

ŻYWNOŚĆ W XXI WIEKU OD PRODUCENTA DO KONSUMENTA

Praca pod redakcją:

Doroty Gałkowskiej, Stanisława Kowalskiego, Gabrieli Zięć

Kraków 2021 r.

**POLSKIE TOWARZYSTWO TECHNOLOGÓW ŻYWNOŚCI
ODDZIAŁ MAŁOPOLSKI**

**WYDZIAŁ TECHNOLOGII ŻYWNOŚCI
UNIwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja
w Krakowie**

KOMITET NAUK O ŻYWNOŚCI PAN

**ŻYWNOŚĆ W XXI WIEKU
OD PRODUCENTA DO KONSUMENTA**

**Dorota Gałkowska, Stanisław Kowalski, Gabriela Zięć
(redaktorzy)**

Kraków, 2021 r.

Recenzenci Naukowi

dr hab. inż. Emilia Bernaś, prof. URK; dr hab. inż. Wiktor Berski, prof. URK; dr Urszula Błaszczuk; dr hab. inż. Barbara Borczak, prof. URK; dr Iwona Drożdż; prof. dr hab. inż. Agnieszka Filipiak-Florkiewicz; dr hab. inż. Dorota Gałkowska, prof. URK; dr hab. Maja Grabacka, prof. URK; dr hab. inż. Dorota Gumul, prof. URK; prof. dr hab. inż. Lesław Juszczyk; dr hab. inż. Joanna Kapusta-Duch, prof. URK; dr hab. inż. Karen Khachatryan, prof. URK; prof. dr hab. inż. Aneta Kopeć; dr hab. inż. Anna Korus, prof. URK; dr hab. inż. Stanisław Kowalski, prof. URK; dr hab. inż. Piotr Kulawik, prof. URK; dr Marta Liszka-Skoczylas; dr hab. inż. Marcin Łukasiewicz, prof. URK; dr inż. Ireneusz Maciejaszek; prof. dr hab. inż. Władysław Migdał; dr hab. Magdalena Mika, prof. URK; dr inż. Paulina Pająk, prof. URK; mgr inż. Michał Pancerz; dr Ewa Piątkowska, prof. URK; dr inż. Agnieszka Pluta-Kubica; dr hab. inż. Agnieszka Rybowska, prof. UMG; dr hab. Anna Sadowska-Rociek, prof. URK; dr hab. inż. Marek Sady, prof. URK; prof. dr hab. inż. Paweł Satora; dr Łukasz Skoczylas, prof. URK; dr Joanna Sobolewska-Zielińska; dr Robert Socha, prof. URK; dr inż. Anna Stępień; dr hab. Magdalena Surma, prof. URK; prof. dr hab. inż. Krzysztof Surówka; dr hab. Ewelina Węsierska; dr hab. inż. Mariusz Witczak, prof. URK; dr hab. inż. Teresa Witczak, prof. URK; dr Gabriela Zięć; dr hab. Rafał Ziobro, prof. URK

Projekt okładki

mgr inż. Michał Pancerz

Wydawca

Polskie Towarzystwo Technologów Żywności
Wydawnictwo Naukowe PTTŻ,
31-149 Kraków, ul. Balicka 122,
e-mail: redakcja@pttz.org

© Copyright by Polskie Towarzystwo Technologów Żywności, Kraków 2021

ISBN 978-83-953897-2-6

Wydawnictwo finansowane w ramach umowy DNK/SN/465057/2020 ze środków
Ministra Edukacji i Nauki w ramach programu „Doskonała nauka” – moduł: wsparcie
konferencji naukowych

Za treść zamieszczonych materiałów odpowiadają ich autorzy.

Spis treści

Andrzej Baryga, Bożenna Poleć

Wykorzystanie pofermentu z procesu fermentacji wysłodków buraczanych
w perspektywie uzyskania wysokiej jakości surowca do produkcji cukru.....6

*Lucia Benešová, Silvia Jakabová, Michaela Lechocká, Ladislav Ondruš, Jozef Čapla,
Jozef Golian*

Textural properties of cod fish depending on the country of origin20

Wiktor Berski, Edyta Maja Kutyla-Kupidura, Marek Sikora

Physical properties of sucrose-free muffins sweetened with xylitol and acesulfame K
blends.....27

Urszula Błaszczyk

Potencjalne zastosowanie bakteriocyn o strukturze cyklicznej do konserwowania
żywności38

Barbara Borczak, Marek Sikora, Joanna Kapusta-Duch, Weronika Morawiec

Analiza porównawcza właściwości żywieniowych chrupek ziemniaczanych i pszenno-
ziemniaczanych49

Barbara Borczak, Marek Sikora, Joanna Kapusta-Duch, Weronika Kubas

Wpływ dodatku wybranych substancji intensywnie słodzących na aktywność
antyoksydacyjną herbatników bezcukrowych59

Agnieszka Cholewa-Wójcik, Agnieszka Kawecka

Wzornictwo opakowań produktów typu snack – perspektywa konsumenta68

Tomasz Dziubyna, Ewa Piątkowska

Wpływ diety na funkcjonowanie układu pokarmowego w celiakii – badania ankietowe.83

Iwona Gientka, Monika Malitka, Wiktoria Sobol

Porównanie fermentacji napojów kombucha przygotowanych na bazie herbat owocowych
i ziołowych99

Jadwiga Glica, Marzena Danowska-Oziewicz, Karolina Zawojek

Pączki, faworki i marcepan – przysmaki warmińsko-mazurskiej kuchni w aspekcie oceny
organoleptycznej i wartości odżywczej110

*Dorota Gumul, Anna Areczuk, Renata Sabat, Anna Wywrocka-Gurgul, Katarzyna
Szary-Sworst*

Porównanie składu chemicznego ziemniaków o różnym kolorze mięszu127

Jolanta Gut, Małgorzata Krzywonos, Agnieszka Piekara

Winnice w Polsce137

<i>Silvia Jakabová, Lucia Benešová, Peter Zajác, Jozef Golian</i> Changes in fatty acids in frozen and heat-treated fillets of freshwater and saltwater fish species.....	151
<i>Joanna Kapusta-Duch, Paulina Knop</i> Zmiany zawartości polifenoli ogółem w kapuście kiszzonej białej chłodniczo składowanej pochodzącej z upraw konwencjonalnych i ekologicznych	160
<i>Paulina Kęska, Joanna Stadnik</i> Biologicznie aktywne peptydy hamujące działanie dipeptydylopeptydazy IV jako strategia przeciw cukrzycy typu 2	173
<i>Paulina Kęska, Karolina Ferysiuk, Karolina M. Wójciak, Adrianna Stasiewicz</i> Wpływ dodatku ekstraktu z <i>Silybum marianum</i> na wybrane wyróżniki jakości sterylizowanych konserw wieprzowych	184
<i>Paulina Kęska, Karolina Wójciak, Joanna Stadnik, Natalia Łatwińska</i> Ocena możliwości zastosowania ekstraktu z ostropestu plamistego w konserwie wieprzowej sterylizowanej jako czynnika kształtującego potencjał przeciwtleniający produktu.....	198
<i>Radosław Kowalski, Urszula Pankiewicz, Grażyna Kowalska, Jakub Wyrostek, Monika Sujka, Artur Mazurek, Marzena Włodarczyk-Stasiak, Ewelina Zielińska</i> Ocena możliwości wykorzystania pozostałości poekstrakcyjnych pąków goździkowca korzennego jako wtórnego surowca olejowego	208
<i>Lidia Kurp, Marzena Danowska-Oziewicz, Elżbieta Sikora</i> Wiedza i opinie konsumentów na temat batatów i ich wykorzystania w produkcji potraw	218
<i>Justyna Libera, Agnieszka Latoch</i> Zastosowanie liofilizatu z ostropestu plamistego w technologii kiełbas dojrzewających o obniżonym dodatku azotanu(III) sodu.....	228
<i>Małgorzata Makarewicz, Agata Nykaza</i> Wpływ wodnych ekstraktów z czystka (<i>Cistus</i> L.) na wzrost wybranych drobnoustrojów probiotycznych	239
<i>Diana Mańko-Jurkowska, Agata Górka</i> Heat-induced denaturation and gelation of whey protein-stabilized emulsions: a review	255
<i>Aneta Ociecek, Dominika Mesinger, Dominika Kamińska</i> Porównanie właściwości sorpcyjnych wybranych typów kaszek dla dzieci w kontekście szacowania ich stabilności przechowalniczej	266

<i>Monika Pliszka, Małgorzata Darewicz</i>	
Badania <i>in silico</i> oraz <i>in vitro</i> peptydów z hydrolizatów białek żywności w aspekcie profilaktyki zespołu metabolicznego	278
<i>Urszula Pomietło, Natalia Imburska, Ewa Piątkowska</i>	
Badanie nawyków i zwyczajów żywieniowych wybranej populacji w kontekście ryzyka rozwoju przewlekłych chorób niezakaźnych.....	289
<i>Tomasz Puksza</i>	
Jakość zdrowotna bananów	308
<i>Tomasz Ratajczak, Joanna Skoczylas, Kinga Dziadek, Aneta Kopeć</i>	
Analiza składu chemicznego wybranych produktów bezglutenowych	319
<i>Agnieszka Rybowska</i>	
Chia czy siemię lniane – opinie i zachowania rynkowe konsumentów.....	328
<i>Magdalena Skotnicka</i>	
Ocena akceptacji placków z dodatkiem mąki z mącznika młynarka (<i>T. molitor</i>)	340
<i>Joanna Sobolewska-Zielińska, Dorota Gałkowska, Katarzyna Blitek, Alicja Klag</i>	
Jakość lodów produkowanych w skali przemysłowej i rzemieślniczej.....	351

Wykorzystanie pofermentu z procesu fermentacji wysłodków buraczanych w perspektywie uzyskania wysokiej jakości surowca do produkcji cukru

Andrzej Baryga, Bożenna Poleć

Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego, im. prof. Wacława Dąbrowskiego, Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Cukrownictwa, ul. Rakowiecka 36, 02-532 Warszawa

Streszczenie

Celem pracy było sprawdzenie możliwości wykorzystania pozostałości po fermentacji wysłodków buraczanych jako bionawozu na plantacji buraka cukrowego w aspekcie oceny wielkości plonu i przydatności uzyskanego surowca do przerobu na cukier. Materiały do badań stanowiły: pozostałość po fermentacji wysłodków buraczanych wytwarzana w mikrotechnicznej instalacji oraz buraki cukrowe pobierane z poletek doświadczalnych. Badania prowadzono w sezonach wegetacyjnych 2013, 2014 i 2015 r. Do celów badawczych założono 6 poletek doświadczalnych o powierzchni 18,75 m² każde. Na trzech z nich stosowano jako kontrolę nawożenie mineralne odpowiadające potrzebom pokarmowym buraka cukrowego 120 kg N·ha⁻¹. Pozostałe trzy poletka nawożono pozostałością po fermentacji, w dawkach zawierających zawartość azotu taką, jak przy nawożeniu mineralnym. Przeprowadzone badania jakości pozostałości po fermentacji wysłodków stosowanej w badaniach jako nawóz wykazały możliwość jej wykorzystywania w rolnictwie bez zastrzeżeń. Wariantowe nawożenie plantacji buraka cukrowego związkami azotu w postaci pozostałości pofermentacyjnej oraz nawozem mineralnym w ilości 120 kg N/ha zapewniło porównywalną jakość korzeni, korzystną zarówno dla plantatora, jak i dla cukrowni. Analiza statystyczna uzyskanych wyników badań w latach 2013-2015 wykazała istotny wpływ na jakość chemiczną surowca warunków pogodowych w okresie wegetacji buraków cukrowych, niezależnie od sposobu nawożenia. Nie stwierdzono natomiast istotnych statystycznych różnic w wynikach badań jakości surowca w zależności od stosowanych sposobów nawożenia. Nawożenie pozostałością po fermentacji wysłodków plantacji buraka cukrowego może stanowić alternatywny sposób nawożenia w stosunku do tradycyjnie stosowanego nawożenia mineralnego. Zapewnia oszczędności w kosztach nawożenia i uzyskanie surowca o jakości gwarantującej wyprodukowanie cukru o wymaganej jakości. Wyniki pracy zostały z dobrym efektem wdrożone do praktyki rolniczej w latach 2016-2017 na plantacji przemysłowej buraka cukrowego.

Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi przyznał w 2019 r. za to osiągnięcie nagrodę resortową w zakresie wdrażania postępu w rolnictwie.

Wstęp

Wysłodki buraczane przez wiele lat były cenną paszą dla przeżuwaczy, ale w ostatnich latach radykalnie spadło zapotrzebowanie na te produkty uboczne powstające w cukrowniach. Dzieje się tak na skutek znaczącego spadku pogłowia bydła w Polsce i zastosowania w jego żywieniu innych pasz.

Opracowanie innych niż paszowe sposobów wykorzystania wysłodków ma dla przemysłu cukrowniczego znaczenie gospodarcze. Jednym ze sposobów może być biogazowanie wysłodków buraczanych, które może przynieść obok produkcji wysokoenergetycznego biogazu również korzyści środowiskowe, wynikające z zagospodarowania odpadów [Gancarz 2007, Felde 2008, Połec i in. 2011, 2019, Suhartini i in. 2014, Ziemiński, Kowalska-Wentel 2017]. Fermentacja materiału roślinnego prowadzona jest powszechnie w wielu krajach [Seppala i in. 2008, Khanna i in. 2008, Murphy i in. 2009, Herrmann i in. 2013, Hutnan i in. 2001, Ziemiński i in. 2015, Dulcet i in. 2007]. W Polsce aktualnie pracują dwie biogazownie wysłodków buraczanych i innych organicznych odpadów cukrowniczych.

Oprócz biogazu po fermentacji pozostają duże ilości pozostałości pofermentacyjnej - tzw. pofermentu, stanowiącej odpad. Z przeglądu piśmiennictwa wynika, że aktualnie prowadzone są badania nad przyjaznym środowisku oraz ekonomicznie uzasadnionym sposobem utylizacji pozostałości pofermentacyjnej [Bachmann i in. 2014, Berruto i in. 2013; Chen i in. 2012, Cirne i in. 2007, Paprota 2012]. Najbardziej korzystnym sposobem zagospodarowania tego odpadu byłoby zastosowanie pod uprawy rolne. Taki sposób zagospodarowania tego odpadu jest wskazany z uwagi na znaczną zawartość w nim pierwiastków w formie jonowej, niezbędnych dla rozwoju roślin i łatwo dla nich przyswajalnych, a także z uwagi na jego korzystny wpływ na jakość gleby. Dzięki zawartości związków biogenych w odpadach w niektórych przypadkach można całkowicie wyeliminować konieczność używania nawozów mineralnych, co dodatkowo zapobiega zanieczyszczeniu wód nawozami [Gunnarsson i in. 2011].

W literaturze znaleziono liczne publikacje na temat wykorzystania pozostałości po fermentacji kiszonki z kukurydzy do wykorzystania jako bionawozu na plantacjach różnych roślin [Achu, Björn, Björnsson 2012]. Brak natomiast publikacji na temat wykorzystania pozostałości pofermentacyjnych na plantacjach buraka cukrowego.

Zastąpienie nawożenia mineralnego pozostałością po fermentacji wysłodków może przynieść plantatorowi buraków cukrowych znaczący zysk ekonomiczny. Nawożenie mineralne plantacji buraka cukrowego stanowi aż ok. 30% całkowitych kosztów uprawy. Należy jednak podkreślić, że uzyskanie zysków wynikających z zastąpienia tradycyjnego, mineralnego nawożenia plantacji buraczanych nie jest wystarczającym kryterium takiej zmiany sposobu nawożenia. Bardzo ważne kryterium to również możliwość uzyskania surowca do produkcji cukru o odpowiedniej jakości, gwarantującej jakość gotowego produktu co najmniej porównywalną do wytwarzanego na bazie surowca nawożonego mineralnie [Baryga 2019].

Celem pracy było sprawdzenie możliwości wykorzystania pozostałości po fermentacji wysłodków buraczanych jako bionawozu na plantacji buraka cukrowego w aspekcie oceny wielkości plonu i przydatności uzyskanego surowca do przerobu na cukier.

Materiały i metody badań

Materiały do badań stanowiły: pozostałość po fermentacji wysłodków buraczanych i buraki cukrowe z poletek doświadczalnych (odmiana *Beta vulgaris* Fighter). Badania prowadzono w trzech sezonach wegetacyjnych (2013, 2014 i 2015 r.) na doświadczanej plantacji buraka cukrowego, założonej na gruntach w Lesznie. Do celów badawczych założono 6 poletek doświadczalnych o powierzchni 18,75 m² każde. Poletka były wydzielone ścianami bocznymi wykonanymi z płyty OSB i odizolowane od zewnętrznych warunków glebowych folią PE.

W doświadczeniach jako kontrolę stosowano nawożenie mineralne odpowiadające potrzebom pokarmowym buraka cukrowego oraz nawożenie z wykorzystaniem pozostałości po fermentacji, w dawkach zawierających zawartość azotu taką, jak przy nawożeniu mineralnym, tj. 120 kg N·ha⁻¹. Doświadczenie prowadzono w trzech powtórzeniach. Założono następujące obiekty doświadczalne: trzy poletka nawożono nawozem mineralnym i trzy poletka nawożono pofermentem.

Jako nawóz mineralny stosowano granulowany nawóz wieloskładnikowy o nazwie handlowej „Lubofos pod buraki”. Poferment pozyskiwano z mikrotechnicznej instalacji do prowadzenia ciągłej fermentacji metanowej odpadów cukrowniczych. Fermentor miał pojemność roboczą 80 dm³. Proces fermentacji wysłodków prowadzono w temperaturze 37±1°C, odczynie 6,8-7,4 pH, obciążeniu reaktora suchą masą wysłodków 5 g·dm⁻³·d⁻¹, przy czasie retencji 20 dni.

Buraki zasiano w kwietniu. Po zakończeniu wegetacji, w październiku, pobrano próby buraków w ilości 30 szt. z każdego poletka. Po ogłowieniu buraków, korzenie poddano analizom obejmującym oznaczenie masy korzeni oraz zawartości: cukru (sacharozy), suchej masy, miąższu, popiołu, inwertu, niecukrów, azotu α-aminokwasowego, azotu amidowego, sodu i potasu.

Jakość chemiczna korzeni buraków była oceniana wg „Metody analityczne kontroli produkcji w cukrowniach” [Butwiłowicz 1997].

W zakresie badań jakości pozostałości pofermentacyjnych stosowano następujące procedury badawcze:

- Odczyn – metoda potencjometryczna, PN-EN 12176:2004;
- Sucha masa – metoda wagowa, PN-EN 12880:2004;
- Substancje organiczne – metoda wagowa, PN-EN 12879:2004;
- Kadm, miedź, nikiel, ołów i cynk – metoda płomieniowej absorpcyjnej spektrometrii atomowej (FAAS), PN-EN 13346:2002 pkt 8.3 i PN-ISO 8288:2002;
- Chrom – metoda płomieniowej absorpcyjnej spektrometrii atomowej (FAAS), PN-EN 13346:2002 pkt 8.3 i PN-EN 1233:2000 pkt 3;

- Rtęć – metoda płomieniowej absorpcyjnej spektrometrii atomowej (FAAS) z amalgamacją, PB-25 wyd. 2, 2014-EN 13346:2002 pkt 8.3 i PN-EN 1233:2000 pkt 3;
- Wapń – metoda płomieniowej absorpcyjnej spektrometrii atomowej (FAAS), PN-EN 13346:2002 pkt 8.3 i PN-EN ISO 7980:2000;
- Magnez – metoda płomieniowej absorpcyjnej spektrometrii atomowej (FAAS), PN-EN 13346:2002 pkt 8.3 i PN-EN ISO 7980:2000;
- Azot ogólny – metoda miareczkowa, PN-EN 13342:2002;
- Fosfor ogólny – metoda spektrofotometryczna, PB-84 wyd. 1, 2013;
- Potas – metoda płomieniowej absorpcyjnej spektrometrii atomowej (FAAS) PB-PAC-03, wyd. 1, 2013;
- Obecność bakterii chorobotwórczych z rodzaju *Salmonella* – metoda jakościowa klasyczna PN-Z-19000-1:2001 9;
- Liczba żywych jaj pasożytów jelitowych *Ascaris sp.*, *Trichuris sp.*, *Toxocara sp.* – PN-Z-19000 – 4:2001.

Obliczenia statystyczne wyników badań wykonano, stosując analizę wariancji w układzie dwuczynnikowym: jeden czynnik – lata, drugi – sposób uprawy. Zastosowano test grup jednorodnych Fishera, gdy $P = 0,05$, z użyciem programu Statistica ver. 12.0.

Na rysunkach 1-10 indeksy literowe przy wynikach oznaczają: różne litery (np. *a*, *b*) – różnice istotne statystycznie, takie same litery (np. *a*, *a*) – brak istotnych różnic statystycznych, brak liter – brak zróżnicowania statystycznego średnich.

Wyniki i ich dyskusja

Ocena przydatności pofermentów wykorzystywanych w badaniach jako bionawozu na plantacji buraka do wykorzystania w rolnictwie

Przy wykorzystaniu rolniczego odpadu, jakim jest również pozostałość z procesu fermentacji wysłodków buraczanych, niezbędne jest spełnienie szeregu wymagań określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2015 r. (Dz. U. 2015 Nr 0 poz. 257).

Przeprowadzone badania wykazały, że pozostałości pofermentacyjne, otrzymane w mikrotechnicznej biogazowni wysłodków buraczanych zawierają znaczącą ilość azotu, potasu i fosforu, tj. podstawowych składników odżywczych niezbędnych roślinom do ich rozwoju. Na uwagę zasługuje również obecność cennych pierwiastków, takich jak: magnez, wapń i bor. Ilość metali ciężkich w pozostałościach pofermentacyjnych była wielokrotnie niższa od dopuszczalnych prawnie przy rolniczym wykorzystaniu tego rodzaju odpadów.

Pozostałości pofermentacyjne, które zastosowano do doświadczeń zawierały wysoką zawartość substancji organicznej w ilościach od 50,9% do 55,8%.

Tabela 1. Jakość pozostałości pofermentacyjnych wykorzystywanych na plantacji buraka cukrowego i porównanie z wartościami dopuszczalnymi przy rolniczym wykorzystaniu odpadów

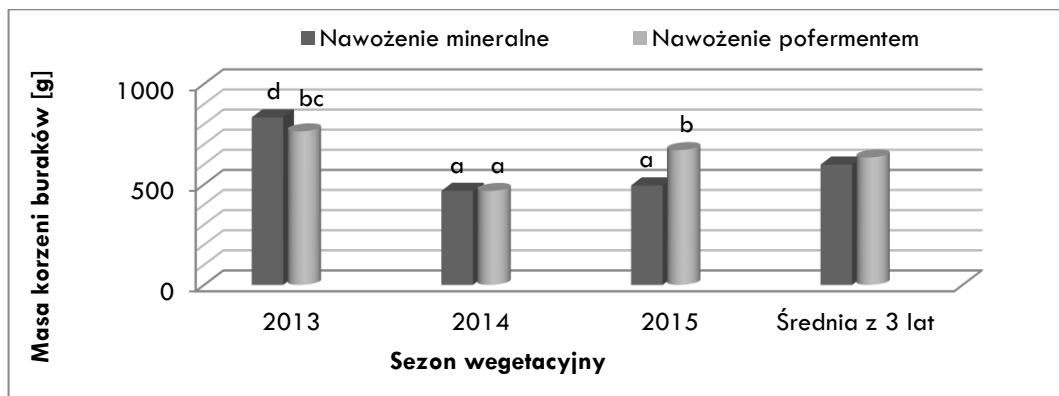
Parametr	Jednostka	Sezon wegetacyjny			Dopuszczalna ilość metali ciężkich i drobnoustrojów przy stosowaniu w rolnictwie
		2013	2014	2015	
Odczyn	pH	7,8	7,5	7,6	-
Sucha masa	%	2,5	2,5	2,3	-
Substancje organiczne	%*	55,8	51,6	50,9	-
Kadm (Cd)	mg·kg ⁻¹ *	2,73	2,20	5,20	≤ 20
Ołów (Pb)		17,1	42,4	22,1	≤ 750
Nikiel (Ni)		5,5	8,8	5,5	≤ 300
Chrom (Cr)		29,6	< 25,0	26,3	≤ 500
Rtęć (Hg)		0,543	0,357	0,426	≤ 16
Miedź (Cu)		108	88	115	≤ 1000
Cynk (Zn)		446	295	470	≤ 2500
Wapń (Ca)		129	82	134	-
Magnez (Mg)		4,0	8,4	11,4	-
Azot ogólny (N)		13,8	17,4	20,7	-
Fosfor ogólny (P ₂ O ₅)		1,26	1,59	1,26	-
Potas (K ₂ O)		10,3	11,9	12,3	-
Bor (B)		0,25	0,13	0,16	-
Bakterie chorobotwórcze z rodzaju Salmonella	w 100 g osadu	nie wyizolowano			0
Liczba żywych jaj pasożytów jelitowych: <i>Atrichuris sp.</i> , <i>Trichuris sp.</i> , <i>Toxocara sp.</i>	szt.·kg ⁻¹ *	nie stwierdzono			0

Objaśnienie: * w przeliczeniu na suchą masę

Użyte do badań pozostałości fermentacyjne charakteryzowały się brakiem drobnoustrojów, co świadczy, że były one bardzo bezpieczne z punktu widzenia ochrony środowiska.

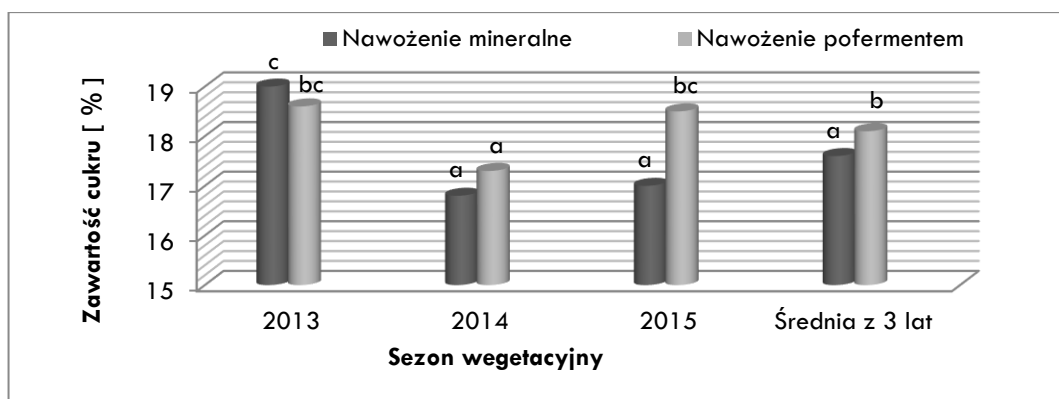
Na podstawie analizy uzyskanych wyników badań, przeprowadzonej w oparciu o aktualnie obowiązujące przepisy prawne można stwierdzić, że pozostałości pofermentacyjne zawierają wiele cennych składników, są bezpieczne chemicznie i mikrobiologicznie i mogą być wykorzystane w rolnictwie w nowym, przedstawianym w artykule sposobie pozyskiwania buraka cukrowego (tab. 1).

Ocena wpływu pofermentu na wzrost i jakość chemiczną korzeni buraków



Rysunek 1. Zależność masy korzeni buraków od sposobu nawożenia

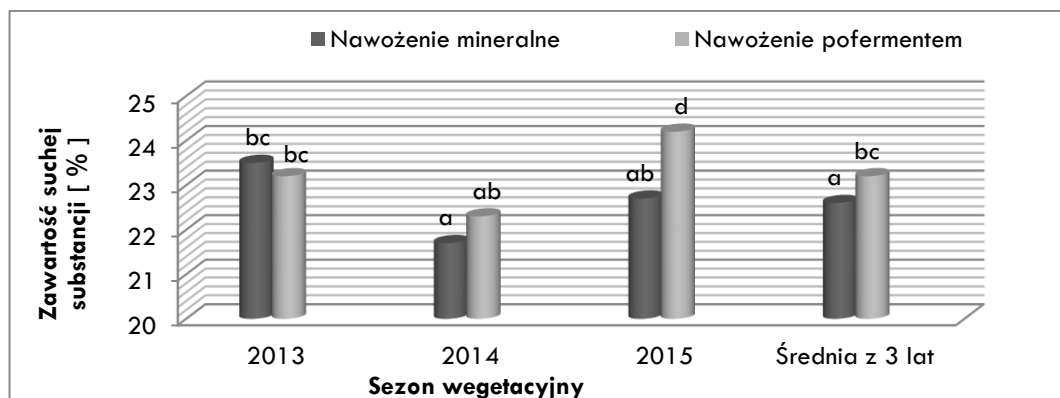
Analiza statystyczna średniej masy pojedynczego korzenia buraka z trzech lat badań nie wykazała istotnych różnic w zależności od sposobu nawożenia. Takich różnic nie stwierdzono także w okresie wegetacyjnym 2014 r. Istotny, wpływ na masę korzeni stwierdzono w 2013 r. i 2015 r. W roku 2013 korzystniejszy wpływ na masę uprawianego surowca miało nawożenie mineralne, a w 2015 r. nawożenie odciekiem pofermentacyjnym. W 2015 r. buraki nawożone pozostałością pofermentacyjną wykazywały średnią wartość masy pojedynczego korzenia wyższą aż o 175,3 g niż korzenie buraków nawożonych mineralnie. W przypadku średniej z trzech lat różnica ta wynosiła 35 g na korzyść nawożenia pozostałością pofermentacyjną (rys. 1).



Rysunek 2. Zależność zawartości cukru w korzeniach buraków od sposobu nawożenia

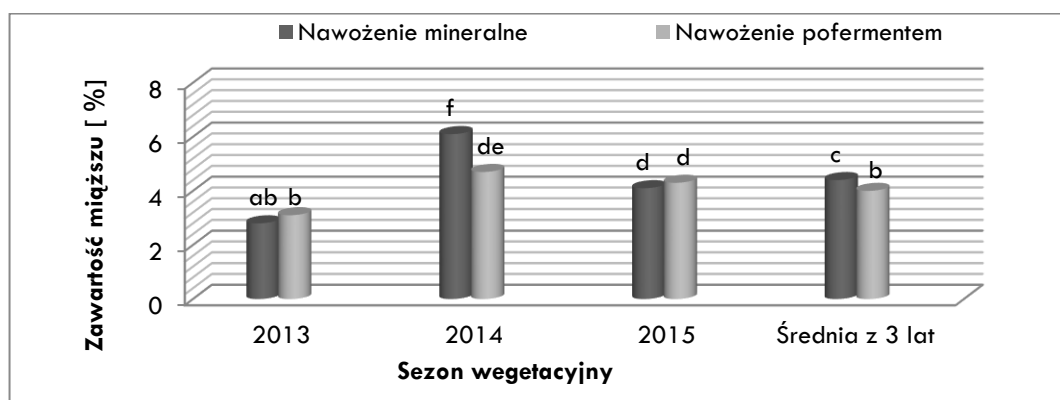
Zawartość cukru w próbach buraków wahała się przy nawożeniu pofermentem w poszczególnych latach średnio w granicach od 17,3 do 18,6%, wobec średniej zawartości cukru w burakach, nawożonych środkami mineralnymi, wahającej się w granicach od 16,8 do 19,0%. Analiza średnich zawartości cukru z badań w trzech sezonach wegetacyjnych,

wskazała na istotne różnice w zależności od sposobu nawożenia (o 0,5%), na korzyść nawożenia pofermentem (rys. 2), co potwierdzono statystycznie ($p = 0,05$).



Rysunek 3. Zależność zawartości suchej substancji w korzeniach buraków od sposobu nawożenia

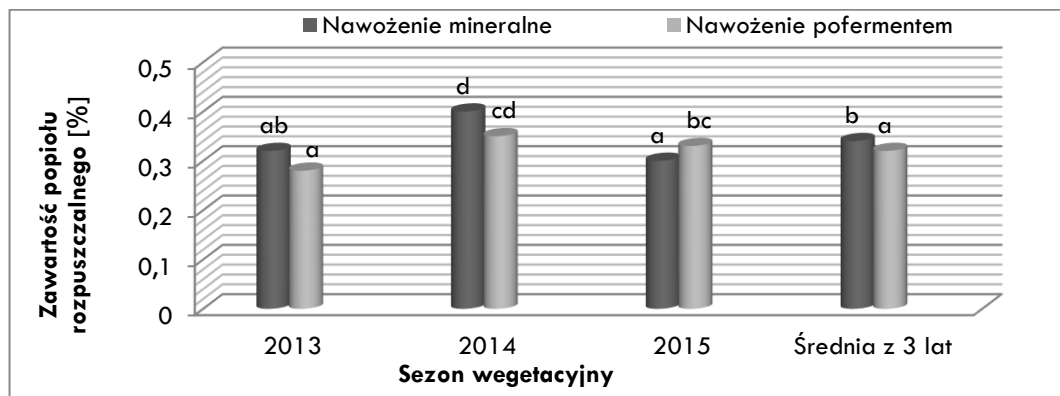
W przeprowadzonych badaniach surowca, średnia zawartość suchej substancji z trzech sezonów wegetacyjnych, przy nawożeniu pofermentem wynosiła 23,2% i 22,6% w burakach nawożonych mineralnie. Buraki nawożone mineralnie wykazywały wartość średnią zawartości suchej pozostałości z trzech lat badań niższą o 0,6% niż przy zastosowaniu pofermentu. Analiza statystyczna wykazała, że w zależności od sposobu nawożenia różnice w zawartości suchej pozostałości były istotne i korzystniejsze przy nawożeniu pofermentem niż z zastosowaniem nawozów mineralnych. Istotne różnice w zawartości suchej pozostałości stwierdzono również w zależności od warunków pogodowych w poszczególnych sezonach wegetacyjnych (rys. 3).



Rysunek 4. Zależność zawartości miąższu w korzeniach buraków od sposobu nawożenia

Zawartość miąższu w burakach, nawożonych pofermentem wahała się w poszczególnych latach średnio w granicach od 3,1% do 4,7%, wobec średniej zawartości miąższu

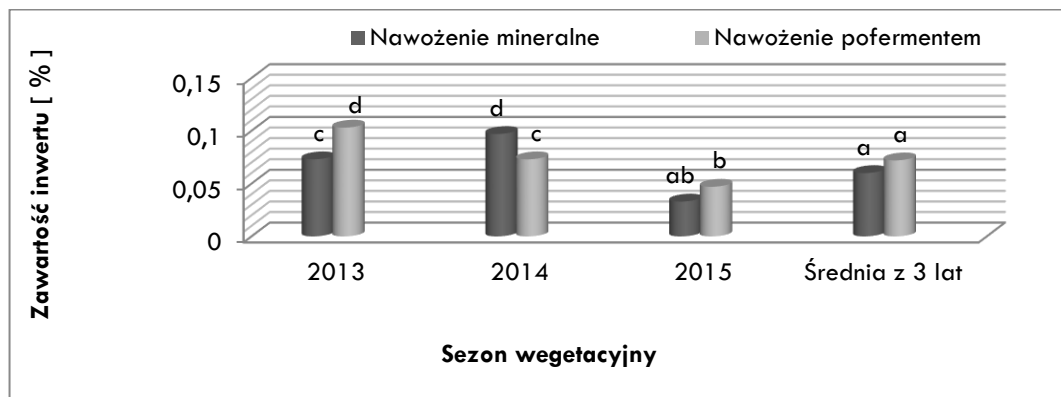
w burakach, nawożonych środkami mineralnymi, wahającej się w granicach od 2,8 do 6,1%. Analiza zawartości miąższu (wartości średnie z 3 lat) wskazała na istotne różnice w zależności od sposobu nawożenia, bowiem buraki nawożone pofermentem wykazywały wartości miąższu niższe o 0,4% niż nawożone mineralnie (rys. 4). Wiadomo, że im niższa zawartość miąższu w buraku, tym niższa jest ilość uzyskanych wysłodków buraczanych. Stwierdzona w badaniach niższa zawartość miąższu w burakach uprawianych z wykorzystaniem pofermentu niż w surowcu uprawianym tradycyjnie, jest wynikiem korzystnym wobec malejącego zapotrzebowania na wysłodki buraczane, jako paszy dla bydła.



