $2.34 \div 3.66$ points), high satisfaction level ($> 2/3$ range: $3.67 \div 5$ points). The resulting groups were cross-referenced with the subsequent questions on the form to determine the relationships about the research objective.

Body Mass Index (BMI) was calculated on the basis of the respondents' anthropometric indices (height and weight). The BMI was used to determine the percentage of respondents with normal body weight, underweight or overweight. Inference of the results was based on the adopted ranges of BMI, dividing the respondents into three groups: group 1 – respondents showing the signs of underweight or malnutrition ($\text{BMI} \leq 18.49$), group 2 – respondents with normal body weight (BMI from 18.50 to 24.90), group 3 – respondents showing the signs of overweight or obesity ($\text{BMI} \geq 25.00$).

Statistical analyses

The empirical data was statistically analyzed using Statistica 13.3 (Tibco Software, Palo Alto, USA). The results of the study were presented using the percentage distribution (percentage) of individual scores (% of indications) for the characteristics of the Respondents' group. Arithmetic means and standard deviation were calculated to determine the effect of gender, BMI and level of satisfaction with body parts on the frequency of using stimulants, eating habits, the respondents' opinions on the perception of body appearance as an important factor in the life of a modern person, and the respondents' opinions on factors behind being overweight or underweight in the study groups. The Mann-Whitney U test (gender was compared) and the Kruskal-Wallis test (BMI and satisfaction with one's body image were compared) were conducted. A Chi-square test with Yates correction was used to determine the relationship between gender, BMI and appearance satisfaction in the study groups on diet. For all the analyses, significance was established at $p \leq 0.05$.

Results and discussion

Respondents' Characteristics

The survey covered 805 respondents, including 461 women (representing 57.27 % of the surveyed population) and 344 men (representing 42.73 % of the surveyed population). The surveyed group consisted of undergraduate (90.43 % of the surveyed population) master's student (0.63 %) and unified master's (8.94 %) students. The BMI was calculated based on height and weight details given by the respondents, who were then categorized into the following three groups on the basis of the values obtained: those with a BMI under the norm, those with a normal BMI and those with a

BMI over the norm. For the majority, 74.04 % of the respondents, the value of this index was between $18.50 \div 24.99$ (kg/m^2), which indicates a normal body weight. Young people rated their health as good and very good (46.96 and 33.91 %, respectively). Similarly, the subjective assessment of the quality of life was dominated by those rating it as good and very good (42.73 and 24.72 %, respectively). When evaluating their diet, most people answered it was good 39.50 % or hard to say 36.40 %. In the breakdown of satisfaction with different parts of their bodies, more than half (57.02 %) was ambivalent, and a third (33.66 %) was highly satisfied (tab. 1). It is noteworthy that self-esteem is one of the most important psychic structures and helps a man to distinguish himself from his environment and to define his being. For every human being, their body is the basis to create one's identity, a sense of selfhood, continuity, coherence and inner content. It is a visible part of the Self and is subject to social evaluation [21].

Table 1. Characteristics of the study sample

Tabela 1. Charakterystyka badanej grupy

Parameters / Parametr	Number of Respondents [n] / Liczba respondentów [n]	Percentage [%] / Odsetek [%]
Gender/ Płeć		
Female / Kobiety	461	57.27
Male / Mężczyźni	344	42.73
Level of higher education / Stopień studiów		
Undergraduate / Studia pierwszego stopnia	728	90.43
Master's student / Studia drugiego stopnia	72	0.63
Unified master studies / Jednolite studia magisterskie	5	8.94
BMI [kg/m^2]		
< 18.50	52	6.46
$18.50 \div 24.99$	596	74.04
> 25.00	157	19.50
Subjective health assessment / Subiektywna ocena stanu zdrowia		
Very Bad / Bardzo zły	3	0.37
Bad / Zły	16	1.99
Neither good nor bad / Ani dobry, ani zły	135	16.77
Good / Dobry	378	46.96
Very good / Bardzo dobry	273	33.91
Subjective quality of life assessment / Subiektywna ocena jakości życia		
Very Bad / Bardzo zła	16	1.99
Bad / Zła	47	5.84
Neither good nor bad / Ani dobra, ani zła	199	24.72

Good / Dobra	344	42.73
Very good / Bardzo dobra	199	24.72
Subjective assessment of nutrition / Subiektywna ocena sposobu żywienia		
No / Nie	25	3.11
Rather not / Raczej nie	103	12.79
I don't know/ Trudno powiedzieć, nie wiem	293	36.40
Rather yes/ Raczej tak	318	39.50
Yes/ Tak	66	8.20
Subjective assessment of the level of satisfaction with body parts / Subiektywna ocena poziomu zadowolenia z poszczególnych części ciała		
Low/ Niska	75	9.32
Ambivalent/ Ambiwalentna	459	57.02
High/ Wysoka	271	33.66

Quality of life and health condition

A socioeconomic position, weight perceptions, lifestyle risk and multimorbidity varied significantly across different economic countries. Higher morbidity and lifestyle risk scores were observed in those who saw themselves as overweight than those who perceived themselves either as being underweight or as being of normal weight [4]. The respondents were asked to make subjective assessments of their quality of life, understood as the level of stress experienced in their daily lives, diet or physical activity undertaken, and to evaluate their health and diet. In the assessment of quality of life and self-assessment of health, there were significant differences between men and women ($p < 0.01$) and between persons with different levels of satisfaction with their body image ($p < 0.01$). In the self-assessment of nutrition, people with different levels of satisfaction with their body image differed significantly. Men rated their quality of life and their health higher than women, with an average of 3.96 and 4.27 points (women averaged 3.72 and 4.01 points, respectively). Both men and women rated their diets identically, having an average score of 3.37 points. Those with high levels of satisfaction with their body image rated the following better, compared to those with low and ambivalent levels of satisfaction: quality of life, health status and diet (on average 4.00 points, 4.32 points and 3.58 points, respectively). Those with a BMI value indicating a normal weight also rated these parameters better (tab. 2). Ramón-Arbues et al. [18] assessed the quality of life (QOL) among Spanish students, which is understood as a complex and multifaceted concept including, among others, physical and mental well-being, social and personal relationships or a life situation. Similar to our study, they observed higher self-esteem and better physical health ratings for participants with a normal weight or moderate level of physical activity, compared to those

who were overweight or living alone. Craig et al. [4] emphasize in their studies that the risk of multiple morbidity is established early in life, and reducing modifiable risk factors, such as overweight or obesity, may partially solve the problem of multiple morbidity later in life.

Using stimulants

In the next question, the respondents were asked to indicate the frequency of using/consumption of stimulants such as traditional tobacco products and e-cigarettes, black and/or white, yellow, green and red tea, as well as coffee and/or caffeinated beverages. Significant gender differences were found in the prevalence of e-cigarette use (mean score of 1.65 for women and 1.48 for men), drinking white, green, yellow or red tea (mean score of 3.15 for women and 2.68 for men) and coffee and/or caffeinated drinks (mean score of 3.56 for women and 3.33 for men) (tab. 3). On a positive note, low averages were observed, indicating infrequent smoking/use, by the majority of the respondents, of tobacco products and whether traditional cigarettes, e-cigarettes or tobacco heating modules or nicotine pouches (tab. 3).

Individuals, by BMI, did not differ significantly in the prevalence of smoking traditional cigarettes, but did differ significantly in the prevalence of smoking/use of e-cigarettes or tobacco heating modules or nicotine pouches (mean 2.06 points, compared to a normative BMI of 1.55 points and an above-normative BMI of 1.52 points). Those with low levels of satisfaction with their body image were significantly more likely to report consuming coffee and/or caffeinated beverages (mean score of 3.61, indicating frequent consumption of this product group) (tab. 3). The results obtained for tobacco smoking are consistent with the trend observed in recent years, namely, a reduction by approximately 33 % over the past 30 years in smoking among young people at a global level [19]. In contrast, the results on the consumption of teas, coffee and caffeinated beverages among young adults differ slightly from those of other researchers. Mikołajczyk-Stecyna et al. [14], in a study on coffee and tea consumption patterns among 20 ÷ 40-year olds, observed higher coffee consumption and lower tea consumption in overweight or obese individuals. Meanwhile, in their own study, higher consumption of both coffee and tea was observed in underweight individuals. Nordestgaard et al. [17] observed in their study that higher coffee consumption was correlated with a higher body mass index (BMI), waist circumference and unfavorable lipid profile [17].

Table 2. Quality of life and health condition

Tabela 2. Jakość życia i stan zdrowia

Parameters / Parametr	Gender / Płeć			BMI				Satisfaction level with body parts / Poziom zadowolenia z części ciała			
	Men / Mężczyźni	Women / Kobiety	<i>p</i> *	Underweight / Niedowaga	Normal / Norma	Overweight / Nadwaga	<i>p</i> **	Low / Niski	Ambivalent / Ambiwalentny	High / Wysoki	<i>p</i> **
Quality of life related to stress level, diet, physical activity / Jakość życia odnosząca się do poziomu stresu, sposobu odżywiania, aktywności fizycznej											
Mean / Średnia	3.96***	3.72	< 0.01	3.79	3.85	3.73	0.09	3.13	3.83	4.00	< 0.01
SD	0.95	0.91		0.89	0.93	0.96		1.00	0.91	0.87	
Health condition / Stan zdrowia											
Mean / Średnia	4.27	4.01	< 0.01	3.94	4.15	4.06	0.23	3.64	4.08	4.32	< 0.01
SD	0.81	0.74		0.75	0.76	0.85		0.85	0.74	0.75	
Self-assessment of eating habits (proper nutrition) / Samoocena sposobu odżywiania (prawidłowe odżywianie się)											
Mean / Średnia	3.37	3.37	0.87	3.29	3.42	3.22	0.04	2.95	3.32	3.58	< 0.01
SD	0.95	0.89		0.96	0.91	0.93		0.96	0.85	0.96	

Explanatory notes / Objasnienia:

*U-Manna Whitney, ** Kruskala-Wallisa, *** Likert scale (1-no; 5 -yes)/ skala Likerta (1 – nie; 5 - tak)

Tabel 3. Using stimulants
Tabela 3. Stosowanie używek

Parameters / Parametr	Gender / Płeć			BMI				Satisfaction level with body parts / Poziom zadowolenia z części ciała			
	Men / Mężczyźni	Women / Kobiety	<i>p</i> *	Underweight / Niedowaga	Normal / Norma	Overweight / Nadwaga	<i>p</i> **	Low / Niski	Ambivalent / Ambiwalentny	High / Wysoki	<i>p</i> **
Cigarette smoking frequency / Częstość palenia papierosów tradycyjnych											
Mean / Średnia	1.74***	1.74	0.68	1.81	1.74	1.79	0.73	1.95	1.74	1.72	0.61
SD	1.22	1.22		1.25	1.19	1.27		1.43	1.18	1.20	
Smoking frequency of e-cigarettes/tobacco heating modules / nicotine pouches / Częstość palenia e-papierosów / modułów do podgrzewania tytoniu / woreczków nikotynowych											
Mean / Średnia	1.48	1.65	0.03	2.06	1.55	1.52	0.04	1.95	1.54	1.54	0.13
SD	1.10	1.24		1.55	1.16	1.13		1.57	1.11	1.18	
Frequency of drinking black tea / Częstość picia czarnej herbaty											
Mean / Średnia	2.89	2.97	0.44	3.17	2.96	2.78	0.12	3.00	2.95	2.90	0.84
SD	1.25	1.35		1.34	1.31	1.26		1.32	1.31	1.30	
Frequency of white / green/ yellow / red tea drinking / Częstość picia białej / zielonej/ żółtej / czerwonej herbaty											
Mean / Średnia	2.68	3.15	< 0.01	3.10	2.98	2.82	0.29	3.12	2.93	2.95	0.54
SD	1.20	1.32		1.26	1.31	1.21		1.42	1.29	1.25	
Frequency of drinking coffee and /or caffeinated beverages / Częstość picia kawy i/lub napojów kofeinowych											
Mean / Średnia	3.33	3.56	0.01	3.73	3.44	3.47	0.30	3.61	3.55	3.28	0.03
SD	1.43	1.48		1.44	1.48	1.43		1.42	1.44	1.49	

Explanatory notes / objaśnienia:

*U-Manna Whitney, ** Kruskala-Wallis, *** Likert scale (1-never; 5 – every day) / skala Likerta (1 – nigdy; 5 – codziennie)

Nutrition

In assessing nutrition, the declared type of diet and use of elimination diets, men and women differed significantly ($p = 0.05$ and $p = 0.03$, respectively). It is interesting to note that 97.15 % of all the respondents (54.91 % of women and 42.24 % of men) declared that they ate everything, with only 2.85 % following vegetarian or vegan and pescetarian diets. The use of elimination diets was declared by only 5.22 % of men and 11.8 % of women (tab. 4). In the self-assessment of diet, significant differences were observed in the group, where the criterion for the division was the level of satisfaction with body parts ($p < 0.01$). 25.46 % of those with an ambivalent level of satisfaction with body parts and 19.62 % of those with a high level of satisfaction with body parts rated their diet as correct, and only 2.61 % of those with a low level of satisfaction with body parts. What can be seen in all the groups is a large percentage of people who find it difficult to self-assess their diet (tab. 4). The obtained result regarding the type of a daily diet is interesting. As von Essen [29] shows, transitioning to a different type of diet, including a plant-based diet, is a process involving several dimensions related , among other things, to discovering new ways of living based on health fears; transforming traditional models into new alternatives; affirming new skills and abilities; and integrating experiences and emotions into the whole. Thus, a transition to a plant-based diet, among other things, is experienced both physically and emotionally. In addition, plant-based meals and ingredients used in a new diet are often full of symbols and conflicting emotions. Students represent a population experiencing tremendous psychological stress due to academic demands, sometimes financial problems or social pressures [13]. Self-perception and weight concerns play an important role in the health behaviors of young adults. Studies aimed at learning how body image concerns affect the perceived quality of life have found that people with negative perceptions of their bodies are more likely to go on diet, skip meals, develop eating disorders, avoid social gatherings and even avoid seeking medical care [24].

Eating habits

Subsequent questions addressed issues relating to young adults' eating habits. Significant differences, apart from snacking between main meals, were observed between men and women. Women (mean score of 4.18) were more likely than men (3.79) to prepare most meals themselves. Women were also more likely than men to pay attention to the calorie content and composition of the meals they consumed (mean 2.60 and 2.89 points, respectively, compared to men 2.26 and 2.68 points, respectively). In contrast, men (mean score of 2.76 points) were significantly more likely to report eating fast food compared to women (2.62 points). In the breakdown by BMI, overweight persons were significantly more likely than others to pay attention to the calorie content of their meals (mean 2.67 points, $p = 0.03$) (tab. 5).

Table 4. Nutrition
Tabela 4. Sposób odżywiania

Parameters / Parametr	Gender / Płeć			BMI				Satisfaction level with body parts / Poziom zadowolenia z części ciała			
	Men / Mężczyźni	Women / Kobiety	<i>p</i> *	Underweight / Niedowaga	Normal / Norma	Overweight / Nadwaga	<i>p</i> *	Low / Niski	Ambivalent / Ambiwalentny	High / Wysoki	<i>p</i> *
Type of diet / Rodzaj diety											
I eat everything / Jem wszystko	42.24**	54.91	0.05	6.09	71.92	19.13	0.38	8.70	55.52	32.92	0.44
Vegetarian/Vegan / Wegetariańska/ Wegańska	0.37	1.61		0.37	1.37	0.25		0.50	0.99	0.50	
Pescetarian / Pescetariańska	0.12	0.75		0.00	0.75	0.12		0.12	0.50	0.25	
Use of elimination diets (e.g. lactose-free, gluten-free, etc.) / Stosowanie diet eliminacyjnych (np. bezlaktozowa, bezglutenowa itp.)											
Not / Nie	20.25	22.98	0.03	3.06	31.80	8.43	0.20	4.10	22.98	16.15	0.19
Rather not / Raczej nie	6.83	9.32		1.12	11.43	3.60		1.49	10.31	4.35	
I don't know / Trudno powiedzieć	10.43	13.17		0.99	17.51	5.05		1.74	14.91	6.96	
Rather yes / Raczej tak	3.85	8.45		0.37	10.31	1.61		1.61	6.46	4.22	
Yes / Tak	1.37	3.35		0.37	3.60	0.75		0.37	2.36	1.99	

Explanatory notes/ objaśnienia:

*Chi2, ** percentage/ odsetek

Table 5. Implemented eating habits

Tabela 5. Realizowane nawyki żywieniowe

Parameters / Parametry	Gender / Płeć			BMI				Satisfaction level with body parts / Poziom zadowolenia z części ciała			
	Men / Mężczyźni	Women / Kobiety	<i>p</i> *	Underweight / Niedowaga	Normal / Norma	Overweight / Nadwaga	<i>p</i> **	Low / Niski	Ambivalent / Ambiwalentny	High / Wysoki	<i>p</i> **
Preparing meals alone at home / Samodzielne przygotowywanie posiłków w domu											
Mean / Średnia	3.79***	4.18	< 0.01	3.92	4.02	4.01	0.66	3.92	4.05	3.99	0.25
SD	1.28	1.09		1.20	1.19	1.22		1.14	1.21	1.18	
Paying attention to the caloric value of meals / Zwracanie uwagi na kaloryczność posiłków											
Mean / Średnia	2.26	2.60	< 0.01	2.19	2.42	2.67	0.03	2.72	2.46	2.38	0.10
SD	1.23	1.15		1.21	1.21	1.09		1.16	1.19	1.21	
Paying attention to the ingredients of the food you eat / Zwracanie uwagi na skład spożywanych posiłków											
Mean / Średnia	2.68	2.89	0.03	2.92	2.76	2.92	0.29	2.76	2.77	2.86	0.43
SD	1.19	1.07		1.03	1.15	1.06		1.02	1.14	1.14	
Snacking between main meals / Pojadanie przekąsek między głównymi posiłkami											
Mean / Średnia	3.24	3.21	0.65	3.21	3.25	3.13	0.18	3.21	3.24	3.21	0.75
SD	0.85	0.87		0.94	0.85	0.87		0.84	0.88	0.84	
Eating fast food / Spożywanie fast food											
Mean / Średnia	2.76	2.62	< 0.01	2.67	2.67	2.70	0.86	2.75	2.68	2.66	0.73
SD	0.78	0.81		0.90	0.80	0.79		0.84	0.76	0.86	