Rysunek 5. Zależność zawartości popiołu rozpuszczalnego w korzeniach buraków od sposobu nawożenia

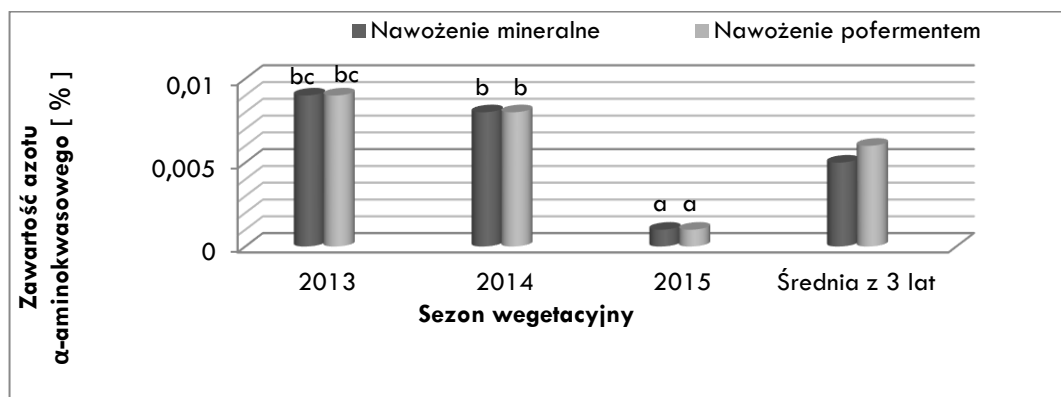
Zawartość popiołu rozpuszczalnego w korzeniach buraków nie wykazała istotnych różnic w jego zawartości wynikających ze stosowania różnych metod uprawy plantacji (wartości średnie w granicach 0,28 do 0,40) wobec różnic, wynikających prawdopodobnie warunków klimatycznych uprawy (rys. 5). Niższa tylko o 0,02% średnia zawartości popiołu w burakach nawożonych pofermentem od nawożonych mineralnie, choć nieistotna statystycznie, jest warta uwagi, potwierdza bowiem korzystny wpływ użytego pofermentu na ten ważny parametr jakości chemicznej buraka, decydujący o wielkości strat sacharozy w melasie.

Zawartość inwertu (związków redukujących) w surowcu nawożonym pofermentem wahała w poszczególnych latach średnio od 0,047 do 0,103%, wobec średniej zawartości inwertu się w burakach, nawożonych środkami mineralnymi, wahającej się w granicach od 0,033 do 0,073%. Buraki uprawiane z pofermentem wykazywały wartość średnią zawartości inwertu z trzech lat badań wyższą o 0,022% niż nawożone mineralnie, co jest teoretycznie niekorzystne dla przerobu buraków na cukier, ale jest to różnica nieistotna przy $p = 0,05$ (rys. 6).

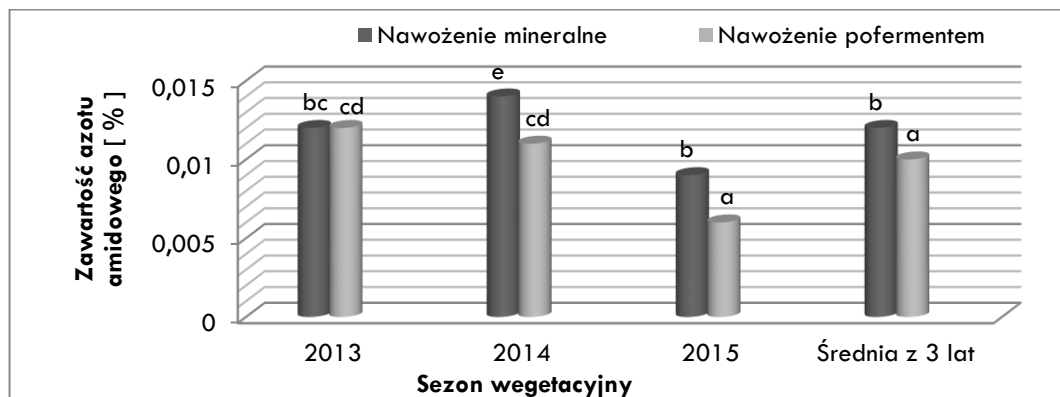


Rysunek 6. Zależność zawartości inwertu w korzeniach buraków od sposobu nawożenia

Azot α -aminokwasowy jest składnikiem soku dyfuzyjnego, całkowicie niepożądanym, wchodzącym w skład tzw. „niecukrów szkodliwych”, powodującym niekorzystne obniżanie alkaliczności soków na warsztacie fabrycznym. Analiza statystyczna wykazała brak istotnego zróżnicowania między zawartością azotu α -aminokwasowego w surowcu zebranym z plantacji nawożonej pofermentem oraz nawozami mineralnymi. Obydwa sposoby uprawy buraka (tradycyjny i z zastosowaniem pofermentu) są pod względem zawartości azotu α -aminokwasowego w surowcu przeznaczonym do przerobu na cukier równo cenne (rys. 7).

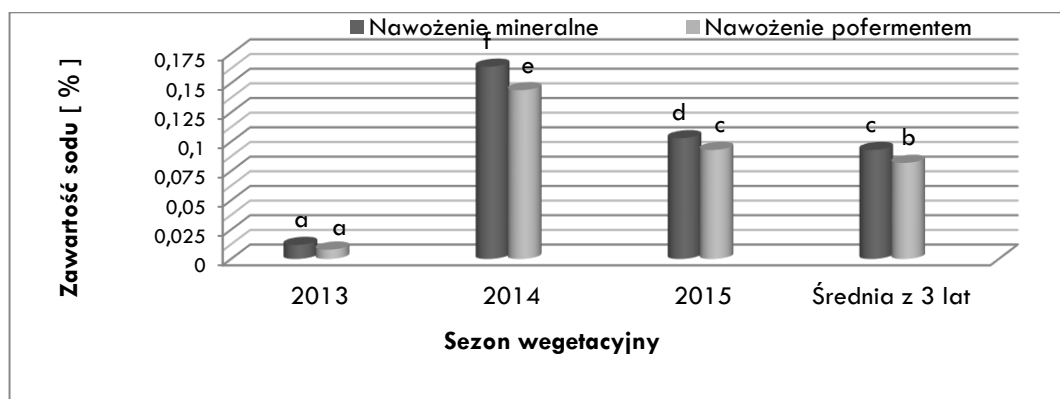


Rysunek 7. Zależność zawartości azotu α -aminokwasowego w korzeniach buraków od sposobu nawożenia

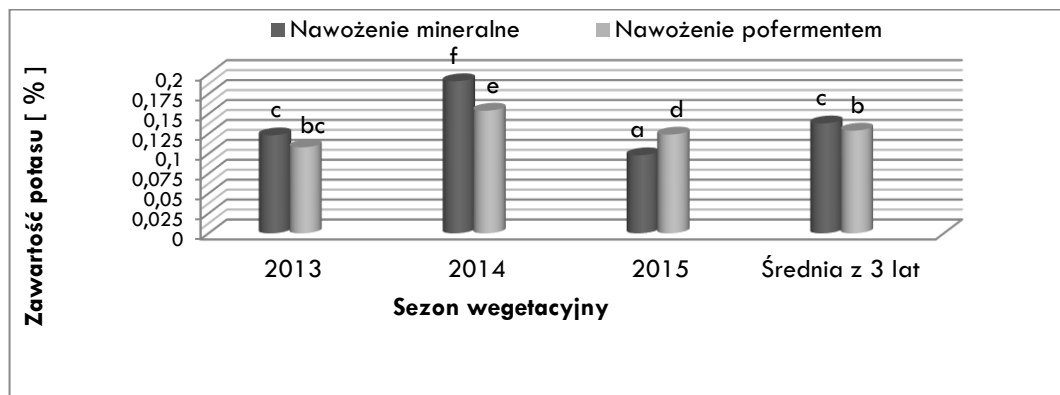


Rysunek 8. Zależność zawartości azotu amidowego w korzeniach buraków od sposobu nawożenia

Azot amidowy, analogicznie jak azot α -aminokwasowy, powoduje obniżanie alkaliczności mas na warsztacie fabrycznym. Zawartość azotu amidowego wahała się w latach 2013-2015 w granicach 0,009–0,014% w korzeniach buraka nawożonego mineralnie i od 0,006 do 0,012% przy nawożeniu pozostałością pofermentacyjną. Analiza statystyczna zawartości azotu amidowego z 3 sezonów wegetacyjnych wykazała istotne ($p = 0,05$) zróżnicowanie średniej, wskazując na korzystniejszą jakość surowca (niższe wartości) w zakresie zawartości azotu amidowego w burakach z zastosowaniem w uprawie pofermentu niż przy nawożeniu mineralnym (rys. 8).



Rysunek 9. Zależność zawartości sodu w korzeniach buraków od sposobu nawożenia



Rysunek 10. Zależność zawartości potasu w korzeniach buraków od sposobu nawożenia

Sód i potas stanowią w korzeniach buraków tzw. „alkaliczność naturalną”. Zawartość sodu w korzeniach buraków w poszczególnych sezonach wegetacyjnych wahała się od 0,012 do 0,164% przy mineralnym nawożeniu buraków oraz od 0,008 do 0,144% przy nawożeniu pozostałością pofermentacyjną. Wykazano przy tym istotne różnice statystyczne ($p = 0,05$) w zawartości sodu w burakach nawożonych mineralnie i pozostałością po fermentacji (rys. 9).

Zawartość potasu w burakach wyprodukowanych w kolejnych latach wahała się od 0,098 do 0,191% przy tradycyjnej uprawie buraków oraz od 0,108 do 0,154% przy uprawie z wykorzystaniem pofermentu. Była zróżnicowana ze względu na sposób uprawy, co potwierdzono statystycznie (rys. 10).

Niższe o 0,01% wartości średnie zawartości sodu i potasu z 3 lat w surowcu nawożonym pofermentem, niż nawożonym mineralnie, są wynikiem korzystnym dla technologii produkcji cukru, gdyż w dużej ilości mogą stanowić tzw. „melasotwory”.

Podsumowując wyniki badań dot. jakości chemicznej buraków, można stwierdzić, że pozostałość po fermentacji wysłodków może stanowić alternatywę dla tradycyjnej uprawy buraka cukrowego, wobec nawożenia mineralnego.

W przypadku zdecydowanej większości badanych parametrów, określonych dla korzeni zebranych zarówno z plantacji uprawianej w sposób tradycyjny jak i z wykorzystaniem pofermentu wystąpiło istotne zróżnicowanie w zależności od sezonu wegetacyjnego (rys. 1-10). Parametry pogodowe, obok nawożenia, mają olbrzymi wpływ na jakość chemiczną uzyskanego surowca. Należy to tłumaczyć tym, że w poszczególnych sezonach wegetacyjnych różniły się takie parametry pogodowe, jak temperatura, suma opadów i suma godzin ze słońcem.

Wyniki pracy zostały z dobrym efektem wdrożone do praktyki rolniczej w latach 2017-2018 na plantacji przemysłowej buraka cukrowego [Baryga, Połec 2019]. W 2019 r. Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi przyznał za to osiągnięcie nagrodę resortową w zakresie wdrażania postępu w rolnictwie [Baryga i in. 2019].

Wnioski

1. Jakość pozostałości po fermentacji wysłodków buraczanych umożliwia wykorzystywanie jej bez zastrzeżeń w rolnictwie, biorąc pod uwagę zawartość metali ciężkich i drobnoustrojów.
2. Wariantowe nawożenie plantacji buraka cukrowego związkami azotu w postaci pozostałości pofermentacyjnej oraz nawozem mineralnym w ilości 120 kg N/ha zapewniło porównywalną jakość korzeni, korzystną zarówno dla plantatora jak i dla cukrowni.
3. Składniki nawozowe, zawarte w pozostałości po fermentacji wysłodków, są przyswajalne przez burak cukrowy w podobnym stopniu jak składniki nawozowe dostarczane w nawozach mineralnych.
4. Analiza statystyczna uzyskanych wyników badań w latach 2013-2015 wykazała istotny wpływ na jakość chemiczną surowca warunków pogodowych w okresie wegetacji buraków cukrowych, niezależnie od sposobu nawożenia.
5. Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic w wynikach badań jakości surowca w zależności od stosowanych sposobów nawożenia.
6. Nawożenie pozostałościami po fermentacji wysłodków plantacji buraka cukrowego może stanowić alternatywny sposób nawożenia w stosunku do tradycyjnie stosowanego nawożenia mineralnego, zapewniając oszczędności w dotychczasowych kosztach nawożenia.

Literatura

1. Achu I., Björn A., Björnsson L. Stable operation during pilot-scale anaerobic digestion of nutrient-supplemented maize/sugar beet silage. *Bioresource Technology*, 2012, 118, 445-454.
2. Bachmann S., Gropp M., Eichler-Löbermann B. Phosphorus availability and soil microbial activity in a 3 year field experiment amended with digested dairy slurry. *Biomass Bioenerg.*, 2014. 70, 429-439.
3. Baryga A., Połec B., Waleriańczyk E., Szymański T., Wołyńska W., Słupecka J. Nagroda Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi przyznana za osiągnięcie w zakresie wdrażania postępu w rolnictwie 2019, <https://www.gov.pl/web/rolnictwo/nagrody-dla-najlepszych-wydawnictw-odr> (dostęp on-line: 20.12.2019 r.).
4. Baryga A., Połec B: Efekty wdrożenia nawożenia plantacji buraków cukrowych pofermentem z biogazowni odpadów cukrowniczych. *Post. Nauki Technol. Przem. Rolno-Spoż.*, 2019, 3-4, 52-73
5. Baryga A.: Studia nad wartością technologiczną buraka cukrowego i jakością cukru w aspekcie wykorzystania w uprawie pofermentu z biogazowni. *Wyd. Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego Olsztyn*, 2019.
6. Berruto R., Busato P., Bochtis D.D., Sørensen C.G. Comparison of distribution systems for biogas plant residual. *Biomass Bioenerg.*, 2013, 52, 139-150.
7. Butwiłowicz A. Metody analityczne kontroli i produkcji w cukrowni. *Wyd. SGGW, Warszawa* 1997.

8. Chen R., Blagodatskaya E., Senbayram M., Blagodatsky S., Myachina O., Dittert K., Kuzyakov Y. Decomposition of biogas residues in soil and their effects on microbial growth kinetics and enzyme activities. *Biomass Bioenerg.*, 2012, 45, 221-229.
9. Cirne D.G., Lehtomäki A., Björnsson L., Blackall L.L. Hydrolysis and microbial community analyses in two-stage anaerobic digestion of energy crops. *J. Appl. Microbiol.*, 2007, 103, 516-527.
10. Dulcet E., Ledochowski P. Technique of ensilage of beetroot marc in the form of cylindrical beams wrapped in foil., *J. Res. Appl. Agr. Eng.*, 2007, 52 (3) 37-39.
11. Felde A. Potenziale der Züchtung von Rüben (Zucker- und Futterrüben) für die Erzeugung von Bioenergie - Materiały z konferencji międzynarodowej „Aktualne problemy w przemyśle cukrowniczym i sposoby ich rozwiązywania”, Leszno, 2008, 21-33.
12. Gancarz Z. Alternatywne metody zagospodarowania wysłdków. *Burak Cukrowy - Gazeta dla plantatorów*, 2007, 4, 37-38.
13. Gunnarsson A., Lindén B., Gertsson U. Biodigestion of Plant Material Can Improve Nitrogen Use Efficiency in a Red Beet Crop Sequence. *HortScience*, 2011, 46, 765-775.
14. Herrmann C., Prochnow A., Heiermann M., Idler C. Biomass from landscape management of grassland used for biogas production: effects of harvest date and silage additives on feedstock quality and methane yield. *Grass Forage Sci.*, 2014, 69, 549-566.
15. Hutnan M., Drtil M., Derco J., Mrafkova L., Hornak M., Mico S. Two-step pilot-scale anaerobic treatment of sugar beet pulp. *Pol. J. Environ. Stud.*, 2001, 10, 237-243.
16. Khanna M., Dhungana B., Clifton-Brown J. Costs of producing miscanthus and switchgrass for bioenergy in Illinois. *Biomass Bioenerg.*, 2008, 32, 482-493.
17. Murphy J. D., Power N. Technical and economic analysis of biogas production in Ireland utilizing three different crop rotations. *Applied Energy*, 2009, 86, 25-36.
18. Paprota E.M. Proces fermentacji metanowej sposobem otrzymywania pełnowartościowego nawozu organicznego. Popularyzacja prac badawczo-rozwojowych z zakresu odnawialnych źródeł energii. Lublin 2012.
19. Połec B., Baryga A., Szymański T., Wołyńska W., Tobała A. Możliwość wytwarzania biogazu w procesie fermentacji metanowej wysłdków buraczanych. *Gazeta Cukrownicza*, 2011, 4, 107-112.
20. Połec B., Baryga A., Szymański T.: Fermentacja metanowa organicznych odpadów cukrowniczych jako źródło energii odnawialnej i bionawozu. Wyd. Warszawa SGGW, 2019.
21. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2015 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz. U. 2015, nr 0, poz. 257).
22. Seppälä M., Paavola T., Lehtomäki A., Pakarinen O., Rintala J. Biogas from energy crops—optimal pre-treatments and storage, co-digestion and energy balance in boreal conditions. *Water Sci. Technol.*, 2008, 58, 1857-1863.

23. Suhartini S., Heaven S., Banks C.J. Comparison of mesophilic and thermophilic anaerobic digestion of sugar beet pulp: Performance, dewaterability and foam control. *Bioresour. Technol.*, 2014, 152, 202-211.
24. Ziemiński K., Kowalska-Wentel M. Effect of Different Sugar Beet Pulp Pretreatments on Biogas Production Efficiency. *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 2017, 181, 1211-1227.
25. Ziemiński K., Kowalska-Wentel M. Effect of enzymatic pretreatment on anaerobic co-digestion of sugar beet pulp silage and vinasse. *Bioresour. Technol.*, 2015, 180, 274-280.

Badania zostały sfinansowane ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego przyznanych na podstawie decyzji nr 1, 2 i 3 500-05-OC-01/13, 1/500-05-OC-01/14 i 1/500-01-ZC-01/1.

Textural properties of cod fish depending on the country of origin

Lucia Benešová, Silvia Jakabová, Michaela Lechocká, Ladislav Ondruš, Jozef Čapla,
Jozef Golian

Faculty of Biotechnology and Food Sciences, Slovak University of Agriculture in Nitra

Abstract

Because fish meat is easily subject to several degradation processes, the main indicator of its quality is its texture. With any observed textural changes, it is likely that changes have occurred in the muscle tissue, such as protein denaturation and subsequent inability to retain water. Present study was aimed to investigate the textural properties of cod fish (*Gadiformes sp.*) intended for the retail in the Slovak Republic in raw frozen and cooked fish samples. Toughness and firmness parameters were analysed for five fish samples (Alaska pollock originating from China, USA, Russia, coalfish and hake from USA) using a TA.XT Plus texture analyser. The results were statistically evaluated using the PCA method, the ANOVA test, and the Tukey test at the level of significance $p = 0.01$. The average measured values in the toughness parameter for the raw samples ranged from 12.10 to 49.80 N/mm sec, the lowest value belonged to the hake from the USA and the highest to the coalfish from the USA. In the same parameter, the values of the heat-treated samples ranged from 13.86 to 46.95 N/mm sec, the lowest value belonged to the hake from the USA and the highest to the Alaska pollock from China. The average measured values in the firmness parameter for the raw samples ranged from 1.20 to 5.68 N/mm, the lowest value belonged to the hake from the USA and highest to the Alaska pollock from the USA. In the heat-treated samples the firmness values ranged from 1.38 to 5.67 N/mm, the lowest value belonged to the hake from the USA and the highest to the Alaska pollock from China.

Introduction

The texture is one of the most important quality characteristics of fish. In most terrestrial animals, the effort is to speed up and increase the softening of the meat. However, the situation with fish is the opposite, where a soft texture can cause undesirable processing problems. Another factor involved in changing the texture of cod meat is cathepsins, which contribute to the autolysis of fish muscles. Cathepsins are naturally present in muscle fibres, phagocytes or are formed for various reasons. In particular, cathepsins A and B are responsible for the deterioration of the textural properties of fish muscles [Hultmann, 2003]. The final quality of fish meat and fillets, including texture, water holding capacity and microbial activity, is directly related to the parameters and conditions of freezing, thawing and storage [Uyar *et al.*, 2015]. At these stages, fish meat is most sensitive to change [Schubring *et al.*, 2003]. In general, fish

muscles are very prone to softening, which significantly affects the texture of fish muscle tissue. The texture of fish meat is therefore a major feature of its quality [Chéret *et al.*, 2005]. The texture of fish meat is also reflected in its processing and handling during the operating process [Pearce *et al.*, 2011]. Formaldehyde formation during cold or frost storage affects the texture by increasing the hardness and firmness of the fish meat [Toldrá *et al.*, 2015]. The method of packaging also affects the textural properties of the fish meat. During storage at 4°C for 42 days, the greatest changes in muscle tissue texture were observed with the vacuum packaging method as opposed to the modified atmosphere packaging [Cheng *et al.*, 2013]. The most common texture errors that can also occur during processing are softening of the muscles and creating gaps between the individual muscle fibres. Most textural changes are associated with changes in the chemical composition of muscle fibres or denaturation of proteins [Aussanasuwannakul *et al.*, 2010]. High or low temperature treatments, including preserving, smoking, drying, cooking, fermentation, or combinations thereof, can generally be considered as processing methods. During fish processing, several changes occur immediately. As proteins are compounds susceptible to changes in quality during heat treatment, where due to high temperature they denature, lose solubility and also, rearrange their natural molecules and complexes to form reactive groups. Drying and salting with a salt content of 10-15% can effectively inhibit the deterioration of fish meat due to the antimicrobial properties of the salt [Abraha *et al.*, 2018]. Cooking treatment mainly changes the color and texture of the meat. Also, during cooking, shrinkage of tissue and collagen fibers associated with protein denaturation and loss of water holding capacity occurs, resulting in a hard and firm texture of fish meat [Alipour *et al.*, 2010].

In our study, the textural properties of cod fish with different origins were compared. Strength and hardness were measured using a TA.XT Plus texturometer after thawing the raw samples and subsequently after heat treatment. The results were statistically evaluated and compared.

Material and methods

Fish samples

Five samples of cod fish (*Gadiformes* sp.) were obtained from the fish processing food company in Slovakia. Fish species analysed are listed in Table 1.

Table 1. Description of fish species analysed

Sample	English name	Latin name	Origin	FAO
1	Alaska pollock	<i>Theragra chalcogramma</i>	USA	67
2	Alaska pollock	<i>Theragra chalcogramma</i>	Russia	61
3	Alaska pollock	<i>Theragra chalcogramma</i>	China	61
4	Hake	<i>Merluccius productus</i>	USA	61
5	Coalfish	<i>Pollachius virens</i>	USA	27

Determination of textural properties

The samples were delivered in frozen form in blocks weighing approximately 7.5 kg and thawed in a thermostat at 8°C/11 h. Fillets weighing 70-90 g were used for textural analysis in the raw state and subsequently after heat treatment. Samples to measure texture after heat treatment were vacuumed with the addition of acidifying solution (20.4 ml solution containing lactates, lactic acid, acetic acid) and placed in a water bath at 55°C for 30 minutes and then cooled to 20°C. The texturometer TA.XT Plus (Stable Micro Systems, Surrey, UK) equipped with a Warner Bratzler shear probe (Tab. 2) was used to determine the work of shear/toughness and firmness of the fillets. The parameters were calculated as shown in Figure 1 using Exponent software (Stable Micro Systems, Surrey, UK) and each sample was measured 30 times.

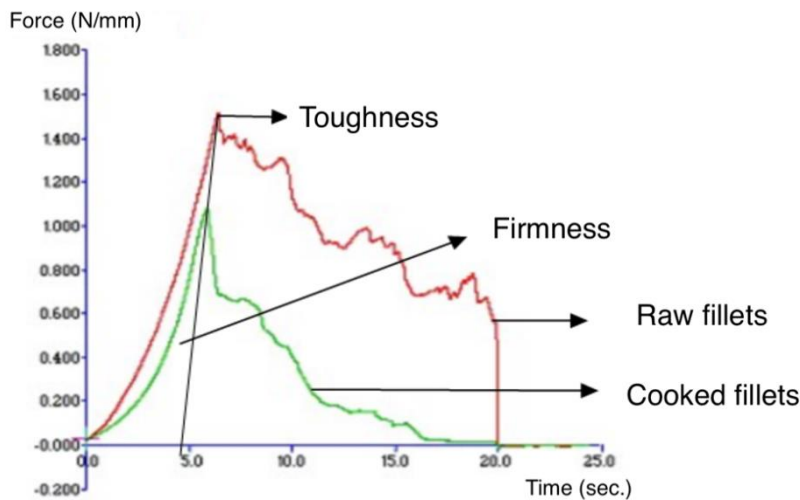


Figure 1. Calculation of textural parameters using Exponent software

Table 2. Technical settings of the TA.XT Plus texturometer

Technical settings	
Test mode	Compression force measurement
Option	Return to start
Probe movement speed before testing	1.50 mm/s
Probe movement speed during testing	1.50 mm/s
Probe movement speed after testing	10.00 mm/s
Depth of penetration of the probe into the product	30 mm
Startup type	Auto – 40 g
Reset mode	Auto
Frequency of data acquisition	200 pps
Probe (HDP/BS) (Warner Bratzler shear)	30 kg load cell

Statistical analysis

The obtained results were processed using the statistical software XLSTAT 2021.1.1. The results were evaluated using the Shapiro-Wilk test, ANOVA and Tukey test at the significance level $p = 0.01$.

Results and discussion

Table 3 shows the average of the measured values for the individual samples, also with the corresponding standard deviation.

Table 3. Average measured values of toughness and firmness of raw samples

Sample	Work of Shear/Toughness (N/mm sec)	Firmness (N/mm)
Alaska pollock USA	39.65 ± 13.32^b	5.68 ± 1.60^a
Alaska pollock Russia	28.96 ± 7.54^c	3.57 ± 1.10^b
Alaska pollock China	31.23 ± 7.14^c	3.56 ± 0.71^b
Hake USA	12.10 ± 1.92^d	1.20 ± 0.21^c
Coalfish USA	49.74 ± 8.16^a	5.30 ± 0.72^a
p-value	< 0.01	< 0.01

Note: ^a, ^b, ^c, ^d means that the lines with a different uppercase letter are statistically different (Tukey test, $p < 0.01$).

In Table 4, the mean values with the standard deviation are given for samples that have been heat-treated and subsequently cooled to 20°C.

Table 4. Average measured values of toughness and firmness after heat treatment

Sample	Work of Shear/Toughness (N/mm sec)	Firmness (N/mm)
Alaska pollock USA	41.83 ± 13.01^{ab}	5.50 ± 1.84^a
Alaska pollock Russia	30.18 ± 11.93^c	3.23 ± 1.34^b
Alaska pollock China	46.95 ± 9.62^a	5.67 ± 1.41^a
Hake USA	13.86 ± 4.47^d	1.38 ± 0.49^c
Coalfish USA	34.87 ± 11.72^{bc}	5.50 ± 1.86^a
p-value	< 0.01	< 0.01

Note: ^a, ^b, ^c, ^d means that the lines with a different uppercase letter are statistically different (Tukey test, $p < 0.01$).

From the average values measured with a texturometer, it was found that in the raw samples the highest toughness was recorded for coalfish in the USA (49.74 N/mm sec), followed by Alaska pollock in the USA (39.65 N/mm sec), Alaska pollock from China (31.23 N/mm sec), Alaska pollock from Russia (28.96 N/mm sec) and hake from

the USA (12.10 N/mm sec). Raw pollock from the USA showed 75.7% higher toughness compared to the hake sample from the USA. In the heat-treated samples, the highest toughness was recorded for Alaska pollock from China (46.95 N/mm sec), followed by Alaska pollock from the USA (41.83 N/mm sec), coalfish from the USA (34.87 N/mm sec) Alaska pollock from Russia (30.18 N/mm sec) and hake from the USA (13.86 N/mm sec). Alaska pollock from China in the heat-treated state showed 70.5% higher toughness compared to the hake sample from the USA.

For the raw samples, the highest firmness was recorded for Alaska pollock from the USA (5.68 N/mm), followed by coalfish from the USA (5.30 N/mm), Alaska pollock from Russia (3.57 N/mm), Alaska pollock from China (3.56 N/mm) and hake from the USA (1.20 N/mm). Alaska pollock from the USA in the raw state showed 78.87% higher firmness compared to the hake sample from the USA. For heat-treated samples, the highest firmness was recorded for Alaska pollock from China (5.67 N/mm), followed by Alaska pollock from the USA and coalfish from the USA with the same value (5.50 N/mm), Alaska pollock from Russia (3.23 N/mm) and hake from the USA (1.38 N/mm). Alaska pollock from China in the heat-treated state showed 75.6% higher firmness compared to the hake sample from the USA. The measured values show that after heat treatment, Alaska pollock from China was characterized by the highest toughness and firmness of all samples. The highest difference was observed between Alaska pollock from the USA and the hake sample from the USA up to 78.87% in their raw state for the firmness parameter.

The individual average values for the given samples were compared in pairs with each other on the basis of ANOVA and Tukey test (Tab. 3 and Tab. 4). For only one sample, Hake from USA, statistical significance ($p < 0.01$) was shown for both the work of shear/toughness and firmness parameters of this sample in both the raw state and after heat treatment.

Bland *et al.* [2018] found in his study that the muscle fiber strength of fish is closely related to the water retention capacity of muscle tissue.

Veland *et al.* [1999] studied the toughness of Atlantic salmon meat (*Salmo salar*). The measurement was performed using Warner-Bratzler blades and textural profile analysis. Both tests were found to be able to distinguish between samples of fresh salmon and samples that were stored for 24 days. A comparison of the two types of tests showed that the analysis by Warner-Bratzler blades was more sensitive and therefore more accurate.

Jain *et al.* [2007] in their study looked at the hardness of the horn fish (*Labeo rohita*) during its storage on ice for eight days. This parameter was measured daily using a TA-Hdi texturometer (Stable Micro Systems, England) with a piston and a 50 kg load cell and Texture Expert Exceed software. The weight was approximately 400 g of raw fish samples with their skin. Each measurement consisted of three replicates and averaged. The pH range of the fish samples was from 6.10 to 6.90. The value of hardness results ranged from 588.9 N/mm sec to 713.2 N/mm sec. Compared to the

results of our work, the hardness for raw fish samples ranged from 12.10 N/mm sec to 49.80 N/mm sec. This significant difference between our results and the results of this study could be due to the fact that the study used samples directly from ice and at the same time together with the skin of fish, which could significantly contribute to increasing hardness in their measurement. Another factor could be a different species of fish used as a sample in our work and this study. The difference in the results can again be attributed to the use of a different type of fish sample. We also used higher sample weights and a different type of texturometer with less load cell weight compared to this study.

Zajíčková [2018] in her study focused on measuring the strength of raw samples of cod, which were stored at freezing temperatures for six months. The measurement was performed using a TIRAtest 27025 device, which is standardly used to assess the mechanical properties of various materials. Through the penetration test, a record was obtained of the force that had to be developed in order for the knife to be able to penetrate the test sample. The result of the average measured strength value was 3.84 N/mm. In our work, the firmness results of raw fish samples ranged from 1.20 N/mm to 5.68 N/mm. We can therefore evaluate that the results of this study and our work are almost the same. At the same time, this study states that the strength of the muscle tissues of fish increases with longer storage. It also dealt with the firmness of salmon after six months of storage, resulting in a value of 1.71 N/mm. Which is a much lower value compared to our range of strength results.

Conclusions

In addition to five raw frozen samples of three fish species, heat treatment was applied to the fish samples and analysis of textural properties (toughness and firmness) was performed. For both examined parameters, we confirmed a statistically insignificant difference in the raw state in the pair of Alaska pollock from China and from Russia, in the heat-treated state in the pairs of Alaska pollock from China and the USA, Alaska pollock from the USA and codfish from the USA. With these results, we confirmed which sample pairs have approximately the same firmness or toughness. We also obtained an overview of which types of samples had the highest toughness and firmness, whether in their raw or heat-treated state.

Acknowledgement

This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under Grant [the Contract no. APVV-17-0508] and VEGA 1/0239/21.

References

1. Abraha B., Admassu H., Mahmud A., Tsighe N., Shui X.W., Fang Y. Effect of processing methods on nutritional and physico-chemical composition of fish: a review. *MOJ Food Processing & Technology*. 2018, 6(4), 376-382.

2. Alipour H.J., Shabanpoor B., Shabani A., Mahoonak A.S. Effects of cooking methods on physico – chemical and nutritional properties of Persian sturgeon *Acipenser persicus* fillet. *International Aquatic Research*. 2010, 2(1), 15-23.
3. Aussanasuwannakul A., Kenney P.B., Brannan R.G., Slider S.D., Salem M., Yao J. Relating Instrumental Texture, Determined by Variable-Blade and Allo-Kramer Shear Attachments, to Sensory Analysis of Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*, Fillets. *Journal of Food Science*. 2010, 75(7), 365-374.
4. Bland J.M., Bett-Garber, K.L., Li C.H., Brashear S.S., Lea J.M., Bechtel P.J. Comparison of sensory and instrumental methods for the analysis of texture of cooked individually quick frozen and fresh-frozen catfish fillets. *Food Science & Nutrition*. 2018, 6(6), 1692-1705.
5. Cheng J., Sun D.-W., Han Z., Zeng X.-A. Texture and Structure Measurements and Analyses for Evaluation of Fish and Fillet Freshness Quality: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2013, 13(1), 52-61.
6. Chéret, R., Chapleau N., Delbarre-Ladrat, C. Effects of High Pressure on Texture and Microstructure of Sea Bass (*Dicentrarchus labrax* L.) Fillets. *Journal of Food Science*. 2005, 70(8), 477-483.
7. Hultmann L. 2003. Endogenous proteolytic enzymes – Studies of their impact on fish muscle proteins and texture: doctorate ingenieur thesis. Norwegian University of Science and Technology. 2003. 110 p.
8. Jain D., Pathare P.B., Ramarathinam M. Evaluation of texture parameters of Rohu fish (*Labeo Rohita*) during iced storage. *Journal of Food Engineering*. 2007, 81(2), 336-340.
9. Pearce, K.L., Rosenvold K., Andersen H.J., Hopkins D.L. 2011. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes – A review. *Meat Science*. 2011, 87(2), 111-124.
10. Schubring, R., Meyer C., Schlüter O., Boguslawski S., Knorr D. Impact of high pressure assisted thawing on the quality of fillets from various fish species. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2003, 4(3), 257-267.
11. Toldrá F., Reig M. Enzymes in meat and fish. In YADA, R. Y. *Improving and Tailoring Enzymes for Food Quality and Functionality*. Woodhead Publishing: 2015, 199-212. ISBN 9781782422853.
12. Uyar, R., Bedane T.F., Erdogdu F., Palazoglu T.K., Farag K.W., Marra F. Radio-frequency thawing of food products – A computational study. *Journal of Food Engineering*. 2015, 146, 163-171.
13. Veland J.O., Torrissen O.J. The texture of Atlantic salmon (*Salmo salar*) muscle as measured instrumentally using TPA and Warner – Bratzler shear test. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1999, 79(12), 1737-1746.
14. Zajíčková M. Influence of freezer storage on sensory quality and chemical composition of fish meat: ingenieur thesis. Mendel University in Brno. 2018, 116 p.

Physical properties of sucrose-free muffins sweetened with xylitol and acesulfame K blends

Wiktor Berski, Edyta Maja Kutyla-Kupidura, Marek Sikora

*Katedra Technologii Węglowodanów i Przetwórstwa Zbóż, Wydział Technologii Żywności,
Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie*

Abstract

The aim of this research was to obtain sucrose-free muffins using a combination of acesulfame K and xylitol at different proportions, with properties similar to the properties of those ones containing sucrose. The effect of sucrose substitution on moisture, baking loss, porosity, textural and organoleptic properties of the muffins was examined.

Changing proportions of acesulfame K to xylitol resulted in differentiated properties of the muffins. It was concluded that muffins with a high level of xylitol (75 and 100%) received the highest scores in organoleptic evaluation, and their overall quality did not differ significantly from sucrose containing muffins. They had also the lowered caloric value by 9.8% and 8.6%, respectively as compared to standard muffins.

It was also observed, that panelists preferred muffins with lower moisture content.