Explanatory notes/ Objaśnienia: *U-Manna Whitneya, ** Kruskala-Wallis, *** Likert scale (1-no; 4-yes)/ skala Likerta (1 – nie; 4 - tak)

Table 6. Way of eating
Tabela 6. Realizacja sposobu żywienia

Parameters / Parametry	Gender / Płeć			BMI				Satisfaction level with body parts / Poziom zadowolenia z części ciała			
	Men / Mężczyźni	Women / Kobiety	<i>p</i> *	Underweight / Niedowaga	Normal / Norma	Overweight / Nadwaga	<i>p</i> **	Low / Niski	Ambivalent / Ambiwalentny	High / Wysoki	<i>p</i> **
Eating breakfast daily / Codzienne spożywanie śniadania											
Mean / Średnia	3.45***	3.35	0.23	3.40	3.38	3.43	0.75	3.32	3.34	3.50	0.05
SD	0.94	1.02		0.85	1.01	0.96		0.92	1.04	0.91	
Daily preparation of breakfast at home / Codzienne sporządzanie w domu śniadania											
Mean / Średnia	3.57	3.48	0.25	3.44	3.52	3.53	0.47	3.48	3.49	3.59	0.27
SD	0.89	0.97		0.92	0.94	0.95		0.91	0.98	0.89	
Eating second breakfast every day / Codzienne spożywanie II śniadania											
Mean / Średnia	2.42	2.57	0.10	2.50	2.25	2.51	0.09	2.71	2.46	2.53	0.17
SD	1.12	1.16		1.13	1.52	1.12		1.10	1.15	1.14	
Daily preparation of second breakfast at home / Codzienne sporządzanie w domu II śniadania											
Mean / Średnia	2.31	2.43	0.24	2.35	2.35	2.51	0.32	2.49	2.39	2.33	0.58
SD	1.14	1.12		1.15	1.17	1.19		1.19	1.18	1.16	
Eating dinner every day / Codzienne spożywanie obiadu											
Mean / Średnia	3.80	3.74	0.29	3.83	3.75	3.80	0.79	3.60	3.74	3.85	< 0.01
SD	0.61	0.69		0.55	0.68	0.59		0.77	0.69	0.54	

Daily preparation of dinner at home / Codzienne sporządzanie w domu obiadu											
Mean / Średnia	3.60	3.59	0.73	3.35	3.64	3.52	0.01	3.45	3.58	3.66	0.02
SD	0.79	0.79		0.92	0.75	0.86		0.81	0.81	0.74	
Eating afternoon tea meal every day / Codzienne spożywanie podwieczorku											
Mean / Średnia	2.22	2.22	0.69	2.27	2.23	2.15	0.85	2.13	2.18	2.32	0.10
SD	0.99	1.09		1.07	1.07	0.93		1.03	1.06	1.03	
Daily preparation of afternoon tea meal at home / Codzienne sporządzanie w domu podwieczorku											
Mean / Średnia	2.31	2.45	0.26	2.42	2.39	2.39	0.94	2.32	2.36	2.47	0.34
SD	1.08	1.21		1.11	1.17	1.12		1.13	1.16	1.15	
Eating supper every day / Codzienne spożywanie kolacji											
Mean / Średnia	3.51	3.25	< 0.01	3.15	3.35	3.45	0.18	3.09	3.32	3.49	< 0.01
SD	0.89	1.08		1.09	1.02	0.92		0.91	0.97	0.91	
Daily preparation of supper at home / Codzienne sporządzanie w domu kolacji											
Mean / Średnia	3.60	3.50	0.28	3.19	3.54	3.66	0.01	3.41	3.51	3.64	0.02
SD	0.83	0.95		1.12	0.90	0.78		0.92	0.94	0.81	

Explanatory notes / objaśnienia:

*U-Manna Whitney, ** Kruskala-Wallis, *** Likert scale (1-no; 4-yes)/ skala Likerta (1 – nie; 4 - tak)

Health behaviors that were initiated during adolescence persist into adulthood. They can be influenced by many factors such as parental example, food preferences, peer opinions, personal and cultural beliefs, the mass media, food availability, cost and a perceived body image [5]. Inappropriate dietary habits can lead to several chronic diseases, including obesity and its consequences. Dietary factors contributing to development of obesity include meal frequency and distribution, snacking between main meals, skipping meals, the consumption of sweetened beverages, food portion sizes, eating out and fast food consumption [16]. Additionally, it has been observed in recent years that the mechanisms responsible for the higher prevalence of risky eating behaviors among adolescents and young adults may be related to the use of digital media, where they are exposed to food marketing or social media content showing peers on popular sites, such as those serving fast food [1].

Way of eating

Given the diets eaten by the respondents, it can be seen that the majority of them consumed 3 meals per day (breakfast, lunch and dinner), for which the mean scores are above 3 points, indicating that the majority of the respondents answered that they ate and made or rather ate and made these meals every day (tab. 6). Men were significantly more likely than women to eat supper (3.51 points and 3.25 points, respectively, $p < 0.01$), those with a normative BMI were more likely to make dinner at home (mean 3.64 points, $p = 0.01$), those who were overweight or obese were significantly more likely to make supper at home (mean 3.66 points, $p = 0.01$). Variability in eating competence and cognitive restraint was demonstrated in male students, whereas emotional eating and uncontrolled eating in female students [9]. The results of a study by other authors, which are in contrast to those obtained in our own study, showed that few college students in the United States lead a healthy lifestyle, taking into account diet and physical activity [25]. They observed, among other things, a decrease in daily fruit and vegetable intake and physical activity from semester to semester. In contrast, our own study found that students with high levels of satisfaction with their bodies were significantly more likely to eat breakfast (mean 3.50 points, $p = 0.05$), lunch (mean 3.85 points, $p < 0.01$) and dinner (mean 3.49 points, $p < 0.01$) daily and significantly more likely to prepare lunch and dinner at home (mean 3.66 and 3.64 points, respectively, $p = 0.02$) (tab. 6). This indicates that the regular consumption of meals and their quantity have an impact on the development of normal body weight values in young adults.

The role of appearance

Our current understanding of a positive body image demonstrates that it is: a distinct construct from a negative body image, multifaceted (with the facets including

body appreciation, body-acceptance and love, adaptive appearance investment, broadly conceptualizing beauty, inner positivity that radiates outward and manifests as adaptive behavior, and filtering information in a body-protective manner), holistic (in which internal experiences such as sinner positivity and protective filtering are interwoven with external behaviors, interpersonal relationships, community, media, and culture to create attunement), stable but adjustable via intervention, likely protective, linked to unconditional body acceptance by others, and molded by individuals' multiple social identities [26]. In assessing the role of appearance in the life of a modern person, the average number of points in each of the groups surveyed, regardless of the criterion of division, was above 4 points, i.e. all young people believe that it is important in their lives (tab. 7).

Women (mean score of 3.51 points), men (mean score of 2.90 points, $p < 0.01$) and persons with low satisfaction with their body image (mean score of 3.88 points, $p < 0.01$) were significantly more likely to declare their willingness to participate in a specially designed program to improve their body image. The respondents also believed that one's appearance had an impact on finding a well-paid job (ranging from 3.31 for underweight people to 3.61 points for those with a normative BMI, 3.62 points for men and 3.66 points for those with a high level of satisfaction with body parts) to a greater extent than on finding friends, although the groups did not differ.

Women (mean score of 3.94) and men (mean score of 4.16) differed significantly ($p = 0.01$) in their perception of appearance as an important factor influencing finding a life partner. Although the groups by BMI and level of satisfaction with body parts did not differ with regard to this issue, it can be seen that those who were underweight and had low levels of satisfaction with their appearance were slightly more likely to indicate that one's appearance had an impact on finding a life partner (tab. 7). According to the literature data [3], sex and age had no significant impact on the self-esteem in young adults. Levels of self-esteem are strongly associated with the development of depression. Results suggest that early intervention for depression in young adults needs to focus on improving their levels of social support, resilience and positive domains of personality. The respondents were also asked to express their opinions on factors that might contribute to extreme body weight values, i.e. overweight and obesity (Fig. 1). Only the group in which gender was the dividing criterion differed significantly in indicating all the factors presented in the study that could determine overweight and most of them as contributing to being underweight. Women indicated that being overweight was mainly the result of disease ($p < 0.01$), overeating ($p = 0.02$), starvation ($p < 0.01$), inappropriate food preparation ($p < 0.01$), consumption of fast food ($p < 0.01$), poorly selected diets ($p < 0.01$), constant dieting ($p < 0.01$) lack of adequate physical activity ($p = 0.01$) and a lack of knowledge of proper nutrition ($p < 0.01$)

Table 7. Appearance in the life of a modern person

Tabela 7. Wygląd w życiu współczesnego człowieka

Parameters / Parametry	Gender / Płeć			BMI				Satisfaction level with body parts / Poziom zadowolenia z części ciała			
	Men / Mężczyźni	Women / Kobiety	<i>p</i> *	Underweight / Niedowaga	Normal / Norma	Overweight / Nadwaga	<i>p</i> **	Low / Niski	Ambivalent / Ambiwalentny	High / Wysoki	<i>p</i> **
The role of appearance in the life of a modern person (whether it is an important factor) / Rola wyglądu w życiu współczesnego człowieka (czy jest ważnym czynnikiem)											
Mean / Średnia	4.41***	4.44	0.86	4.08	4.46	4.41	0.10	4.48	4.46	4.36	0.35
SD	1.07	0.99		1.31	0.99	1.04		0.94	1.02	1.08	
Willingness to take part in a specially designed program of personal appearance improvement goals / Gotowość do wzięcia udziału w specjalnie przygotowanym programie celem poprawy wyglądu własnego ciała											
Mean / Średnia	2.90	3.51	< 0.01	3.33	3.23	3.31	0.87	3.88	3.43	2.77	< 0.01
SD	1.59	1.47		1.53	1.56	1.53		1.42	1.50	1.55	
The influence of appearance on finding a well-paid job / Wpływ wyglądu na znalezienie dobrze płatnej pracy											
Mean / Średnia	3.62	3.51	0.15	3.31	3.61	3.46	0.32	3.51	3.51	3.66	0.46
SD	1.59	1.54		1.70	1.55	1.55		1.38	1.61	1.51	
The influence of appearance on finding friends / Wpływ wyglądu na znalezienie przyjaciół											
Mean / Średnia	2.81	2.64	0.16	2.50	2.75	2.66	0.54	2.95	2.66	2.75	0.27
SD	1.68	1.59		1.61	1.65	1.58		1.54	1.65	1.64	
The influence of appearance on finding a life partner / Wpływ wyglądu na znalezienie życiowego partnera											
Mean / Średnia	4.16	3.94	0.01	4.42	4.03	4.01	0.51	4.09	4.07	3.95	0.31
SD	1.35	1.41		1.29	1.39	1.38		1.25	1.39	1.42	

Explanatory notes/ Objasnienia: *U-Manna Whitneya, ** Kruskala-Wallis

(Fig. 1). In addition, women were significantly more likely than men to indicate that being underweight was a result of an illness ($p = 0.01$), irregular meals ($p = 0.01$), starvation ($p < 0.01$), poorly chosen diets and constant dieting ($p < 0.01$) (Fig. 1). When broken down by BMI and level of satisfaction with body parts, there were no significant differences. According to the literature data [7], a better body image and quality of life was significantly associated with higher levels of light PA and lower sedentary time. Young adults who are overweight and obese and have a poorer body image and quality of life, when enrolled in weight loss interventions, may benefit from prescriptions of light PA in conjunction with decreasing sedentary behaviors.

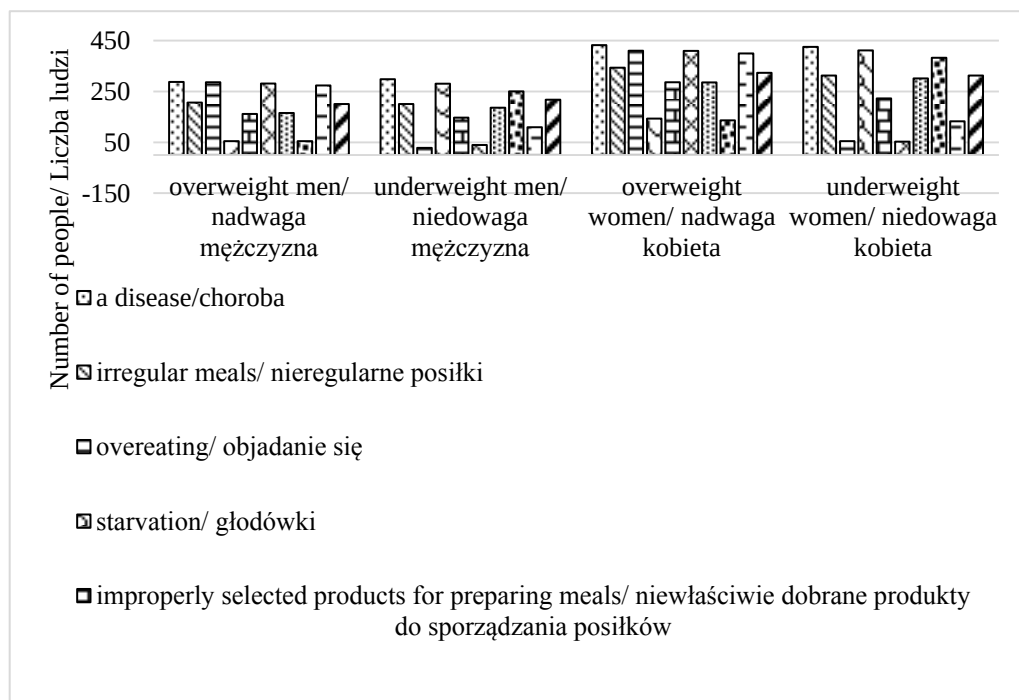


Fig. 1. Opinion on weight extremes

Rys. 1. Opinia na temat skrajnych wartości masy ciała

Conclusions

1. Despite the limitations, the current study has provided an important starting point for investigating a range of potential predictors and mechanisms for healthy eating development among young adults. It has been shown that a high level of satisfaction with one's body parts and normal body weight are factors influencing the self-assessment of quality of life, health and diet among young adults.

2. It is interesting to note that almost all respondents did not follow a special diet (such as a vegetarian, vegan or pescetarian diet) or elimination diet. Women were more likely than men to pay attention to the calorie content or composition of their meals and more likely to declare being involved in preparing them. Men, on the other hand, were more likely than women to admit consuming fast food. The dietary pattern of young adults can be considered normal, as most of them declared eating a minimum of 3 meals a day. Women are more likely than men to use stimulants, such as tobacco products, various types of tea, coffee or caffeinated drinks.
3. Another interesting phenomenon observed is the influence of the level of satisfaction with body parts on the frequency of eating and preparing meals. In addition, all young people believed that one's appearance was important in the life of a modern person. In their opinion, it plays a particularly important role in finding a well-paid job and a life partner.
4. Women were more likely than men to explicitly point to factors that could contribute to an extreme weight gain, i.e. overweight and obesity. It is, to some degree, worrying that many young adults found it difficult to assess their quality of life (24.72 %), health (16.77 %) or diet (36.40 %), as indicated by the frequency of respondents choosing the answer "don't know, hard to say".
5. In light of the research carried out, it seems important to take a range of measures to promote a healthy lifestyle among young adults to ensure optimum physical and mental health and minimize the risk of contracting, as commonly termed, social diseases.
6. The results contribute to an understanding of potential pathways of healthy eating development, thereby highlighting possible intervention targets.

Acknowledgements

The publication was co-financed from a subsidy granted to the Maritime University of Gdynia - Project numbers: WZNJ/2023/PZ/1, WZNJ/2023/PZ/5 and the Krakow University of Economics - Project number: 069/ZJZ/2022/POT.

References

- [1] Byun D., Kim R., Oh H.: Leisure-time and study-time Internet use and dietary risk factors in Korean adolescents. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2021, 114(5), 1791-1801.
- [2] Cheng L., Liu Z.: Differences of food intakes with gender, the year in college and body mass index among university students in Beijing, China. *Brit. Food J.*, 2019, 121, 10, 2524-2534.
- [3] Choi Y., Choi S.-H., Yun J.-Y., Lim J.-A., Kwon Y., Lee H.Y., Jang J.H.: The relationship between levels of self-esteem and the development of depression in young adults with mild depressive symptoms. *Medicine*, 2019, 98(42), 1-5.