Keywords: acesulfame K, muffins, sucrose free, xylitol

Introduction

Among several factors responsible for diabetes and obesity the inadequate diet and lack of physical activity are considered as dominant [Chattopadhyay *et al.* 2011, Struck *et al.* 2014]. Snacks such as cakes, cookies, muffins and other high energy products poor in vitamins and dietary fibre but rich in sugars replaced regular and healthy meals [Martínez-Cervera *et al.* 2012, Zahn *et al.* 2013].

In order to reduce energetic value of such products, the manufacturers replace sucrose with alternative sweeteners. However, it should be taken into consideration, that sucrose is responsible not only for sweet taste, but also for their texture, colour and geometric parameters [Laguna *et al.* 2013]. Therefore, it is important to find sweetener enabling to obtain a product most closely resembling a traditional one [Struck *et al.* 2014]. Small quantities of intensive sweeteners evoke problems with developing a right product texture and this is disadvantageous in the food production [Chattopadhyay *et al.* 2011]. On the other hand, polyols are bulking and texturizing agents, and they strongly influence the textural and rheological properties of the batter, but their consumption in high quantities can result in a laxative effect [O'Brien-Nabors, 2011]. Therefore, the replacement of sucrose by the combination of polyols with bulking properties, e.g. xylitol and intensive sweeteners, e.g. acesulfame K, could lead to a product with properties similar to sucrose containing goods [Struck *et al.* 2014, Kutyla-Kupidura *et al.* 2015].

Among others polyols such as xylitol found multiple applications, mainly in non-cariogenic confectionery like chewing gums, candies, chocolates, in dietetic foods and in pharmaceutical preparations. Xylitol is a five-carbon polyol with a sweetness similar to that of sucrose. It is a colourless powder soluble in water [O'Brien-Nabors, 2011]. Cakes containing xylitol received almost identical sensory scores as those prepared with sucrose. The only drawback of such formulations is the lack of browning because of the reduced intensity of the Maillard reaction. Hence supplementation with reducing sugar is beneficial for the developing browning of the crust [Struck *et al.* 2014].

Some authors investigated the influence of the sucrose replacement by alternative sweeteners on the properties of muffins [Martínez-Cervera *et al.* 2012, Martinez-Cervera *et al.* 2011, Matos *et al.* 2014] and other spongy confectionery products [Akesowan, 2009, Baeva *et al.* 2003, Manisha *et al.* 2012, Psimouli and Oreopoulou 2012, Ronda *et al.* 2005]. However, only a few of them [Kutyła-Kupidura *et al.* 2015, Akesowan, 2009, Baeva *et al.* 2003, Manisha *et al.* 2012] applied combinations of polyols with intensive sweeteners.

The aim of this research was to obtain sucrose-free muffins prepared with the use of acesulfame K and xylitol mixtures applied as a sweetener. Such substitution aims at a lowered caloric value product with properties closely resembling those of sucrose containing muffins.

Materials and Methods

Materials

Type 550 wheat flour, 2% fat milk, eggs, rapeseed oil, baking powder and sodium bicarbonate, sucrose, xylitol and acesulfame K were bought in local supermarket, and were used for batter preparation (Tab. 1).

Sucrose (Standard - S), xylitol (X), acesulfame K (A) and mixtures of acesulfame K and xylitol in different proportions (Tab. 1) were employed as sweeteners. In the muffins sucrose was replaced by either acesulfame K, xylitol, or by their mixtures in such a way that the total amount of sweeteners was equivalent to sensual sweetening intensity (SSI) index of sucrose. According to O'Brien-Nabors [2011] SSI for sucrose, xylitol and acesulfame K being 1, 1, and 200, respectively, was accepted.

Muffins preparation

Blend of oil, eggs and milk (a batter) taken in proportions reported in Table 1 was stirred in a container until being homogenous. Sifted flour, baking powder, sodium bicarbonate and the sweeteners (Tab. 1) were combined in another container. Then, the content of both containers was combined together and homogenized with a mixer (Bosch, Stuttgart, Germany) for 2 min.

Prepared batter (40 g) was weighed into a silicone-type muffin mould, baked in C-32 oven (MIWE Michael Wentz GmbH, Arnstein, Germany) at 200°C for 23 minutes, then cooled to ambient temperature for 30 min.

Table 1. Batter composition

Variant / Component [g]	Standard (S)	0%	25%	50%	75%	100%
Sucrose	150	-	-	-	-	-
Xylitol	-	-	37.5	75.0	112.5	150.0
Acesulfame K	-	0.7500	0.5625	0.375	0.1875	-
Wheat flour			250			
Sodium bicarbonate			2			
Baking powder			8			
Milk			230			
Oil			100			
Eggs			65			

Methods

All measurements and analyses were carried out at 25°C. Except the hardness measurement, all analyses were carried out on a baking day. All analyses were performed at least in triplicate.

Moisture content

Moisture content was determined with MAC 50/NH moisture analyser (Radwag Warsaw, Poland) according to the manual.

Baking loss

Baking loss was calculated as previously described [Martinez-Cervera *et al.* 2011].

Height and diameter

Muffins height and diameter were measured using a calliper immediately after they were cooled down, with the accuracy up to 0.1 mm [Zahn *et al.* 2013].

Porosity

The muffins were cut in the horizontally plane, at the distance of 2.5 cm from the base [Martinez-Cervera *et al.* 2012], and the images of freshly cut surface of the crumb were collected with the means of a desktop scanner OpticPro S12 (Plustek Inc., Taiwan). The recorded images were analysed using ImageJ software v. 1.44c [Abramoff *et al.* 2004] applying a home built macro [Ziobro *et al.* 2013]. Each product was prepared in two batches, on different days. Two muffins were analysed from each baking batch.

Hardness measurement

Hardness analysis was performed by means of TA.XT.plus Texture Analyser (Stable Microsystems, Godalming, UK) with a P/20 probe. Texture profile analysis (TPA) macro was used. Muffins were cut horizontally at the height of 2.5 cm, and 2 mm bottom layers were removed [Martinez-Cervera *et al.* 2011]. The test speed and post-speed was 5 mm/sec,

strain 50%, trigger force 0.5 g and the time between compression cycles was 5 seconds. The estimations were run in 5 repetitions.

Changes of hardness occurring during muffins storage were evaluated by means of simplified Avrami equation [Berski and Ziboro 2018]:

$$\Delta H_t = \Delta H_\infty - (\Delta H_\infty - \Delta H_0) \cdot e^{kt^n} \quad (1)$$

where: ΔH_0 (N); ΔH_∞ (N), and ΔH_t (N) are hardness measured, respectively, on the day of baking (1 h), on the final day of storage (72 h), and at given time t; k (h^{-n}) and n, are reaction rate and n Avrami exponent (n = 1), respectively.

Caloric value

The muffins caloric value was calculated using the data provided by the manufacturers of the ingredients, taking into consideration batter composition and baking loss value.

Organoleptic assessment

Organoleptic analysis was carried out by 32 trained panelists employing the five points method [Kutyła-Kupidura *et al.* 2015]. The following quality descriptors were evaluated: general appearance/shape (0.2), surface (0.15), aroma (0.2), crust colour (0.1), crumb colour (0.05), elasticity/crumb consistency (0.05), taste (0.25). In parentheses the respective weighting coefficients are given.

Statistics

One-way analysis of variance (ANOVA) and least significant difference (LSD) at the significance level of 0.05 using the Tukey test post-hoc was employed. Calculations were performed using the statistical package Statistica 9.0 (StatSoft Inc., USA).

Results and discussion

Sucrose containing muffins (S) were characterized by the lowest moisture content (33.8%), whereas the highest moisture (43.1%) was noted for muffins containing no bulky sweetening agent – sweetened with acesulfame K (0%) (Tab. 2). Due to varying batter composition and different ways of muffins preparation the reported moisture of sucrose containing muffins varied between 14.6% [Martinez-Cervera *et al.* 2011] and 21.0% [Zahn *et al.* 2013].

With increasing xylitol share the moisture of muffins linearly decreased ($R^2 = 0.999$). The moisture content of muffins with xylitol was the most similar to that of the standard muffins. Increasing moisture of muffins with increasing level of acesulfame K could be caused by a reduced amount of bulking sweetener (xylitol) binding water in batter and holding it on baking [Sun *et al.* 2014], and also decreasing xylitol content led to a higher share of milk in the batter, which resulted in the higher muffins moisture. The moisture content was positively correlated with the baking loss ($p = 0.001$) and negatively correlated with the results of sensory evaluation ($p = 0.001$ (elasticity and total score); $p = 0.002$ (general appearance and aroma); $p = 0.004$ (crumb colour); $p = 0.006$ (surface); $p = 0.013$ (taste); $p = 0.041$ (crust colour)) and hardness ($p = 0.045$ (at the day of baking)).

Estimated baking loss varied between 12.55 and 14.20% (Tab. 2), and its lowest value was observed for muffins with 100% xylitol. A similar value (12.9%) for sucrose sweetened muffins was reported by Zahn *et al.* [2013], whereas Martínez-Cervera *et al.* [2011] reported 14.8%, and this value increased with decreasing of sucrose content in the batter (up to 16.4% in sucrose free batter). Sucrose acts as a water binder, contributing to a baking loss decrease. In the batter in which erythritol was replacing sucrose, baking loss varied between 12.9 and 15.1% [Martínez-Cervera *et al.* 2011].

With the increasing addition of xylitol, the baking loss decreased (Tab. 2), because both sucrose and xylitol are water binding components [Martínez-Cervera *et al.* 2011]. Changes of baking loss as a function of xylitol content were almost linear ($R^2 = 0.983$).

Replacement of sucrose by the blend of sweetening agents led to a decrease of the caloric value of muffins (Tab. 2). The greatest decrease was observed for muffins with 75 and 100% xylitol - 9.8% and 8.6%, respectively, as compared to standard S muffins. An increase of the muffins caloric value was observed with increasing share of acesulfame K, as a result of increasing share of the other components in total mass of the batter.

Table 2. Properties of the investigated muffins and parameters of Avrami model describing the course of muffins hardness changes

Type of muffins	Moisture [%]	Baking loss [%]	Height [mm]	Diameter [mm]	Caloric value [kcal/100 g]	Total organoleptic score [-]	Num-ber of pores				ΔH_{∞} (N)	ΔH_0 (N)	k (h ⁻¹)
							Area range [m ² ×10 ⁻⁶]						
							1.0 – 4.9	5.0 – 9.9	10.0 – 50.0	Sum			
S*	33.8 ^a	12.70 ^a	38.8 ^c	58.1 ^b	365.2	4.7 ^d	31 ^a	10 ^{ab}	5 ^a	46 ^{ab}	16.30	5.83	0.0144
0%	43.1 ^f	14.20 ^b	38.9 ^c	54.9 ^a	348.6	3.2 ^a	24 ^a	9 ^a	7 ^a	40 ^{ab}	26.25	12.18	0.0783
25%	41.1 ^e	14.00 ^b	36.8 ^b	54.1 ^a	344.1	3.4 ^{ab}	30 ^a	8 ^a	4 ^a	42 ^{ab}	25.43	17.25	0.0683
50%	39.1 ^d	13.36 ^{ab}	36.6 ^b	53.7 ^a	338.2	3.9 ^{cb}	21 ^a	10 ^{ab}	4 ^a	37 ^a	24.56	11.45	0.0318
75%	37.2 ^c	12.96 ^{ab}	35.9 ^{ab}	54.6 ^a	333.7	4.3 ^{cd}	29 ^a	12 ^{ab}	4 ^a	45 ^{ab}	23.77	11.04	0.0343
100%	35.2 ^b	12.55 ^a	34.6 ^a	56.9 ^b	329.4	4.3 ^{cd}	27 ^a	15 ^b	5 ^a	47 ^b	23.33	9.30	0.0280

S - standard - sucrose was applied as a sweetener; 0% - 0% X, 100% A; 25% - 25% X, 75% A; 50% - 50% X, 50% A; 75% - 75% X, 25% A; 100% - 100% X, 0% A; X – xylitol; A- acesulfame K; ΔH_0 (N), ΔH_{∞} (N), and ΔH_t (N) hardness at day of baking (0) and final day (∞); k (h^{-n}) rate constant; Average values in column with the same superscript are not statistically different ($\alpha = 0,05$).

As it was mentioned, acesulfame K is an intensive sweetener and its share in total mass of the batter was almost insignificant. Complete replacement of sucrose with acesulfame K only (0) did not change the height of obtained muffins but the increase in the xylitol addition gradually reduced the muffins height (Tab. 2). Both changes were fairly insignificant and almost linear ($R^2 = 0.920$). Height reduction of muffins in which sucrose was replaced by xylitol, might reflect reduction in the ability to retain air bubbles in the batter. The lowest height was observed for the muffins with xylitol only (100%) - 89.2%, and the biggest one for those with acesulfame K (100.3%).

S muffins had the largest diameter and these with 50% share of xylitol were the smallest in diameter (Tab. 2). Replacing sucrose by the other sweeteners led to a reduction of the diameter below 8% compared to the standard. Based on their diameter muffins spread into two groups: (i) muffins with sucrose (S) or xylitol only (100%) and (ii) the remaining ones. The results of Zahn *et al.* [2013] closely resemble these collected in this study.

Replacing sucrose with a mixture of sweeteners led to a slight change in the porosity of the crumb (Tab. 2). The changes were observed only in the amount of intermediate size pores (5.0 - 9.9 mm²). It could be noted, that when a smaller amount of bulk sweetener was applied there was a significant decrease in the number of medium pores. In the case of small and medium-sized pores, no significant differences were observed between the results obtained in this work, and the data available in the literature [Martínez-Cervera *et al.* 2012]. The total number of them underwent only minor changes.

Texture analysis of the resulting muffins was performed on the day of baking (0 h), and on the first (24 h) and third days of storage (72 h). The muffins hardness changes are presented in Fig. 1 and its changes could be applied for evaluation of the ageing process [Berski and Ziobro 2018, Wang *et al.* 2015].

Hardness of the muffins increased with decreasing share of xylitol and the storage period. The crumb hardness increase was a consequence of the development of the gluten structure. Water was indispensable for developing this structure and sucrose binding water to a significant extent could hinder it. Crystallization of sucrose also occurs in muffins, contributing to an increase in their hardness [Taylor *et al.* 2008]. The increase in the crumb hardness on storage could be related to the crumb ageing, which in turn is related to the progressing starch retrogradation, gluten-starch interactions and the moisture redistribution [Struck *et al.* 2014, Wang *et al.* 2015].

An attempt to completely replace sucrose by polyols [Martínez-Cervera *et al.* 2014] led to significant changes in the muffins hardness. It was dependent on the type of used sweetener. Some data [Martínez-Cervera *et al.* 2011] indicated that the replacement of sucrose with erythritol led to a gradual increase in the muffins hardness. This was also confirmed by the results of this work leading to the conclusion that the increasing xylitol amount influenced the reduction of hardness. Other studies [Zahn *et al.* 2013], where sucrose was partially substituted by a mixture of stevia and the bulking agent, indicated that the hardness of fresh muffins depended on the type of the filler used. Zoulias *et al.* [2000] found that an addition of acesulfame K caused an increase of hardness of low-fat cookies,

except for cookies containing acesulfame K and maltitol, where the reduction of hardness was observed.

A significant share of starch in the total mass of muffins might suggest an essential role of its retrogradation and changes in water distribution in the muffin ageing. It could be discussed in term of the Avrami equation [Berski and Ziobro 2018, Ziobro *et al.* 2013]. The relevant parameters of this equation were given in Table 2. As can be seen (Fig. 1) the replacement of sucrose with the blend of sweeteners led to significant changes in the hardness of the analysed muffins. Changes between the different systems (proportions of sweeteners in the blends) became less important with an increasing storage period.

It could be observed (Tab. 2) that Avrami equation parameters: “k”, and final hardness (ΔH_{∞}) increased after the replacement of sucrose with a mixture of the sweeteners; however, these parameters decreased with an increase in the xylitol addition. That finding led to a conclusion that the influence of the additives on the inhibiting starch retrogradation weakened in the order: sucrose > xylitol > acesulfame K. The results confirmed the findings of the other authors [I’Anson *et al.* 1990, Kohyama *et al.* 1991]. The explanation of increasing muffins hardness, with decreasing share of xylitol, could be caused by a greater amount of water available for the proteins, and, therefore, developing of a firmer gluten structure [Sun *et al.* 2014].

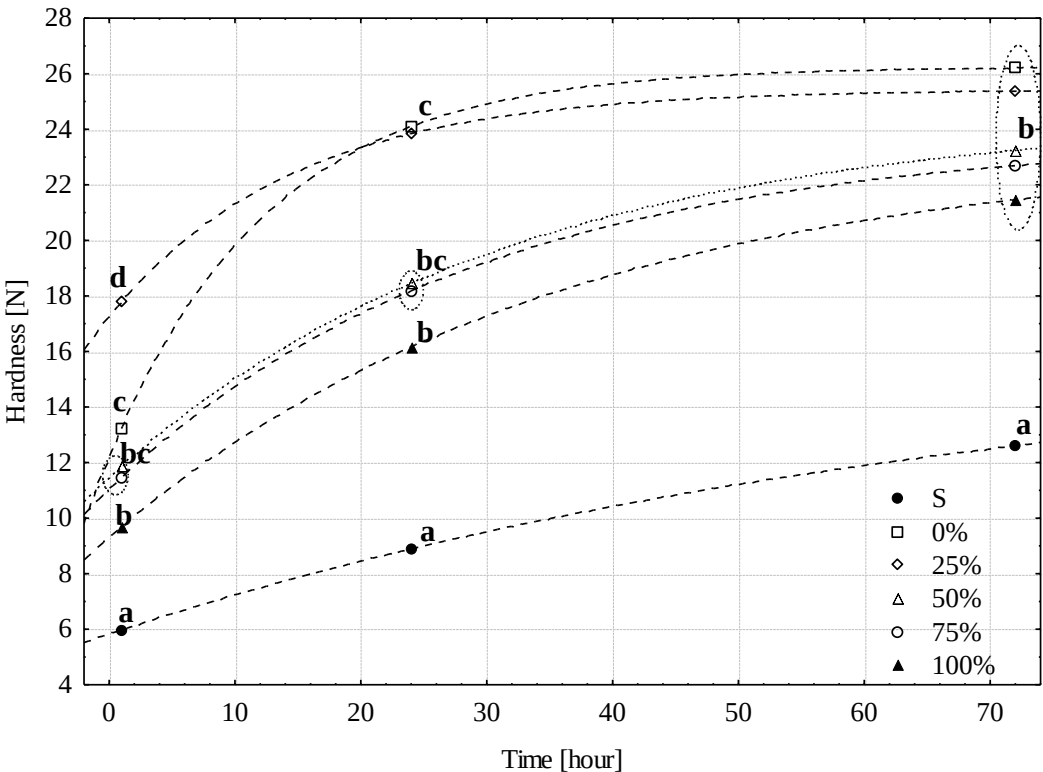


Figure 1. Changes in muffins hardness observed during storage. Values at given time with the same superscript are not statistically different ($\alpha = 0.05$).

The substitution of sucrose with the blends of sweeteners resulted in the lowering of all organoleptic parameters (Tab. 2 and Fig. 2). According to the evaluators, muffins prepared with a high proportion of xylitol (75 and 100%) were the closest to the standard. The replacement of sucrose in spongy structure cakes by some polyols enabled to prepare products with sensory characteristics similar to the sucrose sweetened product, which was confirmed by some authors [Psimouli and Oreopoulou 2012, Robda *et al.* 2005]. Application of the xylitol - acesulfame K blends declined all organoleptic features with increasing intensive sweetener share. Muffins containing only acesulfame K received significantly lower ratings than S muffins. The same dependence was observed by Kutyla-Kupidura *et al.* [2015] and Górecka *et al.* [2007]. On the other hand Zoulias *et al.* [2000] found that, the combination of a small amount of acesulfame K with bulk sweeteners such as polyols or fructose resulted in an improvement of sensory properties of low-fat cookies. Intensive sweetener possessed neither filling nor texturizing properties. Therefore, products containing either exclusively or predominantly such sweeteners were characterized by inadequate light colour and improper texture (e.g. extreme hardness). The taste of these products was also different from the taste of sucrose products. Intensive sweeteners in fact had the characteristic taste that remained in the mouth longer than the taste of sucrose [ADA 2004].

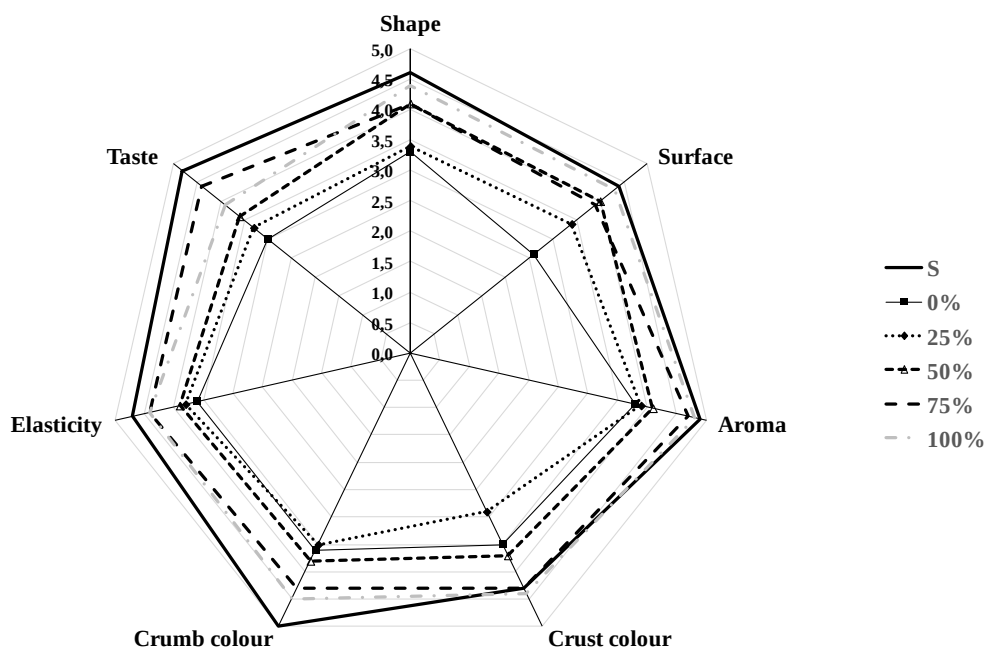


Figure 2. Results of muffins organoleptic assessment

Conclusions

Muffins with the highest xylitol share (75 and 100%) received the highest scores in organoleptic evaluation. Their overall quality did not differ significantly from sucrose ones. Moreover, their other physical properties except moisture, hardness and height, did not differ significantly when compared to standard muffins. They also had the lowered caloric value - 9.8% and 8.6%, respectively, as compared to standard. The reduction of xylitol content in favour of acesulfame K resulted in the linear increase of moisture and baking loss of muffins. Analysis of the results showed that panelists preferred muffins with a lower moisture content. Moreover, with the decreasing xylitol share, muffins hardness increased due to undisturbed gluten network development caused by virtual lack of water competition.

Acknowledgements

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

References

1. Chattopadhyay S, Raychaudhuri U and Chakraborty R 2011 Artificial sweeteners – a review *J Food Sci Technol* **51** 611–21.
2. Struck S, Jaros D, Brennan C S and Rohm H 2014 Sugar replacement in sweetened bakery goods *Int J Food Sci Technol* **49** 1963–76.
3. Martínez-Cervera S, Sanz T, Salvador A and Fiszman S M 2012 Rheological, textural and sensorial properties of low-sucrose muffins reformulated with sucralose/polydextrose *LWT - Food Science and Technology* **45** 213–20.
4. Zahn S, Forker A, Krügel L and Rohm H 2013 Combined use of rebaudioside A and fibres for partial sucrose replacement in muffins *LWT - Food Science and Technology* **50** 695–701.
5. Laguna L, Primo-Martín C, Salvador A and Sanz T 2013 Inulin and Erythritol As Sucrose Replacers in Short-dough Cookies: Sensory, Fracture, and Acoustic Properties *Journal of Food Science* **78** S777–84.
6. O'Brien-Nabors L 2011 *Alternative Sweeteners, Fourth Edition* (CRC Press).
7. Kutyla-Kupidura E M, Sikora M, Krystyjan M, Dobosz A, Kowalski S, Pysz M and Tomasik P 2015 Properties of Sugar-Free Cookies with Xylitol, Sucralose, Acesulfame K and Their Blends *J Food Process Eng* n/a-n/a.
8. Martinez-Cervera S, Salvador A, Muguerza B, Moulay L and Fiszman S M 2011 Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate muffins *LWT-Food Sci. Technol.* **44** 729–36.
9. Matos M E, Sanz T and Rosell C M 2014 Establishing the function of proteins on the rheological and quality properties of rice based gluten free muffins *Food Hydrocolloids* **35** 150–8.

10. Akesowan A 2009 Quality of Reduced-Fat Chiffon Cakes Prepared with Erythritol-Sucralose as Replacement for Sugar *Pakistan Journal of Biological Sciences* **8** 1383–6.
11. Baeva M R, Terzieva V V and Panchev I N 2003 Structural development of sucrose-sweetened and sucrose-free sponge cakes during baking *Nahrung* **47** 154–60.
12. Manisha G, Soumya C and Indrani D 2012 Studies on interaction between stevioside, liquid sorbitol, hydrocolloids and emulsifiers for replacement of sugar in cakes *Food Hydrocolloids* **29** 363–73.
13. Psimouli V and Oreopoulou V 2012 The effect of alternative sweeteners on batter rheology and cake properties *J. Sci. Food Agric.* **92** 99–105.
14. Ronda F, Gómez M, Blanco C A and Caballero P A 2005 Effects of polyols and non-digestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes *Food Chemistry* **90** 549–55.
15. Abramoff M D, Magalhães P J and Ram S J 2004 Image processing with ImageJ *Bio-photonics international* **11** 36–42.
16. Ziobro R, Witczak T, Juszczak L and Korus J 2013 Supplementation of gluten-free bread with non-gluten proteins. Effect on dough rheological properties and bread characteristic *Food Hydrocolloids* **32** 213–20.
17. Berski W and Ziobro R 2018 Pasting and gel characteristics of normal and waxy maize starch in glucose syrup solutions *Journal of Cereal Science* **79** 253–8.
18. Sun Q, Xing Y and Xiong L 2014 Effect of xylitol on wheat dough properties and bread characteristics *Int J Food Sci Technol* **49** 1159–67.
19. Martínez-Cervera S, Hera E de la, Sanz T, Gómez M and Salvador A 2011 Effect of using Erythritol as a Sucrose Replacer in Making Spanish Muffins Incorporating Xanthan Gum *Food Bioprocess Technol* **5** 3203–16.
20. Wang S, Li C, Copeland L, Niu Q and Wang S 2015 Starch Retrogradation: A Comprehensive Review *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **14** 568–85.
21. Taylor T P, Fasina O and Bell L N 2008 Physical Properties and Consumer Liking of Cookies Prepared by Replacing Sucrose with Tagatose *Journal of Food Science* **73** S145–51.
22. Martínez-Cervera S, Salvador A and Sanz T 2014 Comparison of different polyols as total sucrose replacers in muffins: Thermal, rheological, texture and acceptability properties *Food Hydrocolloids* **35** 1–8.
23. Zoulias E I, Piknis S and Oreopoulou V 2000 Effect of sugar replacement by polyols and acesulfame-K on properties of low-fat cookies *Journal of the Science of Food and Agriculture* **80** 2049–56.
24. I'Anson K J, Miles M J, Morris V J, Besford L S, Jarvis D A and Marsh R A 1990 The effects of added sugars on the retrogradation of wheat starch gels *Journal of Cereal Science* **11** 243–8.

25. Kohyama K and Nishinari K 1991 Effect of soluble sugars on gelatinization and retrogradation of sweet potato starch *J. Agric. Food Chem.* **39** 1406–10.
26. Górecka D, Korczak J and Borowska-Parus A 2007 Zastosowanie substancji słodzących w wyrobach ciastkarskich *Żywność Nauka Technologia Jakość* **55** 210–8.
27. ADA R 2004 Position of the American Dietetic Association: Use of Nutritive and Nonnutritive Sweeteners *Journal of the American Dietetic Association* **104** 255–75.

Potencjalne zastosowanie bakteriocyn o strukturze cyklicznej do konserwowania żywności

Urszula Błaszczyk

*Katedra Technologii Fermentacji i Mikrobiologii, Wydział Technologii Żywności,
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie*

Streszczenie

Bakteriocyny cykliczne należą do ciągle rosnącej rodziny rybosomalnie syntetyzowanych polipeptydów, w których występuje cyklizacja szkieletu peptydowego. Bakteriocyny te wytwarzane są przez bakterie Gram-dodatnie, a ich antagonistyczna aktywność skierowana jest głównie wobec bakterii kwasu mlekowego oraz bakterii z rodzajów *Staphylococcus*, *Listeria*, *Bacillus* oraz *Clostridium*. Bakteriocyny cykliczne charakteryzują się unikatowymi cechami takimi jak wyjątkowa termostabilność, a także odporność na zmiany pH oraz działanie enzymów proteolitycznych typu karboksy- i aminopeptydazy. Właściwości te powodują, że bakteriocyny cykliczne są przedmiotem intensywnych analiz dotyczących ich potencjalnego zastosowania w przemyśle spożywczym jako bezpiecznych i naturalnych związków przeciwdrobnosutrojowych.

Słowa kluczowe: bakteriocyny cykliczne, enterocyna AS-48, aktywność przeciwdrobnoustrojowa

Wprowadzenie

Bakterie kwasu mlekowego (LAB) to grupa mikroorganizmów od dawna łączona z fermentacją żywności, które wykorzystywane są jako kultury starterowe w produkcji fermentowanych produktów mlecznych, warzyw, owoców i mięsa. LAB hamują rozwój bakterii powodujących psucie żywności oraz korzystnie wpływają na właściwości odżywcze, organoleptyczne oraz trwałość fermentowanych produktów spożywczych. Konserwujące działanie LAB wynika z produkcji substancji przeciwdrobnoustrojowych, m.in. kwasów organicznych, nadtlenu wodoru, diacetylu oraz bakteriocyn [Sanlibaba i in., 2015]. Wśród wymienionych składników przeciwdrobnoustrojowych szczególną uwagę poświęca się tym ostatnim ze względu na możliwość zastosowania ich w przemyśle spożywczym jako naturalnych konserwantów oraz potencjalne cząsteczki antybiotykopodobne eliminujące patogeny oporności wielolekowej [Gor i in., 2020a; Velázquez-Suárez i in., 2021].

W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat zidentyfikowano i opisano wiele bakteriocyn produkowanych przez LAB. Wśród nich szczególną grupę stanowią bakteriocyny cykliczne, różniące się od innych klas bakteriocyn. Podlegają one modyfikacji potranslacyjnej, która polega na ligacji N- i C- końców poprzez wiązanie amidowe. Kolistą, cykliczną strukturą bakteriocyn leży u podstaw ich wyjątkowych właściwości, obejmujących wysoką

termostabilność, odporność na szeroki zakres pH oraz na działanie enzymów proteolitycznych, pomimo braku w strukturze mostków disiarczkowych. Cechy te czynią bakteriocyny cykliczne interesującymi obiektami badań o potencjale komercyjnym [Gabrielsen i in., 2014]. Celem pracy jest przedstawienie możliwości zastosowania bakteriocyn cyklicznych jako jednej z alternatyw chemicznych środków konserwujących.

Jak dotąd wyizolowano i opisano blisko dwadzieścia bakteriocyn o strukturze cyklicznej, chociaż analiza filogenetyczna wskazuje na istnienie kolejnych tego typu polipeptydów [Vezina i in., 2020]. Najlepiej poznana z bakteriocyn cyklicznych, enterocyna AS-48, została po raz pierwszy wyizolowana w 1986 roku [Galvez i in., 1986], a jej specyficzna, cykliczna struktura opisana w 1994 roku [Samyn i in., 1994]. Od tego czasu wyizolowano i scharakteryzowano kolejne bakteriocyny cykliczne takie jak m.in.: gasserycyna A, cyrkularyna A, butyrywibriocyna AR10, uberolizyna, karnocyklina A, laktocyklina Q, garwicycyna ML, leukocyklina Q, amylocyklina, acydocyna B, enterocyna NKR-5-3B, pumilaryna, plantarycyklina A oraz plantacyklina B21AG [Golneshin i in., 2020, Gor i in., 2020b]. Producentami bakteriocyn o strukturze cyklicznej poza LAB są również inne bakterie Gram-dodatnie z rodzajów m.in. *Bacillus* i *Clostridium*. Analizy sekwencyjna i filogenetyczna bakteriocyn cyklicznych pozwoliły wyodrębnić dwie rodziny tych peptydów. Bakteriocyny zaklasyfikowane do podgrupy I są polipeptydami o charakterze kationowym, których punkty izoelektryczne wynoszą ponad 9. Przedstawicielami tej podgrupy są enterocyna AS-48, enterocyna NKR-5-3B, karnocyklina A, garwicycyna ML, laktocyklina Q oraz leukocyklina Q. Bakteriocyny cykliczne zaklasyfikowane do podgrupy II są bardziej anionowe i charakteryzują się niższymi punktami izoelektrycznymi ($pI < 7$). Do bakteriocyn tej podgrupy zalicza się acydycynę B, butyrywibriocynę AR10, gasserycynę A oraz plantarycyklinę A [Gabrielsen i in., 2014; Golneshin i in., 2020].

Bakteriocyny cykliczne mają szerokie spektrum aktywności przeciwdrobnoustrojowej. Ich działanie antimikrobiologiczne jest na ogół skierowane przeciwko bakteriom Gram-dodatnim, głównie LAB. Warto zauważyć, że spektrum działania antybakteryjnego bakteriocyn cyklicznych obejmuje również patogeny przenoszone przez żywność, np. z rodzajów *Listeria* i *Clostridium*, a w przypadku kilku bakteriocyn cyklicznych, także patogeny szpitalne, do których zalicza się enterokoki i gronkowce. Odnotowano, że bakteriocyny cykliczne takie jak: enterocyna AS-48, leukocyklina Q i laktocyklina Q, w pewnych określonych warunkach, wykazują aktywność przeciwbakteryjną skierowaną przeciwko *Escherichia coli*, chociaż efekt ten obserwowany jest przy znacznie wyższych stężeniach niż są wymagane do eliminacji bakterii Gram-dodatnich. Ponadto odnotowano, że inna bakteriocyna cykliczna – karnocyklina A wykazuje aktywność przeciwdrobnoustrojową wobec bakterii Gram-ujemnych w obecności EDTA [van Belkum i in., 2011].

Mechanizm działania bakteriocyn cyklicznych wiąże się z naruszeniem integralności błony komórek docelowych, co powoduje wyciek jonów, degradację błony i w konsekwencji śmierć komórek wrażliwych [Gabrielsen i in., 2014].

Zastosowanie bakteriocyn cyklicznych w przemyśle spożywczym

Szerokie spektrum działania, wyjątkowa stabilność oraz odporność na peptydazy i inne czynniki denaturujące są cechami, które czynią bakteriocyny o strukturze cyklicznej szczególnie przydatnymi do zastosowania podczas utrwalania żywności. Bakteriocyny te hamują wzrost szerokiej gamy bakterii Gram-dodatnich, w tym wielu bakterii powodujących psucie żywności. Producentami większości bakteriocyn cyklicznych są LAB, które powszechnie uznaje się za bezpieczne (GRAS) w produktach spożywczych. Szczep bakterii *Carnobacterium maltaromaticum* UAL307, wytwarzający karnocyklinę A (CclA), został dopuszczony do stosowania w produktach spożywczych przez amerykańską Agencję Żywności i Leków (FDA). Potwierdzona została aktywność antagonistyczna CclA w stosunku do *Listeria monocytogenes*, podjęto również badania mające na celu poznanie mechanizmu działania bakteriocyny oraz odpowiedzi komórkowej *L. monocytogenes* na obecność CclA [Liu i in., 2014]. Zewnętrzna błona bakterii Gram-ujemnych stanowi barierę dla bakteriocyn o budowie cyklicznej, dlatego najczęściej skutecznie działają tylko wobec bakterii Gram-dodatnich. W przypadku CclA analizowano również wpływ tej bakteriocyny na rozwój bakterii Gram-ujemnych takich jak: *E. coli* DH5a, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 14207 oraz *Salmonella* Typhimurium ATCC 23564. Stwierdzono, że zarówno CclA, jak i enterocyna AS-48, wykazują aktywność przeciwdrobnoustrojową wobec bakterii Gram-ujemnych w obecności dodatkowych czynników, takich jak EDTA. Połączenie działania CclA wraz z EDTA pozwoliło na istotne zahamowanie wzrostu *E. coli* oraz *P. aeruginosa* [Martin-Visscher i in., 2011].

Niewątpliwie najwięcej analiz, dotyczących zdolności hamowania rozwoju bakterii patogennych przenoszonych przez żywność oraz odpowiadających za jej zepsucie, odnosi się do pierwszej odkrytej i najlepiej poznanej bakteriocyny cyklicznej – enterocyny AS-48. Można zastosować ją jako konserwant w dwojaki sposób, albo poprzez dodatek do żywności szczepu bakteriocynogenego albo oczyszczonej bakteriocyny [Ng i in., 2021]. Potencjał enterocyny AS-48 do kontrolowania rozwoju patogenów przenoszonych przez żywność badano w wielu produktach spożywczych pochodzenia zwierzęcego, w tym w mięsie, produktach mlecznych, a także w żywności pochodzenia roślinnego (tab. 1).

Produkty mięsne

Podjęto próbę zastosowania bakteriocyn cyklicznych do inaktywacji *L. monocytogenes* CECT 4032 w kielbasie. Najniższe zastosowane stężenie AS-48, wynoszące 112 AU/g, znacząco ograniczało namnażanie *L. monocytogenes*, przy wyższej zawartości bakteriocyny (225 AU/g) przez pierwsze 3 dni doświadczenia obserwowano całkowite zahamowanie rozwoju badanego mikroorganizmu, podczas gdy zastosowanie preparatu bakteriocyny o najwyższej aktywności (450 AU/g) eliminowało wzrost *L. monocytogenes* w temperaturze 20°C przez okres 9 dni [Ananou i in., 2005a]. Gdy zastosowano jako inokulum szczep *Enterococcus faecalis* A-48-32 (10^7 CFU/g), będący producentem enterocyny AS-48, liczba żywych komórek *L. monocytogenes* CECT 4032 stopniowo zmniejszała się aż do poziomu poniżej wykrywalności w dniu dziewiątym. Stwierdzono również, że enterocyna

AS-48 w stężeniu 30 oraz 40 µg/g, hamowała namnażanie *Staphylococcus aureus*, powodując istotne zmniejszenie liczby komórek bakterii, o odpowiednio 2 oraz 5,3 jednostek logarytmicznych w porównaniu z próbami kontrolnymi bez dodatku bakteriocyny [Ananou i in., 2005b].

Tabela 1. Przykłady zastosowania enterocyny AS-48 do kontroli rozwoju bakterii skażających żywność

Gatunek bakterii	Produkt spożywczy
<i>Aeromonas hydrophila</i>	Kiełki soi
<i>Alicyclobacillus acidoterrestris</i>	Soki owocowe
<i>Bacillus cereus</i>	Ser, kleik ryżowy, gotowany ryż, kiełki, zielone szparagi, całe kawałki owoców i pokrojone owoce, zupy warzywne, ciasto pszenne, desery
<i>Bacillus coagulans</i>	Konserwy
<i>Bacillus licheniformis</i>	Cydr, napoje energetyczne, ciasto pszenne
<i>Bacillus subtilis</i>	Ciasto pszenne
<i>Bacillus weihenstephanensis</i>	Kiełki, zielone szparagi
<i>Brochothrix thermosphacta</i>	Gotowana szynka
<i>Enterobacter aerogenes</i>	Kiełki soi
<i>Escherichia coli</i>	Sok jabłkowy, kiełki soi
<i>Geobacillus stearothermophilus</i>	Konserwy i sok kokosowy
<i>Lactobacillus collinoides</i>	Cydr
<i>Lactobacillus diolivorans</i>	Cydr
<i>Lactobacillus sakei</i>	Gotowana szynka
<i>Listeria monocytogenes</i>	Kiełbasa wieprzowa, szynka gotowana, kiełbasa fermentowana, mleko odtłuszczone, kiełki, zielone szparagi, kawałki owoców, gotowe sałatki, napoje energetyczne, desery
<i>Paenibacillus spp.</i>	Zupy warzywne
<i>Pediococcus parvulus</i>	Cydr
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Kiełki soi
<i>Salmonella enterica</i>	Kiełbasa fermentowana, kiełki soi, gotowe sałatki, sok jabłkowy
<i>Shigella flexneri</i>	Kiełki soi
<i>Staphylococcus aureus</i>	Kiełbasy, szynka gotowana, kiełbasa fermentowana, mleko odtłuszczone, sery, sosy, napoje energetyzujące, składniki piekarnicze, desery
<i>Staphylococcus carnosus</i>	Gotowana szynka
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Kiełki soi

Enterocyna AS-48 użyta została także w badaniach dotyczących innego wyrobu mięsnego – fuetu (katalońskiej kiełbasy wieprzowej). Wpływ dodatku AS-48 na rozwój *L. monocytogenes*, *Salmonella enterica* i *S. aureus* analizowano podczas dojrzewania oraz przechowywania fuetu w 7°C lub w temperaturze pokojowej, w próbkach pod nieobecność lub po zastosowaniu wysokiego ciśnienia hydrostatycznego (HHP – high hydrostatic pressure). Enterocyna (148 AU/g) znacząco redukowała ilość komórek *L. monocytogenes* podczas dojrzewania wędliny i przechowywania w 7°C. Dodatkowo bakteriocyna AS-48 w połączeniu z użyciem HHP (400 MPa) istotnie hamowała rozwój *S. enterica* [Ananou i in., 2010b].

Badano także możliwość zastosowania enterocyny AS-48 (w stężeniach 20, 40 i 60 µg/g) do kontroli rozwoju *L. monocytogenes* w szynce gotowanej. Bakteriocyna była aktywna wobec *L. monocytogenes* w próbkach przechowywanych w temperaturze 5 i 15°C, ale aktywność ta nie była wystarczająca, aby uniknąć ponownego wzrostu *Listeria* podczas 60-dniowego okresu przechowywania wspomnianego produktu. Połączenie aktywności AS-48 (40 µg/g) z dodatkiem chemicznych konserwantów takich jak azotany(III) lub (V), trifosforan pentasodowy, benzoesan sodu lub sorbinian potasu wzmocniło działanie antylisteryjne podczas przechowywania szynki w temperaturze 5°C. Najskuteczniejszą opcją inaktywacji *L. monocytogenes* było użycie enterocyny AS-48 (40 µg/g) wraz z dodatkiem azotanów (0,007%), które redukowało liczbę komórek bakterii poniżej poziomu wykrywalności od początku do końca okresu przechowywania [Ananou i in., 2010a]. Innym mikroorganizmem patogennym, którego rozwój był hamowany w gotowanej szynce był gronkowiec złocisty. Efekt działania enterocyny AS-48 był wzmocniony po zastosowaniu dodatku azotanów, trifosforanu pentasodowego, mleczanu sodu lub octanu sodu. Największy stopień hamowania rozwoju *Listeria*, jak i *Staphylococcus* uzyskano po użyciu kombinacji enterocyny AS-48 (60 µg/g) z $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$, a efekt ten był znacząco wzmacniany przez działanie temperatury subletalnej (60°C, 2 min) [Ananou i in., 2010a]. Gotowana szynka wieprzowa była także przedmiotem innego badania z użyciem enterocyny AS-48, w którym analizowano wpływ bakteriocyny na rozwój *Lactobacillus sakei*, *Brochothrix thermosphacta* i *Staphylococcus carnosus*. Bakteriocyna w stężeniu 60 µg/g hamowała rozwój bakterii *L. sakei* podczas przechowywania szynki w temperaturze 5°C. Niższe stężenie enterocyny AS-48 (40 µg/g) w połączeniu z chemicznymi konserwantami (m.in. azotanami, trifosforanem pentasodowym, octanem sodu i mleczanem sodu) również skutecznie ograniczało wzrost *L. sakei*. Podobnie, najniższe stężenie enterocyny (20 µg/g) w kombinacji z $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ trwale eliminowało rozwój *L. sakei*. Enterocyna AS-48 (40 µg/g) zastosowana do szynki gotowanej wykazywała także aktywność przeciwko *B. thermosphacta* i *S. carnosus*, redukując liczbę tych dwóch gatunków bakterii o ponad 3 jednostki logarytmiczne. Zastosowanie opakowań próżniowych znacząco zwiększyło aktywność hamującą enterocyny wobec *B. thermosphacta*, a zwłaszcza przeciwko *L. sakei* [Baños i in., 2012].

Produkty mleczne

Badano również wpływ enterocyny AS-48 na mikroflorę mleka i produktów mlecznych. W odtłuszczonym mleku bakteriocyna skutecznie ograniczała rozwój *S. aureus*, a efekt hamowania istotnie zależał od zastosowanego stężenia AS-48. W doświadczeniu, w którym posłużono się kulturami mieszanymi wykazano, że szczep *E. faecalis* A-48-32, produkujący enterocynę AS-48, redukował liczbę komórek *S. aureus* w odtłuszczonym mleku w sposób zależny od początkowego stosunku enterokoków do gronkowców [Muñoz i in., 2007]. Skuteczność szczepów bakteriocynogennych, *E. faecalis* A-48-32 i *E. faecium* UJA32-81, była ograniczona w przypadku zastosowania ich w serach niedojrzałych, natomiast liczba gronkowców w serach poddanych obróbce (65°C, 5 min) była istotnie zredukowana przez cały okres przechowywania [Muñoz i in., 2007]. Zastosowanie enterocyny AS-48 w połączeniu z niziną lub z techniką pulsacyjnego pola elektrycznego o wysokiej intensywności (HIPEF – high intensity pulsed electric field) skutkowało spotęgowaniem efektu inhibicji względem *S. aureus*. Ponadto dodatek liofilizatu enterocyny AS-48 do odtłuszczonego mleka pozwalał na inaktywację innego patogenu – *L. monocytogenes* [Sobrino-Lopez i in., 2009]. Obecność enterocyny w produktach mlecznych – w odtłuszczonych serach dojrzewających i niedojrzewających, także znacząco wpływała na zredukowanie ilości komórek *Bacillus cereus*. Ponadto w odtłuszczonym mleku szczep *E. faecalis* A-48-32 eliminował rozwój bakterii *B. cereus* w temperaturze 30°C po 72h. Zahamowana została również produkcja enterotoksyn. Dodatek *E. faecalis* A-48-32 nie wpływał na wzrost kultur starterowych sera i produkcję kwasu mlekowego [Muñoz i in., 2004].

Żywność pochodzenia roślinnego

Możliwość zastosowania enterocyny AS-48 jako środka konserwującego została również szczegółowo przeanalizowana w odniesieniu do żywności pochodzenia roślinnego. Zastosowanie zabiegów płukania kiełków lub surowych owoców z użyciem roztworów enterocyny AS-48 lub bakteriocyny w połączeniu z innymi związkami przeciwdrobnoustrojowymi, było skuteczne w inaktywacji *L. monocytogenes*, *B. cereus* i bakterii jelitowych w kiełkach oraz *L. monocytogenes* w przypadku surowych owoców takich jak truskawki, maliny, jeżyny, pokrojony melon, arbuz, gruszka, kiwi [Cobo Molinos i in., 2008]. Użycie enterocyny AS-48 efektywnie eliminowało *L. monocytogenes* i *S. enterica* w gotowych sałatkach oraz inaktywowało *S. aureus* w różnych rodzajach sosów [Cobo Molinos i in., 2009b]. W sałatkach efekt hamowania rozwoju *L. monocytogenes* przez AS-48 było wzmocniony poprzez dodatek olejów eterycznych i składników bioaktywnych z ekstraktów roślinnych, podczas gdy eliminację *S. enterica* intensyfikowało połączenie działania AS-48 z estrem metylowym kwasu *p*-hydroksybenzoesowego oraz z 2-nitropropanolem [Cobo Molinos i in., 2009a].

Enterocyna AS-48 okazała się również skuteczna w kontrolowaniu rozwoju niepożądanych mikroorganizmów w sokach owocowych. Nawet niskie stężenie enterocyny AS-48 w soku skażonym komórkami wegetatywnymi oraz endosporami *Alicyclobacillus acidoterrestris* powodowało całkowitą inaktywację bakterii oraz zapewniało bezpieczeństwo

mikrobiologiczne do 14 dni w świeżo przygotowanych sokach pomarańczowym i jabłkowym oraz od 60 do 90 dni w kilku komercyjnych sokach owocowych, w temperaturach przechowywania w zakresie od 4 do 37°C [Grande i in., 2005]. W kolejnym doświadczeniu wykazano, że termofilny mikroorganizm *Geobacillus stearothermophilus* dodany do mleka kokosowego i wody kokosowej był inaktywowany przez enterocynę AS-48 użytą w stężeniu 1,75 µg/ml [Martínez-Viedma i in., 2009a]. Wpływ enterocyny AS-48 na rozwój mikroorganizmów skażających takich jak: *Bacillus licheniformis* LMG, *Lactobacillus collinoides*, *L. diolivorans* i *Pediococcus parvulus* był także badany w soku jabłkowym oraz cydrze [Martínez-Viedma in., 2008]. Aktywność AS-48 skierowana przeciwko *L. collinoides*, *L. diolivorans* i *P. parvulus* była wzmocniona przez zastosowanie HIPEF [Martínez-Viedma i in., 2009e]. W przypadku *S. enterica* całkowitą eliminację tego patogenu udało się osiągnąć stosując połączone działanie enterocyny AS-48 (60 µg/ml) i HIPEF (1000 µs). W napojach energetycznych bakteriocyna była skuteczna w inaktywacji *L. monocytogenes*, *B. licheniformis* i *S. aureus* podczas przechowywania w temperaturze 37°C [Martínez-Viedma i in., 2009b].

Aktywność enterocyny AS-48 (w stężeniu 10 µg/ml) badana była również w gotowych zupach i przecierach warzywnych podczas ich przechowywania do 30 dni w temperaturach 6, 15 i 22°C [Grande i in., 2007]. Analizowano działanie przeciwdrobnoustrojowe AS-48 w stosunku do tlenowych, mezofilnych bakterii przetrwalnikujących. Wzrost *B. cereus* LWL1 został całkowicie zahamowany we wszystkich testowanych produktach roślinnych. W doświadczeniu dotyczącym kremu warzywnego, przechowywanego w temperaturze 22°C, kultura mieszana bakterii *B. cereus*, *B. macroides* i *Paenibacillus* sp., *Paenibacillus polymyxa* i *Paenibacillus amylolyticus* wykazywała wysoką oporność na bakteriocynę. Całkowita inaktywacja bakterii następowała po zastosowaniu AS-48 w stężeniu do 50 µg/ml. Działanie bakteriobójcze bakteriocyny znacznie wzmacniał dodatek związków fenolowych (karwakrol, eugenol, geraniol i kwas hydrocynamonowy) [Grande i in., 2007].

Doświadczenie mające na celu określenie możliwości zastosowania enterocyny AS-48 (6 µg/ml) do biokontroli rozwoju *B. coagulans* w konserwach roślinnych o niskiej kwasowości wykazało całkowitą lub częściową inaktywację komórek [Lucas i in., 2006]. Bakteriocyna była również skuteczna w zwalczaniu termofilnych bakterii *G. stearothermophilus* w próbkach kukurydzy i grochu w puszkach. Dodatek enterocyny AS-48 (7 µg/g) zmniejszył liczbę żywych komórek poniżej poziomów wykrywalności podczas przechowywania próbek w temperaturze 45°C przez 30 dni [Martínez Viedma i in., 2009a]. Bakteriocyna AS-48 może również znaleźć zastosowanie w konserwowaniu pieczywa i produktów piekarniczych. Dodatek enterocyny AS-48 skutecznie hamował namnażanie komórek *B. subtilis*, *B. licheniformis*, *B. cereus* i *Bacillus pumilus* w cieście z mąki pszennej [Martínez Viedma i in., 2011]. Hamowanie rozwoju innego patogenu – *S. aureus* przez enterocynę AS-48 (50 µg/ml), w dużym stopniu zależało od rodzaju artykułu spożywczego, począwszy od całkowitej inaktywacji w płynnym karmelu, częściowej eliminacji rozwoju

tych bakterii w konfiturze z dyni lub rozcieńczonej śmietance migdałowej aż do minimalnej inhibicji w kremach waniliowych lub czekoladowych [Martínez Viedma i in., 2009c]. W deserach najwyższą inaktywację gronkowca złocistego (*S. aureus*) przez bakteriocynę AS-48 w stężeniu 50 µg/ml zaobserwowano w śmietanie piekarniczej, a najmniejszą w deserach sojowych typu jogurtowego oraz w budyniu żelatynowym [Martínez Viedma i in., 2009d]. Dodatek enterocyny AS-48 do budyniu żelatynowego zapobiegał upłynnieniu żelatyny, wskutek zahamowania aktywności proteolitycznej *B. cereus*.

Kolejną bakteriocyną, którą badano pod kątem potencjalnego stosowania w żywności, jest gasserycyna A (GaaA). W oznaczeniu wykorzystano koncentrat zawierający wspomnianą bakteriocynę, uzyskany po hodowli kultury *Lactobacillus gasseri* w medium z serwatką serowej. Działanie przeciwdrobnoustrojowe GaaA w kremie budyniowym badano wobec wybranych drobnoustrojów takich jak: *B. cereus*, *Achromobacter denitrificans*, *Pseudomonas fluorescens* oraz *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*. Bakteriocyna nie hamowała skutecznie rozwoju wymienionych gatunków bakterii, jednak całkowita inhibicja wzrostu analizowanych drobnoustrojów była odnotowana po zastosowaniu GaaA w połączeniu z dodatkiem glicyny [Nakamura i in., 2013].

Podsumowanie

Większość odkrytych do tej pory bakteriocyn o budowie cyklicznej produkowanych jest przez LAB, które w przeważającej części posiadają status GRAS. Bakteriocyny cykliczne charakteryzują się unikatowymi cechami takimi jak wyjątkowa termostabilność, a także odporność na zmiany pH i działanie enzymów proteolitycznych typu karboksyl i aminopeptydazy. Właściwości te powodują, że bakteriocyny cykliczne są przedmiotem licznych analiz dotyczących ich potencjalnego zastosowania w przemyśle spożywczym. Połączenie wyżej wymienionych korzystnych cech z faktem, że nie stwierdzono skutków ubocznych czy toksyczności tych polipeptydów względem komórek eukariotycznych, sugeruje, że mogą okazać się nie tylko lepszymi konserwantami w stosunku do obecnie stosowanych związków chemicznych, ale również mniej stabilnych bakteriocyn o budowie liniowej. Stosowanie bakteriocyn o budowie cyklicznej w żywności mogłoby nie tylko doprowadzić do redukcji dodatku tradycyjnych środków konserwujących, ale także ograniczenia niektórych zabiegów przemysłowych, takich jak działanie na utrwalone artykuły spożywcze np. wysoką temperaturą. Pozwoliłoby to otrzymać produkty bezpieczne dla zdrowia, o lepszej jakości organoleptycznej, a także zredukować koszty produkcji.

Literatura

1. Ananou S., Baños A., Maqueda M., Martíz-Bueno M., Gálvez A., Valdivia E. Effect of combined physico-chemical treatments based on enterocin AS-48 on the control of *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* in a model cooked ham. Food Control, 2010a, 21, 478–486.
2. Ananou S., Garriga M., Hugas M., Maqueda M., Martínez-Bueno M., Gálvez A., Valdivia E. Control of *Listeria monocytogenes* in model sausages by enterocin AS-48. International Journal of Food Microbiology, 2005a, 103, 179–190.

3. Ananou S., Garriga M., Jofré A., Aymerich T., Gálvez A., Maqueda M., Martínez-Bueno M., Valdivia E. Combined effect of enterocin AS-48 and high hydrostatic pressure to control food-borne pathogens inoculated in low acid fermented sausages. *Meat Science*, 2010b, 84, 594–600.
4. Ananou S., Maqueda M., Martínez-Bueno M., Gálvez A., Valdivia E. Control of *Staphylococcus aureus* in sausages by enterocin AS-48. *Meat Science*, 2005b, 71, 549–556.
5. Baños A., Ananou S., Martínez-Bueno M., Gálvez A., Maqueda M., Valdivia E. Prevention of spoilage by enterocin AS-48 combined with chemical preservatives, under vacuum, or modified atmosphere in a cooked ham model. *Food Control*, 2012, 24, 15–22.
6. Cobo Molinos A., Abriouel H., Ben Omar N., Lucas R., Valdivia E., Gálvez A. Enhanced bactericidal activity of enterocin AS-48 in combination with essential oils, natural bioactive compounds, and chemical preservatives against *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat salads. *Food and Chemical Toxicology*, 2009a, 47, 2216–2223.
7. Cobo Molinos A., Abriouel H., Ben Omar N., Lucas R., Valdivia E., Gálvez A. Inactivation of *Listeria monocytogenes* in raw fruits by enterocin AS-48. *Journal of Food Protection*, 2008, 71, 2460–2467.
8. Cobo Molinos A., Lucas R., Abriouel H., Ben Omar N., Valdivia E., Gálvez A. Inhibition of *Salmonella enterica* cells in deli-type salad by enterocin AS-48 in combination with other antimicrobials. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 2009b, 1, 85–90.
9. Gabrielsen C., Brede D.A., Nes I.F., Diep D.B. Circular bacteriocins: biosynthesis and mode of action. *Applied and Environmental Microbiology*, 2014, 80, 6854–6862.
10. Gálvez A., Maqueda M., Valdivia E., Quesada A., Montoya E. Characterization and partial purification of a broad spectrum antibiotic AS-48 produced by *Streptococcus faecalis*. *Canadian Journal of Microbiology*, 1986, 32, 765–771.
11. Golneshin A., Gor M.-C., Williamson N., Vezina B., Van T., May B.K., Smith A.T. Discovery and characterisation of circular bacteriocin plantacyclin B21AG from *Lactiplantibacillus plantarum* B21, *Heliyon*, 2020, 6(8), e04715.
12. Gor M.C., Golneshin A., Van T.T.H., Moore R.J., Smith A.T. Cloning and functional expression of a food-grade circular bacteriocin, plantacyclin B21AG, in probiotic *Lactobacillus plantarum* WCFS1. *PLoS ONE*, 2020a, 15(8), e0232806.
13. Gor M.C., Vezina B., McMahon R.M., King G.J., Panjikar S., Rehm B.H., Martin J.L., Smith A.T. Crystal structure and site-directed mutagenesis of circular bacteriocin plantacyclin B21AG reveals cationic and aromatic residues important for antimicrobial activity. *Scientific Reports*, 2020b, 10, 17398.
14. Grande M.J., Abriouel H., Lucas López R., Valdivia E., Ben Omar N., Martínez-Bueno M., Martínez-Cañamero M., Gálvez A. Efficacy of enterocin AS-48 against bacilli in ready-to-eat vegetable soups and purees. *Journal of Food Protection*, 2007, 70, 2339–2345.

15. Grande M.J., Lucas R., Abriouel H., Ben Omar N., Maqueda M., Martínez-Bueno M., Martínez-Cañamero M., Valdivia E., Gálvez A. Control of *Alicyclobacillus acidoterrestris* in fruit juices by enterocin AS-48. *International Journal of Food Microbiology*, 2005, 104, 289–297.
16. Liu X., Basu U., Miller P., McMullen L.M. Stress response and adaptation of *Listeria monocytogenes* 08-5923 exposed to a sublethal dose of carnocyclin A. *Applied and Environmental Microbiology*, 2014, 80, 3835–3841.
17. Lucas R., Grande M.J., Abriouel H., Maqueda M., Ben Omar N., Valdivia E., Martínez-Cañamero M., Gálvez A. Application of the broad-spectrum bacteriocin enterocin AS-48 to inhibit *Bacillus coagulans* in canned fruit and vegetable foods. *Food and Chemical Toxicology*, 2006, 44, 1774–1781.
18. Martínez Viedma P., Abriouel H., Ben Omar N., López Lucas R., Gálvez A. Inhibition of spoilage and toxigenic *Bacillus* species in dough from wheat flour by the cyclic peptide enterocin AS-48. *Food Control*, 2011, 22, 756–761.
19. Martínez Viedma P., Abriouel H., Ben Omar N., Lucas López R., Valdivia E., Gálvez A. Inactivation of *Geobacillus stearothermophilus* in canned food and coconut milk samples by addition of enterocin AS-48. *Food Microbiology*, 2009a, 26, 289–293.
20. Martínez-Viedma P., Abriouel H., Ben Omar N., Lucas López R., Valdivia E., Gálvez A. Antibacterial protection by enterocin AS-48 in sport and energy drinks with less acidic pH values. *Journal of Food Protection*, 2009b, 72, 881–884.
21. Martínez-Viedma P., Abriouel H., Ben Omar N., Lucas R., Gálvez A. Antistaphylococcal effect of enterocin AS-48 in bakery ingredients of vegetable origin, alone and in combination with selected antimicrobials. *Journal of Food Science*, 2009c, 74, M384–M389.
22. Martínez-Viedma P., Abriouel H., Ben Omar N., Lucas R., Valdivia E., Gálvez A. Assay of enterocin AS-48 for inhibition of foodborne pathogens in desserts. *Journal of Food Protection*, 2009d, 72, 1654–1659.
23. Martínez-Viedma P., Abriouel H., Ben Omar N., Valdivia E., Lucas López R., Gálvez A. Inactivation of exopolysaccharide and 3- hydroxypropionaldehyde-producing lactic acid bacteria in apple juice and apple cider by enterocin AS-48. *Food and Chemical Toxicology*, 2008, 46, 1143–1151.
24. Martínez-Viedma P., Sobrino A., Abriouel H., Ben Omar N., Lucas López R., Martín Belloso O., Gálvez A. Increased inactivation of exopolysaccharide-producing *Pediococcus parvulus* in apple juice by combined treatment with enterocin AS-48 and high-intensity pulsed-electric field. *Journal of Food Protection*, 2009e, 73, 39–43.
25. Martin-Visscher L.A., Yoganathan S., Sit C.S., Lohans C.T., Vederas J.C. The activity of bacteriocins from *Carnobacterium maltaromaticum* UAL307 against Gram-negative bacteria in combination with EDTA treatment. *FEMS Microbiology Letters*, 2011, 317, 152–159.
26. Muñoz A., Ananou S., Gálvez A., Martínez-Bueno M., Rodríguez A., Maqueda M., Valdivia E. Inhibition of *Staphylococcus aureus* in dairy products by enterocin AS-48

- produced in situ and ex situ: Bactericidal synergism with heat. *Journal of Dairy Science*, 2007, 17, 760–769.
27. Muñoz A., Maqueda M., Gálvez A., Martínez-Bueno M., Rodríguez A., Valdivia E. Biocontrol of psychrotrophic enterotoxigenic *Bacillus cereus* in a non fat hard type cheese by an enterococcal strain-producing enterocin AS-48. *Journal of Food Protection*, 2004, 67, 1517–1521.
 28. Nakamura K., Arakawa K., Kawai Y., Yasuta N., Chujo T., Watanabe M., Iioka H., Tanioka M., Nishimura J., Kitazawa H., Tsurumi K., Saito T. Food preservative potential of gassericin A – containing concentrate prepared from cheese whey culture supernatant of *Lactobacillus gasseri* LA39. *Journal of Animal Science*, 2013, 84, 144–149.
 29. Ng Z.J., Zarin M.A., Lee C.K., Tan J.S. Application of bacteriocins in food preservation and infectious disease treatment for humans and livestock: A review. *RSC Advances*, 2020, 10, 38937–38964.
 30. Samyn B., Martinez-Bueno M., Devreese B., Maqueda M., Gálvez A., Valdivia E., Coyette J., Van Beeumen J. The cyclic structure of the enterococcal peptide antibiotic AS-48. *FEBS Letters*, 1994, 352, 87–90.
 31. Sanlibaba P., Gucer Y. Antimicrobial activity of lactic acid bacteria. *Journal of International Scientific Publications*, 2015, 3, 451–457.
 32. Sobrino-Lopez A., Viedma-Martínez P., Abriouel H., Valdivia E., Gálvez A., Martín-Belloso O. The effect of adding antimicrobial peptides to milk inoculated with *Staphylococcus aureus* and processed by high-intensity pulsed-electric field. *Journal of Dairy Science*, 2009, 92, 2514–2523.
 33. van Belkum M.J., Martin-Visscher L.A., Vederas J.C. Structure and genetics of circular bacteriocins. *Trends in Microbiology*, 2011, 19, 411–418.
 34. Velázquez-Suárez C., Cebrián R., Gasca-Capote C., Sorlózano-Puerto A., Gutiérrez-Fernández J., Martínez-Bueno M., Maqueda M., Valdivia E. Antimicrobial activity of the circular bacteriocin AS-48 against clinical multidrug-resistant *Staphylococcus aureus*. *Antibiotics*, 2021, 10(8), 925.
 35. Vezina B., Rehm B.H.A., Smith A.T. Bioinformatic prospecting and phylogenetic analysis reveals 94 undescribed circular bacteriocins and key motifs. *BMC Microbiology*, 2020, 20, 77.

Analiza porównawcza właściwości żywieniowych chrupek ziemniaczanych i pszenno-ziemniaczanych

Barbara Borczak¹, Marek Sikora², Joanna Kapusta-Duch¹, Weronika Morawiec¹

¹Katedra Żywienia Człowieka i Dietetyki, ²Katedra Technologii Węglowodanów i Przetwórstwa Zbóż, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie

Streszczenie

Słone produkty przekąskowe, w tym chipsy, paluszki, chrupki czy prażynki należą do produktów chętnie konsumowanych przez dzieci i młodzież. Ich nadmierne pobranie wiąże się z wysokim spożyciem soli, tłuszczów, w tym szkodliwych dla zdrowia izomerów *trans* kwasów tłuszczowych oraz łatwo przyswajanych węglowodanów, których niekontrolowana konsumpcja, może przyczynić się do rozwoju chronicznych chorób niezakaźnych, w tym otyłości, insulinooporności czy cukrzycy typu 2. Alternatywą do tradycyjnie ekspandowanych w oleju chrupek, są prażynki poddawane temu procesowi w tunelu z gorącym powietrzem.

Celem niniejszej pracy była analiza składu podstawowego, ocena organoleptyczna oraz oszacowanie strawności skrobi oraz wartości indeksu glikemicznego *in vitro* wybranych produktów przekąskowych słonych. Analizom poddano następujące wyroby: (1) prażynki ziemniaczane o smaku paprykowym; (2) prażynki pszenno-ziemniaczane o smaku bekonu; (3) chrupki ziemniaczano-pszenne o smaku bekonu; (4) nowe chrupki ziemniaczano-pszenne. Produkty 1-3 ekspandowane były w tradycyjny sposób poprzez smażenie w oleju, natomiast produkt 4 poddany został ekspansji w tunelu z gorącym powietrzem. W badanych chrupkach przeprowadzono oznaczenia zawartości suchej masy, białka ogółem, tłuszczu ogółem, błonnika pokarmowego oraz popiołu, strawności skrobi i indeksu glikemicznego *in vitro* oraz ocenę organoleptyczną.

Wykorzystanie różnych surowców, a także różnych metod ekspansji wpłynęło w istotny sposób ($p < 0,05$) na skład podstawowy analizowanych chrupek. Najistotniejszą, pod względem żywieniowym, zmianę zaobserwowano w zawartości tłuszczu. Chrupki, które zostały poddane ekspansji w tunelu z gorącym powietrzem zawierały tego składnika istotnie mniej ($p < 0,05$), w porównaniu do produktów ekspandowanych w tradycyjny sposób. Jednak chrupki ekspandowane poprzez smażenie w oleju zostały znacznie lepiej ocenione pod względem cech organoleptycznych. Wybór różnych surowców oraz metod ekspansji chrupek nie wpłynął w istotny sposób na strawność skrobi oraz wartość wskaźnika trawienia skrobi SDI ($p > 0,05$).

Słowa kluczowe: chrupki ziemniaczane, chrupki pszenno-ziemniaczane ekspansja tradycyjna, ekspansja w tunelu gorącego powietrza, strawność, skrobia, ocena organoleptyczna

Wstęp

Obecnie na rynku polskim, jak i zagranicznym produkty przekąskowe cieszą się dużym zainteresowaniem, przy czym jednocześnie ulegają zmianom dostosowując się do rosnących wymagań konsumentów, w tym także do tych związanych z koniecznością stosowania specjalnej diety [Krzywiński, Tokarczyk 2011, Wesołowska 2013]. Słone produkty przekąskowe, w tym chipsy, paluszki, chrupki czy prażynki należą do produktów chętnie konsumowanych przez dzieci i młodzież. Dietetycy przestrzegają jednak przed ich nadmiernym spożyciem, nie tylko ze względu na wysoką zawartość soli, tłuszczu, czy też występowaniem w nich szkodliwych dla zdrowia izomerów *trans* kwasów tłuszczowych, ale także ze względu na obecność łatwo przyswajanych węglowodanów, których niekontrolowane spożycie może przyczynić się do rozwoju chronicznych chorób niezakaźnych, w tym otyłości, insulinooporności czy cukrzycy typu 2 [Kumar Lala i in., 2021].

Prażynki ziemniaczane, pszenno-ziemniaczane, jak również ziemniaczano-pszenne stanowią dużą grupę produktów spożywczych, o różnych kształtach i smakach oraz charakterystycznej konsystencji. Otrzymuje się je głównie poprzez smażenie peletów, stanowiących grupę ekstrudowanych półproduktów do produkcji przekąsek w gorącym oleju, bądź też wyprażanie z użyciem gorącego powietrza w specjalnych tosterach. W końcowym etapie, chrupki poddawane są uszlachetnianiu poprzez dodatek charakterystycznych przypraw. Suszone przetwory ziemniaczane, a także mąka pszenna są głównymi surowcami wykorzystywanymi do produkcji chrupek [Mościcki 2013]. Proces smażenia powoduje, że chrupki mogą zaabsorbować nawet do 35% tłuszczu. Z tego powodu producenci poszukują alternatywnych metod, które pomogą uzyskać produkty o niższej zawartości tego składnika, a co za tym idzie charakteryzujących się mniejszą wartością energetyczną. Taki efekt pozwala uzyskać ekspansja peletów gorącym powietrzem, bądź też obróbka mikrofalowa [Trela i Mościcki 2007, Lee i in., 2000].

Tym samym, biorąc pod uwagę powyższe, celem niniejszej pracy była analiza składu podstawowego oraz oszacowanie strawności skrobi, jak również wartości indeksu glikemicznego *in vitro* popularnych słonych produktów przekąskowych, czyli chrupek ziemniaczanych, pszenno-ziemniaczanych i ziemniaczano-pszennych otrzymywanych różnymi metodami ekspansji.

Material i metodyka

Material badawczy

Material badawczy stanowiły cztery rodzaje chrupek: (1) prażynki ziemniaczane o smaku paprykowym; (2) prażynki pszenno-ziemniaczane o smaku bekonu; (3) chrupki ziemniaczano-pszenne o smaku bekonu; (4) nowe chrupki ziemniaczano-pszenne, opiekane w tunelu z gorącym powietrzem. Produkty 1-3 ekspandowane były w tradycyjny sposób poprzez smażenie w oleju, natomiast produkt 4 poddany został ekspansji w tunelu z gorącym powietrzem.

Składniki wchodzące w skład poszczególnych rodzajów badanych prażynek przedstawiono poniżej:

1. prażynki ziemniaczane o smaku paprykowym, smażone w oleju. Składniki: pelet ziemniaczany 62% (skrobia ziemniaczana, płatki ziemniaczane, granulaty ziemniaczane, sól, olej roślinny rzepakowy), olej roślinny rzepakowy, posypka o smaku paprykowym 5,5% (koncentrat papryki 42%, papryka mielona w proszku 30%, wzmacniacz smaku: glutaminian monosodowy; maltodekstryna, glukoza, hydrolizat białka roślinnego, sól, cebula mielona 3%).
2. prażynki pszenno-ziemniaczane o smaku bekonu, smażone w oleju. Składniki: mąka pszenna, olej roślinny palmowy, skrobia ziemniaczana, preparat aromatyzujący [bulka tarta pszenna, mąka pszenna, glukoza, cukier, przyprawy, wzmacniacz smaku (glutaminian monosodowy), maltodekstryna, aromaty, kwas (kwas cytrynowy), aromaty dymu wędzarniczego, barwnik (ekstrakt z papryki)], płatki ziemniaczane, olej roślinny rzepakowy, sól, substancja spulchniająca (węglany sodu), barwniki (brąz HT, koszenila).
3. chrupki ziemniaczano-pszenne o smaku bekonu, smażone w oleju. Składniki: mąka pszenna 30%, olej palmowy, skrobia ziemniaczana 25%, puree ziemniaczane w proszku 10%, sól, barwniki: karmel amoniakalny, karminy, węgiel roślinny; aromaty (zwiera jęczmień) – w tym aromat dymu wędzarniczego, serwatka w proszku z mleka, papryka w proszku, substancja spulchniająca: węglany sodu; wzmacniacz smaku: glutaminian monosodowy; pomidor w proszku, przyprawy i zioła, ekstrakt drożdżowy w płynie.
4. nowe chrupki ziemniaczano-pszenne, opiekane w tunelu z gorącym powietrzem. Składniki: mąka pszenna 30%, olej palmowy, skrobia ziemniaczana 25%, puree ziemniaczane w proszku 10%, sól, barwniki: karmel amoniakalny, karminy, węgiel roślinny; aromaty (zwiera jęczmień) – w tym aromat dymu wędzarniczego, serwatka w proszku z mleka, papryka w proszku, substancja spulchniająca: węglany sodu; wzmacniacz smaku: glutaminian monosodowy; pomidor w proszku, przyprawy i zioła, ekstrakt drożdżowy w płynie.