- [4] Craig A., Mtintsilana A., Mapanga W., Dlamini S.N., Norris S.A.: Socioeconomic position, perceived weight, lifestyle risk, and multimorbidity in young adults aged 18 to 35 years: a Multi-country Study. *BMC Public Health*, 2023, 23, #1360.
- [5] Das J.K., Salam R.A., Thornburg K.L., Prentice A.M., Campisi S., Lassi Z.S., Koletzko B., Bhutta Z.A.: Nutrition in Adolescents: Physiology, Metabolism, and Nutritional Needs. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 2017, #1393.
- [6] Escolar-Llamazares M.-C., Martínez-Martín M.-Á., Medina-Gómez M.-B., González-Alonso M.Y., Mercado-Val E., Lara-Ortega F.: Sociodemographic variables and body mass index associated with the risk of eating disorders in Spanish university students. *Eur. J. Investig. Health, Psychol. Educ.*, 2023, 13(3), 595-612.
- [7] Faro J.M., Whiteley J.A., Hayman L.L., Napolitano M.A.: Body Image Quality of Life Related to Light Physical Activity and Sedentary Behavior among Young Adults with Overweight/Obesity. *Behav. Sci.*, 2021, 11, 111.
- [8] Forney K.J., Ward R.M.: Examining the moderating role of social norms between body dissatisfaction and disordered eating in college students. *Eat. Behav.*, 2013, 14, 73–78.
- [9] Greene G.W., Schembre S.M., White A.A., Hoerr S.L., Lohse B., Shoff S., Horacek T., Riebe D., Patterson J., Phillips B.W., Kattelman K.K., Blissmer B.: Identifying clusters of college students at elevated health risk based on eating and exercise behaviors and psychosocial determinants of body weight. *J. Am. Diet. Assoc.*, 2011, 111, 394-400.
- [10] Hossain S., Hossain S., Ahmed F., Islam R., Sikder T., Rahman A.: Prevalence of tobacco smoking and factors associated with the initiation of smoking among university students in Dhaka, Bangladesh. *Cen. Asian J. Glob. Health*, 2017, 6(1), 1-9.
- [11] Istenic D., Gavic L., Tadin A.: Prevalence of use and knowledge about tobacco products and their harmful effects among university students in southern Croatia. *Healthcare*, 2023, 11(5), #771.
- [12] Karabulut U.S., Romero Z., Conatser P., Karabulut M.: Assessing overweight/obesity, dietary habits, and physical activity in Hispanic college students. *Exerc. Med.*, 2018, 2, 5.
- [13] Knapstad M., Sivertsen B., Knudsen A.K., Smith O.R.F., Aarø L.E., Lønning K.J., Skogen J.C.: Trends in self-reported psychological distress among college and university students from 2010 to 2018. *Psychol. Med.*, 2021, 51(3), 470-478.
- [14] Mikołajczyk-Stecyna J., Malinowska A.M., Młodzik-Czyżewska M., Chmurzynska A.: Coffee and tea choices and intake patterns in 20-to-40 year old adults. *Food Qual. Pref.*, 2021, 90, #104115.
- [15] Mikulec A., Zborowski M., Cisoń-Apanasewicz U., Stawiarska A., Kowalski S.: The impact of the COVID-19 pandemic on the dietary habits of children and adolescents. *Food. Science. Technology. Quality*, 2022, 29(3), 42-55.
- [16] Moreno L.A., Rodríguez G., Fleta J., Bueno-Lozano M., Lázaro A., Bueno G.: Trends of Dietary Habits in Adolescents. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2010, 50(2), 106-112.
- [17] Nordestgaard A.T., Thomsen M., Nordestgaard B.G.: Coffee intake and risk of obesity, metabolic syndrome and type 2 diabetes: a Mendelian randomization study. *Int. J. Epidemiol.*, 2015, 44(2), 51-65.
- [18] Ramón-Arbués E., Echániz-Serrano E., Martínez-Abadía B., Antón-Solanas I., Cobos-Rincón, A., Santolalla-Arnedo I., Juárez-Vela R., Adam Jerue B.: Predictors of the Quality of Life of University Students: A Cross-Sectional Study. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2022, 19, 12043.
- [19] Reitsma M.B., Flor L.S., Mullany E.C., Gupta V., Hay S.I., Gakidou E.: Spatial, temporal, and demographic patterns in prevalence of smoking tobacco use and initiation among young people in 204 countries and territories, 1990–2019. *The Lancet Public Health*, 2021, 6, e472-481.
- [20] Riera-Sampol A., Rodas L., Martínez S., Moir H.J., Tauler P.: Caffeine intake among undergraduate students: Sex differences, sources, motivations, and associations with smoking status and self-reported sleep quality. *Nutrients*, 2022, 14(8), #1661.

- [21] Rosenberg M.: Society and adolescent self-image. 1965. Princenton, NJ: Princenton University Press.
- [22] Saghafi-Asl M., Aliasgharzadeh S., Asghari-Jafarabadi M.: Factors influencing weight management behavior among college students: An application of the Health Belief Model. PLoS One, 2020,15(2): e0228058.
- [23] Salvi C.P.P., Mendes S.S., De Martino M.M.F.: Profile of nursing students: quality of life, sleep and eating habits. Revista Brasileira Enfermagem, 2020, 73(Suppl. 1): e20190365.
- [24] Singleton C., Kenny T.E., Hallett D., Carter J.C.: Depression partially mediates the association between binge eating disorder and health-related quality of life. Front. Psychol., 2019, 10, 209.
- [25] Small M., Bailey-Davis L., Morgan N., Maggs J.: Changes in Eating and Physical Activity Behaviors Across Seven Semesters of College: Living On or Off Campus Matters. Health Edu.Behav., 2013, 40(4): 435-441.
- [26] Tylka T.L., Homan K.J.: Exercise motives and positive body image in physically active college women and men: Exploring an expanded acceptance model of intuitive eating. Body Image, 2015, 15, 90-97.
- [27] Wójtowicz E.: Gender, age, education, self-evaluation of one's health, physical activity and probability of obesity occurrence. Pol. J. Sports Med., 2008, 6(6), 385-395.
- [28] Wójtowicz E.: Tobacco smoking among students of the university of physical education and sport in 2002-2010 in the context of their parent's educational background and socioeconomic status of their a long-term study. Pol. J. Sports Med., 2014, 1(4): 19-27.
- [29] von Essen E.: Young adults' transition to a plant-based diet as a psychosomatic process: A psychoanalytically informed perspective. Appetite, 2021, 1, 157: 105003.
- [30] Zborowski M., Mikulec A.: Zachowania żywieniowe studentów Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Nowym Sączu podczas pandemii COVID-19. Food. Science. Technology. Quality, 2021, 28(4), 98-110.

ZACHOWANIA ZDROWOTNE ZWIĄZANE Z ODŻYWIANIEM I POSTRZEGANIEM WYGLĄDU CIAŁA: BADANIA WŚRÓD MŁODYCH DOROSŁYCH W POLSCE

Streszczenie

Wprowadzenie. Czas studiów oraz zmiana otoczenia społecznego to dla młodych ludzi czas złożonych doświadczeń, w czasie którego napotykać czynniki predysponujące dla zmiany nawyków żywieniowych oraz do zwiększonej podatności na zaburzenia psychiczne. Styl życia studentów uniwersytetów, którzy chcą kształtować swoje zachowania zdrowotne w nowym środowisku, zależy od wielu czynników. Skłoniło to autorów do podjęcia badań w celu identyfikacji realizowanych zachowań zdrowotnych (zachowań żywieniowych, sięgania po substancje pobudzające i uzależniające - tytoń) w aspekcie postrzegania swojego wyglądu wśród studentów wybranych uczelni wyższych w Polsce. Niniejsze badanie empiryczne zostało przeprowadzone przy użyciu kwestionariusza techniką wywiadu pośredniego (CAWI) w okresie od 1 lutego do 31 marca 2023 r. W badaniu udział wzięło 805 respondentów, w tym 461 kobiet i 344 mężczyzn.

Wyniki i wnioski. Wykazano, że wysoki poziom zadowolenia z wyglądu własnego ciała i prawidłowa masa ciała są czynnikami wpływającymi na samoocenę jakości życia, stanu zdrowia i sposobu odżywiania wśród młodych dorosłych. Ciekawym, zaobserwowanym zjawiskiem jest wpływ poziomu zadowolenia z wyglądu własnego ciała na częstość spożywania i przygotowywania posiłków. Ponadto wszyscy młodzi ludzie jednoznacznie uważali, że wygląd jest ważny w życiu współczesnego człowieka. W ich opinii

odgrywa on szczególnie ważną rolę w znalezieniu dobrze płatnej pracy i życiowego partnera. Uzyskane wyniki przyczyniają się do zrozumienia potencjalnych ścieżek rozwoju prozdrowotnego odżywiania, podkreślając tym samym możliwe cele interwencji.

Słowa kluczowe: jakość życia, zachowania zdrowotne, studenci, zachowania żywieniowe, wygląd ciała



LESŁAW JUSZCZAK, AGNIESZKA CABAJ

PROPOLIS JAKO FUNKCJONALNY SKŁADNIK ŻYWNOSCI

Streszczenie

Wprowadzenie. Propolisem określa się żywiczną substancję zbieraną przez pszczoły miodne (*Apis mellifera*) z różnych źródeł roślinnych. Powszechnie jest on nazywany kitem pszczelim i wykorzystywany jest przez pszczoły do ochrony ula. Ponieważ propolis zawiera liczne wtórne metabolity roślinne, jego rodzaj jest ściśle powiązany z gatunkiem rośliny z której pochodzi. W propolisie zidentyfikowano kilkaset substancji chemicznych, wśród których należy wymienić: substancje żywiczne i balsamiczne, woski, olejki eteryczne, pyłek kwiatowy oraz garbniki. Propolis najczęściej jest wykorzystywany do leczenia i dezynfekcji skóry, leczenia schorzeń uszu, jamy ustnej, gardła, zatok, jako środek przeciwwgrzybiczy, przeciwzapalny i przeciwbólowy. Pobudza układ odpornościowy, łagodzi stany zapalne górnych dróg oddechowych. Wykazuje właściwości przeciwwgrzybicze, przeciwbakteryjne i przeciwwirusowe. Propolis przeciwdziała hemoroidom, ułatwia regenerację błony śluzowej, przyspiesza gojenie ran i owrzodzeń, działa także przeciwzapalnie, znieczulająco i regenerująco. Ze względu na skład chemiczny i właściwości propolis może być również cennym surowcem dla przemysłu spożywczego. Celem niniejszej pracy było dokonanie przeglądu literatury na temat możliwości wykorzystania propolisu jako składnika żywności oraz ocena jego roli w środkach spożywczych.

Wyniki i wnioski. Propolis wykazuje silne działanie przeciwutleniające i przeciwdrobnoustrojowe, czyniąc go atrakcyjnym produktem naturalnym, który może być włączany do żywności jako składnik funkcjonalny. Wzbogacanie produktów spożywczych propolisem w celu poprawy wartości odżywczej, jakości i funkcjonalności żywności jest przedmiotem licznych badań, ze względu na jego naturalne pochodzenie i wielokierunkowe oddziaływanie. Wyniki publikowanych badań wykazały, że propolis może znaleźć zastosowanie w różnych środkach spożywczych, takich jak mięso, nabiał, soki, owoce, oleje, w celu wydłużenia ich okresu przydatności do spożycia, zapobiegania utlenianiu lipidów i zapewnienia korzyści zdrowotnych konsumentów. Jednak liczne związki propolisu mają silny charakterystyczny smak i aromat, co powoduje zmiany właściwości sensorycznych żywności wzbogaconej w propolis.

Słowa kluczowe: propolis, składniki bioaktywne, aktywność przeciwutleniająca, składnik żywności

Pochodzenie i działanie propolisu

Nazwa propolis pochodzi z połączenia grecki określeń: *pro* – przed, przy wejściu do, oraz *polis* – wspólnota lub miasto. Propolisem określa się żywiczną substancję zbieraną przez pszczoły miodne (*Apis mellifera*) z różnych źródeł roślinnych. Po wszechnie jest on nazywany kitem pszczelim i wykorzystywany jest przez pszczoły do ochrony ula [6, 11]. Bariera zbudowana z propolisu chroni ul przed zakażeniem drobnoustrojami. Ponadto pszczoły wykorzystują propolis do pokrywania komórek plastra, w którym matka ma złożyć jaja oraz uśmiercone jadem szkodniki, które wdarły się do ula [6].

Surowcem do otrzymywania propolisu są substancje żywiczne, które pszczoły zbierają z liści, pąków kwiatowych i łodyg oraz z pęknięć w korze wielu gatunków drzew. Zebrany materiał po przeniesieniu do ula jest wzbogacany o enzymy ślinowe pszczół i przetwarzany, a następnie mieszany z woskiem pszczelim [43]. W temperaturze otoczenia, propolis jest materiałem o twardej, łamliwej i kruchej strukturze, a po podgrzaniu jest miękki, elastyczny i lepki [11, 29]. Surowy propolis (ryc. 1) jest mieszaniną wosku, kitu pszczelego, pierzgi, pyłku, wydzielin gruczołowych i zanieczyszczeń mechanicznych.



Rycina 1. Propolis surowy [fotografia własna]

Figure 1. Raw propolis [own photography]

Propolis wykazuje silny aromatyczny zapach i zróżnicowane zabarwienie: od zielonkawej poprzez czerwoną i brązową do nawet czarnej [54]. Skład chemiczny i właściwości organoleptyczne propolisu zależą od wielu czynników, w tym od botanicznego pochodzenia surowca, pory roku oraz warunków klimatycznych, a także samego gatunku pszczół [29, 43, 44]. Ponieważ propolis zawiera liczne wtórne metabolity roślinne, jego rodzaj jest ściśle powiązany z gatunkiem rośliny, z której pochodzi [43]. Do najbardziej znanych typów należą propolis z topoli (*Populus* spp.) typowy dla ob-

szarów Europy i Ameryki Północnej, z brzozy (*Betula verrucosa* Ehrh.) występujący na obszarach Rosji, propolis zielony (*Baccharis* spp.) i czerwony (*Dalbergia* spp.) charakterystyczne dla krajów Ameryki Południowej, propolis śródziemnomorski z roślin cyprysowatych (*Cupressaceae*) oraz typ Pacyfik (*Macaranga tonarius*) występujący w krajach Region Pacyfiku. W strefie umiarkowanej do roślin propolisodajnych zalicza się różne gatunki topoli (*Populus nigra*, *Populus tremula*, *Populus nigra* var. *pyramidalis*) i brzozy (*Betula pendula*, *Betula pubescens*), a także olchę czarną (*Alnus glutinosa*), kasztanowiec (*Aesculus* L.), buk (*Fagus silvatica*), wiał (Ulmus sp.), sosnę (*Pinus* sp.) oraz winorośl [43].

Podstawowym problemem w produkcji handlowych preparatów na bazie propolisu jest zmienność i różnorodność składu co powoduje znaczne trudności w standaryzacji. Ponieważ surowy propolis zawiera w swym składzie liczne zanieczyszczenia, w tym wosk, fragmenty drewna, martwe owady i in., w pierwszej kolejności musi być on oczyszczony. Na tym etapie należy usunąć zanieczyszczenia przy zachowaniu frakcji polifenolowej [43]. Propolis dobrze rozpuszcza się w etanolu [15, 43] więc do ekstrakcji najczęściej stosuje się ten rozpuszczalnik z dodatkiem wody, która dodatkowo rozpuszcza niewielką część składników. Ekstrakty propolisu, można otrzymywać na drodze maceracji lub ekstrakcji metodą Soxhleta [15]. Proces ekstrakcji można wspomagać również ultradźwiękami [8, 51]. Jednak najbardziej nowatorskim sposobem jest ekstrakcja propolisu dwutlenkiem węgla w stanie nadkrytycznym [8, 15].



Rycina 2. Oczyszczony i zagęszczony etanolowy ekstrakt propolisu [fotografia własna]
Figure 2. Purified and concentrated ethanolic propolis extract [own photography]

Oczyszczony propolis (ryc. 2) jest wykorzystywany w różnych formach. Może on być składnikiem gotowych preparatów farmaceutycznych lub półproduktem do produkcji leków, kosmetyków lub produktów spożywczych [42]. Propolis najczęściej jest wykorzystywany w postaci roztworów alkoholowych lub bezalkoholowe np. do leczenia i dezynfekcji skóry, leczenia schorzeń uszu, chorób tęczówki i twardówki, w scho-

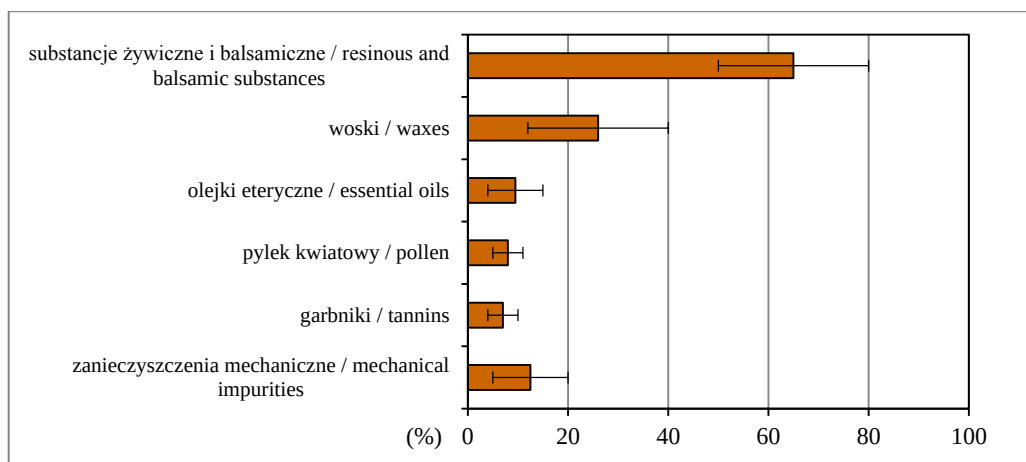
rzeniach jamy ustnej, gardła, zatok szczękowych, jako środek przeciwgrzybiczny, przeciwzapalny, przeciwbólowy i dezynfekujący [16, 29]. Propolis w postaci tabletek pobudza układ odpornościowy, łagodzi stany zapalne górnych dróg oddechowych. Z kolei w formie aerozolu, wykazuje właściwości przeciwgrzybiczne, przeciwbakteryjne i przeciwwirusowe i jest stosowany przy zakażeniu dróg oddechowych, wspomaga leczenie zapalenia gardła, krtani, migdałków [6, 16]. Propolis w postaci maści polecany jest do pielęgnacji ran z brakiem naskórka oraz przy trudno gojących się ranach i oparzeniach. Propolis w postaci pudru stosowany jest na otarcia skóry, rany oparzeniowe, ropne zapalenia skóry i grzybice, owrzodzenia odleżynowe lub żylakowate oraz jako środek do utrzymania higieny stóp. Propolis w formie czopków przeciwdziała hemoroidom, ułatwia regenerację błony śluzowej, przyspiesza gojenie ran i owrzodzeń, działa także przeciwzapalnie, znieczulająco i regenerująco [16].

Skład chemiczny propolisu

Skład chemiczny propolisu jest zmienny, a różnice mogą występować nawet pomiędzy produktem zebrany z sąsiednich pasiek [32]. Ze względu na to, że propolis pochodzi z różnych miejsc geograficznych, obserwuje się również między nimi istotne różnice w składzie chemicznym [27, 43]. Propolis pochodzący z Europy i Chin odznacza się zróżnicowanym profilem flawonoidów oraz estrów kwasów fenolowych, natomiast propolis pochodzący z Brazylii charakteryzuje się znaczną zawartością terpenoidów i prenylowanych pochodnych kwasów kumarowych, z kolei propolis śródziemnomorski wykazuje dużą zawartość diterpenoidów pochodzących z roślin *Cupressus* oraz *Pinus*. Dostępne wyniki badań naukowych wskazują, że w propolisie zidentyfikowano kilkaset substancji chemicznych [27, 29, 32]. Główne grupy składników surowego propolisu obejmują (ryc. 3): substancje żywiczne i balsamiczne 50 ÷ 80 %, woski 12 ÷ 40 %, olejki eteryczne 4 ÷ 15 %, pyłek kwiatowy 5 ÷ 11 %, garbniki 4 ÷ 10 % oraz zanieczyszczenia mechaniczne 5 ÷ 20 % [29, 32, 33].

W skład substancji żywicznych wchodzi m.in. kwasy organiczne, natomiast balsamy obejmują terpenoidy i aldehydy aromatyczne [33]. Dzięki olejkom eterycznym (m.in. β -cymen, limonen, α -pinen eucaliptol) propolis posiada charakterystyczny aromat oraz mocno piekący i gorzkawy smak [7]. Substancje woskowe charakteryzują się jasną barwą i często miękką teksturą, a w ich składzie występują estry, kwasy tłuszczowe i wolne węglowodory. Propolis zawiera w swym składzie niewielkie ilości substancji azotowych pochodzących głównie z pyłku kwiatowego, który jest również źródłem niektórych witamin oraz makro- i mikroelementów, z których najważniejszymi są potas, magnez, glin, miedź, mangan, krzem, kobalt i cynk [29, 32, 33].

Najważniejszymi składnikami propolisu są związki fenolowe (tab. 1), zawierające w swojej strukturze pierścień aromatyczny oraz co najmniej jedną grupę hydroksylową [27, 32, 44]. Ważną grupą związków fenolowych są flawonoidy. Wykazują one silne



Rycina 3. Główne grupy składników propolisu surowego [29, 32, 33]

Figure 3. Main groups of raw propolis ingredients [29, 32, 33]

działanie przeciwutleniające, dezaktywują wolne rodniki oraz chelatują jony żelaza i miedzi, które indukują proces utleniania. Ponadto działają przeciwnowotworowo, a niektóre zwiększają skuteczność leków stosowanych w chemioterapii [15]. Wykazują aktywność przeciwzapalną i przeciwalergiczną, m.in. hamują syntezę mediatorów zapalnych i uniemożliwiają uwalnianie histaminy, łagodzą objawy menopauzy, wykazują działanie przeciwmiażdżycowe, obniżają ciśnienie krwi, wzmacniają i uelastyczniają ściany naczyń krwionośnych, wspomagając leczenie żylaków i hemoroidów, wykazują działanie przeciwcukrzycowe, działają przeciwwirusowo, moczopędnie oraz hepatoprotekcyjnie, mają zastosowanie w profilaktyce chorób neurodegeneracyjnych [15, 44, 45].

Zawartość związków fenolowych uważana jest za kryterium oceny jakości propolisu pochodzącego z klimatu umiarkowanego. Szczególnie dużą aktywność biologiczną przypisuje się estrom aromatycznym (np. ester benzyłowy kwasu p-kumarowego, ester pentenyłowy i fenetyłowy kwasu kawowego) oraz terpenom [15, 44]. Lotne związki propolisu należą do drugorzędnych metabolitów roślinnych i zwierzęcych i można je podzielić na cztery kategorie: terpeny, pochodne aminokwasów, pochodne kwasów tłuszczowych i związki fenylopropanoidowe lub benzenoidowe. Najważniejsze i najwcześniej zidentyfikowane lotne związki propolisu to: alkohol benzyłowy, kwas benzoowy, wanilina i eugenol [7].

Tabela 1. Główne związki fenolowe propolisu [15, 29, 32, 33, 44]

Table 1. Main phenolic compounds of propolis [15, 29, 32, 33, 44]

fenole proste		hydroksybenzen
kwasy fenolowe	p-hydroksykwasy	p-hydroksybenzoesowy, prokatechowy, galusowy wanilinowy, syryngowy
	o-hydroksykwasy	salicylowy, o-pirokatechowy, gentyzynowy
kwasy fenylooctowe		fenylooctowy, 4 -(hydroksymetylo) fenylooctowy
kwasy hydroksycynamonowe		p-kumarowy, ferulowy, kawowy i synapinowy
kumaryny, izokumaryny o szkielecie węglowym C6-C3		kumaryna, hydroksykumaryna
flawonoidy o szkielecie węglowym C6-C3-C6	flawony	luteolina, apigenina, chryzyna, apigenina
	izoflawony	genisteina, glicyteina
	flawanony	hesperydyna, naringenina, naryngina, pinocembryna, pinostro- bina
	flawonole	kwercetyna, kampferol, mircetyna, galangina, kemferyd
	flawanonole	pinobanksyna
	flawanole	katechina, epikatechina, epigallokatechina, tefalwina
	antocyjanidyny	cyjanidyna, delfinidyna, malwidyna, pelargonidyna, peoni- dyna, petunidyna
	chalkony i auryony	trihydroksychalkon izolikwirytygina

Właściwości i zastosowanie propolisu

Działanie przeciwdrobnoustrojowe

Przeciwdrobnoustrojowe działanie propolisu obejmuje aktywność przeciwbakteryjną, przeciwwirusową, przeciwgrzybiczą i przeciwpierwotniakową [1, 11, 16, 50, 52]. Propolis wykazuje dużą aktywność przeciwbakteryjną wobec bakterii Gram-dodatnich i Gram-ujemnych, tlenowych i beztlenowych. W pierwszym etapie oddziaływania uszkadza on strukturę błony cytoplazmatycznej i ściany bakteryjnej, a w kolejnym atakuje materiał genetyczny komórek, co w efekcie prowadzi do dezintegracji i fragmentacji DNA. Efektywność takiego działania zależy od pochodzenia i stężenia propolisu, rodzaju szczepu bakteryjnego i czasu ekspozycji [16, 19]. Aktywność przeciwbakteryjna propolisu jest silnie związana z dużą zawartością polifenoli, a szczególne właściwości wykazują estry etylowe kwasu kawowego oraz cynamonowego i estry fenyloetylowe kwasu benzoowego [1, 50, 52]. Udokumentowano również, że propolis powoduje wzrost wrażliwości szczepów bakteryjnych na różne antybiotyki [16, 19].

Aktywność przeciwwirusowa propolisu związana jest z możliwością niszczenia otoczki lipidowej wirusa, powodując uszkodzenia DNA oraz jego autolizę. Propolis wykazuje dużą aktywność wobec wirusów opryszczki oraz grypy. Stwierdzono również wyraźne zahamowanie rozprzestrzeniania się wirusów upośledzenia odporności (HIV), polio oraz ospy [16]. Propolis wspomaga również łagodzenie skutków procesów infekcji SARS-CoV-2 i choroby COVID-19. W tych przypadkach może być sto-

sowany, jako nutraceutyk lub składnik żywności funkcjonalnej. Oprócz działania przeciwwirusowego, propolis sprzyja immunoregulacji cytokin prozapalnych, zmniejszając ryzyko wystąpienia hipercytokinemii, która jest groźnym elementem zaawansowanego Covid-19. Ponadto wykazano, że takie składniki propolisu jak chryzyna i kempferol hamują replikację wirusów DNA i RNA, w tym koronawirusa. Z kolei ester fenetylowy kwasu kawowego (CAPE), jest naturalnym blokerem enzymu PAK1 (aktywowana kinaza 1P21), przez co może korzystnie redukować skutki zakażenia Covid-19, takie jak zwłóknienie płuc [30].

Propolis wykazuje również aktywność przeciwgrzybiczną w stosunku do grzybów patogennych dla człowieka. W takich przypadkach propolis stosowany jest głównie miejscowo w zakażeniach skóry i błon śluzowych [16, 36]. Stwierdzono, że etanolewy ekstrakt propolisowy wykazywał wysoką aktywność przeciwgrzybiczą wobec *C. albicans*, *C. krusei* i *C. glabrata* oraz hamował wzrost *Candida* oraz innych grzybów skórnych [16]. Natomiast aktywność przeciwpierwotniakowa związana jest z jego wpływem na pierwotniaki powodujące choroby u ludzi i zwierząt, jak np. toksoplazmoza, choroba Chagasa, lamblioza i leiszmanioza [30, 36].

Działanie przeciwutleniające

Wiele jednostek chorobowych jest związanych ze wzrostem zawartości wolnych rodników w organizmie człowieka. Są to między innymi choroby neurologiczne, sercowo-naczyniowe, osteoporoza, cukrzyca, nowotwory i inne [31]. Skutecznym środkiem zapobiegającym i zwalczającym tego typu schorzenia są substancje bogate w związki polifenolowe. Ponieważ propolis w swoim składzie zawiera około 50 bioflawonoidów, można go zakwalifikować do grupy naturalnych produktów o działaniu przeciwutleniającym [11, 15, 37].

Związki fenolowe, w tym flawonoidy, są składnikami odpowiedzialnymi za aktywność przeciwutleniającą propolisu. Wychwytyją one wolne rodniki i dzięki temu chronią tłuszcze oraz inne związki, np. witaminę C, przed utlenieniem lub zniszczeniem przez stres oksydacyjny. Właściwości przeciwutleniające propolisu wynikają również z jego aktywności przeciwrodnikowej i hamującego działania na jon miedzi, który odpowiada za inicjację utleniania lipoprotein o małej gęstości. Siła działania polifenoli zależy od położenia i liczby podstawników w cząsteczce. Im więcej grup hydroksylowych posiada cząsteczka, tym silniejsza zdolność przeciwutleniająca polifenoli. Propolis oprócz flawonoidów zawiera również kwasy fenolowe, aminokwasy, terpeny, steroidy, aldehydy i ketony [27, 42].

Działanie przeciwzapalne i immunostymulujące

Stany zapalne mogą być wywoływane przez różne czynniki, do których można zaliczyć: zakażenia, reakcje immunologiczne, urazy mechaniczne czy zmiany zwyrod-

nieniowe w układzie kostno-stawowym. Działanie przeciwzapalne propolisu związane jest głównie z hamowaniem wytwarzania prostaglandyn w procesie zapalnym oraz blokowaniem aktywności innych mediatorów stanu zapalnego np. cytokiny, wolnych rodników lub enzymów proteolitycznych [16].

Układ immunologiczny zapewnia integralność tkanek organizmu, kontroluje homeostazę i chroni organizm przed zakażeniami. Dysfunkcje układu immunologicznego, szczególnie o charakterze polekowym skutkują nawracającymi i przewlekłymi infekcjami, skłonnością do alergii i występowania chorób autoagresywnych. Aktywność immunostymulująca propolisu polega na zwiększeniu syntezy przeciwciał, stymulacji produkcji i aktywności makrofagów, wzroście aktywności przeciwwirusowej interferonu oraz aktywacji grasicy. W konsekwencji działanie propolisu, zwiększa ogólną odporność organizmu na czynniki chorobotwórcze [16, 63].

Działanie przeciwnowotworowe

Obecnie nowotwory są główną przyczyną zgonów na świecie. Nowotwór może mieć przyczyny endogenne, np. odziedziczone hormony, mutacje i stany odpornościowe i są one nieuniknione, ale posiada również przyczyny egzogenne, jak np. stosowana dieta, używki, skażenie środowiska, promieniowanie. Propolis charakteryzuje się działaniem przeciwnowotworową, zarówno w testach *in vitro* jak i *in vivo* [16, 22]. Dużą rolę odgrywa tutaj pochodzenie propolisu, a więc jego skład chemiczny. Wykazano, że za zahamowanie wzrostu komórek nowotworowych odpowiadają przede wszystkim ester fenetylowy kwasu kawowego (CAPE) oraz artepilina C (kwas 3,5-diprenylo-4-hydroksy-cynamonowy) [33]. Mechanizmy ich działania polega na hamowaniu ekspresji białek biorących udział w procesie nowotworzenia, jak np. cykliny D1 i β -kateniny. Jednak warunkiem działania tych substancji jest synergizm wszystkich składników propolisu o charakterze przeciwnowotworowym [16].

Stwierdzono, że propolis może wywołać apoptozę, czyli proces fizjologiczny konieczny do właściwego działania organizmów wielokomórkowych, polegający na eliminacji komórek starych, uszkodzonych oraz zmienionych nowotworowo, a CAPE indukuje apoptozę, w której pośredniczą mitochondria. Propolis indukując apoptozę komórek nowotworowych może nie tylko redukować postęp nowotworu, ale i wzrost stopnia jego złośliwości [16, 22]. Artepilina C wykazuje działanie przeciwnowotworowe *in vitro* i *in vivo* i cytotoksyczne powodując zahamowanie wzrostu komórek nowotworowych. Znacznie uszkadza ona *in vitro* komórki białaczkowe i guza litego oraz silnie oddziałuje na czerniaka złośliwego. Stwierdzono również, że inne związki zawarte w propolisie, między innymi galangina, mają właściwości przeciwnowotworowe. Wykazano, że galangina może indukować apoptozę komórek czerniaka dzięki aktywacji kinazy białkowej oraz hamować *in vivo* wzrost guza i przerzutów w organizmie. Z tych względów propolis może być stosowany w terapii uzupełniającej w takich

chorobach jak: rak trzustki, czerniak złośliwy, guzy mózgu, szpiczak mnogi, rak piersi, rak prostaty, rak okrężnicy czy rak szyjki macicy [16].

Zastosowanie propolisu

Propolis był wykorzystywany w medycynie ludowej już w czasach starożytnych jako środek przeciwgorączkowy i antybiotyk, w leczeniu dolegliwości skórnych, do dezynfekcji jamy ustnej, miejscowego leczenia błon śluzowych i ran skórnych oraz jako środek antyseptyczny. Ponadto redukuje on obrzęki, łagodzi stwardnienia, ból ścięgien i leczy rany. Od wieków propolis uznawany był za środek przeciwzapalny i immunomodulacyjny. Już w XII wieku propolis stosowano jako środek zaradczy przy infekcji jamy ustnej, gardła oraz próchnicy zębów [20, 31]. Poza głównym wykorzystaniem w celach medycznych, propolis był np. stosowany przez Stradivari jako składnik lakieru do pokrywania skrzypiec.

Propolis wykazuje właściwości przeciwutleniające, przeciwzapalne, przeciwbakteryjne, przeciwwirusowe, immunomodulujące i przeciwnowotworowe. Właściwości te są wykorzystywane w prewencji i leczeniu wielu schorzeń. Stwierdzono korzystny wpływ propolisu w chorobie wrzodowej żołądka i dwunastnic, chronicznym zapaleniu okrężnicy, stanach zapalnych żołądka i jelit, pęcherzyka żółciowego i dróg żółciowych. Jest to możliwe dzięki działaniu propolisu przeciwko *Helicobacter pylori* oraz Gram(-) pałeczkom odpowiadającym za przewlekły stan zapalny śluzówki i owrzodzenie dwunastnicy [16]. Ekstrakt propolisu może wzmocnić funkcję bariery jelitowej dzięki aktywacji kinazy białkowej aktywowanej monofosforanem adenozyiny i sygnalizacji kinazy regulowanej sygnałem pozakomórkowym, co ma potencjalne zastosowanie w ochronie zdrowia ludzkich jelit [14, 29].

Propolis znajduje zastosowanie jako środek przeciwko cukrzycy, w której patogeniezie kluczową rolę może odegrać stres oksydacyjny, który można ograniczyć dzięki zdolności przeciwutleniającej propolisu [16]. Wykazano, że podawanie ekstraktu propolisu poprawia profil lipidowy i reguluje poziom glukozy we krwi. Działanie to może opóźnić wystąpienie nefropatii cukrzycowej w organizmie [63]. Wiele wyników badań naukowych potwierdza pozytywny wpływ propolisu w chorobie Alzheimera, depresji i demencji. Dzięki pinocembrynie, kwercetynie i CAPE propolis może zapobiegać, powstrzymywać lub znacznie łagodzić skutki chorób Alzheimera oraz Parkinsona. Wykazano, że propolis chroni neurony hydroksylazy tyrozynowej w mózgu i zmniejsza czynniki neurotroficzne w chorobie Parkinsona [14, 29].

Ze względu na swoje zróżnicowane działanie propolis znajduje zastosowanie w prewencji i leczeniu chorób układu pokarmowego powiązanych z hiperfunkcją wydzielniczą żołądka oraz zmianami anatomicznymi błony śluzowej i jej stanem zapalnym. Korzystny wpływ propolisu stwierdzono w leczeniu wrzodów żołądka, dwunastnicy, w stanach zapalnych żołądka i jelit, chronicznym zapaleniu okrężnicy, w stanach

zapalnych pęcherzyka żółciowego oraz dróg żółciowych [16, 30]. Propolis ze względu na swoje działanie przeciwzapalne, przeciwbólowe i przeciwbakteryjne jest stosowany do regulacji czynności przewodu pokarmowego i eliminacji *Helicobacter pylori*. W badaniach nad hepatoprotekcyjnym działaniem propolisu stwierdzono, że wykazuje on wyważony wpływ ochronny na komórki wątrobowe w warunkach intoksykacji lekami hepatotoksycznymi, toksynami i procesami zwyrodnieniowymi, czego obrazem jest normalizacja enzymów wskaźnikowych uszkodzenia miększu wątroby. Propolis stanowi również znakomite uzupełnienie leczenia stanów zapalnych dróg żółciowych ułatwiając transport oraz eliminację bilirubiny z równoczesnym efektem hipolipidemicznym i hipocholesterolowym [16].

Propolis znalazł zastosowanie również w profilaktyce oraz leczeniu chorób układu żylnego. Wykazuje on działanie ochronne wobec kolagenu naczyń żylnych, zabezpiecza je przed szkodliwym wpływem ciepła, czynników chemicznych, toksycznych i mechanicznych, co pozwala na utrzymanie elastyczności naczyń krwionośnych. Ponadto ma zdolność do hamowania lipooksygenazy czyli enzymu biorącego udział w utlenianiu frakcji LDL, która po tym procesie bierze udział w tworzeniu płytek miażdżycowych. Propolis zwalcza także odczyn zapalny w obrębie żył, hamując uwalnianie mediatorów zapalenia, głównie wolnych rodników tlenowych i prostaglandyn. Dlatego wykazuje korzystny wpływ i normalizuje przepuszczalność włósniczek i wzmacnia ich oporność. Propolis działa silnie uszczelniająco i wzmacniająco na ściany drobnych naczyń krwionośnych, dzięki czemu ma zastosowanie jako środek zapobiegający krwotokom, wybroczynom i żylakom [16, 40].