Metody badań

Ocena organoleptyczna

Analizę przeprowadzono zgodnie z procedurą opisaną w normie [PN-78/A-74702]. W badaniu wzięło udział 15 osób obu płci. Każdy z uczestników analizy miał przygotowany zestaw specjalnie oznakowanych próbek. Ocenie podlegały takie cechy produktu jak: barwa, zapach, tekstura, smakowość. Ocena organoleptyczna opierała się na skali pięciopunktowej: 5 oznaczało bardzo dobrą jakość; 4 - dobrą jakość; 3 - jakość dostateczną; 2 - jakość niedostateczną; 1 - jakość złą. Dodatkowo każda z badanych cech miała przyporządkowany współczynnik ważkości: zapach (0,1), barwa (0,1), tekstura (0,3), smakowość (0,5).

Analizy chemiczne

Zawartość suchej masy i składników chemicznych [AOAC] oraz całkowitej skrobi (ang. total starch - TS) (K-RSTAR 08/11, Megazyme International, Irlandia Ltd., Bray, Irlandia), skrobi wolno trawionej (ang. *slowly digestible starch* - SDS) i szybko trawionej (ang. *rapidly digestible starch* - RDS) oraz wartość indeksu glikemicznego *in vitro* (ang. *starch digestion index* - SDI) [Chung i in., 2010; Englyst i in., 1992] oznaczono w produktach zakupionych w oryginalnych opakowaniach jednostkowych, które w celu otrzymania jednolitej próby laboratoryjnej zmielono w kuchennej maszynce do mięsa, (MM1000.88, Zelmer, Rogoźnica, Polska). Wartość indeksu glikemicznego *in vitro* badanych produktów oznaczono metodą według Englysta i in. [1992], w modyfikacji Chunga i in. [2010]. używając następujących roztworów enzymów: amyloglukozydazy (3300 U/ml, Megazyme International, Irlandia Ltd., Bray, Irlandia), inwertazy (I4504, 300 U/mg, Sigma-Aldrich, St.Louis, MO, USA) oraz α -amylazy z trzustki wieprzowej (P-7545, Sigma-Aldrich, St.Louis, MO, USA). Stężenie glukozy oznaczano metodą kolorymetryczną przy użyciu mieszaniny enzymów: oksydazy glukozowej i peroksydazy (K-GLOX 09/12, Megazyme International, Irlandia Ltd., Bray, Irlandia). Zawartość skrobi całkowitej (TS) obliczono na podstawie sumy zawartości skrobi odpornej (RS) i skrobi rozpuszczalnej (SS), przy użyciu zestawu enzymatycznego (K-RSTAR 08/11, Megazyme International, Irlandia Ltd., Bray, Irlandia). Oznaczono także zawartość wolnej glukozy (FG) oraz glukozy zhydrolizowanej po 20 (G20) i 120 minutach (G120) trawienia. Na podstawie powyższych wyników, obliczono następujące parametry: $RDS = (G20 - FG) \times 0,9$, $SDS = (G120 - G20) \times 0,9$ i $SDI = RDS/TS \times 100$). Pomiary frakcji skrobi wykonano w trzech powtórzeniach.

Statystyczna analiza danych

Oznaczenia zawartości analizowanych parametrów wykonano każdorazowo w trzech równoległych powtórzeniach. W przypadku oceny organoleptycznej w piętnastu powtórzeniach. Jako wynik, podano wartości średnie interakcji ($\bar{X}$) $\pm$ odchylenie standardowe (SD) i wykorzystano jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA. Istotność różnic obliczono na podstawie testu Duncana, na poziomie $p < 0,05$. Wszystkie obliczenia dokonano przy użyciu programu Statistica, v.12 software (Statsoft, Inc., Tulsa, OK, USA).

Wyniki i dyskusja

Wyniki oceny organoleptycznej badanych produktów przedstawiono w tabeli 1.

W ocenie barwy, konsystencji, zapachu oraz smakowitości, chrupki 2 pszenno-ziemniaczane o smaku bekonu, uzyskały najwyższą liczbę punktów. Barwa została oceniona jako kremowa i pożądana, tekstura jako krucha i właściwa, zapach typowy dla smażonych ziemniaków, wyraźny, bez obcych zapachów, a smakowitość typowa dla smażonego ziemniaka.

Tabela 1. Ocena organoleptyczna

Numer próbki	Barwa	Zapach	Tekstura	Smakowitość	Suma
1	0,37 ^{ab} ± 0,10	0,39 ^a ± 0,08	1,06 ^{ab} ± 0,19	1,90 ^a ± 0,39	3,71 ^a ± 0,55
2	0,43 ^b ± 0,07	0,46 ^c ± 0,05	1,22 ^b ± 0,31	2,23 ^c ± 0,26	4,34 ^c ± 0,44
3	0,38 ^{ab} ± 0,10	0,37 ^a ± 0,07	1,10 ^{ab} ± 0,29	1,73 ^a ± 0,46	3,59 ^a ± 0,75
4	0,33 ^a ± 0,14	0,30 ^b ± 0,12	0,92 ^a ± 0,37	1,30 ^b ± 0,46	2,85 ^b ± 0,71

Objaśnienie: Oznaczenie wartości średnich różnymi indeksami literowymi świadczy o występowaniu istotnych różnic statystycznych ($p < 0,05$).

Ocena przyznana chrupkom 2 pod względem barwy i konsystencji nie różniła się statystycznie istotnie ($p > 0,05$) od tej przyznanej chrupkom 1 oraz 3, jednakże barwa i tekstura tych ostatnich nie uzyskała wysokiej liczby punktów. Najgorzej w ocenie wszystkich parametrów jakościowych wypadły nowe prażynki opatrzone numerem 4 ($p < 0,05$).

Podsumowując, można stwierdzić, że konsumentom najbardziej przypadły do gustu prażynki pszenno-ziemniaczane 2, które uzyskały sumarycznie najwyższą ocenę. Najmniej pożądanym produktem okazały się nowe chrupki ziemniaczano-pszenne nr 4, opiekane w tunelu z gorącym powietrzem. Udowodniono bowiem, że wybór innej, niż smażenie w oleju, formy ekspandowania peletów, takiej jak na przykład obróbka mikrofalowa, może skutkować uzyskaniem gotowych produktów o gorszej teksturze [Trela i Mościcki, 2007].

Wyniki uzyskane w toku analizy chemicznej badanych produktów zamieszczono w tabeli 2.

Tabela 2. Podstawowy skład chemiczny chrupek

Numer próbki	Sucha masa	Zawartość białka	Zawartość tłuszczu	Zawartość błonnika pokarmowego	Zawartość popiołu
	%	g/100 g s.m.			
1	96,59 ^b ± 0,01	2,96 ^a ± 0,11	39,08 ^d ± 1,25	4,25 ^a ± 0,20	3,39 ^a ± 0,04
2	97,05 ^d ± 0,00	7,54 ^d ± 0,05	29,35 ^c ± 2,80	7,06 ^b ± 0,22	3,06 ^b ± 0,09
3	96,78 ^c ± 0,00	5,99 ^b ± 0,10	25,73 ^b ± 0,80	5,55 ^a ± 0,06	3,33 ^a ± 0,02
4	95,17 ^a ± 0,00	6,54 ^c ± 0,09	21,08 ^a ± 1,99	8,18 ^b ± 0,95	3,69 ^c ± 0,03

Objaśnienie jak pod tab. 1

Ilość suchej masy kształtowała się na poziomie od 95,17 do 97,05 g/100 g s.m. (tab. 2) Zaobserwowano istotne statystycznie różnice w zawartości suchej masy w zależności od

składu chrupek oraz procesu ich produkcji ($p < 0,05$). Procent wody w prażynkach powinien być stosunkowo niski, poniżej 5% [Pęksa i in. 2004]. Wszystkie analizowane produkty zawierały odpowiedni poziom wody.

Zawartość białek znalazła się w przedziale 2,96 - 7,54 g/100 g s.m. i różniła się statystycznie istotnie pomiędzy poszczególnymi rodzajami prażynek ($p < 0,05$). Różnice te mogły być spowodowane różnym składem surowcowym prażynek 1, 2 i 3 lub prażynek 1, 2 i 4. Z kolei, w przypadku chrupek 3 i 4, które charakteryzowały się identycznym składem surowcowym, a jedyna różnica wynikała z zastosowanej technologii ekspansji, zaobserwowano istotnie większą ($p < 0,05$) zawartość białek w chrupkach poddanych ekspansji w tunelu gorącego powietrza, co może wskazywać na lepsze zabezpieczenie składników odżywczych przed rozkładem czy też ich wymywaniem do oleju podczas ekspansji tradycyjnej [Pankaj i Keener, 2017].

Oznaczona w badanych chrupkach zawartość tłuszczu różniła się istotnie w zależności od składu i metody produkcji ($p < 0,05$). Wynosiła ona od 21,08 w przypadku chrupek 4 ziemniaczano-pszennych ekspandowanych gorącym powietrzem do 39,08 w przypadku chrupek nr 1 ziemniaczanych wysmażanych w oleju (tab. 2). Zawartość tłuszczu w gotowych chrupkach powinna być stosunkowo wysoka i wynosić 20-45% [Pęksa i in. 2004] lub według innego źródła w zakresie od 26,3% do 39% [Tarkowski i Myśnik, 2021].

W chrupkach będących produktem smażenia peletów, zawartość tłuszczu zależy nie tylko od surowca z jakiego uzyskane są półprodukty, jego właściwości oraz wilgotności, ale również od metody ekspansji. W czasie smażenia woda odparowuje z peletów, a jej miejsce zajmuje tłuszcz [Pęksa i in. 2004]. Tym samym, największe zawartości tego składnika zaobserwowano w prażynkach ekspandowanych w oleju (tab. 2). Z kolei, istotnie najmniejszą ilość tłuszczu stwierdzono w chrupkach poddanych ekspansji w tunelu gorącego powietrza ($p < 0,05$).

Oznaczona zawartość błonnika wynosiła od 4,25 do 8,18 g/100 g s.m. Zawartość w chrupkach 1 i 3 oraz w prażynkach 2 i 4 nie różniły się istotnie statystycznie ($p > 0,05$). Według danych literaturowych, zawartość błonnika w chipsach bekonowych wynosiła około 8,7 g, natomiast w chipsach paprykowych około 8,4 g. W przypadku chrupek kukurydzianych wartość ta oscylowała na poziomie 7,6 g [Kunachowicz i in. 2012]. Zawartość błonnika w analizowanych chrupkach była zbliżona do tych przedstawionych w dostępnej literaturze. Co ciekawe, w odniesieniu do chrupek 3 i 4, które charakteryzowały się identycznym składem surowcowym, a jedyna różnica wynikała z zastosowanej technologii ekspansji, zaobserwowano istotnie większą ($p < 0,05$) zawartość błonnika pokarmowego w chrupkach poddanych ekspansji w tunelu gorącego powietrza, co może wskazywać na lepsze zabezpieczenie błonnika pokarmowego przed rozkładem czy też jego ewentualnym wymywaniem do oleju podczas ekspansji tradycyjnej.

Zawartość popiołu w chrupkach zawierała się w przedziale od 3,06 do 3,69 g/100 g s.m. W przypadku próbek 1 i 3 nie zaobserwowano istotnych różnic statystycznych ($p > 0,05$), natomiast zawartość tego składnika istotnie różniła się w próbkach 2 i 4

($p < 0,05$). W odniesieniu do chrupiek 3 i 4, które charakteryzowały się identycznym składem surowcowym, a jedyna różnica wynikała z zastosowanej technologii ekspansji, zaobserwowano istotnie większą ($p < 0,05$) zawartość popiołu w chrupkach poddanych ekspansji w tunelu gorącego powietrza, co może wskazywać na lepsze zabezpieczenie składników mineralnych przed rozkładem czy też ich ewentualnym wymywaniem do oleju podczas ekspansji tradycyjnej.

Wyniki uzyskane w analizie zawartości skrobi całkowitej, skrobi szybko i wolno trawionej, skrobi odpornej a także oszacowania indeksu glikemicznego *in vitro* zamieszczono w tabeli 3.

Tabela 3. Średnie wartości strawności skrobi chrupiek ziemniaczanych oraz pszenno-ziemniaczanych

Numer próbki	TS	SDS	RDS	RS	SDI
					% s.m.
					g/100 g s.m.
1	50,85 ^b ± 1,44	2,74 ^a ± 2,48	33,36 ^a ± 2,46	14,76 ^a ± 3,24	67,92 ^a ± 5,00
2	57,63 ^a ± 3,25	6,55 ^a ± 5,59	35,80 ^a ± 3,01	15,28 ^a ± 5,27	64,02 ^a ± 5,39
3	59,06 ^a ± 2,12	2,81 ^a ± 0,94	37,65 ^a ± 0,60	18,61 ^a ± 1,53	65,87 ^a ± 1,04
4	66,96 ^c ± 2,45	3,58 ^a ± 2,23	46,58 ^b ± 4,27	16,80 ^a ± 3,34	73,09 ^a ± 6,70

Objaśnienia: Oznaczenie wartości średnich różnymi indeksami literowymi świadczy o występowaniu istotnych różnic statystycznych ($p < 0,05$). TS – całkowita skrobia (ang. total starch); SDS – skrobia wolno trawiona (ang. slowly digestible starch); RDS – skrobia szybko trawiona (ang. rapidly digestible starch); RS – skrobia oporna (ang. resistant starch); SDI – wskaźnik trawienia skrobi (ang. starch digestibility index).

Zawartość skrobi całkowitej TS mieściła się w zakresie 50,85 - 66,96 g/100 g s.m. Różnice w zawartości TS w poszczególnych chrupkach były istotne statystycznie ($p < 0,05$), a jedynie chrupki 2 i 3 nie różniły się od siebie pod względem zawartości tego składnika ($p > 0,05$). W recepturze produktów ekspandowanych, zawartość skrobi całkowitej powinna wynosić około 60%, co jest gwarantem otrzymania produktów o odpowiedniej, delikatnej teksturze, a także niezbyt twardych, po usmażeniu [Sunderland 1996]. Wszystkie badane chrupki charakteryzowały się zawartością skrobi całkowitej zbliżoną do pożądaną.

W przypadku skrobi szybko trawionej RDS, przedział zawartości wynosił od 33,36 do 46,58 g/100 g s.m. Zawartość RDS w chrupkach oznaczonych numerem 4 była istotnie najwyższa ($p < 0,05$). Wzrost strawności skrobi pod wpływem obróbki kulinarnej jest związany z działaniem podwyższonej temperatury, obecności wody oraz oleju na natywną skrobię [Balunkeswar i in., 2014]. Wiązania wodorowe, występujące pomiędzy rozgałęzionymi łańcuchami amylopektyny i prostymi łańcuchami amylozy w granulach skrobi ulegają w tym procesie rozerwaniu, a grupy hydroksylowe wiążą cząsteczki wody powo-

dując wzrost rozpuszczalności skrobi, która ulega pęcznieniu oraz żelifikowaniu. W konsekwencji, krystaliczna struktura skrobi zostaje zmieniona i w takiej formie staje się bardziej podatna na hydrolizę enzymatyczną łatwiej ulegając procesom trawienia [Ek i in., 2012]. Podobne zmiany w strukturze skrobi mogą nastąpić podczas procesu smażenia [Goñi i in., 1997].

Uzyskana w analizie zawartość skrobi wolno trawionej SDS wyniosła odpowiednio od 2,74 do 6,55 g/100 g s.m. Jednakże nie wykazano istotnych statystycznie różnic pomiędzy badanymi rodzajami prażynek ($p > 0,05$). Ilość skrobi odpornej RS w analizowanych produktach wynosiła od 14,76 do 18,61 g/100 g s.m. i nie zaobserwowano statystycznie istotnych różnic pomiędzy poszczególnymi rodzajami ($p > 0,05$). W literaturze są informacje na temat wzrostu zawartości frakcji SDS i RS w ziemniakach poddanych gotowaniu, czy też smażeniu w głębokim oleju [Borczał i in., 2016]. Zwiększenie zawartości frakcji SDS w ziemniakach poddanych smażeniu było prawdopodobnie związane z obecnością tłuszczów, które mogą tworzyć kompleksy ze skrobią i tym samym zmniejszać jej podatność na trawienie enzymatyczne [Balunkeśwar i in., 2014]. Kompleksy amylozowo-tłuszczowe mogą powstawać, zarówno w obecności endogennych tłuszczów, jak tłuszczów dodawanych podczas smażenia lub pieczenia ziemniaków, tworząc rodzaj skrobi niepodatnej na trawienie enzymatyczne, tzw. RS5 [Kumar Lala i in., 2021].

Wartość indeksu glikemicznego *in vitro* oznaczona jako wskaźnik trawienia skrobi SDI wyniosła od 62,13 do 69,56%, co sprawiło, że mogłyby zostać zaliczone do grupy produktów o potencjalnie średnim IG (56-69%) [Foster-Powell, 2002]. Uzyskane wartości pomiędzy poszczególnymi rodzajami chrupek nie różniły się między sobą w stopniu istotnym statystycznie ($p > 0,05$).

Podsumowanie

1. Chrupki ekspandowane poprzez smażenie w oleju charakteryzowały się istotnie statystycznie lepszymi właściwościami organoleptycznymi, takimi jak barwa, smakowitość, zapach i tekstura, w porównaniu do prażynek opiekanych w tunelu z gorącym powietrzem ($p < 0,05$).
2. Chrupki opiekane w tunelu z gorącym powietrzem zawierały mniej tłuszczów oraz więcej białek, błonnika pokarmowego oraz popiołu w porównaniu do prażynek o identycznym składzie surowcowym, ale poddanych ekspansji w sposób tradycyjny ($p < 0,05$).
3. Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic w strawności skrobi oraz w wartości indeksu glikemicznego *in vitro* pomiędzy badanymi rodzajami prażynek ($p > 0,05$).

Literatura

1. AOAC: Official Methods of Analysis, 18th Edition. Gaithersburg Association of Official Analytical Chemists International, 2006.
2. Balunkeswar N., Berrios J. De J., Tang J. Impact of food processing on the glycaemic index (GI) of potato products. *Food Research International*, 2014, 56, 35-46.
3. Borczak B., Sikora E., Sikora M., Barańska G., Kapusta-Duch J., Kutyla—Kupidura E.M. Wpływ obróbki kulinarnej na wskaźnik trawienia oraz zawartość frakcji żywieniowych skrobi w ziemniakach odmiany Lord. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 2016, 585, 25–33.
4. Chung HJ., Liu Q., Hoover R. Effect of single and dual hydrothermal treatments on the crystalline structure, thermal properties, and nutritional fractions of pea, lentil, and navy bean starches. *Food Research International*, 2010, 43, 501-508.
5. Englyst HN, Kingman SM, Cummings, JH. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *European Journal of Clinical Nutrition*, 1992, 46 (suppl), 33-50.
6. Foster-Powell K., Holt HA S., Brand-Miller J.C. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *American Journal of Clinical Nutrition*, 2002, 76(1), 5-56.
7. Krzywiński, T., Tokarczyk, G. Słone i pikantne przekąski na rynkach Polski i Świata. *Przemysł Spożywczy*, 2011, 5, 47.
8. Kunachowicz H., Nadolna I., Iwanow K., Przygoda B. Wartość odżywcza wybranych produktów spożywczych i typowych potwar. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, 2012, Warszawa.
9. Kumar Lala M., Singha B., Sharmac S., Singh M.P., Kumar A. Glycemic index of starchy crops and factors affecting its digestibility: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 2021, 111, 741–755.
10. Lee E.Y., Lim K., Lim J., Lim S.T. Effect of gelatinization and moisture content of extruded starch pellets on morphology and physical properties of microwave-expanded products. *Cereal Chemistry*, 2000, 77, 6, 769-773.
11. Mościcki L. Ekstruzja w przetwórstwie rolno-spożywczym Cz. VII. Produkcja pelletów. *Przegląd zbożowo-młynarski*, 2013, 7, 22-24.
12. Pankaj S.K., Keener K.M. A review and research trends in alternate frying technologies. *Current Opinion in Food Science*, 2017, 16, 74–79.
13. Pęksa A., Kita A., Zięba T. Wybrane właściwości smażonych chrupek ziemniaczanych z różnymi dodatkami błonnika. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.*, 2004, 3 (40), 106-113.
14. Sunderland R. Production of third-generation snacks. *Cereal Foods World*, 1996, 1, 68.
15. Tarkowski A., Myśnik E. Zawartość tłuszczu i kwasów tłuszczowych w przekąskach. *Medycyna Rodzinna*, 2012, 3, 56-60

16. Trela A., Mościcki L. Wpływ obróbki mikrofalowej na stopień ekspandowania pelletów ziemniaczanych. *Acta Agrophysica*, 2007, 10 (1), 237-246
17. Virtucio L. Uwarunkowania procesu ekstruzji przy produkcji pelletów do wyrobu snacków. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*. 1999, 7, 18-20.
18. Włodarczyk E. Zmiany frakcji tłuszczowej w przechowywanych produktach przekąskowych. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu*, 2003, 35, 2, 88-89.
19. Wesołowska, A. Polski rynek słonych przekąsek obecnie i w przyszłości. *Przemysł Spożywczy*, 2013, 5, 36-37.
20. PN-78-A-74702:1978. Spożywcze przetwory ziemniaczane.

Wpływ dodatku wybranych substancji intensywnie słodzących na aktywność antyoksydacyjną herbatników bezcukrowych

Barbara Borczak¹, Marek Sikora², Joanna Kapusta-Duch¹, Weronika Kubas¹

¹Katedra Żywienia Człowieka i Dietetyki, ²Katedra Technologii Węglowodanów i Przetwórstwa Zbóż, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie

Streszczenie

Poszukiwanie nowych rozwiązań recepturowych oraz produkcja produktów przekąskowych bezcukrowych o obniżonej wartości energetycznej i jednocześnie wspomagająca walkę organizmu z wolnymi rodnikami, jest obecnie najważniejszym wyzwaniem producentów sektora żywnościowego.

Celem pracy było zbadanie wpływu zastosowania zamienników sacharozy (wybranych substancji intensywnie słodzących) na aktywność antyoksydacyjną herbatników pszennych. Badano cztery rodzaje herbatników pszennych: 1) z sacharozą (SA), jako próba kontrolna, 2) z dodatkiem glikozydów stewiolowych (ST), 3) z dodatkiem acesulfamu K (ACE), 4) z dodatkiem sukralozy (SU). Wypieczone herbatniki poddano również ocenie organoleptycznej z udziałem 15 osobowej grupy oraz oznaczono w nich całkowitą aktywność redukującą i aktywność antyoksydacyjną metodą ABTS.

Osoby biorące udział w badaniu organoleptycznym najlepiej oceniły herbatniki z dodatkiem sacharozy ($p < 0,05$). W skali pięciopunktowej uzyskały one aż 4,5 punktów. Zdecydowanie gorzej zostały ocenione przez konsumentów herbatniki bezcukrowe. Wśród herbatników z dodatkiem alternatywnych substancji słodzących, największą liczbę punktów otrzymały herbatniki z acesulfamem K - 2,73, bardzo zbliżoną liczbę punktów uzyskały herbatniki z glikozydami stewiolowymi oraz z sukralozą.

Wykazano, że dodatek glikozydów stewiolowych i acesulfamu K wpłynął istotnie na zwiększenie całkowitej aktywności redukującej w herbatnikach ($p < 0,05$) z ok. 5,80 do ok. 26,55 – 29,37 mg/100 g s.m. Dodatek glikozydów stewiolowych, acesulfamu K oraz sukralozy przyczynił się do wzrostu zdolności neutralizacji wolnego rodnika ABTS⁺, w porównaniu z herbatnikami z sacharozą ($p < 0,05$).

Słowa kluczowe: herbatniki bezcukrowe, ocena organoleptyczna, całkowita aktywność redukująca, rodnik ABTS⁺

Wstęp

Wpływ wolnych rodników na organizm człowieka podlega nieustannemu zainteresowaniu. Stres oksydacyjny wywołany reaktywnymi formami tlenu (RFT) jest powiązany z patogenezą wielu chorób [Cepas i in., 2020; Sanz-González i in., 2020]. RFT oddziałują z biocząsteczkami, takimi jak lipidy, DNA i białka, i mogą powodować uszkodzenia struk-

turalne i funkcjonalne, a także przyczyniać się do produkcji cytokin prozapalnych i przewlekłych stanów zapalnych [Cepas i in., 2020]. Jednocześnie wysoki poziom glukozy i insuliny we krwi może powodować stres antyoksydacyjny w organizmach i zwiększać ryzyko chronicznych chorób niezakaźnych [Sanz-González i in., 2020]. Udowodniono bowiem, że w przypadku cukrzycy typu 2 stres oksydacyjny jest bardzo szkodliwy. Cukrzyca typu 2 stała się obecnie poważnym problemem w wielu krajach i stanowi około 90% wszystkich przypadków cukrzycy na świecie. Jest to również jedna z pięciu głównych przyczyn zgonów [WHO, 2020].

Wyroby cukiernicze, dzięki swoim wysokim walorom organoleptycznym, cieszą się niesłabnącą popularnością wśród konsumentów. Niestety ich stosunkowo wysoka wartość energetyczna, a jednocześnie niska wartość odżywcza, często prowadzi do ograniczenia ich spożycia w codziennej diecie człowieka, w szczególności przez osoby cierpiące na cukrzycę. Rynek ciastek w Polsce cieszy się dużą popularnością, a prognozy przewidują stały wzrost konsumpcji tego asortymentu produktów spożywczych, przy czym preferencje konsumentów ulegają zmianom i ukierunkowane są przede wszystkim na produkty funkcjonalne, wzbogacane w błonnik, witaminy i składniki mineralne, bez konserwantów czy też o obniżonej zawartości cukru. Dodatkowo okazuje się, że polscy konsumenci wybierają ciastka kierując się głównie ich smakiem (41% respondentów), a następnie jakością (22%) [Rynek ciastek w Polsce, 2017]. W nadchodzących latach przewidywana jest stopniowa zmiana wzorców konsumpcji. Regularne spożywanie ciastek oraz zastępowanie nimi niektórych posiłków – na przykład śniadań (ciastka z błonnikiem, ziarnami zbóż) będzie coraz popularniejsze. Tym samym, poszukiwanie nowych rozwiązań recepturowych oraz produkcja produktów przekąskowych bezcukrowych o obniżonej wartości energetycznej i jednocześnie wspomagająca walkę organizmu z wolnymi rodnikami, jest obecnie najważniejszym wyzwaniem producentów sektora żywnościowego.

W Polsce stosowanie substancji intensywnie słodzących regulowane jest przez Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1131/2011 z dnia 11 listopada 2011 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych. Wśród związków dopuszczonych do stosowania w żywności znajdują się m.in.: acesulfam K, sukraloza oraz glikozydy stewiolowe.

Substancje te są całkowicie bezkaloryczne lub ich ilość używana do żywności jest tak niewielka, że praktycznie można pominąć ich wartość energetyczną. Dodatkową zaletą substancji intensywnie słodzących jest fakt, że wykazują one działanie synergistyczne, co może powodować zmniejszenie dawek mieszanin substancji intensywnie słodzących. Niektóre z omawianych substancji wspomagają utrwalanie aromatów i smaku żywności. Czasami jednak podczas produkcji można uzyskać efekt niepożądany, gdyż oprócz słodczy, substancje intensywnie słodzące mogą charakteryzować się innymi posmakami, tj.: metalicznym, gorzkim, lukrecjowym, cierpkim. Posmak tych substancji utrzymuje się dość długo lub może pojawiać się z opóźnieniem [O'Brien Nabors, 2001]. Celem niniejszej pracy było zbadanie wpływu zastosowania zamienników sacharozy (wybranych substancji intensywnie słodzących) na właściwości organoleptyczne, aktywność antyoksydacyjną

i całkowitą aktywność redukującą herbatników pszennych, co umożliwiło uzupełnienie brakujących danych literaturowych w/w zakresie.

Material i metody badań

Material badawczy

Do badań wzięto cztery rodzaje herbatników, którym w celu ułatwienia identyfikacji przypisano następujące symbole: (i) herbatniki z sacharozą (SA); (ii) herbatniki z dodatkiem sukralozy (SU); (iii) herbatniki z dodatkiem acesulfamu K (ACE); (iv) herbatniki z dodatkiem glikozydów stewiolowych (ST).

W skład ciasta wchodziły następujące komponenty: 500 g mąki pszennej („Złote pola”, tortowa pszenna, typ 450, Polskie Zakłady Zbożowe „PZZ” w Krakowie S.A., Kraków, Polska); 250 g margaryny („Kasia”, Unilever, Warszawa, Polska); 150 g jaj („Ale Jaja” Fermi Drobiu Woźniak Sp. z o.o., Rawicz, Polska); 6 g proszku do pieczenia (Dr. Oetker Polska Sp. z o.o., Gdańsk, Polska); substancja słodząca (tab. 1).

Tabela 1. Dodatek substancji słodzących do produkcji herbatników

Substancja słodząca	Ilość [g]	Informacje o produkcie
Sacharoza	200	Cukier „Królewski”, Südzucker Polska S.A., Wrocław, Polska
Glikozydy stewiolowe	1	NL. Stevia, Paragwaj
Acesulfam K	1	Hortimex, Polska
Sukraloza	0,33	Hortimex, Polska

Sposób przygotowania

Jaja dokładnie umyto. Następnie wbito do miski i roztrzepano za pomocą widelca. Wszystkie sypkie składniki wymieszano w plastikowej misce (mąka, proszek do pieczenia, substancja słodząca). Margarynę pokrojono w kawałki i dodano do pozostałych składników razem z roztrzepanymi jajami. Wszystkie składniki ciasta zagnieciono. Gotowe ciasto zawinięto w folię aluminiową i przełożono na 30 min do lodówki. Następnie ciasto cienko rozwałkowano i przy pomocy formy wykrojono krążki ciasta. Tak przygotowane herbatniki przełożono na blachę wyłożoną papierem do pieczenia. Herbatniki wypiekano przez 8 min w piekarniku nagrzanym do 200°C. Po upieczeniu herbatniki ostudzono i przełożono do woreczków strunowych, w których przechowywano herbatniki. Przed wykonaniem analiz pobierano odpowiednią ilość materiału i następnie dokładnie go zmielono (KNIFETEC 1095 Sample Mill). Herbatnikom nadano odpowiednie symbole w celu ułatwienia przeprowadzania dalszych analiz, w tym oceny organoleptycznej.

Metody badań

Ocena organoleptyczna

Analizę przeprowadzono zgodnie z procedurą opisaną w normach polskich i europejskich [1998a, 1998b, 2008, 2014], z udziałem 15 osobowej grupy. Każdy z uczestników miał przygotowany zestaw specjalnie oznakowanych próbek oraz wodę do przepłukiwania ust pomiędzy poszczególnymi próbkami. Ocenie podlegały takie cechy produktu jak: wygląd ogólny, kształt, powierzchnia, konsystencja, barwa, zapach, smakowość. Ocena organoleptyczna opierała się na skali pięciopunktowej: 5 oznaczało bardzo dobrą jakość; 4 – dobrą jakość; 3 – jakość dostateczną; 2 – jakość niedostateczną; 1 - jakość złą. Dodatkowo każda z badanych cech miała przyporządkowany współczynnik ważkości.

Analizy chemiczne

Zawartość suchej masy (s.m.) badanych herbatników wykonano przy użyciu standardowej metodyki AOAC [2006].

Całkowitą aktywność redukującą w badanych herbatnikach zbadano procedurą opisaną przez Swain i Hillis [1959] z użyciem odczynnika Folina-Ciocalteu'a (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA). Próbkę (5 g) ekstrahowano przy użyciu 40 cm³ 80% zakwaszonego metanolu (20 cm³ 0,08 M HCl i 20 cm³ 80% metanolu) przez 2 godziny w 25°C i odwirowano (1500 g, 15 min). Pozostałość ekstrahowano 40 cm³ 70% acetonu przez kolejne 2 godziny, a następnie odwirowano (1500 g, 15 min). Supernatanty zmieszano razem, rozcieńczono i inkubowano z odczynnikiem Folina-Ciocalteu'a przez 20 minut i zmierzono absorbancję przy 760 nm w spektrofotometrze (Spectro 2000RS, Labomed Company, Inc.). Całkowitą aktywność redukującą wyrażono w mg kwasu galusowego na 100 g s.m., korzystając z krzywej kalibracyjnej. Analizy wykonano w trzech powtórzeniach.

Aktywność antyoksydacyjną badanych herbatników zbadano metodą opisaną przez Re i in. [1999] jako zdolność neutralizacji wolnego rodnika ABTS•+: 2,2-azynobis(3-etylobenzotiazolino-6-sulfonianu amonowego) (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA). 0,5 ml ekstraktów metanolowo-acetonowych przeniesiono do probówki i uzupełniono metanolem do objętości 1 cm³. Następnie dodano 2 cm³ roztworu rodnika ABTS. Mieszaninę inkubowano w 30°C przez 6 min. Absorbancję roztworu mierzono przy 734 nm w spektrofotometrze (Spectro 2000RS, Labomed Company, Inc.). Aktywność antyoksydacyjną mierzoną w reakcji z rodnikiem ABTS•+ wyrażono w µmol Troloxu na g s.m., korzystając z krzywej kalibracyjnej. Analizy wykonano w trzech równoległych powtórzeniach.

Statystyczna analiza danych

Oznaczenia wartości analizowanych parametrów wykonano każdorazowo w trzech równoległych powtórzeniach, natomiast w przypadku oceny organoleptycznej w piętnastu powtórzeniach. Jako wynik końcowy, podano wartości średnie interakcji (X) ± odchylenie standardowe (SD), wykonano również jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA. Istot-

ność różnic obliczono na podstawie testu Duncana, na poziomie $p < 0,05$. Wszystkie obliczenia dokonano przy użyciu programu Statistica, v.12 software (Statsoft, Inc., Tulsa, OK, USA).

Wyniki i dyskusja

Ocena organoleptyczna herbatników

Wyniki oceny organoleptycznej przedstawiono w tabeli 2. Osoby biorące udział w badaniu organoleptycznym najlepiej ocenili herbatniki z dodatkiem sacharozy ($p < 0,05$). W skali pięciopunktowej uzyskały one aż 4,5 punktów. Zdecydowanie gorzej zostały ocenione przez konsumentów herbatniki bezcukrowe. Wśród herbatników z dodatkiem alternatywnych substancji słodzących, największą liczbę punktów uzyskały herbatniki z acesulfamem K - 2,73, natomiast pozostałe dwie próbki uzyskały bardzo zbliżoną liczbę punktów: 2,54 pkt – herbatniki z glikozydami stewiolowymi oraz 2,55 pkt – herbatniki z sukralozą.

Tabela 2. Ocena organoleptyczna herbatników bezcukrowych i herbatników z sacharozą

Wyróżnik jakościowy	Symbol próbki			
	ST	ACE	SU	SA
	średnia $\pm$ SD			
Wygląd ogólny	0,80 ^a $\pm$ 0,2	0,81 ^a $\pm$ 0,1	0,76 ^a $\pm$ 0,2	0,92 ^b $\pm$ 0,1
Powierzchnia	0,65 ^a $\pm$ 0,1	0,64 ^{ab} $\pm$ 0,1	0,56 ^b $\pm$ 0,1	0,68 ^a $\pm$ 0,1
Konsystencja	0,35 ^a $\pm$ 0,1	0,39 ^a $\pm$ 0,1	0,37 ^a $\pm$ 0,1	0,45 ^b $\pm$ 0,1
Barwa	0,43 ^a $\pm$ 0,1	0,42 ^a $\pm$ 0,1	0,45 ^a $\pm$ 0,1	0,49 ^b $\pm$ 0,0
Zapach	0,80 ^a $\pm$ 0,2	0,85 ^a $\pm$ 0,1	0,80 ^a $\pm$ 0,1	0,85 ^a $\pm$ 0,2
Smakowość	0,95 ^a $\pm$ 0,2	1,10 ^a $\pm$ 0,2	0,93 ^a $\pm$ 0,3	1,10 ^a $\pm$ 0,2
Suma	2,54 ^a $\pm$ 0,3	2,73 ^a $\pm$ 0,2	2,55 ^a $\pm$ 0,3	4,50 ^b $\pm$ 0,3

Objaśnienia: SD – odchylenie standardowe; Oznaczenie wartości średnich w wierszach różnymi indeksami literowymi świadczy o występowaniu istotnych różnic statystycznych ($p < 0,05$); ST – glikozydy stewiolowe; ACE – acesulfam K; SU – sukraloza; SA – sacharoza

Analiza statystyczna wykazała, że herbatniki bezcukrowe są do siebie podobne i różnią się istotnie od próby kontrolnej ($p < 0,05$). Na sumaryczną ilość punktów składała się ocena parametrów, tj.: wygląd ogólny, powierzchnia, konsystencja, barwa, zapach oraz smakowość. Analizując powierzchnię, nie zaobserwowano istotnych różnic pomiędzy herbatnikami z dodatkiem glikozydów stewiolowych, sacharozy oraz acesulfamu K ($p > 0,05$), natomiast próbki z dodatkiem sukralozy charakteryzowały się istotnie mniej atrakcyjną powierzchnią, w porównaniu z herbatnikami kontrolnymi (SA) ($p < 0,05$). Biorąc pod uwagę wygląd ogólny, konsystencję oraz barwę, najlepiej zostały ocenione herbatniki z sacharozą, które różniły się one istotnie od pozostałych próbek ($p < 0,05$). Z kolei, herbatniki bezcukrowe nie różniły się istotnie w ocenie konsumentów pod względem wyglądu ogólnego, kształtu i barwy ($p > 0,05$). Biorąc pod uwagę smakowość oraz zapach herbatników nie wykazano statystycznie istotnych różnic pomiędzy badanymi próbkami

($p > 0,05$). Podobnie, Górecka i in. [2007] zaobserwowali, że zamiana sacharozy na substancje intensywnie słodzące nie wpłynęła na barwę, zapach i teksturę wypieczonych produktów. Jednak zdecydowanie pogorszyła się ich smakowość, co nie zostało potwierdzone w niniejszych badaniach (tab. 2). Niewątpliwie dodatek substancji intensywnie słodzących wpływa na cechy sensoryczne produktów i potraw do których zostały one użyte. Sacharoza w wyrobach cukierniczych oprócz nadawania słodkiego smaku pełni szereg innych funkcji. Odpowiada między innymi za zapach, barwę, właściwości strukturotwórcze, a także wilgotność produktu. Podczas wypieku zachodzą reakcje, w wyniku których powstają związki odpowiedzialne za przyjemny smak i aromat wyrobów cukierniczych. Z tych powodów nie jest możliwe całkowite zastąpienie sacharozy substancjami intensywnie słodzącymi, bez dodatku różnego rodzaju substancji np. wypełniających [Górecka i in. 2007]. Użycie wyłącznie jednej substancji intensywnie słodzącej daje zdecydowanie gorsze rezultaty aniżeli dodatek mieszaniny różnego rodzaju związków. Potwierdzają to badania przeprowadzone przez Górecka i in. [2007]. Konsumenci zdecydowanie lepiej ocenili kruche ciasta, które zostały przygotowane z dodatkiem mieszaniny acesulfamu K i aspartamu, natomiast najgorzej produkty z dodatkiem wyłącznie acesulfamu K. Dodatkowym elementem, który wpływa niekorzystnie na odbiór wyrobów bezcukrowych są wy-czuwalne, charakterystyczne dla alternatywnych substancji słodzących posmaki [Abelyan i in. 2012].

Aktywność antyoksydacyjna herbatników bezcukrowych

Całkowita aktywność redukcyjna i właściwości antyoksydacyjne herbatników zaprezentowano w tabeli 3.

Tabela 3. Właściwości antyoksydacyjne badanych herbatników bezcukrowych

Symbol próbki	Całkowita aktywność redukująca	ABTS
	średnia $\pm$ SD [mg/100 g s.m.]	średnia $\pm$ SD [μ mol Troloxu/g s.m.]
ST	26,55 ^b $\pm$ 1,47	1,91 ^c $\pm$ 0,01
ACE	29,37 ^c $\pm$ 0,01	1,90 ^a $\pm$ 0,05
SU	5,80 ^a $\pm$ 0,92	1,65 ^a $\pm$ 0,02
SA	6,87 ^a $\pm$ 0,35	1,17 ^b $\pm$ 0,05

Objaśnienia: SD – odchylenie standardowe; Oznaczenie wartości średnich w kolumnach różnymi indeksami literowymi świadczy o występowaniu istotnych różnic statystycznych ($p < 0,05$); ST – glikozydy stewiolowe; ACE – acesulfam K; SU – sukraloza; SA – sacharoza

Badając mechanizm reakcji z udziałem odczynnika Folina-Ciocalteu'a stwierdzono, że istnieje wiele związków o właściwościach redukujących, w tym białek czy też jonów metali, a także polifenoli, z którymi może reagować ten odczynnik. W związku z tym w literaturze sugerowano [Kowalski i Łukasiewicz 2014] raczej stosowanie terminu „całkowita aktywność redukująca” zamiast „suma polifenoli”, określającego metodę z zastosowaniem tego odczynnika. Całkowita aktywność redukująca w herbatnikach z glikozydami

stewiolowymi i acesulfamem K (odpowiednio 26,55 mg/100 g s.m i 29,37 mg/100 g s.m) była statystycznie istotnie większa, w porównaniu z herbatnikami kontrolnymi (SA) (6,87 mg/100 g s.m.) oraz z herbatnikami z sukralozą (SU) (5,80 mg/100 g s.m.; $p < 0,05$).

Pod względem zdolności neutralizacji wolnego rodnika ABTS⁺, zaobserwowano statystycznie istotne różnice pomiędzy herbatnikami z substancjami słodzącymi, a herbatnikami z sacharozą ($p < 0,05$). W próbie kontrolnej (SA), stwierdzono istotnie najmniejszą pojemność antyoksydacyjną - 1,17 $\mu\text{mol Troloxu/g s.m.}$ (SA) (tab. 3) ($p < 0,05$). Również istotne statystycznie różnice zaobserwowano w grupie herbatników bezcukrowych. W tej grupie, największą pojemnością antyoksydacyjną charakteryzowały się herbatniki z glikozydami stewiolowymi (ST) - 1,91 $\mu\text{mol Troloxu/g s.m.}$ (tab. 3) ($p < 0,05$). W literaturze brak jest informacji na temat zawartości polifenoli, całkowitej aktywności redukującej oraz zdolności neutralizacji wolnego rodnika ABTS⁺ w herbatnikach z dodatkiem sukralozy, acesulfamu K oraz glikozydów stewiolowych. Zawartość polifenoli w herbatnikach z sacharozą podawana przez innych autorów wyniosła 29,30 g/100 g s.m., a pojemność antyoksydacyjna 0,33 $\mu\text{mol Troloxu/g s.m.}$ [Kopeć i in. 2014]. Według literatury zawartość polifenoli w mące pszennej typu 450 zawiera się w przedziale od 28,3-344 mg/100 g s.m [Alvarez-Jubete i in. 2010]. Na całkowitą aktywność redukującą badanych herbatników mogła mieć wpływ nie tylko zawartość polifenoli, naturalnie występujących w mące pszennej, ale również białka oraz zastosowane intensywnie substancje słodzące. Najmniejsza całkowita aktywność redukująca herbatników z sacharozą mogła wynikać z faktu, że sacharoza nie posiada właściwości redukujących i nie reaguje z odczynnikiem Folina-Ciocalteu'a użytym w niniejszych badaniach.

Podsumowanie

1. Herbatniki z dodatkiem alternatywnych substancji słodzących zostały ocenione przez konsumentów zdecydowanie gorzej, głównie ze względu na ich wygląd ogólny, konsystencję oraz barwę.
2. Dodatek zastosowanych substancji intensywnie słodzących wpłynął na zwiększenie aktywności antyoksydacyjnej herbatników bezcukrowych ($p < 0,05$).
3. Dodatek glikozydów stewiolowych oraz acesulfamu K spowodował istotne zwiększenie całkowitej aktywności redukującej w herbatnikach bezcukrowych ($p < 0,05$).

Literatura

1. Abelyan V., Markosyan A., Abelyan L. Process for manufacturing a sweetener and use thereof. 2012, USA Patent 8293307 B2.
2. Alvarez-Jubete L., Wijngaard H., Arendt E. K., Gallagher E. Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, Quinna buck wheat and wheat as affected by sprouting and baking. *Food Chemistry*, 2010, 119, 770-778.
3. AOAC: Official Methods of Analysis, 18th Edition. Gaithersburg Association of Official Analytical Chemists International, 2006.
4. Cepas V., Collino M., Mayo J.C., Sainz R.M., Redox Signaling and Advanced Glycation Endproducts (AGEs) in Diet-Related Diseases. *Antioxidants* 2020, 9(2), 142; <https://doi.org/10.3390/antiox9020142>.
5. Diagnosis and management of type 2 diabetes (HEARTS-D). Geneva]: World Health Organization; 2020 (WHO/UCN/NCD/20.1). Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
6. Górecka D., Korczak J., Borowska-Parus A., 2007. Zastosowanie substancji słodzących w wyrobach ciastkarskich. *ŻYWOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 6, 55, 210-218.
7. Kopeć A., Syska A., Leszczyńska T., Piątkowska E., 2014. Skład chemiczny i aktywność antyoksydacyjna biszkoptów i ciastek bezglutenowych. Właściwości produktów i surowców żywnościowych. Wybrane zagadnienia. *Polskie Towarzystwo Technologów Żywności*, 153-163.
8. Kowalski S., Łukasiewicz M. Wpływ warunków wypieku kruchych ciastek na powstawanie wybranych pochodnych furanowych oraz zmianę potencjału antyoksydacyjnego; *Żywność. Nauka. Technologia Jakość*, 2014, 1(92), 187 – 199.
9. Lee E.Y., Lim K., Lim J., Lim S.T. Effect of gelatinization and moisture content of extruded starch pellets on morphology and physical properties of microwave-expanded products. *Cereal Chemistry*, 2000, 77, 6, 769-773.
10. O'Brien Nabors, L., Alternative Sweeteners in: CRC (ed. O'Brien Nabors, L.), CRC Press Inc., 2001, New York.
11. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1131/2011 z dnia 11 listopada 2011 r. zmieniające załącznik II do Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1333/2008 w odniesieniu do glikozydów stewiolowych. *D. Urz. UE L 295/205* z dnia 12 listopada 2011r.
12. Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology Medicine*, 1999, 9/10, 26, 1231–1237.
13. Sanz-González S., García-Medina J.J., Zanón-Moreno V., López-Gálvez M.I., Galarreta-Mira D., Duarte L., Valero-Velló M., Ramírez A.I., Arévalo J.F., Pinazo-Durán M.D. Clinical and Molecular-Genetic Insights into the Role of Oxidative Stress in Diabetic Retinopathy: Antioxidant Strategies and Future Avenues. *Antioxidants*, 2020, 9(11), 1101.

14. Swain, T., Hillis, W.E. The phenolic constituents of *Prunus Domestica*. The quantitative analysis of phenolic constituents; *Journal of Science Food and Agriculture*, 1959, 10, 63-68.
15. Polska Norma PN-EN ISO 4121. 1998a. Analiza sensoryczna - metodologia - ocena produktów spożywczych metodami skalowania.
16. Polska Norma PN-ISO 6658. 1998b. Analiza sensoryczna - metodologia - ogólne wytyczne
17. Polska Norma PN-EN ISO 8586-2. 2008. Analiza sensoryczna - ogólne wytyczne dotyczące doboru, szkolenia i monitorowania osoby szkolonej - część 2: Eksperti oceny sensorycznej.
18. Polska Norma PN-EN ISO 8586. 2014-3. Analiza sensoryczna - ogólne wytyczne dotyczące wyboru, szkolenia i monitorowania osoby szkolonej - wybranych asesorów.
19. Rynek ciastek w Polsce. www.pwc.pl, 2017. <https://www.pwc.pl/pl/publikacje/2017/rynek-ciastek-w-polsce-pwc-polska.html>.

Wzornictwo opakowań produktów typu snack – perspektywa konsumenta

Agnieszka Cholewa-Wójcik, Agnieszka Kawecka

*Katedra Opakowalnictwa Towarów, Instytut Nauk o Jakości i Zarządzania Produktem,
Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie*

Streszczenie

Współcześnie opakowania odgrywają istotną rolę i coraz częściej postrzegane są jako inherentny element produktu zintegrowanego, który oprócz nadrzędnej funkcji zapewniającej ochronę produktu, pełni także ważne zadanie w erze cyfrowego i ikonograficznego społeczeństwa. Występujące na rynku żywności trendy wpłynęły na wzrost świadomości konsumentów w zakresie bezpieczeństwa i jakości żywności, a także na wzrost znaczenia designu opakowań produktów spożywczych, w tym produktów typu snack. W związku z faktem, iż nabywca w dużej mierze postrzega produkt przez pryzmat opakowania, zaliczane jest ono do jednego z ważniejszych atrybutów produktu wpływającego na preferencje konsumentów, w tym w zakresie zakupu produktów typu snack.

Wzrost wymagań konsumentów w zakresie jakości produktów i opakowań do nich przeznaczonych wymusza na przedsiębiorcach ciągły rozwój i poszukiwanie nowych rozwiązań skutecznej prezentacji i promocji produktów. Ciekawa forma, oryginalny dobór barw czy interesująca grafika przyciągają wzrok i zapadają w pamięć. Opakowanie ma za zadanie stworzyć pożądany wizerunek produktu, który będzie wzbudzał zaufanie oraz przekona do zakupu. Wpływa ono ponadto na identyfikowalność danego wyrobu z marką, różnicuje te same artykuły kilku producentów, wspomaga komunikację, a także edukuje.

Celem podjętych badań była analiza postrzegania przez konsumentów opakowań produktów typu snack, które na przestrzeni kilku ostatnich lat traktowane są jako produkty częstego zakupu. Zainteresowane produktami typu snack i ich opakowaniami spowodowane było również odnotowanym na przestrzeni kilku ostatnich lat wzrostem ich spożycia zarówno w Polsce, jak i na świecie. Przeprowadzone badania miały charakter badań ankietowych zrealizowanych techniką CAVI i były połączone z badaniami neuromarketingowymi zrealizowanymi z wykorzystaniem eye-trackera. Uzyskane wyniki badań pozwoliły określić deklaratywne czynniki wyboru produktów typu snack na podstawie oceny designu opakowań. Natomiast wyniki badań opakowań produktów typu snack z wykorzystaniem metody eye-tracking pozwoliły odzwierciedlić rzeczywiste czynniki postrzegane przez konsumentów. Badania miały na celu uzyskanie opinii konsumentów na temat preferowanych rodzajów opakowań wytypowanej grupy produktów oraz ich warstwy wizualnej. Ponadto celem badań było również zaproponowanie wskazówek do projektowania warstwy wizualnej opakowań produktów typu snack, które pozwolą na wyróżnianie ich na tle opakowań produktów konkurencyjnych.

Wprowadzenie

Opakowania odgrywają istotną rolę we współczesnym świecie i coraz częściej postrzegane są jako inherentny element produktu zintegrowanego, który oprócz nadrzędnej funkcji zapewniającej ochronę produktu, pełni także ważne zadanie w erze cyfrowego i ikonograficznego społeczeństwa. Występujące na rynku żywności trendy wpłynęły na wzrost świadomości konsumentów w zakresie bezpieczeństwa i jakości żywności, a także na znaczenie designu opakowań produktów spożywczych, w tym produktów typu snack. W związku z faktem, iż nabywca w dużej mierze postrzega produkt przez pryzmat opakowania, zaliczane jest ono do jednego z ważniejszych atrybutów produktu wpływającego na preferencje konsumentów, w tym w zakresie zakupu produktów typu snack.

Wzrost wymagań konsumentów w zakresie jakości produktów i opakowań do nich przeznaczonych wymusza na przedsiębiorcach ciągły rozwój i poszukiwanie nowych rozwiązań skutecznej prezentacji i promocji produktów. Ciekawa forma, oryginalny dobór barw czy interesująca grafika przyciągają wzrok i zapadają w pamięć. Opakowanie ma za zadanie stworzyć pożądany wizerunek produktu, który będzie wzbudzał zaufanie oraz przekona do zakupu. Wpływa ono ponadto na identyfikowalność danego wyrobu z marką, różnicuje te same artykuły kilku producentów, wspomaga komunikację, a także edukuje.

Celem podjętych badań była analiza postrzegania przez konsumentów opakowań produktów typu snack definiowanych jako żywność spożywana między regularnymi posiłkami, które to na przestrzeni kilku ostatnich lat traktowane są jako produkty częstego zakupu. Zainteresowane produktami typu snack i ich opakowaniami spowodowane było również odnotowanym na przestrzeni kilku ostatnich lat wzrostem ich spożycia zarówno w Polsce, jak i na świecie. Według danych Mordor Intelligence w 2020 r., wartość globalnego rynku przekąsek osiągnęła 427 mld USD. Obecnie największym rynkiem przekąsek jest Europa, a następnie Ameryka Północna. Wyższy poziom spożycia przekąsek zanotowano w krajach rozwiniętych, ale szybciej rośnie w krajach rozwijających się. Przewiduje się, że światowy rynek tych produktów będzie rósł średniorocznie o 5,34 proc. i w 2024 r. osiągnie poziom ok. 550 mld USD [Report Global Specialty Snacks Market - Growth, Trends and Forecast, 2020].

W Polsce, szacunki wskazują, że w 2020 r., rynek przekąsek osiągnął wartość 18 mld zł, co oznacza, że stanowią one niemal 13 proc. wartości całego koszyka spożywczego. Wśród przekąsek największe znaczenie mają chipsy, chrupki i popcorn, które odpowiadają za 14,4 proc. obrotów wartościowych całego rynku przekąsek. Charakteryzuje je także dynamiczny wzrost sprzedaży (o 9,7 proc. w analizowanym okresie). Z danych instytutu badawczego Nielsen wynika, że popyt na przekąski w Polsce zwiększył się w zeszłym roku o 6,5%. O ile w przypadku chipsów ziemniaczanych i chrupek wzrosty sprzedaży były stosunkowo niewielkie (odpowiednio o 3,3 proc. i 4,1 proc.), to w kategorii orzeszków solonych zanotowano przyrost na poziomie 10%, a orzeszków niesolonych aż 22,8% [Raport Nielsen, 2020].

Przeprowadzone badania miały charakter badań ankietowych zrealizowanych techniką CAVI (z angielskiego Computer Assisted Web Interview) która częścią metodologii

opartej na ankiecie dostarczonej respondentowi za pomocą linka w panelu lub na stronie internetowej. Badania te były połączone z badaniami neuromarketingowymi zrealizowanymi z wykorzystaniem eye-trackera. Uzyskane wyniki badań pozwoliły określić deklaratywne czynniki wyboru produktów typu snack na podstawie oceny designu opakowań. Natomiast wyniki badań opakowań produktów typu snack zrealizowane z wykorzystaniem metody eye-tracking pozwoliły odzwierciedlić rzeczywiste czynniki postrzegane przez konsumentów. Badania miały na celu uzyskanie opinii konsumentów na temat preferowanych rodzajów opakowań wytypowanej grupy produktów oraz ich warstwy wizualnej.

1. Design opakowań produktów typu snack

Potrzeba tworzenia unikatowości opakowań jest ściśle związana z dążeniem do wyróżnienia produktów na tle bogatej oferty rynkowej i w dużej mierze opiera się na projektach warstwy wizualnej opakowań, która jest istotnym nośnikiem zakodowanych komunikatów rynkowych. Dzięki swej wartości komunikacyjnej, warstwa wizualna jest tzw. językiem opakowania, który powinien prowadzić do spostrzeżenia produktu, zdekodowania komunikatu, wywołania zainteresowania, podjęcia decyzji o zakupie oraz do trwałego zapamiętania. Poprzez oryginalność formy i treści przekazu można skutecznie oddziaływać na potencjalnego odbiorcę. Korelacja poszczególnych cech i elementów opakowania tworzących wyobrażenie o zapakowanym produkcie określana jest mianem designu do których zalicza się: formę konstrukcyjną, kształt, rozmiar, rozwiązania ergonomiczne, elementy graficzne, czcionka oraz ilość informacji umieszczonej na opakowaniu [Cholewa-Wójcik, Kawecka, 2015].

Kształt opakowania może istotnie wzmocnić naturalną skłonność mózgu do stymulowania wrażenia kontaktu z opakowaniem. Ponadto większy poziom stymulacji odnotowuje się dla opakowań ergonomicznych, czyli przystosowanych kształtem i wymiarami do cech antropometrycznych człowieka. Ponadto istnieje udowodniony związek między formą konstrukcyjną, rozmiarem a postrzeganą wartością i poziomem akceptacji ceny zapakowanego produktu [Poslon i in., 2019].

Wpływ na postrzeganie produktu poprzez jego opakowanie zależny jest również od miejsca i sposobu zaprezentowania informacji tekstowych. Ponadto istotną rolę z punktu widzenia zdolności opakowania do różnicowania i tworzenia unikatowości opakowań pełni rodzaj zastosowanej czcionki. Niektóre czcionki mają podświadomie kojarzyć się z określonym produktem lub marką. Dzięki nim opakowanie lepiej się wyróżnia, ponieważ potencjalny konsument może z łatwością określić „tożsamość” produktu przed przeczytaniem i przetworzeniem tekstu przez ośrodki językowe w mózgu. Ponadto bardzo ważną kwestią jest wielkość czcionki zastosowanej na opakowaniach lub ich etykietach. W celu zapewnienia większej czytelności informacji na opakowaniach, ustawodawca mocą rozporządzenia nr 1169/2011 określił minimalną wysokość czcionki, jaką mają być podawane na etykietach informacje obowiązkowe. Wysokość małych liter powinna wynosić co najmniej 1,2 mm. Wielkie litery oraz litery takie, jak np. k, p, y, j, g, d oraz f, zgodnie z ogólną zasadą pisowni, powinny mieć wielkość proporcjonalną do wysokości x. W przypadku

opakowań, których największa powierzchnia jest mniejsza niż 80 cm², minimalna „wysokość x” może wynosić co najmniej 0,9 mm [Rozporządzenie Parlamentu i Rady (UE) 1169/2011 z dnia 25 października 2011 r. w sprawie przekazywania konsumentom informacji na temat żywności, Dz.U. L304/18].

Z kolei ilość informacji związana jest z poziomem nagromadzenia treści na opakowaniu, które muszą zostać przetworzone i zrozumiane. Ilość informacji wykazuje ścisły związek z tzw. zjawiskiem płynności przetwarzania, które zależy od liczby zbiorów obiektów bądź obrazów. Badania prowadzone przez A. Pradeep'a wykazały, że mniejsza liczba elementów (około trzech) w znacznym stopniu usprawnia procesy transponowania informacji [Pradeep, 2011].

Efektywność opakowania jest także ściśle związana z układem oraz wzajemnym rozmieszczeniem elementów graficznych i semantycznych w przestrzeni opakowania. Właściwe rozmieszczenie elementów na opakowaniu wpływa na szybkość przetwarzania informacji i przyczynia się do wytworzenia pozytywnego wrażenia emocjonalnego u odbiorcy. Badania prowadzone przez P. Roy, Md. N. Sadekin, Md M. Hoque, M. S. Siddiqui dowodzą, że skuteczność opakowania do przyciągania uwagi potencjalnego konsumenta jest wynikiem współdziałania tła graficznego i umieszczonego na nim przekazu słownego [Roy i in., 2021].

Kolejnym, istotnym elementem składowym designu opakowania jest precyzyjność i spójność przekazu informacyjnego. Opakowanie powinno wywoływać u potencjalnego konsumenta określone wrażenie na temat produktu czy marki, przy równoczesnym przekazie jednoznacznego komunikatu słownego. Spójne opakowanie powinno bezpośrednio nawiązywać do takich elementów jak wrażenia, wartości, korzyści oraz metafory. Wszystkie wymienione i scharakteryzowane elementy wpływają na efektywność opakowania, która przekłada się na skuteczność realizacji określonego, zamierzonego efektu, w postaci wpływu na potencjalnego konsumenta. Analizując powyższe, design opakowania należy rozpatrywać zarówno jako element procesu komunikacji z nabywcą, który pełni funkcję stymulatora decyzji zakupowych, ale również jako narzędzie kreujące u konsumenta wrażenia i emocje, które determinują decyzje zakupowe [Jerzyk, 2014].

Z uwagi na dużą różnorodność stosowanych opakowań produktów typu snack uwzględniającą zarówno formę konstrukcyjną, rodzaj zastosowanego materiału, jak również dywersyfikację w zakresie wzornictwa, przy odczuwalnym braku informacji w literaturze przedmiotu dotyczącej analizy wpływu poszczególnych elementów na wybór tej grupy produktów, przeprowadzono własne badania o charakterze ilościowym, jak również hybrydowym (ilościowo-jakościowym).

2. Wyniki badań ankietowych dotyczących identyfikacji czynników wyboru produktów typu snack na podstawie designu opakowań

W celu określenia czynników wyboru produktów typu snack na podstawie oceny designu opakowań, przeprowadzono własne badania ankietowe. Zakres badań dotyczył określenia ważności:

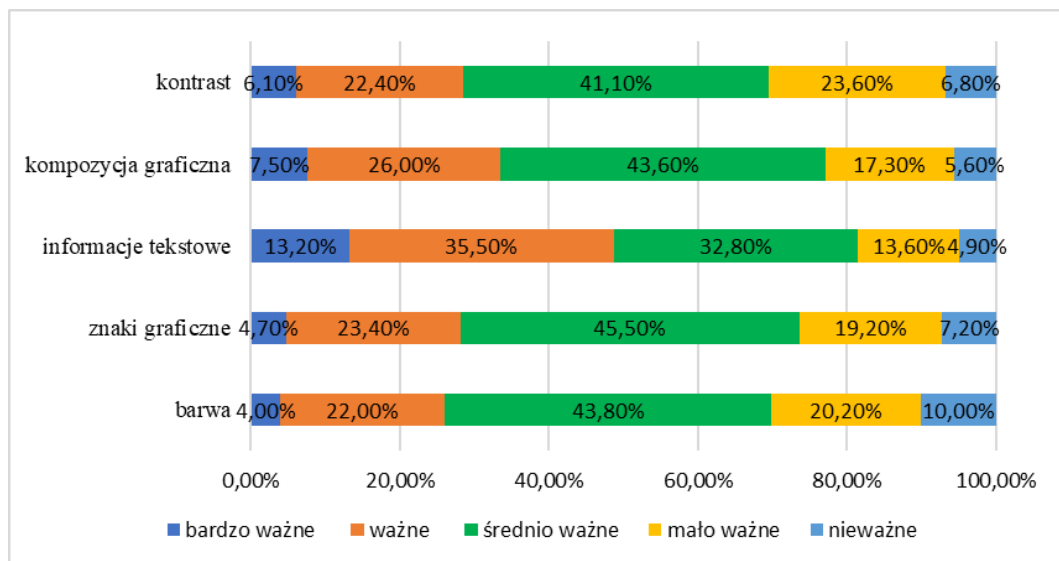
- elementów związanych ze wzornictwem opakowań produktów typu snack oraz
- informacji na opakowaniach produktów typu snack.

Przeprowadzone badania miały charakter ilościowy i zostały przeprowadzone techniką CAWI wśród 1000 konsumentów dobranych w sposób kwotowy ze względu na płeć, wiek, wykształcenie i miejsce zamieszkania. Z uwagi na poszczególne kryteria segmentu 52,6% tej grupy stanowiły kobiety, natomiast 47,4% mężczyźni. Badanych dobrano odzwierciedlając strukturę wiekową populacji dorosłych Polaków. W grupie badanych najliczniej reprezentowany był przedział wiekowych 25-34 lat (21,3%) ogółu ankietowanych). Respondenci z pozostałych przedziałów wiekowych stanowili odpowiednio: 17,8% (65 lat i więcej), 16,7% (55-64 lata), 14,9% (45-54 lata), 19,5% (35-44 lata), 9,8% (18-24 lata).

Badanie zrealizowano na próbie ogólnopolskiej. Województwa, z których pochodziło najwięcej respondentów to: mazowieckie – 13,7% ogółu badanych, śląskie – 12,0%, wielkopolskie – 8,9%, małopolskie – 8,8%, dolnośląskie – 7,8%, łódzkie – 6,5%, pomorskie – 6,1%, lubelskie – 5,5%, kujawsko-pomorskie – 5,4% oraz podkarpackie – 5,4%. Respondenci z pozostałych województw stanowili mniej niż 5,0% ogółu ankietowanych: zachodniopomorskie (4,5%), warmińsko-mazurskie (3,7%), świętokrzyskie (3,4%), podlaskie (3,3%), lubuskie (2,6%), opolskie (2,4%). 20,0% badanych to mieszkańcy wsi. Pozostali to mieszkańcy miast różnej wielkości. Ankietowani z dużych miast (powyżej 100 tys. mieszkańców) stanowili 39,2% ogółu.

Respondenci z wykształceniem wyższym stanowili 28,6% wszystkich ankietowanych. Pozostali legitymowali się wykształceniem średnim (średnie ogólnokształcące, średnie zawodowe, policealne) oraz niższym niż średnie (zasadnicze zawodowe, gimnazjalne, podstawowe), stanowiąc odpowiednio 38,6% oraz 32,8% wszystkich biorących udział w badaniu.

Punktem wyjścia podjętych badań była próba określenia czynników wyboru produktów typu snack na podstawie oceny designu opakowań. W pierwszym etapie badań dokonano oceny ważności elementów związanych ze wzornictwem opakowań produktów typu snack. Respondenci oceniali czynniki w skali werbalnej od nieważnych do bardzo ważnych. Uzyskane wyniki zaprezentowano na rysunku 1.



Rysunek 1. Ocena ważności elementów związanych ze wzornictwem opakowań produktów typu snack. Źródło: badania własne

Na podstawie uzyskanych wyników badań deklaracyjnych, wykazano różnice w hierarchii ważności elementów związanych z oceną designu opakowań produktów typu snack. Biorąc pod uwagę wskaźnik (T2B – suma odsetek dla odpowiedzi „ważny” i „bardzo ważny”), hierarchia poszczególnych elementów związanych ze wzornictwem opakowań kształtowała się następująco: informacje testowe – 48,7%, kompozycja graficzna – 33,5%, kontrast – 28,5%, znaki graficzne – 28,1% oraz barwa – 26,0%.

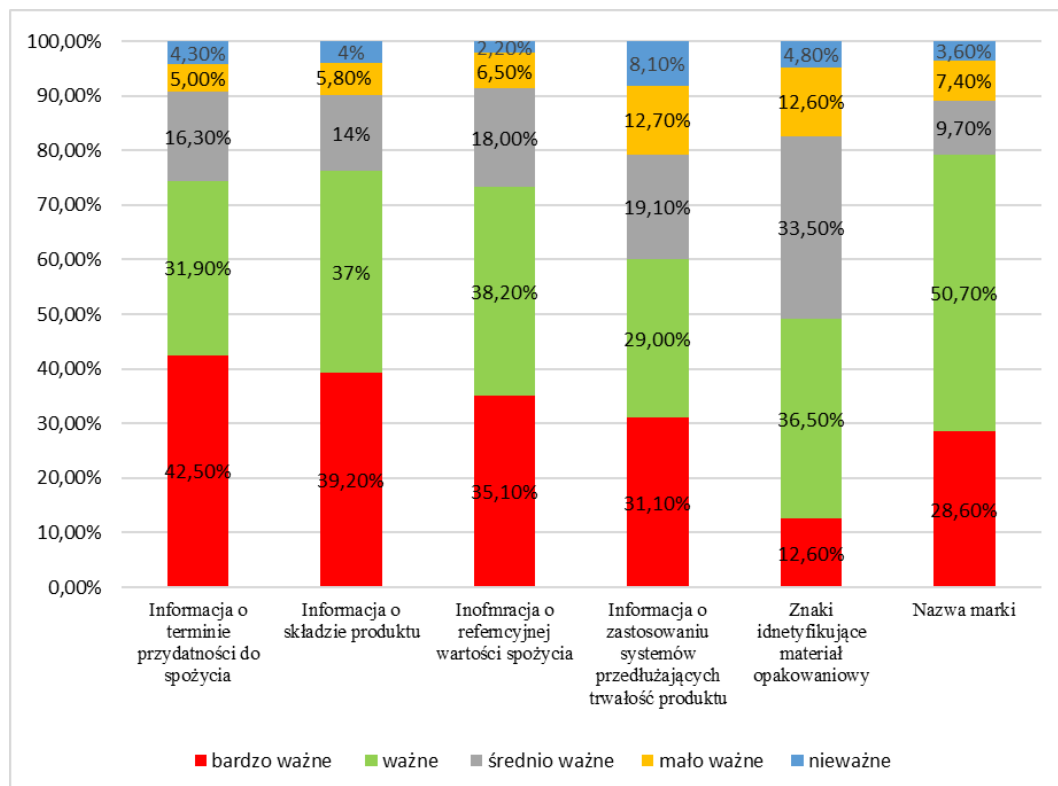
Spośród analizowanych elementów designu opakowań produktów typu snack, dla respondentów zdecydowanie najistotniejsze są informacje tekstowe, które są jednym ze źródeł kluczowych informacji o produkcie [Kabaja, 2016]. Zatem wartość informacyjną opakowań do żywności, w tym produktów typu snack można postrzegać jako ważną determinantę ich zakupu [Ankiel i.in. 2020].

Drugim w hierarchii ważności elementów związanych z designem opakowań produktów typu snack była kompozycja graficzna. Należy ona do grupy elementów tzw. niewerbalnych, które charakteryzują się dużą skutecznością w wyróżnianiu opakowania na półce sklepowej i poprzez oddziaływanie emocjonalne wywołują chęć nabycia produktu u konsumenta [Pradeep, 2011].

Respondenci w dalszej kolejności wskazali jako ważne kontrast, znaki graficzne oraz barwę. Pomimo, iż w literaturze dotyczącej teorii barw, elementy te traktowane jako jeden z ważniejszych czynników decydujących o percepcji produktu, to jednak w przypadku produktów typu snack, według opinii respondentów mają mniejsze znaczenie przy wyborze tych produktów. W przypadku analizowanych elementów, podobny odsetek wskazań pojawiał się w większości grup wiekowych. Warto zwrócić jednak uwagę, że w grupie analizowanych respondentów znaczącą wyróżniali się konsumenci w grupie wiekowej 18-24

lata. Dla osób z tego przedziału wiekowego ważność tych elementów była średnio wyższa o 3-5%. Natomiast analizując pozostałe kryteria socjogeograficzne nie stwierdzono istotnych różnic w ocenie tych elementów.

W dalszej kolejności przeprowadzono ocenę istotności informacji znajdujących się na opakowaniach produktów typu snack. Uzyskane wyniki zaprezentowano na rysunku 2.



Rysunek 2. Ocena ważności informacji znajdujących się na opakowaniach produktów typu snack. Źródło: badania własne

Uzyskane wyniki badań umożliwiły określenie hierarchii ważności informacji na opakowaniach produktów typu snack. Po uszeregowaniu czynników wyboru pod względem wskaźnika T2B, wykazano, iż dla respondentów najistotniejszym czynnikiem wyboru była zdecydowanie informacja dotycząca marki produktu –79,3%. Procent wskazań wśród respondentów, potwierdza niesłabnącą rolę marki jako trwałego elementu, który identyfikuje producenta z wytwarzanym przez niego produktem. Marka stanowi dla respondentów podstawę do odróżnienia produktów konkretnego wytwórcy od towarów konkurencyjnych co potwierdzają badania prowadzone m.in. przez A. Dziadkiewicz [Dziadkiewicz, 2019].