W dermatologii propolis jest szeroko stosowany w postaci maści i kremów. Jego zastosowanie w pielęgnacji skóry opiera się na właściwościach przeciwzapalnych, przeciwdrobnoustrojowych i promowaniu syntezy kolagenu [16]. Udowodniono, że propolis znacznie zmniejsza aktywność wolnych rodników w łóżysku rany, co wspomaga proces naprawy. Ekstrakt propolisowy wykazuje skuteczność w leczeniu trądzika pospolitego. Wpływa również pozytywnie na metabolizm kolagenu w ranie w trakcie procesu gojenia, dzięki zwiększeniu ilości kolagenu w tkankach [16, 63]. Maść propolisowa wykazuje dużą przydatność w leczeniu ropnych chorób skóry, najczęściej wywołanych przez *Staphylococcus aureus*. Propolis znalazł również zastosowanie w leczeniu oparzeń i odmrożeń, a także innych schorzeń dermatologicznych w tym bakteryjnych grzybiczych i wirusowych zakażeń skóry, różnego rodzaju wyprysków skórnych oraz łuszczycy [61]. W schorzeniach laryngologicznych propolis wykorzystywany jest przy leczeniu nieżyty ostrego i chronicznego nosa, zapalenia krtani i zatok przynosowych [16]. W stomatologii istotne są właściwości przeciwbakteryjne i przeciwzapalne propolisu, dzięki czemu można być stosowany jako środek przeciw próchnicy zębów, zapaleniu dziąseł, owrzodzeniom, a także do płukania jamy ustnej chroniąc przed *S. mutans*. Ekstrakt propolisowy przyczynia się również do leczenia

halitozy, stanu odpowiedzialnego za nieprzyjemny oddech. Propolis znalazł również zastosowanie w leczeniu schorzeń ginekologicznych. Wymienić tu należy zapalenie pochwy (bakteryjne, grzybicze, rzęskowate), stany zapalne i nadżerki szyjki macicy, stany po zabiegach ginekologicznych oraz rany poporodowe [16].

Propolis jako składnik żywności

Pomimo różnic w składzie chemicznym propolisu pochodzącego z różnych obszarów geograficznych, wykazuje on silne działanie przeciwutleniające i przeciwdrobnoustrojowe, czyniąc go atrakcyjnym surowcem naturalnym który może być włączany do żywności jako składnik funkcjonalny [28, 48]. Wzbogacanie produktów spożywczych propolisem w celu poprawy wartości odżywczej, jakości i funkcjonalności żywności jest przedmiotem licznych badań, ze względu na jego naturalne pochodzenie i wielokierunkowe oddziaływanie [28, 48]. Wyniki publikowanych badań wykazały, że propolis może znaleźć zastosowanie w różnych środowiskach spożywczych, takich jak mięso, nabiał, soki, owoce, oleje i owoce morza, w celu wydłużenia okresu przydatności do spożycia, zapobiegania utlenianiu lipidów i zapewnienia korzyści zdrowotnych konsumentom. Jednak kwasy fenolowe i lotne związki propolisu mają silny charakterystyczny smak i zapach, co powoduje zmiany właściwości sensorycznych żywności, dlatego zastosowanie propolisu w produktach spożywczych jest nadal ograniczone. Przeciwdrobnoustrojowe właściwości propolisu oraz jego działanie przeciwutleniające wykorzystywano do poprawy jakości mikrobiologicznej burgerów i filetów rybnych, kiełbas zwykłych i fermentowanych, pasztetów wołowych, mleka i napojów mlecznych, lodów, jogurtów, soków i oliwy z oliwek [28, 41, 48].

Najbardziej naturalnym sposobem włączenia propolisu do diety człowieka jest jego dodatek do miodu [25, 58, 59]. Stwierdzono, że dodatek ekstraktu propolisu do miodu przyczynił się do istotnego wzrostu zawartości związków polifenolowych, w tym flawonoidów i kwasów fenolowych, wśród których w największych ilościach występowały chryzyna i pinocembryna oraz kwas p-kumarowy i ferulowy. Wynikiem zwiększającego się dodatku ekstraktu propolisu i wzrostu zawartości związków polifenolowych był obserwowany wzrost aktywności przeciwutleniającej, przeciwdrobnoustrojowej i redukcyjnej [25, 58, 59]. Wzbogacenie miodu ekstraktem propolisu przyczyniło się jednak do pogorszenia właściwości sensorycznych. Nastąpiła zmiana barwy, zapachu, konsystencji oraz smakowości. W przypadku barwy, zaobserwowano spadek jasności, klarowności i jednorodności natomiast wzrost mętności. W charakterystyce smaku stwierdzono wzrost odczucia zapachu woskowego, melasowego i obcego. W ocenie tekstury zaobserwowano spadek gładkości i rozpylności w ustach, przy niewielkim wzroście lepkości i adhezyności. Natomiast ocena smaku wykazała wyraźny wzrost odczucia ostrości, kwaskowatości, gorzkości i uporczywości posmaku [25]. Dodatek propolisu do miodu nie miał dużego wpływu na zawartość cukrów,

HMF oraz przewodność właściwą. Zaobserwowano jednak istotny wzrost kwasowości wolnej oraz zawartości substancji nierozpuszczalnych w wodzie [25].

Badania wykazały, że propolis może być stosowany w różnych produktach spożywczych, takich jak mięso, nabiał, soki, owoce, oleje i owoce morza, aby wydłużyć ich okres przydatności do spożycia, zapobiec utlenianiu lipidów i zapewnić konsumentom korzyści zdrowotne [3, 14, 46, 60, 64]. Vargas-Sanchez i wsp. [64] wykazali, że ekstrakty propolisu można stosować w celu ochrony lipidów przed utlenianiem oraz hamowania rozwoju drobnoustrojów w mięsie wołowym podczas przechowywania chłodniczego. Dodatek ekstraktu propolisu (2 % w/w) powodował wzrost całkowitej zawartości polifenoli, aktywności w wychwytywaniu wolnych rodników i ograniczenie utleniania lipidów. Wykazano także, że ilość bakterii *Micrococcaceae*, drożdży i pleśni na powierzchni kielbas fermentowanych można zredukować poprzez zastosowanie propolisu bez niekorzystnego wpływu na ich właściwości sensoryczne [47]. Z kolei Han i Park [26] stwierdzili, że produkty mięsne z dodatkiem propolisu mogą odznaczać się wydłużoną trwałością w porównaniu do produktów z powszechnie stosowanym sorbinianem potasu. Również Gutiérrez-Cortés i Suarez Mahecha [24] analizowali działanie przeciwdrobnoustrojowe etanolowego ekstraktu propolisowego na niektóre bakterie chorobotwórcze. Stwierdzili, że zastosowanie takiego ekstraktu w stężeniu 0,8 % wykazuje działanie antybakteryjne wobec niektórych mikroorganizmów chorobotwórczych i nie wpływa negatywnie na właściwości fizykochemiczne i sensoryczne produktu. Cytowani autorzy stwierdzili również, że propolis może być stosowany w produktach mięsnych jako alternatywa dla azotanów(III). Spinelli i wsp. [60], aby zminimalizować niekorzystny wpływ propolisu na cechy sensoryczne gotowego produktu, wykorzystali mikrokapsułkowany etanolowy ekstrakt propolisu do poprawy właściwości przeciwutleniających burgerów rybnych. Podobnie Bernardi i wsp. [10] stwierdzili, że włoskie salami można wytwarzać z wykorzystaniem kapsułkowanego propolisu jako zamiennika erytrobinianu sodu. Możliwość przedłużenia trwałości gotowanej szynki z 0,06-procentowym dodatkiem ekstraktu propolisowego stwierdzili w swoich badaniach Kročko i wsp. [38]. Z kolei Spinelli i wsp. [60] stosując 5-procentowy dodatek suszonego rozpyłowo propolisu do burgerów rybnych stwierdzili istotny wzrost aktywności przeciwutleniającej i poprawę jakości sensorycznej gotowego produktu. Natomiast 0,8-procentowy dodatek propolisu do farszu wieprzowo-wołowego do produkcji kielbas pozwalał na uzyskanie wskaźnika TBA na podobnym poziomie jak dla produktów z azotanem(III) sodu, nie wpływając jednocześnie na konsumencką akceptowalność gotowego wyrobu [24]. Z kolei dodatek propolisu w ilościach 0,8 lub 1,2 % efektywnie hamował wzrost bakterii z rodzaju *Clostridium* sp., *Salmonella*, *Escherichia coli* oraz *Staphylococcus aureus* w przechowywanych filetach rybnych [57]. W innych badaniach, Kunrath i wsp. [39] wykazali, że ekstrakt propolisowy w dawce 0,05 % działa ochronnie i przeciwutleniająco we włoskim salami wie-

przowym, podobnie jak BHT. Dodatek propolisu w ilości 1 % do kiełbasek rybnych korzystnie wpływał na wartości wskaźnika TBA w trakcie przechowywania i działał przeciwbakteryjnie w stosunku do bakterii *Escherichia coli* i *Salmonelli*, jednak w pewnym stopniu pogarszał również charakterystykę sensoryczną gotowego produktu [17]. Podobnie Reis i wsp. [53] zaobserwował pogorszenie smakowości burgerów wołowych na skutek dodatku propolisu w ilości 0,1 g/kg. Z drugiej jednak strony wartości wskaźnika TBA dla produktu zawierającego propolis były na zbliżonym poziomie jak dla próby kontrolnej zawierającej erytorbinian sodu.

W literaturze przedmiotu istnieje również wiele wyników badań dotyczących zastosowania propolisu w produktach mlecznych. Cottica i wsp. [14] stwierdzili, że dodatek etanolowo-wodnych ekstraktów propolisu do napojów mlecznych powodował znaczny wzrost aktywności przeciwutleniającej, która utrzymywała się w trakcie przechowywania. Ponadto, wykazano, że można otrzymywać jogurt z dodatkiem propolisu bez istotnych zmian w jego jakości, z wyjątkiem niewielkiego pogorszenia charakterystyki sensorycznej. Stwierdzono jednak, że propolis w pewnych dawkach istotnie hamuje wzrost bakterii *Streptococcus salivarius* sub. *thermophilus* i dlatego może to mieć negatywny wpływ na jakość produkowanego jogurtu. Z drugiej strony, etanolowe ekstrakty propolisu ograniczały w lodach rozwój opornych na metycylinę bakterii *Staphylococcus aureus* [18]. Wyniki badań wskazują również, że etanolowy ekstrakt propolisu wykazywał działanie hamujące w stosunku do bakterii *Listeria monocytogenes* [62]. Z kolei Santos i wsp. [55] otrzymali jogurt z 0,05-procentowym dodatkiem czerwonego propolisu i stwierdzili, brak negatywnego wpływu takiej modyfikacji na przeżywalność bakterii kwasu mlekowego przy jednocześnie istotnie większej aktywności przeciwutleniającej. W dalszych badaniach Santos i wsp. [56] stwierdzili, że 0,05-procentowym dodatek propolisu do jogurtu istotnie hamuje rozwój *Salmonella* sp. i *E. coli*, jednocześnie zwiększając spójność gotowego wyrobu. Jogurt i kefir z 0,5-procentowym dodatkiem propolisu o dobrej charakterystyce sensorycznej otrzymali Chon i wsp. [13].

Znaczne straty ekonomiczne powoduje przechowywanie owoców i warzyw. Przyczyną ich jest rozwój grzybów i bakterii, któremu można zapobiec stosując propolis. Alvarez i wsp. [4, 5] oraz Feas i wsp. [21] wykazali, że gotowe do spożycia warzywa, takie jak sałata, por i seler, można odkazać ekstraktami propolisu. Propolis ma również działanie hamujące na niektóre gatunki grzybów pleśniowych z rodzaju *Penicillium* występujące na owocach. Ponadto zaobserwowano, że zastosowanie propolisu w niektórych sokach, takich jak jabłkowe, winogronowe, pomarańczowe i mandarynkowe, jest tak samo skuteczne wobec pleśni i drożdży jak benzoesan sodu i sorbinian potasu [36, 65].

Ekstrakty propolisowe zastosowano również do poprawy stabilności olejów podczas przechowywania. Ozcan [46] wykazał, że propolis ma lepszą aktywność przeci-

wutleniającą w oliwie z oliwek w porównaniu z BHT i BHA. Ponadto powlekanie jaj przepiórczych propolisem skutecznie chroniło ich wewnętrzne i spowolniało spadek ich jakości podczas przechowywania [2].

Jak wskazuje przedstawiony przegląd literatury propolis ze względu głównie na właściwości przeciwdrobnoustrojowe i przeciwutleniające może być cennym składnikiem żywności przedłużając jej trwałość i poprawiając aktywność biologiczną. Jednak przy projektowaniu środków spożywczych wzbogacanych propolisem pod uwagę należy brać jego wpływ na charakterystykę sensoryczną oraz potencjalną alergenicność [9].

Propolis jako bioaktywny składnik filmów i powłok

Ze względu na swoje działanie przeciwdrobnoustrojowe oraz przeciwutleniające interesującym składnikiem folii opakowaniowych i jadalnych powłok na bazie biopolimerów wykorzystywanych w przemyśle spożywczym może być właśnie propolis jako naturalny komponent bioaktywny [23, 49, 66]. Ekstrakty propolisowe mogą więc być mieszane z biopolimerami, plastifikatorami, emulgatorami i środkami wspomagającymi tworzenie aktywnych folii opakowaniowych i jadalnych powłok. Funkcjonalność tego typu rozwiązań jest ściśle związana z rodzajem surowca, metodą i warunkami ekstrakcji, zawartości i profilu związków polifenolowych w ekstrakcie, oraz obecność innych substancji bioaktywnych [35, 66]. Aktywne folie opakowaniowe i jadalne powłoki z udziałem ekstraktu z propolisu mogą wpływać na właściwości fizyczne, chemiczne i sensoryczne żywności podczas jej przechowywania. Włączenie bioaktywnego ekstraktu z propolisu do matrycy biopolimerowej zapewnia nowe możliwości w opracowywaniu aktywnych folii opakowaniowych, które są bardziej bezpieczne i przyjazne dla środowiska w porównaniu z materiałami tradycyjnymi. W zależności od rodzaju matrycy polimerowej, aktywności i stężenia ekstraktu z propolisu oraz obecności innych składników, dodatek propolisu może modyfikować rozpuszczalność filmu w wodzie, intensywność żółtego zabarwienia oraz właściwości mechaniczne. Obecność ekstraktu z propolisu w matrycy biopolimerowej zwiększa barierowość światła widzialnego i promieniowania UV oraz aktywność przeciwdrobnoustrojową [23]. Kolejnym nowatorskim obszarem zastosowania ekstraktów propolisu są jadalne powłoki. Przy ich tworzeniu należy odpowiednio zoptymalizować skład recepturowy aby zagwarantować odpowiednie pożądane właściwości fizyczne i funkcjonalne. Kluczowy jest tutaj odpowiedni dobór biopolimeru stanowiący bazę roztworu do powlekania [66]. Ponadto należy zwrócić uwagę na fakt, że zawartość ekstraktu propolisu w powłokach do powlekania musi być ściśle kontrolowana, aby uniknąć negatywnego wpływu jego aromatu na właściwości sensoryczne żywności. Iżację ekstraktu propolisu, a w szczególności maskowanie jego smaku i zapachu [42, 60]. W celu ochrony produktów spożywczych przy wykorzystaniu powłok jadalnych można wykorzystać takie techniki jak: zanurzanie, nacieranie, metody natrysko-

we, impregnację próżniową, powlekanie warstwą po warstwie lub metody przetwarzania w złożu fluidalnym. Jadalne powłoki zawierające ekstrakt z propolisu były stosowane w celu przedłużenia przydatności do spożycia owoców, warzyw, mięsa i ryb [66].

Literatura

- [1] Almuhayawi M.S.: Propolis as a novel antibacterial agent. *Saudi J. Biol. Sci.*, 2020, 27, 11, 3079-3086.
- [2] Akpinar G.C., Canogullari S., Baylan M., Alasahan S., Aygun A.: The use of propolis extract for the storage of quail eggs. *J. Appl. Poultry Res.*, 2015, 24(4), 427-435.
- [3] Ali F.H., Kassem G.M., Atta-Alla O.A.: Propolis as a natural decontaminant and antioxidant in fresh oriental sausage. *Vet. Ital.*, 2010, 46(2), 167-172.
- [4] Alvarez M.V., Ponce A.G., Goyeneche R., Moreira M.R.: Physical Treatments and Propolis Extract to Enhance Quality Attributes of Fresh-Cut Mixed Vegetables. *J. Food Process. Pres.*, 2017, 41(5), #13127.
- [5] Alvarez M.V., Ponce A.G., Moreira M.R.: Combined Effect of Bioactive Compounds and Storage Temperature on Sensory Quality and Safety of Minimally Processed Celery, Leek and Butternut Squash. *J. Food Safety*, 2015, 35(4), 560-574.
- [6] Anjum S.I., Ullah A., Khan K.A., Attaullah M., Khan H., Ali H., Bashir M.A., Tahir M., Ansari M.J., Ghramh H.A., Adgaba N., Dash C.K. Composition and functional properties of propolis (bee glue): A review. *Saudi J. Biol. Sci.*, 2019, 26, 7, 1695-1703.
- [7] Bankova V., Popova M., Trusheva B.: Propolis volatile compounds: chemical diversity and biological activity: a review. *Chem. Centr. J.*, 2014, 8(28), 1-8.
- [8] Bankova V., Trusheva B., Popova M.: Propolis extraction methods: a review. *J. Apicult. Res.*, 2021, 60, 5, 734-743
- [9] Basista-Sołtys K., Filipek B.: Potencjał alergogeny propolisu – przegląd danych literaturowych. *Alergia-Astma-Immunologia*, 2013, 18, 1.
- [10] Bernardi S., Favaro-Trindade C.S., Trindade M.A., Balieiro J.C.C., Cavenaghi A.D., Contreras-Castilo C.J.: Italian-Type Salami with Propolis as Antioxidant. *Ital. J. Food Sci.*, 2013, 25(4): 433-440.
- [11] Bogdanov S.: Propolis: composition, health, medicine: a review. *Bee Prod. Sci.*, 2017, 1-44.
- [12] Chavda V.P., Vuppu S., Balar P.C., Mishra T., Bezbaruah R., Teli D., Sharma N., Alom S.: Propolis in the management of cardiovascular disease. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2024, 266, #131219.
- [13] Chon J.W., Seo K.H., Oh H., Jeong D., Song K.Y.: Chemical and Organoleptic Properties of Some Dairy Products Supplemented with Various Concentration of Propolis: A Preliminary Study. *J. Dairy Sci. Biotechnol.*, 2020, 38, 59-69.
- [14] Cottica S.M., Sabik H., Belanger D., Giroux H.J., Visentainer J.V., Britten M.: Use of propolis extracts as antioxidant in dairy beverages enriched with conjugated linoleic acid. *Eur. Food Res. Technol.*, 2015, 241, 4, 543-551.
- [15] Cui J., Duan X., Ke L., Pan X., Liu J., Song X., Ma W., Zhang W., Liu Y., Fan Y. Extraction, purification, structural character and biological properties of propolis flavonoids: a review. *Fitoterapia*, 2022, 157, #105106.
- [16] Czarnecki R. Propolis w Apiterapii. *Apiterapia Forum*, 2015, 3-2.
- [17] Çoban Ö.E., Fadiöglü E.E.; Çoban, M.Z. Investigation of some quality characteristics of smoked common carp (*Cyprinus carpio*) sausages supplemented with propolis extract. *Procedia Comput. Sci.*, 2018, 13, 196-203.

- [18] El-Bassiony T., Saad N.M., El-Zamkan M.A.: Study on the antimicrobial activity of Ethanol Extract of Propolis against enterotoxigenic Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* in lab prepared Ice-cream. *Vet. World*, 2012, 5(3), 155-159.
- [19] Falcão S.I., Vale N., Cos P.: In vitro evaluation of Portuguese propolis and floral sources for antiprotozoal, antibacterial and antifungal activity. *Phytother. Res.*, 2014, 28(3), 437-443.
- [20] Farooqui T., Farooqui A.A.: Beneficial effects of propolis on human health and neurological diseases. *Front. Biosci.*, 2012, E4, 779-793.
- [21] Feas X., Pacheco L., Iglesias A., Estevinho L.M.: Use of Propolis in the Sanitization of Lettuce. *Int. J. Mol. Sci.*, 2014, 15(7), 12243-12257.
- [22] Forma E., Bryś M.: Anticancer activity of propolis and its compounds. *Nutrients*, 2021, 13(8), #2594;
- [23] Gniewosz M., Pobiega K., Kraśniewska K., Synowiec A., Chaberek M., Galus S. Characterization and antifungal activity of pullulan edible films enriched with propolis extract for active packaging. *Foods*, 2022, 11, #2319.
- [24] Gutiérrez-Cortés C., Suarez Mahecha H.: Antimicrobial Activity Of Propolis And Its Effect On The Physicochemical And Sensorial Characteristics in Sausages. *Vitae*, 2014, 21(2), 90-96.
- [25] Habryka C., Socha R., Juszczak L. The effect of enriching honey with propolis on the antioxidant activity, sensory characteristics and quality parameters. *Molecules*, 2020, 25, #1176.
- [26] Han S.K., Park H.K.: Accumulation of thiobarbituric acid-reactive substances in cured pork sausages treated with propolis extracts. *J. Sci. Food Agr.*, 2002, 82(13), 1487-1489.
- [27] Huang S., Zhang C., Wang K., Li G., Hu F.: Recent advances in the chemical composition of propolis. *Molecules*, 2014, 19, 19610-19632.
- [28] Irigoiti Y., Navarro A., Yamul D., Libonatti C., Tabera A., Basualdo M.: The use of propolis as a functional food ingredient: a review. *Trends Food Sci. Technol.*, 2021, 115, 297-306
- [29] Isidorow W.A.: *Alchemia pszczół – Pszczoły i produkty pszczele oczami chemika*. Wydawnictwo Sądecki Bartnik, Stróże, 2013.
- [30] Kalia A., Morya S., Neumann A.: Health from the hive: therapeutic potential of propolis – a review. *J. Food Bioactiv.*, 2022, 18, 77-84.
- [31] Kapare H.S., Sathiyarayanan L.: Nutritional and therapeutic potential of propolis: a review. *Res. J. Pharma. Technol.*, 2020, 13, #735453549.
- [32] Kędzia B.: Skład chemiczny propolisu polskiego. Cz. I. Początkowy okres badań. *Postępy Fitoterapii*, 2011, 1, 39-44.
- [33] Kędzia B.: Skład chemiczny propolisu polskiego. Cz. II. Nowe badania. *Postępy Fitoterapii*, 2011, 1, 122-128.
- [34] Kędzia B.: Działanie przeciwnowotworowe ekstraktów propolisowych. *Postępy Fitoterapii*, 2011, 1, 41-47.
- [35] Khachatryan G., Khachatryan K., Krystijan M., Krzemińska-Fiedorowicz L., Lenart-Boroń A., Białecka A., Krupka M., Krzan M., Blaszyńska K., Hanula M., Juszczak L.: Synthesis and Investigation of Physicochemical and Biological Properties of Films Containing Encapsulated Propolis in Hyaluronic Matrix. *Polymers*, 2023, 15, #1271.
- [36] Koc A.N., Silici S., Mutlu-Sariguzel F., Sagdic O.: Antifungal activity of propolis in four different fruit juices. *Food Technol. Biotech.*, 2007, 45(1), 57-61.
- [37] Kumazawa S., Hamasaka T., Nakayama T.: Antioxidant activity of propolis of various geographic origins. *Food Chem.*, 84, 2004, 329-339.
- [38] Kročko M., Bobko M., Bučko O., Čanigová M., Ducková V.: Sensory quality, colour and oxidative stability of cured cooked ham with propolis extract. *Potravin. Slovak J. Food. Sci.*, 2014, 8, 102-106.

- [39] Kunrath C.A., Savoldi D.C., Mileski J.P.F., Novello C.R., Da Trindade Alfaro A., Marchi J.F., Toniai I.B.: Application and evaluation of propolis, the natural antioxidant in Italian-type salami. *Braz. J. Food Technol.*, 2017, 20, 1–10.
- [40] Kurek-Górecka A., Keskin Ş., Bobis O., Felitti R., Górecki M., Otręba M., Stojko J., Olczyk P., Kolaylı S., Rzepecka-Stojko A.: Comparison of the Antioxidant Activity of Propolis Samples from Different Geographical Regions. *Plants*, 2022, 11, #1203.
- [41] Makarewicz M., Drożdż I., Sobczak D., Satora P.: stabilność mikrobiologiczna niepasteryzowanych soków owocowych z dodatkiem produktów pszczelich. W: Słupski J., Tarko T., Drożdż I. (Red.). *Składniki bioaktywne surowców i produktów roślinnych*. Oddział Małopolski Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, Kraków, s. 238-252.
- [42] Maroof K, Lee R.F.S., Siow L.F., Gan S.H.: Microencapsulation of propolis by spray drying: a review. *Dry. Technol.*, 2022, 40, 61083-1102.
- [43] Mountford-McAuley R., Prior J., McCormick A.C.: Factors affecting propolis production. *J. Apicult. Res.*, 2021, 62(1), 162-170.
- [44] Osés S.M., Marcos P., Azofra, P., de Pablo A., Fernández-Muñío M.Á., Sancho M.T. Phenolic profile, antioxidant capacities and enzymatic inhibitory activities of propolis from different geographical areas: needs for analytical harmonization. *Antioxidants*, 2020, 9, #75.
- [45] Oršolić N.: Allergic Inflammation: Effect of Propolis and Its Flavonoids. *Molecules* 2022, 27(19), #6694.
- [46] Ozcan M.: Use of propolis extract as a natural antioxidant for plant oils. *Grasas Y Aceites*, 2000, 51, 4, 251-253.
- [47] Ozturk I.: Antifungal Activity of Propolis, Thyme Essential Oil and Hydrosol on Natural Mycobiota of Sucuk, a Turkish Fermented Sausage: Monitoring of Their Effects on Microbiological, Color and Aroma Properties. *J. Food Process. Pres.*, 2015, 39(6), 1148-1158.
- [48] Özer E.D.: Propolis and potential use in food products. *Turkish Journal of Agriculture - Food Sci. Technol.*, 2020, 8(5), 1139-1144.
- [49] Pajak P., Gałkowska D., Juszcak L., Khachatryan G.: Octenyl succinylated potato starch-based film reinforced by honey-bee products: Structural and functional properties. *Food Pack. Shelf Life*, 2022, 34, #100995,
- [50] Pobiega K., Gniewosz M., Kraśniewska K.: Antimicrobial and antiviral properties of different types of propolis. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 2017, 589, 69-79.
- [51] Pobiega K., Kraśniewska K., Derewiaka D., Gniewosz M.: Comparison of the antimicrobial activity of propolis extracts obtained by means of various extraction methods. *J. Food Sci. Technol.*, 2019, 56, 5386-5395.
- [52] Przybyłek I., Karpiński T.M.: Antibacterial properties of propolis. *Molecules*, 2019, 24, #2047
- [53] Reis A., Diedrich C., de Moura C., Pereira D., Almeida J.F., da Silva L.D., Plata-Oviedo M.S.V., Tavares R.A.W., Carpes S.T.: Physico-chemical characteristics of microencapsulated propolis co-product extract and its effect on storage stability of burger meat during storage at -15°C. *LWT-Food Sci. Technol.*, 2017, 76, 306-313.
- [54] Santana Andrade J.K., Denadai M., Santos de Oliveira C., Nunes M. L. Narain N.: Evaluation of bioactive compounds potential and antioxidant activity of brown, green and red propolis from Brazilian northeast region. *Food Res. Int.*, 2017, 101, 129-138.
- [55] Santos M.S., Estevinho L.M., Carvalho C.A.L., Morais J.S., Conceição A.L.S., Paula V.B., Magalhães-Guedes K., Almeida R.C.C.: Probiotic yogurt with brazilian red propolis: Physicochemical and bioactive properties, stability, and shelf life. *J. Food Sci.* 2019, 84, 3429-3436.
- [56] Santos M.S., Estevinho L.M., de Carvalho C.A.L., da Silva Conceição A.L., de Castro Almeida R.C.: Rheological and sensorial evaluation of yogurt incorporated with red propolis. *J. Food Sci. Technol.*, 2019, 57, 1080-1089.

- [57] Suarez M.H., Jiménez T.Á., Díaz M.C.: Determination of microbiological and sensory parameters of fish fillets with propolis preserved under refrigeration. *Rev. MVZ Cordoba*, 2014, 19, 4214-4225.
- [58] Socha R., Gałkowska D., Bugaj M., Juszczaka L. Phenolic composition and antioxidant activity of propolis from various regions of Poland. *Natural Product Research*, 2015, 29, 5, 416-422.
- [59] Socha R., Habryka C., Juszczak L. Wpływ dodatku propolisu na zawartość wybranych związków polifenolowych oraz aktywność przeciwutleniającą miodu. *Żywność.Nauka.Technologia.Jakość*, 2016, 5(108), 127-139.
- [60] Spinelli S., Conte A., Lecce L., Incoronato A.L., Del Nobile M.A.: Microencapsulated Propolis to Enhance the Antioxidant Properties of Fresh Fish Burgers. *J. Food Process Eng.*, 2015, 38(6), 527-535.
- [61] Tavares L., Smaoui S., Lima P.S., Marques de Oliveira M., Santos L. Propolis: encapsulation and application in the food and pharmaceutical industries. *Trends Food Sci. Technol.*, 2022, 127, 169-180.
- [62] Thamnopoulos I.A.I., Michailidis G.F., Fletouris D.J., Badeka A., Kontominas M.G., Angelidis A.S.: Inhibitory activity of propolis against *Listeria monocytogenes* in milk stored under refrigeration. *Food Microbiol*, 73: 168-176.
- [63] Wagh V. D. Propolis: A Wonder Bees Product and Its Pharmacological Potentials. *Adv. Pharmacol. Scie.*, 2018, 2013, #308249.
- [64] Vargas-Sanchez R.D., Torrescano-Urrutia G.R., Acedo-Felix E., Carvajal-Millan E., Gonzalez-Cordova A.F., Vallejo-Galland B., Torres-Llanez M.J., Sanchez-Escalante A.: Antioxidant and Antimicrobial Activity of Commercial Propolis Extract in Beef Patties. *J. Food Sci.*, 2014, 79(8), 1499-1504.
- [65] Yang W.C., Wu Z.H., Huang Z.Y., Miao X.Q.: Preservation of orange juice using propolis. *J. Food Sci. Tech. Mys.*, 2017, 54(11): 3375-3383.
- [66] Yong H., Liu J.: Active packaging films and edible coatings based on polyphenol-rich propolis extract: A review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Safety*, 2021, 20, 2106-2145.

PROPOLIS AS A FUNCTIONAL FOOD INGREDIENT

S u m m a r y

Background. Propolis is a resinous substance collected by honey bees (*Apis mellifera*) from various plant sources. It is commonly called bee glue and is used by bees to protect the hive. Because propolis contains numerous secondary plant metabolites, its type is closely related to the species of the plant from which it comes. Several hundred chemical substances have been identified in propolis, including: resinous and balsamic substances, waxes, essential oils, pollen and tannins. Propolis is most often used to treat and disinfect the skin, treat diseases of the ears, mouth, throat, maxillary sinuses, as an antifungal, anti-inflammatory and analgesic. Propolis stimulates the immune system, relieves inflammation and weakness of the upper respiratory tract. It has antifungal, antibacterial and antiviral properties. Propolis prevents hemorrhoids, facilitates the regeneration of the mucous membrane, accelerates the healing of wounds and ulcers, and also has anti-inflammatory, anesthetic and regenerating properties. Due to its chemical composition and properties, propolis can also be a valuable raw material for the food industry. The aim of this work was to review the literature on the possibility of using propolis as a food ingredient and to assess its role in foodstuffs.

Results and conclusions. Propolis has strong antioxidant and antimicrobial effects, making it an attractive natural product that can be incorporated into foods as a functional ingredient. Enriching food

products with propolis to improve the nutritional value, quality and functionality of food is the subject of numerous studies due to its natural origin and multidirectional impact. The results of published research have shown that propolis can be used in various foods, such as meat, dairy, juices, fruits, oils and seafood, to extend shelf life, prevent lipid oxidation and provide health benefits to consumers. However, numerous propolis compounds have a strong, characteristic taste and aroma, which causes changes in the sensory properties of food.

Key words: propolis, bioactive ingredients, antioxidant activity, food ingredient ☒

GRAŻYNA MORKIS

PROBLEMATYKA ŻYWNOSCIOWA W USTAWODAWSTWIE POLSKIM I UNIJNYM

Publikujemy kolejny przegląd aktów prawnych, które ukazały się w Dzienniku Ustaw RP oraz Dzienniku Urzędowym UE. Poniższe zestawienie zawiera akty prawne dotyczące szeroko omawianej problematyki żywnościowej wg stanu na dzień 30 czerwca 2023 r.

Polskie akty prawne

1. Obwieszczenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 24 kwietnia 2023 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w sprawie terytorialnego zakresu działania oraz siedzib powiatowych i granicznych lekarzy weterynarii (Dz. U. 2023 r., poz. 766).
Obwieszczenie zawiera jednolity tekst rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 25 sierpnia 2004 r. w sprawie terytorialnego zakresu działania oraz siedzib powiatowych i granicznych lekarzy weterynarii. Terytorialnego zakresu działania oraz siedzib powiatowych lekarzy weterynarii zawiera załącznik nr 1 do rozporządzenia, a terytorialnego zakresu działania oraz siedzib granicznych lekarzy weterynarii załącznik nr 2.
2. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dn. 7 kwietnia 2023 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o przeciwdziałaniu nieuczciwym praktykom rynkowym (Dz. U. 2023 r., poz. 845).
Obwieszczenie zawiera jednolity tekstu ustawy z dn. 23 sierpnia 2007 r. o przeciwdziałaniu nieuczciwym praktykom rynkowym.
Ustawa określa nieuczciwe praktyki rynkowe w działalności gospodarczej i zawodowej oraz zasady przeciwdziałania tym praktykom w interesie konsumentów i interesie publicznym.

3. Ustawa z dn. 9 marca 2023 r. o zmianie ustawy o ochronie konkurencji i konsumentów oraz niektórych innych ustaw (Dz. U. 2023 r., poz. 852).
W ustawie z dn. 16 lutego 2007 r. o ochronie konkurencji i konsumentów oraz niektórych innych ustaw wprowadzono szereg zmian.
4. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dn. kwietnia 2023 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o produktach pochodzenia zwierzęcego (Dz. U. 2023 r., poz. 872).
Obwieszczenie zawiera jednolity tekst ustawy z dn. 16 grudnia 2005 o produktach pochodzenia zwierzęcego. Ustawa ta określa właściwości organów w zakresie higieny produktów pochodzenia zwierzęcego, a także żywności zawierającej jednocześnie środki spożywcze pochodzenia niezwierzęcego i produkty pochodzenia zwierzęcego, znajdujące się w rolniczym handlu detalicznym.
5. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 19 maja 2023 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie nabywania uprawnień do wykonywania niektórych czynności związanych z oceną jakości handlowej artykułów rolno-spożywczych oraz dokumentowania tych czynności (Dz. U. 2023 r., poz. 1055).
W rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 18 marca 2016 r. w sprawie nabywania uprawnień do wykonywania niektórych czynności związanych z oceną jakości handlowej artykułów rolno-spożywczych oraz dokumentowania tych czynności wprowadzono zmiany, m.in. nowe brzmienie otrzymał „Wzór zaświadczenia o wpisie do rejestru rzeczoznawców”.
6. Rozporządzenia Ministra Finansów z dn. 26 maja 2023 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie oznaczania wyrobów akcyzowych znakami akcyzy. (Dz. U. 2023 r., poz. 1056).
Wprowadzone zmiany w rozporządzeniu Ministra Finansów z dn. 7 czerwca 2019 r. sprawie oznaczania wyrobów akcyzowych znakami akcyzy dotyczą:
 - nowych wzorów banderoli podatkowej samoprzylepnej umieszczanej na opakowaniach jednostkowych wyrobów spirytusowych i wyrobów winiarskich,
 - nowych wzorów banderoli legalizacyjnej samoprzylepnej umieszczanej na opakowaniach jednostkowych wyrobów spirytusowych i wyrobów winiarskich,
 - nowych wzorów pisma na wstępne zapotrzebowanie na banderole podatkowe i legalizacyjne na wyroby: spirytusowe, winiarskie, tytoniowe - papierosy, tytoniowe – tytoń, susz tytoniowy, płyn do papierosów elektronicznych.
7. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dn. 11 maja 2023 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o paszach (Dz. U. 2023 r., poz. 1149).
Obwieszczenie zawiera jednolity tekst ustawy z dn. 22 lipca 2006 r. o paszach.