Kolejnymi elementami, wskazanymi w hierarchii ważności informacji na opakowaniach produktów typu snack, które uzyskały porównywalne odsetki wskazań były: informacja o składzie produktu –76,2%, informacje o terminie przydatności do spożycia, które

uzyskały 74,4% oraz informacje o referencyjnej wartości spożycia –73,3%. Uzyskane wyniki potwierdzają, że zdecydowana większość konsumentów w sposób odpowiedzialny i świadomie podchodzi do decyzji zakupowych dotyczących żywności. Współcześnie konsumenci w coraz większym stopniu zwracają uwagę na wartość odżywczą spożywanej żywności, jak i wpływ na zdrowie, co jest konsekwencją zwiększającej się wiedzy i świadomości żywieniowej [Flaczyk i in., 2013]. Na wzrost świadomości społeczeństwa dotyczącego wpływu prawidłowego żywienia na stan zdrowia ludzi wpływają różnorodne kampanie propagujące właściwe odżywianie się oraz trendy żywieniowe [Szakiel, 2018].

Informacje o przedłużonej trwałości produktu uzyskanej dzięki zastosowaniu systemów pakowania wpływających na przedłużenie trwałości produktu znalazły się na piątym miejscu w hierarchii uzyskując wynik 60,1%. Dane te wskazują na zainteresowanie żywnością o dużej trwałości, którą można uzyskać np. przez ograniczenie tlenu w opakowaniach i zastąpienie powietrza inną mieszaniną gazową. Zgodnie z wynikami badań prowadzonych przez J. Wyrwę i A. Barską konsumenci po zapoznaniu się z istotą i walorami opakowań aktywnych oraz inteligentnych deklarują skłonność do nabywania żywności tak zapakowanej, nawet pomimo wyższych ich cen [Wyrwa, Barska, 2017]. Zatem domniemywać można, że nowe generacje opakowań aktywnych i inteligentnych stanowią przyszłość opakowalnictwa żywności co znajduje potwierdzenie w badaniach prowadzonych m.in. przez Farmera, Cierpiszewskiego i zespół Ghanii [Farmer, 2016; Cierpiszewski, 2016; Ghaani i in., 2016].

Najmniej ważne w opinii respondentów były informacje dotyczące obecności znaków identyfikujących rodzaj materiału opakowaniowego – 49,1%. Pomimo różnorodnych kampanii społecznych o charakterze edukacyjnym mających na celu zwiększenie świadomości społecznej dotyczącej konieczności ograniczenia zużycia opakowań wykonanych z klasycznych polimerowych tworzyw sztucznych, większość konsumentów nie zwraca uwagi na rodzaj zastosowanego materiału opakowaniowego lub traktuje tę informację jako drugorzędną. Zatem istnieje potrzeba dalszych działań edukacyjnych nastwionych na wzrost świadomości istotności zmiany nawyków i stylu życia w celu redukcji indywidualnego śladu węglowego, czyli całkowitej sumy emisji gazów cieplarnianych wywołanych bezpośrednio lub pośrednio m.in. przez dany produkt.

3. Wyniki badań eye-trackingowych dotyczących postrzegania produktów typu snack na podstawie designu opakowań

W celu weryfikacji postrzegania opakowań produktów typu snack zastosowano metodę eye-trackingu polegającą na śledzeniu ruchów gałek ocznych uczestników badania przy jednoczesnej możliwości analizy sakad¹ i fiksacji². Metoda ta traktowana jest zarówno

¹ Sakady – intensywne ruchy gałki ocznej, polegające na bardzo szybkim przemieszczaniu punktu koncentracji wzroku z jednego miejsca na inne.

² Fiksacje – relatywnie stała pozycja gałki ocznej, w trakcie której następują niewielkie drgania. Przyjmuje się, że w trakcie fiksacji następuje proces poznawczy, tzn. informacje docierają do mózgu i są świadomie przetwarzane.

jako badanie jakościowe, jak i ilościowe. Z uwagi na pomiarowy i fizjologiczny charakter badania, uzyskano możliwość otrzymania reprezentatywnych danych ilościowych. Metoda ta pozwala uzupełnić badania użyteczności o wiedzę obiektywną, uzyskaną w oparciu o analizę rzeczywistych zachowań osób badanych a nie tylko ich subiektywnych opinii. Ponadto metoda ta umożliwia określenie sposobu postrzegania przez konsumentów poszczególnych elementów warstwy wizualnej opakowania, a więc umożliwia poznanie percepcji wzrokowej potencjalnych konsumentów. Dzięki temu można się dowiedzieć m.in. na jakich obszarach opakowania skupia się wzrok konsumenta a które są przez niego całkowicie pomijane [Duchowski, 2007; Bergstromm, Schall, 2014]. Badania przeprowadzono z wykorzystaniem eye-trackera Tobii X2-30 z oprogramowaniem Tobii Studio Version 3.2. Eye-tracker to urządzenie, które wysyła światło bliskiej podczerwieni i odbija się od oka, a następnie jest przechwytywane przez kamery znajdujące się w urządzeniu. Dane są przetwarzane za pomocą algorytmów, które identyfikują oraz rejestrują ruchy gałek ocznych osoby badanej. W badaniu przeprowadzonym w 2021 roku, udział wzięło 25 osób. Zakres przeprowadzonych badań dotyczył analizy ośmiu opakowań produktów typu snack dostępnych w ofercie rynkowej, celem identyfikacji elementów warstwy wizualnej skupiających wzrok konsumentów oraz określenia ważności tych elementów na podstawie bazowych miar eye-trackingowych. Uzyskane wyniki badań zestawiono w tabeli 1.

Analiza wyników otrzymanych z testu swobodnego patrzenia wykazała, że wszystkie badane projekty grafiki opakowań wzbudzają zainteresowanie badanych. Suma wszystkich fiksacji dla poszczególnych opakowań kształtowała się w istotnie różniącym się przedziale od 11,17 aż do 15,17. W przypadku analizowanych projektów graficznych opakowań, największe zainteresowanie wzbudził projekt nr 7, dla którego odnotowano największą liczbę fiksacji (15,17). Analizując wyniki badań zdolności projektów opakowań do skupiania uwagi odnotowano wysokie tzw. czasy do pierwszej fiksacji wynoszące od 0,00 do 0,45 s. Najniższy czas do pierwszej fiksacji odnotowano dla projektów opakowań nr 2, 3 oraz 1. Wyniki eye-trackingowych statystyk opisowych potwierdzają, że opakowania te nie tylko wzbudziły największe zainteresowanie badanych, ale także zostały najszybciej dostrzeżone.

Uzupełnieniem analiz percepcji opakowań była interpretacja wyników czasu trwania fiksacji w określonym obszarze badania oraz liczba wizyt. Czas trwania fiksacji traktowany jest jako miara narzuconych wymagań poznawczego przetworzenia nagromadzonych informacji. W przypadku analizowanych projektów opakowań, czas trwania fiksacji kształtował się w przedziale od 0,33 do 0,45 s. Najczęściej oglądane było opakowanie nr 5. Najkrótszy czas oglądania odnotowano dla opakowania nr 7. W przypadku analizowanych projektów opakowań, tzw. liczba wizyt, która jest kolejną miarą eye-trackingową, kształtowała się na zbliżonym poziomie i wynosiła od 6 do 7.

Tabela 1. Wyniki analizy percepcji wzrokowej z wykorzystaniem wybranych miar eye-trackingowych

Analizowane opakowania produktów typu snack	Miary eye-trackingowe			Łączna liczba wizyt
	Średnia liczba fiksacji	Średni czas do pierwszej fiksacji [s]	Średni czas trwania fiksacji [s]	
1	14,00	0,03	0,35	6
2	14,33	0,00	0,34	6
3	13,33	0,00	0,37	6
4	13,00	0,38	0,38	7
5	11,17	0,45	0,45	6
6	12,00	0,40	0,40	6
7	15,17	0,33	0,33	6
8	13,00	0,10	0,37	7

Źródło: badania własne

W celu wyodrębnienia elementów designu, które wzbudzają największe zainteresowanie potencjalnych konsumentów dokonano analizy percepcji osób na podstawie analizy map cieplnych. Uzyskane wyniki badań przedstawiono w formie map cieplnych, które są rozkładem uwagi kierowanej na badany obszar zainteresowania, z możliwością wyodrębnienia elementów zauważonych i pominiętych podczas skanowania wzroku. Mapy cieplne przy pomocy barw pokazują uśredniony obraz obszarów grafiki opakowania, na których badani skupiali swój wzrok. Miejsca, gdzie wzrok skupiał się najczęściej oznaczone zostały barwą czerwoną. Obszary, gdzie dochodziło do mniejszej liczby spojrzeń oznaczane zostały na żółto, natomiast miejsca, gdzie było ich najmniej na zielono. Barwy mapy prezentują łączną liczbę i czas fiksacji badanych, czyli punktów, w których wzrok się zatrzymał w danym obszarze obrazu. Uzyskane wyniki badań eye-trackingowych zaprezentowano na rysunku 3.

Analiza zróżnicowania sumarycznego natężenia uwagi poprzez wykorzystanie barw pozwoliła na określenie stopnia skupienia uwagi na opakowaniu od największego (oznaczonego kolorem czerwonym), poprzez średni (oznaczony kolorem żółtym) aż do małego (oznaczonego kolorem zielonym). Eksploracja aktywności wzrokowej badanych na podstawie uśrednionego obrazu obszarów opakowania wykazała, że w przypadku wszystkich analizowanych projektów graficznych opakowań w największym stopniu badani skupiali swój wzrok na elementach opakowania posiadających wysoce perswazyjny charakter (wyeksponowane wybrane informacje testowe oraz elementy graficzne). Elementy te mogą istotnie wpływać na potencjalnego nabywcę poprzez wywieranie na nim określonych wrażeń i tworzenia zamierzonej atmosfery co potwierdzają wyniki badań prowadzonych m.in. przez zespół M. Kenichi [Kenichi i in. 2021].



Rysunek 3. Zbiorecza mapa cieplna analizowanych opakowań. Źródło: badania własne

W celu uszczegółowienia uzyskanych wyników badań z tzw. map cieplnych, przeprowadzono szczegółowe analizy każdego z projektów opakowań. Projekty graficzne opakowań podzielono na trzy obszary określone umownie: marka, grafika oraz informacje dotyczące wartości odżywczej. Uzyskane wyniki analizy poszczególnych obszarów zainteresowania z wykorzystaniem miar eye-trackingowych zaprezentowano w tabeli 2.

Analiza uzyskanych wyników z testu swobodnego patrzenia wykazała, że wyodrębnione w opakowaniach obszary, wzbudzają zróżnicowane zainteresowanie. Analiza danych zaprezentowanych w tabeli 2, wykazała, że spośród analizowanych obszarów AOI, elementem skupiającym wzrok w największym stopniu były informacje dotyczące wartości odżywczej. Dla tego elementu, w zależności od analizowanego designu opakowania odnotowano sumy fiksacji wynoszące od 27 do 52. Przy czym, najdłuższy czas trwania fiksacji (0,72 sekundy) uzyskało opakowanie nr 2, co świadczy o tym, że analiza wzrokowa elementów AOI charakteryzowała się znacznie większą dogłębnością przetwarzania danych znajdujących się aktualnie w polu wzrokowym.

Biorąc pod uwagę kryterium sumy wszystkich fiksacji, drugim analizowanym obszarem, który skupiał uwagę badanych były elementy graficzne umieszczone na opakowaniach, gdzie liczba fiksacji dla tego obszaru wynosiła od 16 do 33. Przy czym największą liczbę fiksacji odnotowano dla elementów graficznych opakowania nr 6 (33 fiksacje). Natomiast najmniejszą liczbę fiksacji uzyskało opakowanie nr 1 (16 fiksacji). Średni czas trwania fiksacji dla analizowanych elementów graficznych zamieszczonych na opakowaniach wynosił od 0,28 do 0,41 sekundy.

Tabela 2. Wyniki analizy percepcji wzrokowej poszczególnych obszarów zainteresowania (AOI) z wykorzystaniem miar eye-trackingowych

Analizowane projekty grafiki	Obszar AOI	Miary eye-trackingowe			
		Łączna liczba fiksacji	Średni czas do pierwszej fiksacji [s]	Średni czas trwania fiksacji [s]	Łączna liczba wizyt
1	Grafika	16	2,31	0,41	14
	Marka	13	1,76	0,40	11
	Informacje	36	0,74	0,33	14
2	Grafika	33	0,56	0,31	11
	Marka	25	0,69	0,35	14
	Informacje	54	0,94	0,72	29
3	Grafika	31	0,53	0,41	15
	Marka	27	0,77	0,33	17
	Informacje	41	0,74	0,58	21
4	Grafika	25	0,59	0,39	17
	Marka	21	0,45	0,33	10
	Informacje	32	0,44	0,34	18
5	Grafika	24	0,65	0,41	13
	Marka	14	0,89	0,30	11
	Informacje	49	1,11	0,42	16
6	Grafika	33	0,29	0,39	17
	Marka	29	0,89	0,40	15
	Informacje	52	0,39	0,50	22
7	Grafika	25	0,49	0,28	11
	Marka	21	0,75	0,34	11
	Informacje	36	1,88	0,47	15
8	Grafika	32	0,49	0,32	15
	Marka	23	1,05	0,39	14
	Informacje	30	0,47	0,43	19

Źródło: badania własne

Zidentyfikowana rozpiętość czasu skupienia uwagi badanych na danych obszarach opakowania wynika z różnic wzorniczych występujących w poszczególnych elementach warstwy wizualnej takich jak: grafika, wielkość i rodzaj czcionki, oraz barwa, co znajduje potwierdzenie w badaniach prowadzonych m.in. przez oraz D. Gelici-Zeko i in. [Gelici-Zeko i in., 2012].

Podsumowanie

Zaostrzona walka przedsiębiorstw o wzrost pozycji konkurencyjnej wpływa na konieczność wyróżnienia swoich produktów na tle bogatej oferty rynkowej. Dzięki opakowaniom, przedsiębiorstwa pozycjonują swoje produkty i kreują pożądany wizerunek produktu.

Analiza uzyskanych wyników badań ilościowych dotyczących deklaratywnych czynników wyboru produktów typu snack na podstawie oceny designu opakowań wykazała, że dla respondentów najistotniejszymi elementami są: informacje testowe – 48,7% oraz kompozycje elementów graficznych znajdujących się na opakowaniu – 33,5%. Jako najmniej istotne dla respondentów okazały się natomiast elementy takie jak: znaki graficzne (piktogramy) – 28,1% oraz barwa opakowania – 26,0%. Zidentyfikowana mała ważność znaków graficznych świadczyć może o braku znajomości treści przekazywanej przez piktogramy, co w konsekwencji powoduje brak zainteresowania tego rodzaju znakowaniem. Natomiast wykazana mała ważność elementów takich jak barwa może być związana z przyzwyczajeniem konsumentów do konkretnych barw opakowań danych produktów, które z uwagi na pozytywne wcześniejsze doświadczenia wywołują podświadomą reakcję zakupową.

Przeprowadzone badania eye-trackingowe pozwoliły z kolei odzwierciedlić rzeczywiste czynniki postrzegane przez konsumentów. Wyniki badań eye-trackingowych wykazały, że spośród analizowanych elementów opakowań produktów typu snack, dominującym elementem skupiającym znaczące zasoby uwagi konsumentów są informacje, w szczególności dotyczące wartości odżywczej. Kolejnym istotnym elementem warstwy wizualnej opakowań, który również posiada zdolność przyciągania i koncentracji uwagi są elementy graficzne. Natomiast nazwa produktu umieszczona na opakowaniach produktów typu snack jest elementem, który w mniejszym stopniu zwraca uwagę badanych. Jednocześnie wyniki badań nie wskazały istotnych różnic w percepcji postrzegania analizowanych elementów opakowań produktów typu snack i tzw. healthy snack.

Reasumując podjęte rozważania można stwierdzić, że pomimo wskazanej hierarchii elementów warstwy wizualnej opakowań produktów typu snack z punktu widzenia możliwości przyciągania i skupiania uwagi potencjalnych konsumentów, należy mieć świadomość, iż postrzeganie opakowań i zamieszczonych na nich elementów jest wypadkową wielu czynników. Preferencje potencjalnego konsumenta są związane z korelacją aspektów dotyczących realizacji potrzeb w zakresie opakowań produktów typu snack. Ponadto uzależnione są od czynników socjologicznych oraz indywidualnych predylekcji konsumentów.

Publikacja została sfinansowana ze środków subwencji przyznanej Uniwersytetowi Ekonomicznemu w Krakowie.

Literatura

1. Ankiel M., Grzybowska-Brzezińska M. Wartość informacyjna opakowań jako determinanta zakupu żywności, marketing instytucji naukowych i badawczych. *Marketing Instytucji Naukowych i Badawczych*, 2020, 36, 2, 31-44.
2. Bergstromm J., Schall A. *Eye tracking in user experience design*. Elsevier, USA 2014.
3. Cierpiszewski R. *Opakowania aktywne i inteligentne*. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, Poznań 2016.
4. Cholewa-Wójcik A., Kawecka A. The influence of effectiveness of packaging elements on the consumer's preferences with the use of marketing eye-tracking technique. *Modern Management Review*, 2015, XX, 22 (1), 49-62.
5. Duchowski A. *Eye Tracking Methodology, Theory and Practice*. Second Edition, Springer, London 2007.
6. Dziadkiewicz A. Znaczenie designu opakowania w procesie podejmowania decyzji zakupowych przez konsumentów. *Przedsiębiorczość – Edukacja, Entrepreneurship – Education*, 2019, 15(2), 125–138.
7. Farmer N. *Innowacje w opakowaniach żywności i napojów*. Wydawnictwo PWN, Warszawa 2016.
8. Gelici-Zeko D., Lutters R., Klooster T., Weijzen P. Studying the Influence of Packaging Design on Consumer Perceptions (of Dairy Products) Using Categorizing and Perceptual Mapping. *Packaging Technology and Science*, 2012, 26, 4, 1-14.
9. Ghaani M., Cozzolino C.A., Castelli G., Farris, S. An overview of the intelligent packaging technologies in the food sector. *Trends in Food Science & Technology*, 2016, 51, 1-11.
10. Flaczyk E., Charzyńska A., Przeor M., Korczak J. Akceptacja produktów żywnościowych na podstawie informacji na opakowaniach w zależności od wieku, wiedzy żywieniowej i płci konsumentów. *Nauki Inżynierskie i Technologie*, 2013, 4(11), 20-38.
11. Jerzyk E. Design opakowania i jego elementy w procesie podejmowania decyzji zakupowych. *Marketing i Rynek. Marketing i Rynek*, 2014, 4, 391-398.
12. Kabaja B. Możliwości wykorzystania metody TVScore do oceny znakowania opakowań na przykładzie suplementów diety. *Zeszyty Naukowe UEK*, 2016, 8(956), 87–105.
13. Kenichi M., Nobuo H., Masaaki S., Mitsuo K. Common cortical areas have different neural mechanisms for covert and overt visual pursuits. *Scientific Reports*, 2021, 11(1), 1-15.
14. Poslon S., Kovačević D., Brozović M. Impact of packaging shape and material on consumer expectations. *Journal of Graphic Engineering and Design*, 2019, 12(2), 39-44.
15. Pradeep A.K. *Mózg na zakupach. Neuromarketing w sprzedaży*. Wydawnictwo Helion, Gliwice 2011.
16. Raport Nielsen, *Analiza rynku słonych przekąsek*, Warszawa 2020.

17. Report Global Specialty Snacks Market - Growth, Trends and Forecast. Mordor Intelligence, April 2020.
18. Roy P., Sadekin Md N., Hoque Md M., Siddiqui M. S. The Impact of Packaging on Customer's Buying Decision. *Developing Country Studies*, 2021, 11 (5), 45-55.
19. Rozporządzenie Parlamentu i Rady (UE) 1169/2011 z dnia 25 października 2011 r. w sprawie przekazywania konsumentom informacji na temat żywności, Dz.U. L304/18.
20. Szakiel A. Ocena wiedzy konsumentów dotyczącej oświadczeń żywieniowych. *Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach*, 2018, 357, 196-206.
21. Wyrwa J., Barska A. Innovations in the food packaging market: Active packaging. *European Food Research and Technology*, 2017, 243 (10), 1681-1692.

Wpływ diety na funkcjonowanie układu pokarmowego w celiakii – badania ankietowe

Tomasz Dziubyna^{1,2}, Ewa Piątkowska¹

¹*Katedra Żywienia Człowieka i Dietetyki, Wydział Technologii Żywności,
Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie*

²*Oddział Kliniczny Gastroenterologii i Hepatologii, Dział Profilaktyki Zakażeń Szpitalnych i Jakości Usług Medycznych, Szpital Uniwersytecki w Krakowie*

Streszczenie

Celiakia (ang. celiac disease, CD), określana również jako choroba trzewna, to przewlekła enteropatia jelita cienkiego o podłożu immunologicznym, która rozwija się u osób podatnych genetycznie w wyniku ekspozycji na białka glutenu. Opracowane podejście dietetyczne w tej chorobie, czyli dieta bezglutenowa, powinno być stosowane wyłącznie ze wskazań medycznych. Eliminuje ono określone składniki żywności, które wywołują uciążliwe dolegliwości, skutecznie obniżające jakość życia. Niezwykle istotne jest badanie wpływu sposobu żywienia na minimalizowanie objawów ze strony układu pokarmowego w różnych stanach patologicznych, ponieważ pozwoli to lepiej zrozumieć tę zależność, a co za tym idzie, formułować właściwe i adekwatne zalecenia żywieniowe.

Celem pracy była analiza wpływu diety z uwzględnieniem wprowadzonych restrykcji żywieniowych, częstości odchyień od diety, stresu oraz suplementów diety stosowanych w celu zminimalizowania dolegliwości ze strony układu pokarmowego u osób z celiakią. W ankiecie wzięło udział 276 osób. Analiza uzyskanych wyników wykazała, że dieta bezglutenowa skutecznie redukowała objawy u pacjentów z celiakią, ale mimo tej wiedzy respondenci niekiedy nie w pełni przestrzegali jej zasad. Ponadto niewielki odsetek respondentów przy zmianie diety korzystał z porady dietetyka. Podsumowując, należy podnieść społeczną świadomość roli i znaczenia zawodu dietetyka oraz zachęcić ich do korzystania z usług tych specjalistów, tak aby pacjenci mogli uzyskać rzetelne informacje na temat żywienia w danych jednostkach chorobowych, co zaowocuje poprawą ich stanu zdrowia.

Słowa kluczowe: celiakia, gluten, dieta bezglutenowa, dolegliwości żołądkowo-jelitowe, układ pokarmowy

Wstęp

Celiakia (ang. celiac disease, CD), określana również jako choroba trzewna, to przewlekła enteropatia jelita cienkiego o podłożu immunologicznym, która rozwija się u osób podatnych genetycznie w wyniku ekspozycji na białka glutenu [Sharma i in. 2020]. Wzajemne oddziaływanie między czynnikami genetycznymi i środowiskowymi decyduje o wystąpieniu odpowiedzi immunologicznej organizmu.

Najistotniejszym czynnikiem środowiskowym jest gluten. Zawiera on wiele reszt polipeptydowych bogatych w prolinę, co czyni go w dużym stopniu odpornym na degradację proteolityczną przez soki żołądkowe, trzustkowe i jelitowe zawierające proteazy trawienne [Sharma i in. 2020]. Końcowym produktem częściowego trawienia glutenu jest mieszanina peptydów, które mogą wyzwać odpowiedzi organizmu gospodarza w postaci zwiększonej przepuszczalności ściany jelit oraz wrodzonej i adaptacyjnej odpowiedzi immunologicznej.

Badania wykazały, że gliadyna może powodować natychmiastowy i przejściowy wzrost przepuszczalności międzykomórkowej ścisłych połączeń komórek nabłonka jelita. Efekt ten jest powiązany z uwalnianiem zonuliny. Peptydy gliadyny przechodzą przez barierę nabłonkową i aktywują limfocyty T zlokalizowane w blaszce właściwej błony śluzowej jelita. Gluten może również przenikać przez barierę jelitową drogą transkomórkową [Caio i in. 2019].

Osoby z grupy wysokiego ryzyka (częstość występowania celiakii 4,5%) to krewni I stopnia pacjentów z celiakią, dzieci lub dorośli z objawami związanymi z celiakią (biegunka, bóle brzucha i zaparcia) oraz dzieci lub osoby dorosłe z zaburzeniami związanymi z celiakią (np. cukrzyca typu 1, zespół Downa, niedokrwistość, niepłodność, osteoporoza) [Parzanese i in. 2017]. Celiakia potwierdzona biopsją występuje 1,5 razy częściej u kobiet niż u mężczyzn oraz około dwa razy częściej u dzieci niż u osób dorosłych.

Dieta bezglutenowa (ang. Gluten free diet, GFD) to standardowe leczenie celiakii, które obecnie jest jedyną metodą zmniejszania stanu zapalnego i umożliwiającą powrót do zdrowia kosmków jelitowych. U pacjentów z celiakią dieta bezglutenowa zapobiega wystąpieniu chorób autoimmunologicznych i zaburzeń limfoproliferacyjnych [Malamut 2019].

Dieta bezglutenowa wymaga całkowitego wykluczenia glutenu zawartego w produktach spożywczych z pszenicy, żyta, jęczmienia, owsa, orkisz, kamutu lub ich odmian hybrydowych [Melini i Melini 2019]. Do diety może być wprowadzony owies lub produkty owsiane, które posiadają certyfikat produktu bezglutenowego. Oznacza to, że jego produkcja odbyła się bez kontaktu ze zbożami glutenowymi. Koszt takiego owsa jest kilkakrotnie wyższy niż zwykłego, co może stanowić przeszkodę dla niektórych pacjentów [Dittfeld i in. 2018]. GFD obejmuje wyłącznie naturalnie bezglutenowe produkty spożywcze (np. rośliny strączkowe, owoce i warzywa, nieprzetworzone mięso, ryby, jaja i produkty mleczne) i/lub substytuty żywności na bazie pszenicy specjalnie wyprodukowane bez glutenu lub zawierające gluten poniżej 20 ppm, czyli mniej niż 20 mg/kg [Melini i Melini 2019]. Istnieją również naturalnie bezglutenowe zboża lub pseudozboża, do których zalicza się: kukurydzę, ryż, sorgo, proso, teff, komosę ryżową, grykę oraz amarantus [Penagini 2013]. Aktualne wytyczne sugerują, że dieta bezglutenowa powinna być surowo przestrzegana, z całkowitym unikaniem produktów zawierających gluten oraz zapobieganiem wystąpienia zanieczyszczeń krzyżowych. Zanieczyszczenia glutenem, nawet w ramach ścisłej diety bezglutenowej, nie można całkowicie uniknąć. Wiele produktów zawiera ukryty gluten, np. kiełbaski, zupy, sos sojowy i lody. Nawet w produktach bezglutenowych są ślady

glutenu. Wynika to głównie z zanieczyszczenia produktami zawierającymi gluten, które są przetwarzane lub przechowywane w tym samym miejscu [Itzlinger i in. 2018]. Badacze są zgodni co do tego, że ściśle przestrzeganie diety bezglutenowej zapewnia największe złagodzenie objawów u większości pacjentów z celiakią [Khoury i in. 2018].

W ostatnich latach branża żywności bezglutenowej zyskała ogromną popularność, zarówno wśród osób z celiakią, jak i osób bez celiakii, ponieważ nastąpiła poprawa zarówno w zakresie dostępnej żywności, jak i jej ogólnej smakowości. Dieta bezglutenowa nie jest zalecana dla ogólnej populacji i nie ma dowodów na to, że jest korzystna u osób bez objawów celiakii. Pojawiają się obawy dotyczące wartości odżywczej produktów bezglutenowych [Rostami i in. 2017]. Najnowsze badania sugerują, że GFD może być czynnikiem ryzyka wystąpienia zespołu metabolicznego. Stwierdzają one, że przetworzona żywność bezglutenowa może zawierać więcej lipidów, cukrów i soli niż ich odpowiedniki zawierające gluten [Tortora i in. 2015]. Wskazane jest, aby preferować spożywanie naturalnie bezglutenowych pokarmów, ponieważ udowodniono, że są kompletne zarówno z punktu widzenia makro-, jak i mikroskładników. W rzeczywistości uważa się, że ta żywność ma wyższą wartość odżywczą pod względem dostarczania energii, składu lipidów i zawartości witamin w przeciwieństwie do oczyszczonych produktów bezglutenowych. Spośród produktów naturalnie bezglutenowych zaleca się spożywanie tych bogatych w żelazo i kwas foliowy, takich jak warzywa liściaste, rośliny strączkowe, ryby i mięso [Penagini i in. 2013].

Cel pracy

Celem niniejszej pracy była analiza wpływu sposobu żywienia z uwzględnieniem wprowadzonych ograniczeń dietetycznych, częstotliwości odstępstw od diety, stresu i ilości spożywanych posiłków w ciągu dnia na minimalizowanie dolegliwości ze strony układu pokarmowego wśród osób chorujących na celiakię.

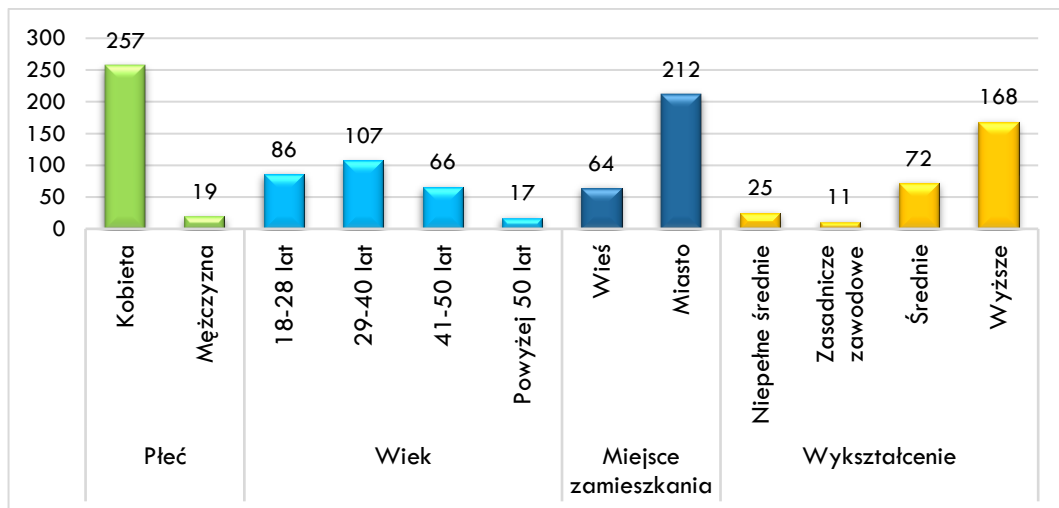
Metodyka

Ankiety przeprowadzono wśród pełnoletnich osób chorujących na celiakię. W badaniach wykorzystano autorski kwestionariusz, który został rozprowadzony w formie elektronicznej na portalach internetowych. Respondenci odpowiadali na pytania dotyczące ich dolegliwości ze strony układu pokarmowego, wprowadzonych modyfikacji sposobu żywienia, stresu, suplementów diety, liczby spożywanych posiłków i ilości wypijanych płynów. W kwestionariuszu ankiety zastosowano warianty jednokrotnego lub wielokrotnego wyboru. W programie Statistica 13.1 dokonano analizy statystycznej, a różnice istotne statystycznie wykazano posługując się testem Chi-kwadrat Pearsona, przy poziomie istotności $P \leq 0,05$.

Wyniki i dyskusja

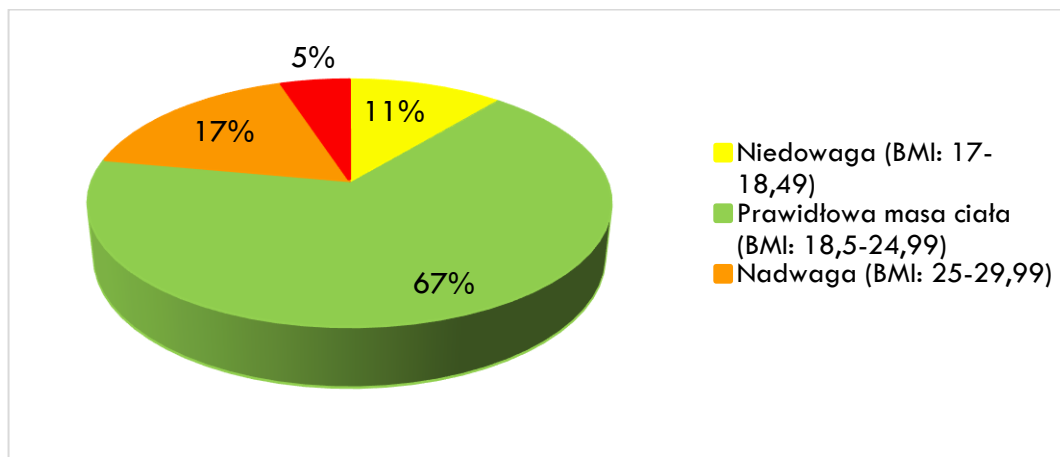
Spośród 276 ankietowanych chorujących na celiakię 93% stanowiły kobiety, a 7% mężczyźni. Większość osób (39%) pod względem wieku mieściła się w przedziale 29-40 lat, 31% badanych miała 18-28 lat, blisko ¼ to osoby w wieku 41-50 lat, a najmniej liczną grupę (6%) stanowili badani powyżej 50 roku życia. Ponad ¾ respondentów chorych na

celiakę mieszkało w mieście, a reszta osób zasiedlała tereny wiejskie. Przeważająca część ankietowanych miała wykształcenie wyższe (61%) i średnie (26%) (rys. 1).



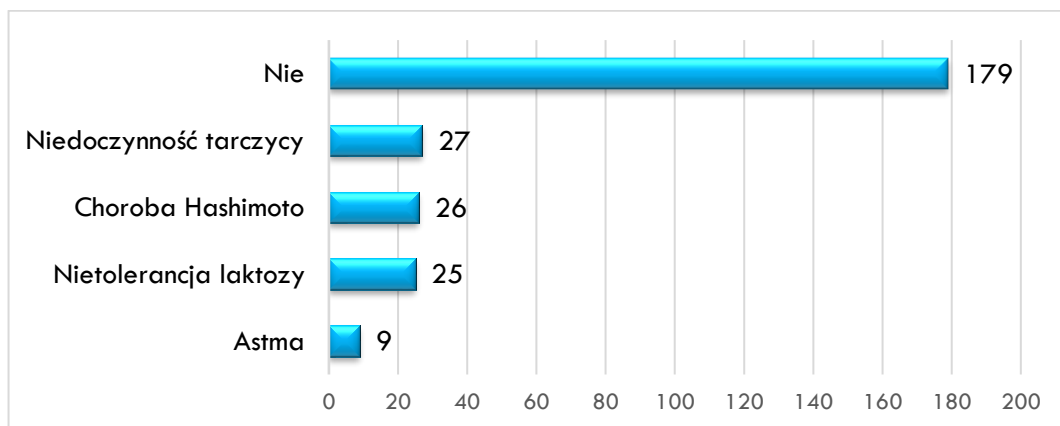
Rysunek 1. Metryczka

Zdecydowana większość respondentów (67%) miała prawidłową masę ciała, osoby z nadwagą stanowiły 17% ankietowanych, z niedowagą 11%, a osoby otyłe obejmowały 5% wszystkich uczestników. Badanie Kabbani i in. [2012] wykazało, że osoby z celiakią są szczuplejsze niż ogólna populacja, jednak nawet w momencie rozpoznania choroby 20,5% i 11,5% pacjentów z celiakią miało odpowiednio nadwagę lub otyłość. Rozpoznanie CD może być opóźnione u pacjentów z prawidłowym lub wysokim wskaźnikiem masy ciała. BMI powyżej normy wiąże się dodatkowo z większym ryzykiem wystąpienia wielu chorób współistniejących, w tym cukrzycy typu II, chorób układu krążenia i różnymi postaciami raka. Ze względu na zmiany w diecie i funkcji wchłaniania jelita cienkiego po leczeniu celiakii można spodziewać się znacznych zmian wskaźnika masy ciała. Coraz więcej osób, u których zdiagnozowano CD, nie ma niedowagi, więc ryzyko niezamierzonego i niekorzystnego przyrostu masy ciała mogło wzrosnąć.