Ustawa ta określa właściwości organów w zakresie higieny i urzędowej kontroli pasz oraz dodatków stosowanych w żywieniu zwierząt, a także w zakresie wytwarzania, wprowadzania do obrotu i stosowania pasz leczniczych oraz urzędowej kontroli tych pasz.

8. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dn. 25 maja 2023 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o organizacji rynku mleka i przetworów mlecznych (Dz. U. 2023 r., poz. 1228).

Obwieszczenie zawiera jednolity tekstu ustawy z dn. 20 kwietnia 2004 r. o organizacji rynku mleka i przetworów mlecznych. Ustawa określa zadania i właściwości jednostek organizacyjnych oraz organów w zakresie organizacji rynku mleka i przetworów mlecznych.

Unijne akty prawne

1. Rozporządzenie delegowane Komisji (UE) 2023/589 z dn. 10 stycznia 2023 r. zmieniające rozporządzenie delegowane (UE) 2016/127 w odniesieniu do wymogów dotyczących białka w preparatach do początkowego żywienia niemowląt i preparatów do dalszego żywienia niemowląt z hydrolizatów białkowych (tekst mający znaczenie dla EOG) (DZ.U. UE L 2023 r., 79, s. 40).

W załącznikach do rozporządzenia wprowadzono zmiany dotyczące nowych wymagań białka w preparatach do początkowego żywienia niemowląt i preparatów do dalszego żywienia niemowląt z hydrolizatów białkowych.

2. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2032/949 z dn. 12 maja 2023 r. zezwalające na wprowadzenie na rynek kazeinanu żelaza z mleka jako nowej żywności oraz zmieniające rozporządzenie wykonawcze (UE) 2017/2470 (DZ.U. UE L 2023 r., 128, s. 60).

Zezwolono na wprowadzenie na rynek Unii kazeinanu żelaza z mleka jako nowej żywności. Przez okres 5 lat wyłącznie przedsiębiorstwo Societe de Produits Nestle S.A. ma prawo wprowadzanie na rynek ten produkt. ☒

PODSUMOWANIE VII SYMPOZJUM NAUKOWEGO Z CYKLU „BEZPIECZEŃSTWO ŻYWNOSCIOWE I ŻYWNOSCI”

W dniach 17-19 kwietnia bieżącego roku w Ośrodku Szkoleniowo-Wypoczynkowym SGGW "Marymont" w Kirach (k. Zakopanego) odbyło się VII Sympozjum Naukowe z cyklu „**Bezpieczeństwo Żywnościowe i Żywności**”. Organizatorami Sympozjum był Zakład Higieny i Zarządzania Jakością Żywności SGGW w Warszawie, Polskie Towarzystwo Technologów Żywności - Zarząd Główny oraz Sekcja Bezpieczeństwa Żywności Komitetu Nauk o Żywności i Żywieniu PAN. W tegorocznym wydarzeniu udział wzięło ponad 40 osób reprezentujących ośrodki naukowo-badawcze, takie jak: Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Uniwersytet Rzeszowski, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy im. Jana Długosza w Częstochowie, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego-Państwowy Instytut Badawczy, Uniwersytet Morski w Gdyni, Akademia Nauk Stosowanych w Nowym Sączu, Politechnika Łódzka, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

W trzech sesjach zaprezentowano 27 doniesień ustnych. Przedstawione w sesji pierwszej doniesienia (10 doniesień) koncentrowały się na zagadnieniach związanych z bezpieczeństwem żywności. Zaprezentowane w tej części Sympozjum badania dotyczyły m.in. zanieczyszczenia suszów yerba mate i ich naparów akrylamidem i 5-hydroksymetylofurfurałem, czy żywności ksenobiotykami (bisfenolem A i jego analogami). Zaproponowano także analizę związków lotnych jako markery zanieczyszczenia ziarna przenicy mikrotoksynami, omówiono wpływ jakości cytologicznej mleka na jego pojemność antyoksydacyjną, przedstawiono potencjał bakteriofagów w zapewnieniu bezpieczeństwa mikrobiologicznego żywności, czy też oceniono skuteczność przeciwdrobnoustrojową zimnej plazmy i promieniowania UV-C wobec mikroflory skorupy jaj konsumpcyjnych.

W drugiej sesji kontynuowano omawianie zagadnień związanych z bezpieczeństwem żywności. W części tej zostało zaprezentowanych 8 doniesień, m.in. na temat wpływu związków pochodzenia naturalnego na mikroorganizmy zanieczyszczające żywność, czy zawartości makroskładników pokarmowych w diecie na zdrowie meta-

boliczne i mikrobiom zdrowego ochotnika. Zaprezentowano wpływ nowo opracowanych warunków produkcji na właściwości mikrobiologiczne i fizykochemiczne wyrobów piekarniczych, czy sonifikacji na jakość mięsa liofilizowanego oraz w połączeniu z *Taraxacum officinalis* na stabilność oksydacyjną oraz właściwości przeciwutleniające steków z ligawy wołowej poddanych obróbce metodą sous vide. W jednym z ostanich w tej sesji doniesień przedstawiono analizę porównawczą białek mięsa dzika europejskiego i świni domowej.

W ostatniej, trzeciej sesji Sympozjum "Bezpieczeństwo Żywnościowe i Żywności" zaprezentowano 10 doniesień ustnych. Tematyka wystąpień koncentrowała się wokół takich zagadnień, jak: jakość krajowych i importowanych miodów odmianowych, miód a bakterie powodujące próchnicę zębów, zachowania zdrowotne dzieci z terenów wiejskich powiatu elbląskiego, ocena cateringu dietetycznego na przykładzie diety wegetariańskiej 1200 kcal. Tradycyjnie, w ostatniej sesji dużo uwagi poświęcono bezpieczeństwu żywnościowemu. Przedstawiono związek między brakiem bezpieczeństwa żywnościowego oraz ryzykiem żywieniowym wśród osób starszych w Polsce, oraz stan wiedzy młodych konsumentów na temat bezpieczeństwa oraz marnowania żywności. Zaprezentowano wyniki pokazujące skalę marnotrawstwa żywności w polskich gospodarstwach domowych oraz wpływ uwarunkowań socjo-demograficznych na zjawisko.

Na zakończenie Sympozjum odbyło się posiedzenie Sekcji Bezpieczeństwa Żywności PAN, połączone z podsumowaniem sympozjum, któremu przewodniczyli dr hab. Karolina Wójciak, prof. UPL oraz prof. dr hab. Lesław Juszcak. Uczestnicy sympozjum podczas dyskusji zwrócili uwagę na konieczność organizowania krajowych kampanii społecznych sprzyjających utrwalaniu prawidłowych postaw społecznych przeciwdziałających marnotrawieniu żywności w gospodarstwach domowych.

Kameralna atmosfera, otoczenie przyrody sprawiły, że w czasie Sympozjum chętnie podejmowano wiele ciekawych, inspirujących dyskusji. Pozostaje mieć nadzieję, że zaprezentowane rozwiązania, czy rekomendacje przyczynią się do poprawy bezpieczeństwa żywności i żywnościowego w naszym kraju.

RELACJA Z KROKUSOWEGO XIII SYMPOZJUM NAUKOWEGO „PROBIOTYKI I PREBIOTYKI W ŻYWNOSCI“

Z wielką przyjemnością chcielibyśmy przekazać relację z Krokusowego XIII Sympozjum Naukowego „Probiotyki i prebiotyki w żywności“, które miało miejsce w Ośrodku Marymont SGGW w Kirach koło Zakopanego w dniach 19-21 kwietnia 2023 r.

W tym roku w Konferencji uczestniczyło 38 naukowców z następujących ośrodków naukowo-badawczych: Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego – Państwowy Instytut Badawczy, Uniwersytet Rzeszowski, Politechnika Łódzka, Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy im. Jana Długosza w Częstochowie, Warszawska Akademia Medyczna, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, PROLAB Sp. z o.o. Sp. Komandytowa, Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – PZH PIB w Warszawie oraz Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie.

Zakres tematyczny Sympozjum obejmował zagadnienia dotyczące żywności probiotycznej, z czy z dodatkiem prebiotyków czy synbiotyków oraz aspektów zastosowania drobnoustrojów o właściwościach probiotycznych i prebiotyków.

W kameralnej atmosferze i w pięknym otoczeniu przyrody zostało poruszonych wiele ciekawych aspektów Zaprezentowano 24 doniesienia. Dyskusja dotyczyła takich tematów jak:

„Postbiotyki w żywności”, „Aktywność przeciwdrobnoustrojowa mieszaniny postbiotyków bakterii fermentacji mlekowej i kwasu octowego wobec enteropatogenów przenoszonych przez żywność i bakterii powodujących psucie – badania *in vitro*”, „Właściwości immunomodulacyjne i antyoksydacyjne szczepów bakterii fermentacji mlekowej wyizolowanych z żywności w modelach *in vitro*”, „Wpływ suplementacji probiotycznej na zdrowie metaboliczne i mikrobiom zdrowego ochotnika oraz w sztucznym przewodzie pokarmowym (SHIME®)”, „Wpływ skarmiania trzody chlewnej innowacyjną paszą z dodatkiem fermentowanego rzepaku na ich mikrobiotę”, „Wpływ cieczy po hodowli probiotycznych bakterii kwasu mlekowego na właściwości powierzchniowe bakterii z rodzaju *Staphylococcus*”, „Charakterystyka wybranych właściwości funkcjonalnych bakterii kwasu octowego”, „Wpływ zastosowania bakterii kwasu octowego na właściwości fizykochemiczne kielbas surowo dojrzewających”,

„Wpływ dodatku inuliny i błonnika jabłkowego na jakość probiotycznych lodów z mleka owczego”, „Właściwości prebiotyczne przetworów warzywno-owocowych wzbogaconych błonnikowym preparatem ze skrobi ziemniaczanej”, „Analiza prebiotycznych właściwości młóta browarnianego”, „Wpływ odpornej dekstryny na wybrane markery oddziaływania zdrowotnego (badania *in vitro*)”, „Aktywność prebiotyczna preparatów z dodatkiem nutriozy”, „Możliwości zastosowania probiotyków i prebiotyków w prehabilitacji”, „Ocena zachowań konsumentów w odniesieniu do produktów probiotycznych w okresie ustępującej pandemii Covid-19”, „Innowacyjny mus owocowo-warzywny z dodatkiem *Chlorella vulgaris* oraz probiotycznych bakterii *Levilactobacillus brevis* ŁOCK 0944”, „Wpływ kultur starterowych na określone cechy jakościowe napoju owsianego w czasie chłodniczego przechowywania”, „Zastosowanie szczepu probiotycznego *Lactiplantibacillus plantarum* PL8 w produkcji wyrobów czekoladowych o porowatym rdzeniu”, „Przeżywalność szczepów środowiskowych z rodzaju *Bifidobacterium* w serach twarogowych w czasie chłodniczego przechowywania”, „Zastosowanie środowiskowych bakterii fermentacji mlekowej o aktywności antyoksydacyjnej w produkcji ekologicznych kiełbas dojrzewających”, „Zastosowanie wybranych szczepów środowiskowych bakterii fermentacji mlekowej w produkcji mięsa drobiowego oddzielonego mechanicznie”, czy „Wpływ zastosowanej odmiany dyni na wybrane parametry jakości potencjalnie funkcjonalnych deserów mrożonych”.

Uczestnicy po pierwszym dniu Sympozjum mieli możliwość uczestnictwa w wycieczce do nowo otwartego Muzeum Tatrzańskiego im. Tytusa Chałubińskiego w Zakopanem. Z kolei drugiego dnia Sympozjum wybrano Zarząd Główny nowo powołanej Sekcji Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności „Probiotyki i Prebiotyki”. Prezesem Sekcji PTTŻ „Probiotyki i Prebiotyki” została Pani dr hab. inż. Dorota Zielińska, prof. SGGW (Szkola Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie), wiceprezesem Sekcji została ogłoszona Pani prof. dr hab. inż. Elżbieta Klewicka (Politechnika Łódzka), a Pani dr inż. Katarzyna Neffe-Skocińska (Szkola Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie) wybrana została Sekretarzem Sekcji. Celem Sekcji będzie działalność naukowa, dydaktyczna i popularyzatorska skupiona na zagadnieniach związanych z wykorzystaniem drobnoustrojów o właściwościach probiotycznych i substancji prebiotycznych w produkcji żywności. Już dziś zapraszamy za kolejne, już XIV Sympozjum w 2014 roku! Wszystkim prelegentom serdecznie gratulujemy i dziękujemy za zaprezentowanie niezwykle ciekawych referatów! A wszystkim uczestnikom Sympozjum dziękujemy za aktywny udział w dyskusji.

KOLEJNA SESJA MŁODEJ KADRY NAUKOWEJ ZA NAMI ...



XXVII Sesja Naukowa SMKN

Xth International Session

Rozwój Nauk o Żywności. Zrównoważona przyszłość

Food Science Development. Sustainable future

Warszawa, 11-12.05.2023

W dniach 11-12. maja 2023 r. w Warszawie miała miejsce kolejna, już XXVII Sesja Naukowa Sekcji Młodej Kadry Naukowej pod hasłem „Rozwój Nauk o Żywności. Zrównoważona przyszłość” i Xth International Session of Young Scientific Staff „Food Science Development. Sustainable Future”.

Warszawskie spotkanie Młodych Naukowców zostało objęte patronatem Komitetu Nauk o Żywności i Żywieniu PAN oraz Stowarzyszenia Naukowo-Technicznego Przemysłu Spożywczego. Konferencja uzyskała również niezwykle pomocne wsparcie sponsorów: firmy PK Components (sponsor główny), firmy Animex Foods (partner merytoryczny, sponsor), FOSS, Eppendorf, Delta Optical, Zentis, Kaczmarek Komponenty, Bracia Kowalscy, Food processing in a box, Victoria Cymes, Merazet, Rogowski, Helpa, Ozdowscy, Food bugs, EQVegan, Hortimex, Szkoła Doktorska SGGW, Podkawa. Partnerem wydarzenia była także Coca cola HBC Polska producent napojów pod marką Coca Cola.

Wydarzenie to już na stałe wpisane jest kalendarz krajowych konferencji naukowych, poświęconych tematyce żywności i żywienia. Młodzi Naukowcy od wielu lat spotykają się w maju, aby zacieśnić wzajemne więzi i nawiązać przyszłe kontakty w obszarze prowadzonych prac. Każdy, kto zna proponowany przez SMKN PTTŻ wymiar spotkań, wie doskonale jak niezwykłymi są te dni łączące aspekt naukowy i integracyjny. Wiele dobrego niezmiennie Konferencja zawdzięcza gronu Komitetu Naukowego. W tym roku Sesję merytorycznie wspierali wybitni naukowcy: prof. dr hab. Joanna Stadnik (UP Lublin), prof. dr hab. Agnieszka Kita (UP Wrocław), prof. dr hab. Małgorzata Dżugan (UR Rzeszów), prof. dr hab. Danuta Kołożyn-Krajewska

(SGGW Warszawa), prof. dr hab. Małgorzata Nogala-Kałużka (UP Poznań), prof. dr hab. Lesław Juszcak (UR Kraków), prof. dr hab. Tadeusz Sikora (UE Kraków), dr hab. Katarzyna Marciniak-Lukasiak, prof. SGGW (SGGW Warszawa), dr hab. Dorota Piasecka-Kwiatkowska, prof. UPP (UP Poznań), prof. dr hab. Ewa Domian (SGGW Warszawa), prof. dr hab. Mirosław Słowiński (SGGW Warszawa), prof. dr hab. Dorota Witrowa-Rajchert (SGGW Warszawa), dr hab. Ewa Jakubczyk, prof. SGGW (SGGW Warszawa), dr hab. Agata Marzec, prof. SGGW (SGGW Warszawa), dr hab. Dorota Pietrzak (SGGW Warszawa), dr hab. Rafał Wołosiaś (SGGW Warszawa). Swoją obecność zaznaczyli Uczestnicy z całej Polski: Olsztyna, Rzeszowa, Szczecina, Wrocławia, Lublina, Częstochowy, Gdańsk, Kraków, Poznań, Bydgoszcz, Warszawy, jak i z zagranicy: Grecji i Włoch.

Tematycznie tegoroczna Sesja skupiła się wokół modyfikacji technologicznych i procesowych, trendów żywieniowych, bioaktywnych składników żywności, szerokiej analizy żywności, bezpieczeństwa konsumentów w świetle zrównoważonego rozwoju, innowacji i biotechnologii, oraz ekologicznych rozwiązań w tym obszarze.

Warszawa przywitała ponad 120 Uczestników (w tym 10 z zagranicy) słonecznie i ciepło, rozpoczynając spotkanie grą terenową na Kampusie SGGW już w środę 10. maja. Kolejne dni, poświęcone były w pełni nauce – 11. maja w wersji polskojęzycznej, i 12. maja w wersji anglojęzycznej. Pierwszego dnia w ciągu 6 sesji plenarnych wygłoszono 46 referatów, zaś drugiego dnia podczas 2 sesji plenarnych mogliśmy wysłuchać 12 referatów i 29 e-posterów. Całość spotkania zwieńczyła uroczysta Kolać w murach Restauracji Wilanów - Tajemniczy Ogród.

Jak co roku, nasze obrady uświetnili swoimi wykładami plenarnymi zaproszeni prelegenci: dr hab. Edyta Malinowska - Pańczyk, prof. PG "Przechowywanie hiperbaryczne żywności – obiecująca technika przyszłości", dr hab. inż. Hanna Kowalska, prof. SGGW "Osmotyczne odwadnianie surowców roślinnych w kształtowaniu jakości suszonych przekąsek", dr hab. inż. Anna Bzducha-Wróbel "Czy drożdże mogą żywić świat? Zrównoważone rozwiązanie dla przeciwdziałania zmianom klimatycznym", dr Urszula Tylewicz, University of Bologna "Non-thermal technologies for more efficient and sustainable food processing", dr Ioannis Mourtzinis, Aristotle University of Thessaloniki "Novel approaches for the recovery of bioactive compounds from foods and agro-industrial by-products", dr hab. Małgorzata Nowacka, prof. SGGW "Food processing in a box – Fox Project".

Wzorem ubiegłej Sesji, podczas obrad Pani Prezes PTTŻ prof. dr hab. Joanna Stadnik i prof. dr hab. Agnieszka Kita, wręczyły zasłużoną statuetkę za najlepszą pracę doktorską z zakresu nauk o żywności dla Pani dr inż. Kingi Samborskiej (SGGW w Warszawie), pod tytułem "Wpływ dodatku wybranych składników wzbogacających na przebieg odwadniania osmotycznego i suszenia hybrydowego oraz jakości suszonych jabłek".

Spośród wszystkich Uczestników, tradycyjnie już Komitet Naukowy wyłonił Laureatów w ramach konkursu doniesień. W ramach poszczególnych sesji nagrody przyznano:

1) za referat w języku polskim:

mgr inż. Paulina Chraniuk – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

mgr inż. Anna Kościelak – Politechnika Gdańska

dr inż. Justyna Szczepańska – Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego – Państwowy Instytut Badawczy

mgr inż. Magdalena Karwacka – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

mgr inż. Katarzyna Wierchowska – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

mgr inż. Dominika Popielarz – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

bezpłatna publikacja w czasopiśmie Przemysł Spożywczy:

dr inż. Michał Miłek – Uniwersytet Rzeszowski

mgr inż. Natalia Polak – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

mgr inż. Anna Ignaczak – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

inż. Magdalena Trusińska – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

mgr inż. Dominika Popielarz – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Michał Płader - Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

2) za referat w języku angielskim:

MSc Anastasia Loukri – Aristotle University of Thessaloniki

MSc Bharani Kumar Palani – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

bezpłatna publikacja w Polish Journal of Food and Nutrition Sciences:

MSc Anastasia Loukri – Aristotle University of Thessaloniki

3) za e-postery w języku angielskim:

MSc Pascaline Uwineza – Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

MSc Hayat Hassen – Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

mgr inż. Joanna Kanabus – Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego w Warszawie im. Wacława Dąbrowskiego – Polski Instytut Badawczy

dr inż. Bartłomiej Zieniuk – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

dr inż. Michał Miłek – Uniwersytet Rzeszowski

MSc Naglaa Ahmed – Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Ogromnie podziękowania kierujemy do całego Komitetu Organizacyjnego Konferencji, który starał się zachować znaną Młodym Naukowcom atmosferę otwartości i współpracy i owocnie zorganizował całe to majowe wydarzenie, na czele z dr hab. Agatą Fabiszewską (SGGW) i Panią Prezes Oddziału Warszawskiego PTTŻ, dr hab. Agatą Marzec, prof. SGGW.

Wszystkim Uczestnikom SMKN 2023 dziękujemy za liczną obecność, Komitetowi Naukowemu – za niezawodne i wartościowe wsparcie merytoryczne, zaś Laureatom nagród - serdecznie gratulujemy sukcesu! Kolejna Sesja Młodej Kadry Naukowej już za rok, tym razem w murach Politechniki Gdańskiej.

Sesje Młodej Kadry Naukowej zawsze cieszą się miłą atmosferą i niezapomnianymi chwilami spędzonymi w gronie Młodych Naukowców z całego kraju. Liczymy, że kolejna Sesja w Gdańsku w maju 2024 roku dostarczy nam równie ciepłych wspomnień, jak tegoroczne spotkanie naukowe w Warszawie i ponownie będzie przyczyniała się poszanowania wzajemnych osiągnięć w naukach żywieniowych.

dr inż. Monika Przeor
Przewodnicząca Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

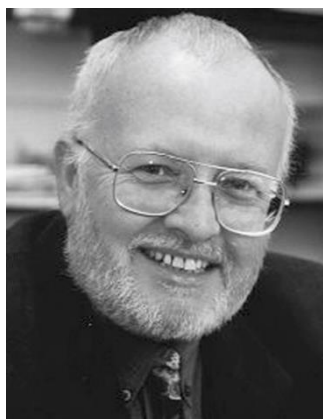
Konferencja dofinansowana ze środków Ministerstwa Edukacji i Nauki na podstawie umowy nr DNK/SP/549801/2022 w ramach środków przeznaczonych na działalność upowszechniającą naukę w ramach programu „Doskonała Nauka”. Nazwa projektu „XXVII Sesja Naukowa Sekcji Młodej Kadry Naukowej”.

Z ŻAŁOBNEJ KARTY

WSPOMNIENIE O PROF. DR HAB. KRZYSZTOFIE KRYGIERZE

PROF. DR HAB. KRZYSZTOF KRYGIER

1949 - 2023



Dnia 24 maja 2023 r. w Warszawie zmarł prof. dr hab. Krzysztof Krygier wspianały nauczyciel akademicki SGGW, wychowawca wielu pokoleń młodzieży, wybitny naukowiec i popularyzator wiedzy, a przede wszystkim życzliwy człowiek emanujący zawsze optymizmem i pozytywną energią. Takim pozostanie w naszej pamięci. Został pochowany 6 czerwca 2023 na warszawskich Powązkach.

Prof. dr hab. Krzysztof Krygier pracował jako nauczyciel akademicki na Wydziale Technologii Żywności w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie od 1972 roku. Początkowo w Zespole Technologii Mięsa i Tłuszczów w ramach Instytutu Technologii Żywności. Następnie od 1992 roku w Katedrze Technologii Zbóż, Nasion Oleistych i Koncentratów Spożywczych, pełniąc funkcję Kierownika Zakładu Technologii Tłuszczów i Koncentratów Spożywczych, aż do roku 2016. Profesor aktywnie uczestniczył w pracach Rady Wydziału, był członkiem wielu komisji czelnianych i wydziałowych, współpracował z czasopismami naukowymi, m.in. był członkiem Rady Programowej i Rady Recenzentów European Journal of Lipid Science and Technology. W naukowej współpracy międzynarodowej pełnił m.in. funkcję członka zarządu European Federation of the Science and Technology of Lipids i Przewodniczącego Europejskiego Kongresu Lipidowego.

Dorobek naukowy prof. dr hab. Krzysztofa Krygiera jest znaczący i obejmuje ogółem ponad 200 publikacji naukowych. O dużym uznaniu w świecie naukowym świadczy wysoka cytowalność prac Profesora zarówno w czasopismach naukowych krajowych jak i zagranicznych. Jego aktywność naukowa dotyczyła przede wszystkim szeroko rozumianej nauki o tłuszczach. Szczególne osiągnięcia wiązały się z badaniami oleju rzepakowego, olejów tłoczonych na zimno, analizą procesu utleniania

tłuszczów i możliwościami ograniczenia zmian oksydacyjnych, np. przez zastosowanie przeciwutleniaczy. Szereg prac z tego zakresu znalazło zastosowanie w praktyce przemysłowej. Prowadził też prace nad monitorowaniem i ograniczeniem degradacji tłuszczu podczas smażenia. Był m.in. współautorem tekstu Rozporządzenia Ministra Zdrowia w sprawie bezpieczeństwa tłuszczów stosowanych do smażenia.

Prof. dr hab. Krzysztof Krygier wypromował 15 doktorów, ponad 150 magistrów i inżynierów. Opracował ponad 100 recenzji dotyczących m.in.: całokształtu dorobku na tytuł naukowy profesora, dorobku na stanowisko profesora, dorobku i prac habilitacyjnych, książek i podręczników, artykułów naukowych, projektów badawczych, programów nauczania. Był współautorem kilku książek naukowych, m.in. „Safety in AgriFood Chain” i „Współczesna margaryna”, „Olej rzepakowy – nowy surowiec, nowa prawda”.

Bardzo ważną rolę w jego życiu odgrywała działalność dydaktyczna. Prof. dr hab. Krzysztof Krygier prowadził zajęcia nie tylko z szeroko rozumianej tematyki tłuszczowej, ale również opracował i zainicjował wykłady z przedmiotów takich jak, „Dodatki do żywności”, „Żywność specjalna” i „Żywność funkcjonalna” Przekazując wiedzę starał się łączyć teorię z praktyką. Dlatego zajęcia terenowe, staże i praktyki przemysłowe w zakładach przemysłu spożywczego były nieodłączną częścią zajęć specjalizacyjnych. Zajęcia prowadzone przez Profesora były bardzo wysoko oceniane przez studentów. Został doceniony przez Samorząd Studentów SGGW, który przyznał Mu wyróżnienie dla Mistrza Edukacji w kategorii Mistrz Dydaktyki.

Prof. dr hab. Krzysztof Krygier był członkiem i brał czynny udział w pracach wielu stowarzyszeń i organizacji branżowych. Był wiceprezesem Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności w latach 2001-2012, Przewodniczącym Sekcji Chemii i Technologii Tłuszczów PTTŻ w latach 1999-2001 i 2003-2013, oraz członkiem Komitetu Redakcyjnego czasopisma ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość. Był wieloletnim członkiem Rady Naukowej przy Polskiej Federacji Producentów Żywności. Wielokrotnie wspierał działania Federacji dotyczące rozpowszechniania rzetelnych i wiarygodnych informacji o żywności, m.in. biorąc udział w pracach Rady ds. Diety, Aktywności Fizycznej i Zdrowia przy Ministrze Zdrowia, będąc ekspertem w trakcie konferencji i warsztatów organizowanych przez Federację. Professor był członkiem honorowym Polskiego Stowarzyszenia Producentów Oleju. Był dumny z wieloletniej współpracy z producentami oleju rzepakowego. Był twarzą kampanii "Pokochaj olej rzepakowy" i "Olej rzepakowy skarbem Europy". Konikiem Profesora Krygiera było popularyzowanie wiedzy o dodatkach do żywności, olejach i tłuszczach, o żywności funkcjonalnej. Bardzo chętnie odpowiadał na zaproszenia z radia i telewizji.

Niestety nastał dzień, w którym musimy pogodzić się z Jego nieobecnością. Nieobecnością człowieka, którego będzie nam brakowało.

TECHNOLOG ŻYWNOSCI

INFORMATOR POLSKIEGO TOWARZYSTWA TECHNOLOGÓW ŻYWNOSCI

Rok 33 Nr 2

kwiecień 2023

ZEBRANIE ZARZĄDU GŁÓWNEGO PTTŻ XII KADENCJI

Dnia 29 czerwca 2023 r. odbyło się zebranie Zarządu Głównego Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności XII kadencji w formie zdalnej. Spotkanie otworzyła Prezes Zarządu Głównego prof. Joanna Stadnik i przedstawiła sprawozdanie z działalności Prezydium ZG PTTŻ w okresie kwiecień - czerwiec 2023 r. W dalszej kolejności omówiono sprawy organizacyjne Towarzystwa i przyjęto sprawozdania: merytoryczne i finansowe z działalności PTTŻ za rok 2022. Następnie Prezesi Oddziałów przedstawili informacje dotyczące składek członkowskich za rok 2023. Przekazano również informację o wynikach konkursu na najlepszą pracę doktorską z zakresu nauk o żywności obronioną w 2022 r. W dalszej kolejności ogłoszono wyniki konkursu na najlepszą publikację w czasopiśmie ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość w roku 2022. Następnie omówiono i zatwierdzono terminarz Sesji Naukowych SMKN PTTŻ na lata 2024-2034. Na koniec Pani Prezes podsumowała spotkanie i podziękowała członkom Zarządu za uczestnictwo.

WAŻNIEJSZE KRAJOWE I ZAGRANICZNE KONFERENCJE NAUKOWE W ROKU 2023

Czerwiec

14 - 16 BELGRAD, SERBIA = **XXII Congress EuroFoodChem**

Organizator: Food Chemistry Division of EuChemS and Serbian Chemical Society.

Informacje: <https://xxiieurofoodchem.com/>

Lipiec

05 - 07 PARYŻ, FRANCJA - **7th International ISEKI-Food Conference.**

Informacje: <https://iseki-food2023.isekiconferences.com/>

10 – 11 PRAGA, REPUBLIKA CZESKA - **35th International Conference on Food Science and Technology**

Informacje: <https://foodscience.foodtechconferences.com/>

Sierpień

- 09 – 10 LONDYN, WIELKA BRYTANIA - **5th International Conference on Food Science & Technology**
Organizator: Inovine Meetings LLC.
Informacje: <https://foodtechnology.inovineconferences.com>
- 14 - 17 BURGAS, BULGARIA - **11th International Conference Agriculture & Food**.
Organizator: Science & Education Foundation, Bulgaria.
Informacje: <https://www.sciencebg.net/en/conferences/agriculture-and-food/>
- 16 - 17 BARCELNA, HISZPANIA - **International Conference on Food Processing Technology ICFPT**.
Organization: World Academy of Science, Engineering and Technology
Informacja: <https://waset.org/food-processing-technology-conference-in-august-2023-in-barcelona>

Wrzesień

- 07 - 08 RZYM, WŁOCHY – **8th Conference on Innovations In Nutrition and Food Science**
Informacje: <https://nutrition-foodscience.org/>
- 7 ŁÓDŹ II Konferencję Naukową „Postępy w utrwalaniu żywności – na styku nauki i praktyki”
Organizatorzy: Instytut Technologii Fermentacji i Mikrobiologii Politechniki Łódzkiej oraz Komitet Nauk o Żywności i Żywieniu PAN
Informacje: <http://mikrobiologia.p.lodz.pl/ii-konferencja-naukowa-3>
Kontakt: Dr inż. Magdalena Efenberger-Szmechtyk;
e-mail: konferencjautrwalanie@info.p.lodz.pl; tel. 42 631 34 86
- 17 – 20 POZNAŃ – 19 Międzynarodowy Kongres Naukowy EuroFedLipid „*Fats, oils and lipids: From raw materials to consumer expectation*”. Organizatorzy: European Federation for the Science and Technology of Lipids, Polskie Towarzystwo Technologów Żywności Sekcja Chemii i Technologii Tłuszczów, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu.
Informacje: www.eurofedlipid.org/meetings/poznan2023
- 18 - 20 WIELICZKA-KRAKÓW – **5 Polski Kongres Reologii**. Organizatorzy: Polskie Towarzystwo Reologii Technicznej, Wydział Technologii Żywności Uniwersytet Przyrodniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Polskie Towarzystwo Technologów Żywności Oddział Małopolski. Patronat: Komitet Nauk o Żywności i Żywieniu PAN.
Informacje: <https://pkr.urk.edu.pl/>; Kontakt: pkr@urk.edu.pl

- 18 - 21 PRAGA, REPUBLIKA CZESKA - FBHC 2023 **4th International Conference on Food Bioactives & Health**.
Organizator: Institute of Microbiology of the Czech Academy of Sciences.
Informacje: <https://fbhc2023.com/>
- 21 - 22 KRAKÓW - XV Ogólnopolska Konferencja Naukowa z cyklu "Żywność XXI wieku" **"Żywność jako wyzwanie dla nauki i przemysłu"**
Organizatorzy: Polskie Towarzystwo Technologów Żywności Oddział Małopolski, Wydział Technologii Żywności Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie.
Informacje: <https://pttzm.org/>;
Kontakt: dr hab. inż. prof. URK Dorota Gałkowska, tel. (12) 662 47 77; e-mail: zywnoscxxi@urk.edu.pl;
Zgłoszenia: https://wtz.urk.edu.pl/konferencja_zywnosc_XXI_wieku.html
- 6 - 8 WALENCJA, HISZPANIA – **37th EFFoST International Conference Sustainable Food and Industry 4.0: Towards the 2030 Agenda**. Organizator: The European Federation of Food Science and Technology.
Informacje: <https://effostconference.com/>

Październik

- 10 - 12 DREZNO, NIEMCY – **3rd Food Chemistry Conference: Shaping a healthy and sustainable food chain through knowledge**.
Organizator: Elsevier
Informacje: <https://www.elsevier.com/events/conferences/food-chemistry-conference>

CZŁONKOWIE WSPIERAJĄCY POLSKIEGO TOWARZYSTWA TECHNOLOGÓW ŻYWNOSTCI

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**

FOOD. Science. Technology. Quality

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

No 2 (135)

Kraków 2023

Vol. 30

CONTENTS

From the Editor	3
MAŁGORZATA MISZTAŁ-SZKUDLIŃSKA, JUSTYNA OŚKO, JOANNA BRZEZIŃSKA-ROJEK, SVITLANA SAGATOVYCH, MAŁGORZATA GREMBECKA: Dietary supplements and fortified foods as means of diet supplementation with iron	5
MAGDALENA MIKUS, SABINA GALUS: Biopolymer active materials for food	18
IGA PIASECKA, EWA OSTROWSKA-LIGĘZA, STANISŁAW KALISZ, AGATA GÓRSKA: The characteristics of thermal properties of black currant and red currant seeds	33
NATALIA POLAK, STANISŁAW KALISZ, ADAM WAWRZYŃCZAK, BARTOSZ KRUSZEWSKI: The effect of storage time on selected quality characteristics of mixed juices made from black chokeberry and honeysuckle berry	45
ANNA MIKULEC, MAREK ZBOROWSKI, URSZULA CISOŃ-APANASEWICZ, ALEKSANDRA STAWIARSKA, AGNIESZKA RUDZKA, STANISŁAW KOWALSKI: The state of knowledge on food safety and food waste among young consumers	57
MAŁGORZATA KOSTECKA, JULIANNA KOSTECKA, GABRIELA GUTOWSKA, KAROLINA JACHIMOWICZ-ROGOWSKA, KATARZYNA KOLASA, MONIKA BOJANOWSKA: Has the covid-19 pandemic affected the nutrition of pre-school-age children with food allergies?	82
SZCZEPAN MIKOŁAJCZYK, MAŁGORZATA WARENIK-BANY, MAREK PAJUREK: Dioxins, furans and pcbs in imported marine fish – consumer exposure	96
NIKOLA MACIEJEWSKA, ANNA SZOSLAND-FAŁTYN, BEATA BARTODZIEJSKA: Survivability of environmental bifidobacterium spp. and lactic acid bacteria in curd cheese (tvarog) produced using environmental culture	109
LESŁAW JUSZCZAK, AGNIESZKA CABAJ: Propolis as a functional food ingredient	144
GRAŻYNA MORKIS: Food problems in Polish and EU legislation	163
Summary of the 7th Scientific Symposium from the series "Food security and food safety"	166
Report from the Crocus XIII Scientific Symposium "Probiotics and prebiotics in food"	168
Contemporary terms: Prof. dr hab. Krzysztof Krygier 1949 - 2023	174
The Food Technologist.....	176

Only reviewed papers are published

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

© mikelaptev - Fotolia.com



Wydawnictwo Naukowe PTTŻ
30-149 Kraków, ul. Balicka 122
e-mail: redakcja@pttz.org
www.wydawnictwo.pttz.org