Rysunek 2. Wskaźnik masy ciała

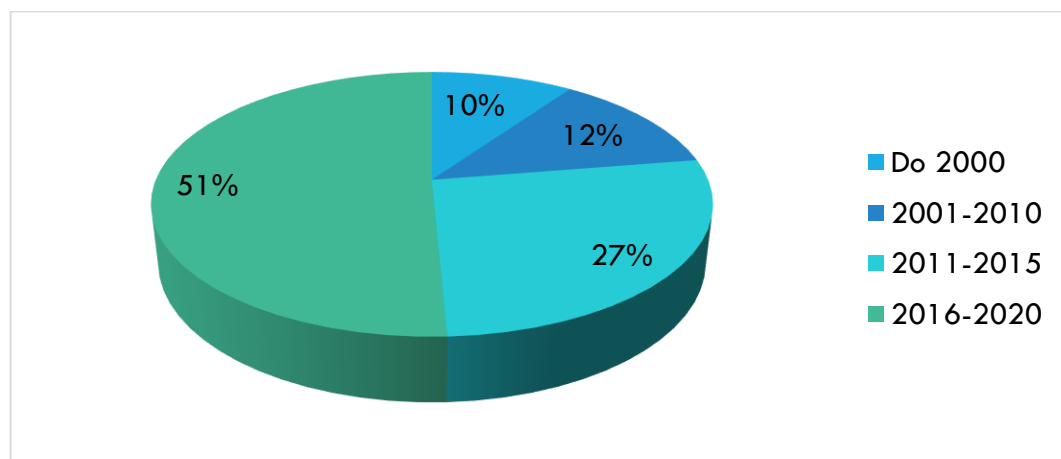
Pierwsze pytanie w głównej części ankiety dotyczyło występowania wśród ankietowanych innej poza celiakią choroby przewlekłej, nietolerancji lub alergii pokarmowej. U 179 osób nie występowało żadne inne schorzenie poza celiakią. Chorobę tarczycy zadeklarowało łącznie 53 ankietowanych, z czego niedoczynność tarczycy 27, a chorobę Hashimoto 26 osób. Na nietolerancję laktozy cierpiało 25 respondentów (rys. 3). Stwierdzono istotną statystycznie zależność pomiędzy wiekiem ($p = 0,00649$) i wykształceniem ($p = 0,02037$), a wymienionymi schorzeniami.



Rysunek 3. Czy poza celiakią występuje u Pani/Pana jakaś inna choroba przewlekła, nietolerancja lub alergia pokarmowa?

Według Sun i in. [2016] ryzyko wystąpienia choroby Hashimoto wśród pacjentów z celiakią było ponad czterokrotnie większe w porównaniu z osobami zdrowymi. Również niedoczynność tarczycy u tych pacjentów występowała istotnie częściej. Wyniki powyższego badania sugerują, że pacjenci z CD, ze względu na zwiększone ryzyko zachorowalności, powinni być poddawani badaniom przesiewowym w kierunku chorób tarczycy. Badania przeprowadzone przez Zatwarnickiego [2014] wskazują, że nietolerancja laktozy u chorych na celiakię ma najczęściej charakter wtórny i ustępuje wraz z regeneracją zniszczonych wcześniej kosmków jelitowych.

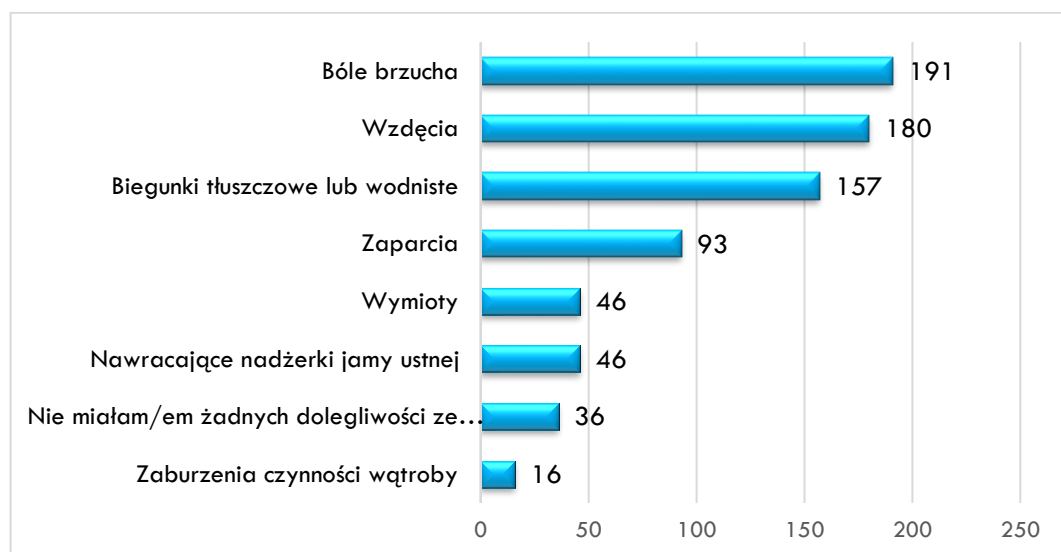
U ponad połowy ankietowanych (51%) celiakię zdiagnozowano w latach 2016-2020, u 27% osób stwierdzono ją między rokiem 2011 a 2015. Do 2010 roku diagnozę celiakii postawiono u 22% respondentów (rys. 4). Według Kelly i in. [2015] wskaźnik rozpoznawania celiakii rośnie na całym świecie, po części z powodu większych możliwości diagnostycznych i poszerzenia listy objawów klinicznych o te bardzo niespecyficzne. Częstsze rozpoznawanie celiakii wśród ankietowanych osób w latach 2012-2020, uzasadnia fakt, że w 2012 roku opublikowano wytyczne dotyczące diagnozowania tej choroby. Wszystkie rekomendacje kładły nacisk na połączenie biopsji i analiz serologicznych w diagnostyce. Istniały jednak pewne rozbieżności w zalecanych testach serologicznych i stosowaniu analiz typu HLA. Ponadto najnowsze wytyczne Światowego Stowarzyszenia Gastroenterologicznego zalecają stosowanie algorytmu bez biopsji dla krajów o ograniczonych zasobach opieki zdrowotnej.



Rysunek 4. W którym roku zdiagnozowano u Pani/Pana celiakię?

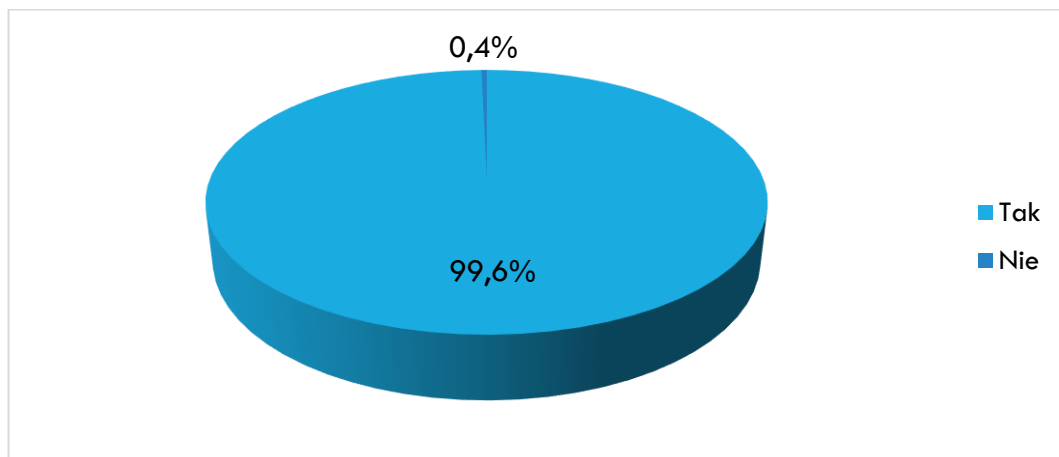
Kolejne pytanie, wielokrotnego wyboru, dotyczyło objawów ze strony układu pokarmowego związanych z celiakią. Najczęstszymi dolegliwościami wśród ankietowanych były bóle brzucha (191), wzdęcia (180) i biegunki tłuszczowe lub wodniste (157). U 93 respondentów pojawiały się również zaparcia, rzadziej wymioty (46), nawracające nadżerki jamy ustnej (46) i zaburzenia czynności wątroby (16). Co ciekawe, aż 36 osób nie

miało żadnych dolegliwości ze strony układu pokarmowego związanych z celiakią. Oznacza to, że u tej części osób występowała subkliniczna postać choroby trzewnej (rys. 5). Według Caio i in. [2019] postać niema pojawia się u 21% chorych na celiakię i obejmuje pacjentów z objawami poniżej progu identyfikacji klinicznej, które często są rozpoznawalne dopiero po ocenie korzystnych skutków wywołanych przez stosowanie diety bezglutenowej. Typowym przykładem przypadków subklinicznych są pacjenci poddawani badaniu przesiewowemu na obecność przeciwciał z powodu bliskiego pokrewieństwa z pacjentem chorym na celiakię lub przypadki zidentyfikowane w wyniku strategii przesiewowej w populacji ogólnej. Klasyczna postać celiakii jest częściej wykrywana w populacji pediatrycznej i dzieci w wieku poniżej 3 lat i charakteryzuje się biegunką, utratą apetytu, wzdęciem brzucha i brakiem prawidłowego rozwoju. Starsze dzieci i dorośli najczęściej skarżą się na biegunkę (występującą u około 50% pacjentów), wzdęcia, zmiany rytmu wypróżnień, zaparcia, bóle brzucha lub utratę masy ciała [Rubin i Crowe 2020].



Rysunek 5. Jakie miał/a Pani/Pan dolegliwości ze strony układu pokarmowego związane z celiakią?

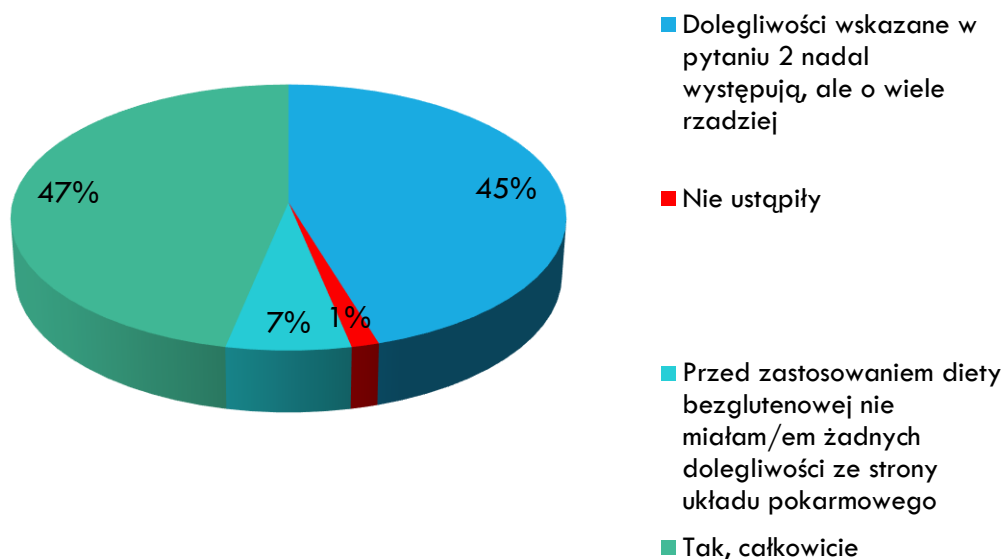
Spośród wszystkich ankietowanych jedna osoba mimo celiakii zadeklarowała, że nie stosuje diety bezglutenowej (rys. 6). Jest to nieoczekiwana odpowiedź, ponieważ obecnie jedynym znanym i skutecznym sposobem leczenia choroby trzewnej jest przestrzeganie przez całe życie ścisłej diety bezglutenowej. GFD powoduje normalizację objawów u większości pacjentów, ze średnim ustępowaniem tych objawów po 4 tygodniach. Poprawę dolegliwości (ustąpienie biegunki lub złagodzenie bólu brzucha) zazwyczaj poprzedza serologiczna normalizacja przeciwciał tTG (co może trwać od miesiąca do ponad roku), a następnie normalizacja (lub przynajmniej poprawa) wyników histologicznych [Lebwohl i in. 2015].



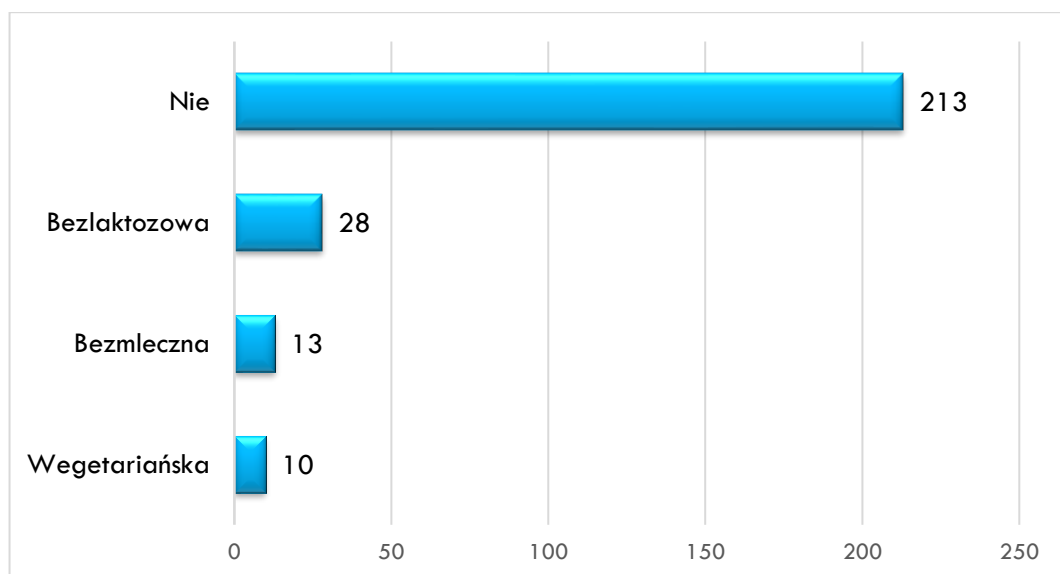
Rysunek 6. Czy stosuje Pani/Pan dietę bezglutenową?

Odpowiedzi na pytanie „Czy po zastosowaniu diety bezglutenowej dolegliwości ze strony układu pokarmowego ustąpiły?” również potwierdziły skuteczność diety w minimalizowaniu objawów i leczeniu celiakii, ponieważ u 92% ankietowanych po zastosowaniu diety bezglutenowej dolegliwości ustąpiły całkowicie lub występowały, ale bardzo rzadko. U 7% osób celiakia nie powodowała żadnych dolegliwości żołądkowo-jelitowych, więc nie byli oni w stanie ocenić skuteczności diety w kontekście minimalizowania objawów (rys. 7). Zależność między płcią, a redukcją objawów po zastosowaniu diety bezglutenowej była statystycznie istotna ($p = 0,00000$).

Kolejne pytanie miało na celu ustalenie czy poza dietą bezglutenową respondenci stosują inne modyfikacje sposobu żywienia (rys. 8.). Analizując zebrane dane, okazało się, że 28 osób poza glutenem wyeliminowało również laktozę, 13 osób całkowicie wykluczyło nabiał ze swojej diety, a 10 badanych pozostawało na diecie wegetariańskiej. Żaden respondent nie zadeklarował alergii na białka mleka krowiego, dlatego stosowanie diety bezmlecznej aż przez 13 badanych jest niespodziewanym wynikiem. Mogło to mieć związek z niedostateczną wiedzą żywieniową i brakiem umiejętności odróżnienia diety bezmlecznej od bezlaktozowej. Dokonana analiza wykazała istotną zależność statystyczną między płcią, a dodatkowymi modyfikacjami diety bezglutenowej wśród uczestników badania ($p = 0,00000$).



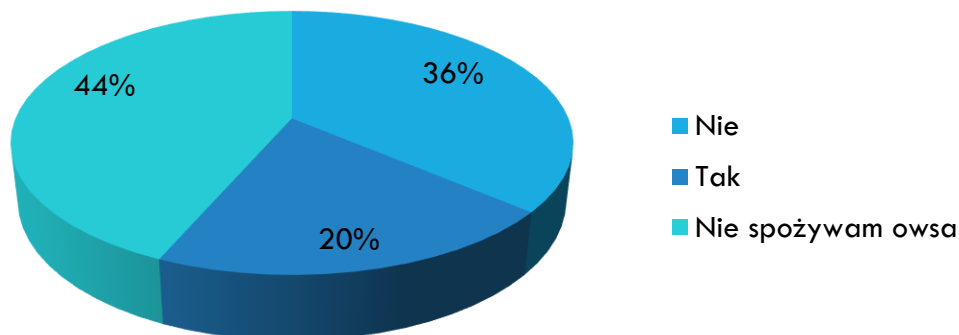
Rysunek 7. Czy po zastosowaniu diety bezglutenowej dolegliwości ze strony układu pokarmowego ustąpiły?



Rysunek 8. Czy stosuje Pani/Pan jeszcze jakąś inną dietę niż bezglutenową?

Osoby uczestniczące w badaniu na pytanie: „Czy spożycie produktów owsianych powoduje u Pani/Pana pojawienie się dolegliwości ze strony układu pokarmowego?” udzie-

liły następujących odpowiedzi: 44% nie wie, bo nie spożywa produkty owsiane, 36% odpowiedziało, że nie zaobserwowali żadnych objawów, a 20% uważa, że spożycie produktów owsianych wywołuje u nich dolegliwości ze strony układu pokarmowego (rys. 9).



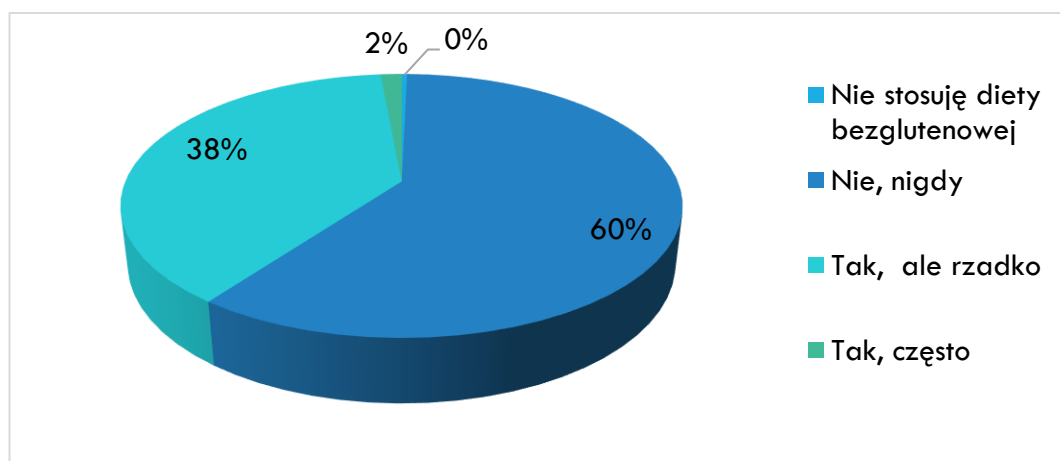
Rysunek 9. Czy spożycie produktów owsianych powoduje u Pani/Pana pojawienie się dolegliwości ze strony układu pokarmowego?

Spożywanie produktów owsianych na diecie bezglutenowej jest dyskusyjne, ponieważ z jednej strony wartość odżywcza owsa predysponuje do stosowania go w diecie bezglutenowej u osób chorych na celiakię, a z drugiej jego bezpieczeństwo jest nadal kwestią sporną. Owies bezglutenowy jest korzystnym składnikiem diety tylko dla chorych w remisji klinicznej, serologicznej i histologicznej. Bezpieczna dawka owsa w remisji choroby trzewnej wynosi od 20 g (dla dzieci) do 70 g (dla dorosłych) dziennie. Wprowadzenie owsa do diety bezglutenowej u nowo zdiagnozowanych chorych nie jest właściwe, ponieważ u tych osób konieczne jest ściśle przestrzeganie diety. Pacjenci z celiakią w remisji otrzymujący żywność z dodatkiem owsa w ramach diety bezglutenowej powinni to robić pod nadzorem lekarza ze względu na indywidualną wrażliwość na owies (niezanieczyszczony gliadynami). Mimo że jest on tolerowany przez większość pacjentów, nie można wykluczyć indywidualnej nadwrażliwości na to zboże. Potrzebne jest opracowanie odpowiednich metod badawczych, które mogą oszacować ryzyko wystąpienia dolegliwości po spożyciu poszczególnych odmian owsa w żywności u pacjentów z celiakią [Hoffmanová i in. 2019].

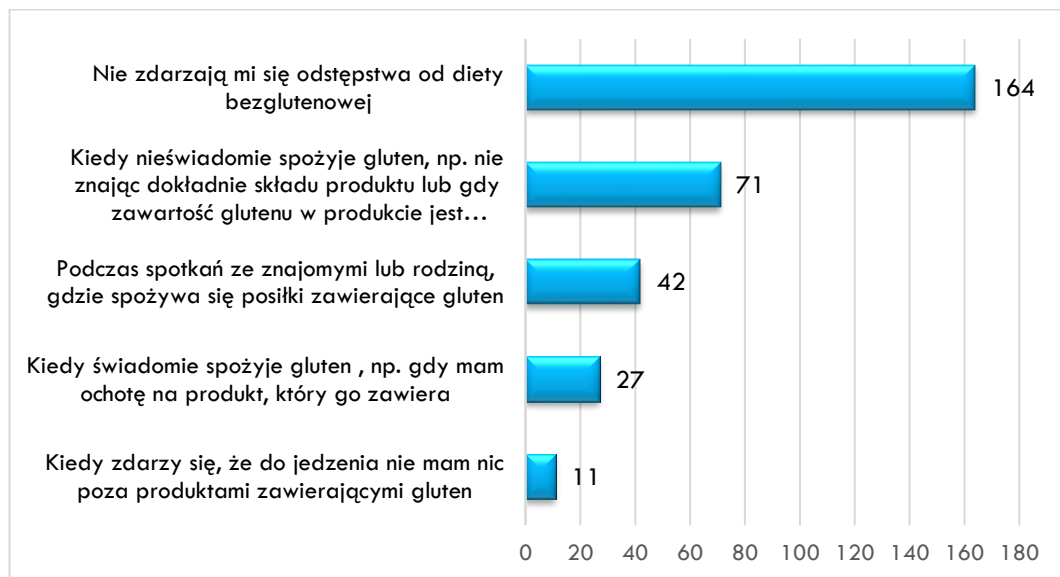
Kolejne pytanie miało na celu ustalić, czy respondentom zdarzają się odstępstwa od diety bezglutenowej. Z analizy uzyskanych danych wynika, że 60% nigdy nie zdarzały się odstępstwa, 38% osób odpowiedziało, że pojawiały się, ale rzadko, a 2% ankietowanych często pozwalała sobie na spożycie glutenowych produktów spożywczych (rys. 10). Stygmatyzowanie przez otoczenie częstokroć wywołuje u pacjentów poczucie winy i pragnienie jedzenia niedozwolonych produktów, szczególnie wśród nastolatków i młodych dorosłych. Badania pokazują, że 18-60% pełnoletnich pacjentów potwierdza świadome spoży-

wanie produktów zawierających gluten. Powszechny jest brak zrozumienia potrzeb żywieniowych osób chorujących na celiakię przez rodzinę i znajomych, co skutkuje obawą wśród 25% chorych przed nie zapraszaniem ich na wspólne spotkania przy stole [Grzymisławski 2019].

Odstępstwa od diety bezglutenowej zdarzały się najczęściej, kiedy respondenci nieświadomie spożywali gluten, np. nie znając dokładnie składu produktu lub gdy zawartość glutenu w produkcie była nieodpowiednio oznakowana, 28% osób odpowiedziało, że podczas spotkań ze znajomymi lub rodziną, gdzie spożywali posiłki zawierające gluten, mniej osób wskazało na odpowiedź „Kiedy świadomie spożyje gluten, np. gdy mam ochotę na produkt, który go zawiera”. Najrzadziej ankietowani odpowiadali, że odstępstwa od diety pojawiały się, gdy do jedzenia nie mieli nic poza produktami zawierającymi gluten (rys. 11).



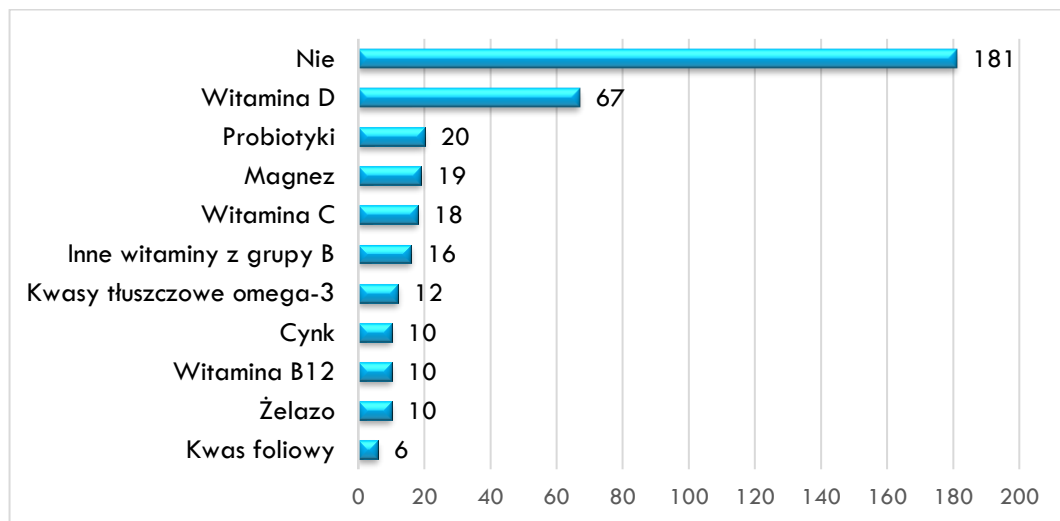
Rysunek 10. Czy zdarzają się Pani/Panu odstępstwa od diety bezglutenowej?



Rysunek 11. W jakich sytuacjach najczęściej zdarzają się Pani/Panu odstępstwa od diety bezglutenowej?

W polskim społeczeństwie nadal panuje niska świadomość na temat diety bezglutenowej, a żywienie pacjentów z celiakią w lokalach gastronomicznych jest kwestią problematyczną. Stosowanie GFD, zwłaszcza u kobiet, wpływa na obniżenie jakości życia. Należy bezwzględnie unikać sytuacji, kiedy spożywa się niedozwolone posiłki pod presją otoczenia. Przed spotkaniami towarzyskimi warto przedyskutować z gospodarzem kwestię serwowanych posiłków i wyjaśnić, w jaki sposób je przygotowywać, aby były bezpieczne lub zadbać o własny zapas żywności, ponieważ sytuacja, gdy gość nie spożywa żadnych posiłków jest niekomfortowa nie tylko dla gospodarza, ale również dla gościa [Grzysławski 2019].

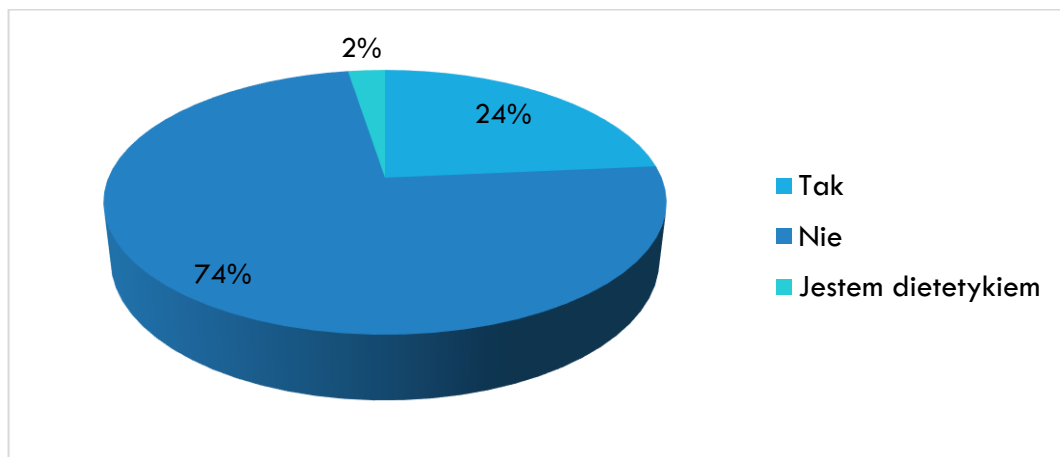
Kolejne pytanie dotyczyło stosowania suplementów diety. Z analizy zebranych danych wynika, że blisko połowa respondentów (49%) nie stosowała żadnych suplementów diety. Najczęściej pojawiającym się preparatem była witamina D (18%), resztę suplementów, m.in. probiotyki, magnez, witaminę C, kwasy omega-3 stosowało mniej niż 6% ankietowanych (rys. 12).



Rysunek 12. Czy stosuje Pani/Pan jakieś suplementy diety?

Według Marasco i in. [2020] badane są różne strategie dietetyczne i uzupełniające, mające na celu wspieranie przestrzegania i reakcji pacjentów z celiakią na dietę bezglutenową oraz unikanie powikłań i ciężkiej progresji choroby. Synergiczne stosowanie prebiotyków wraz z probiotykami może być obiecującym podejściem terapeutycznym do modulowania składu i funkcji mikroflory jelitowej. Niemniej jednak dowody dotyczące stosowania prebiotyków i probiotyków u pacjentów z celiakią są nadal niewystarczające, aby uzasadnić ich stosowanie w rutynowej praktyce klinicznej. Potrzebne są dobrze zaprojektowane, randomizowane badania, aby wyjaśnić ich rolę u pacjentów z chorobą trzewną. American College of Gastroenterology zaleciło ocenę niedoborów mikroelementów m.in. żelaza, kwasu foliowego, witaminy D i witaminy B₁₂ u nowo zdiagnozowanego pacjenta z celiakią. W przypadku wystąpienia niedoborów powyższych składników mineralnych i witamin, interwencja suplementacyjna może być uzasadnionym działaniem [Vici i in. 2020].

Następnie ankietowanym zadano pytanie: „Czy korzystał/a Pani/Pan z porad dietetyka przy wprowadzaniu diety bezglutenowej?”. Zdecydowana większość (74%) badanych nie korzystała z pomocy dietetyka, z porad specjalisty skorzystało jedynie 24% osób, a 7 osób było dietetykami (rys. 13). Okazało się, że istnieje istotna zależność statystyczna pomiędzy płcią ($p = 0,02401$), miejscem zamieszkania ($p = 0,02510$), a korzystaniem z porad dietetyka. Pomoc specjalisty z zakresu żywienia jest niezwykle istotna w procesie leczenia pacjentów z celiakią. Zwracają na to uwagę Rostami i in. [2017] w swoim badaniu, podkreślając, że edukacja jest kluczowym elementem dla osiągnięcia sukcesu w leczeniu żywieniowym. Konsultacja dietetyczna lub wszelkie konsultacje, podczas których omawia się zalecenia i dietę, nie powinny całkowicie koncentrować się na eliminacji glutenu, ale także dostarczać wskazówek dotyczących zdrowych wyborów w oparciu o indywidualne potrzeby.



Rysunek 13. Czy korzystał/a Pani/Pan z porad dietetyka przy wprowadzaniu diety bezglutenowej?

Podsumowanie

Ankieta dotarła przede wszystkim do młodych, chorujących na celiakię kobiet z wyższym wykształceniem, które zamieszkiwały tereny miejskie. Prawie wszyscy respondenci z celiakią stosowali dietę bezglutenową, która wpływała na ustąpienie objawów ze strony układu pokarmowego, ale niestety dużej części ankietowanych zdarzały się odstępstwa od diety. Może to wskazywać na niedostateczną ich wiedzę związaną ze skutkami spożywania przez nich glutenu lub brak zrozumienia ich potrzeb żywieniowych wśród społeczeństwa. Świadczyć może o tym fakt, że znacznej części ankietowanych odstępstwa zdarzają się podczas spotkań ze znajomymi lub rodziną. Niezbędna jest edukacja w tym zakresie, którą przede wszystkim powinni przeprowadzać dietetycy. Jednak wciąż niewielki procent osób korzysta z porad tych specjalistów. Większość respondentów nie spożywa owsa lub jego spożycie wpływa na nasilenie dolegliwości. Niedostateczna ilość ankietowanych suplementuje witaminę D, dlatego potrzebne jest szerzenie informacji na temat znaczenia suplementacji tej witaminy w kontekście uzupełniania niedoborów.

Badania zostały sfinansowane z dotacji przyznanej przez MNiSW na działalność statutową.

Literatura

1. Caio G., Volta U., Sapone A., Leffler D. A., De Giorgio R., Catassi C., Fasano A. Celiac disease: a comprehensive current review. BMC Medicine. 2019,17, 3.
2. Dittfeld A., Gwizdek K., Parol D., Michalski M. Dieta bezglutenowa – charakterystyka grup docelowych. Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej. 2018, 72, 230.
3. Grzymisławski M. (Ed.). Dietetyka kliniczna. 2019, Warszawa, PZWL Wydawnictwo Lekarskie.

4. Hoffmanová I., Sánchez D., Szczepanková A., Tlaskalová-Hogenová H. The Pros and Cons of Using Oat in a Gluten-Free Diet for Celiac Patients. *Nutrients*. 2019, 11(10), 2345.
5. Itzlinger A., Branchi F., Elli L., Schumann M. Gluten-Free Diet in Celiac Disease – Forever and for All? *Nutrients*. 2018, 10(11), 1796.
6. Kabbani T., Goldberg A., Kelly C., Pallav K., Tariq S., Peer A., Hansen J., Dennis M., Leffler D. Body mass index and the risk of obesity in coeliac disease treated with the gluten-free diet. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*. 2012, 35, 723–729.
7. Kelly C., Bai J., Liu E., Leffler D. A. Advances in Diagnosis and Management of Celiac Disease. *Gastroenterology*. 2015, 148(6), 1175–1186.
8. Khoury D., Balfour-Ducharme S., Joye I. a Review on the Gluten-Free Diet: Technological and Nutritional Challenges. *Nutrients*. 2018, 10(10), 1410.
9. Lebwohl B., Ludvigsson J., Green P. Celiac disease and non-celiac gluten sensitivity. *British Medical Journal*. 2015, 351, 4347.
10. Malamut G., Cording S., Cerf-Bensussan N. Recent advances in celiac disease and refractory celiac disease. 2019. Pobrane 13 listopada 2020 r., z <https://f1000research.com/articles/8-969/v1>
11. Marasco G., Ciota G., Rossini B., Lungaro L., Biase A., Colecchia A., Volta U., Giorgio R., Festi D., Caio G. Probiotics, Prebiotics and Other Dietary Supplements for Gut Microbiota Modulation in Celiac Disease Patients. *Nutrients*. 2020, 12(9), 2674.
12. Melini V., Melini F. Gluten-Free Diet: Gaps and Needs for a Healthier Diet. *Nutrients*. 2019, 11(1), 170.
13. Parzanese I., Qehajaj D., Patrinoicola F., Aralica M., Chiriva-Internati M., Stifter S., Elli L., Grizzi F. Celiac disease: From pathophysiology to treatment. *World Journal of Gastrointestinal Pathophysiology*. 2017, 8(2), 28.
14. Penagini F., Dilillo D., Meneghin F., Mameli C., Fabiano V., Zuccotti G. V. Gluten-Free Diet in Children: An Approach to a Nutritionally Adequate and Balanced Diet. *Nutrients*. 2013, 5(11), 4553.
15. Rostami K., Bold J., Parr A., Johnson M. Gluten-Free Diet Indications, Safety, Quality, Labels, and Challenges. *Nutrients*. 2017, 9(8), 846.
16. Rubin J., Crowe S. Celiac Disease. *Annals Internal Medicine*. 2020, 172(1), 22.
17. Sharma N., Bhatia S., Chunduri V., Kaur S., Sharma S., Kapoor P., Kumari A., Garg M. Pathogenesis of Celiac Disease and Other Gluten Related Disorders in Wheat and Strategies for Mitigating Them. *Frontiers in Nutrition*. 2020, 7, 3-6.
18. Sun X., Lu L., Yang R., Li Y., Shan L., Wang Y. Increased Incidence of Thyroid Disease in Patients with Celiac Disease: a Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS One*. 2016, 11(12), 9.
19. Tortora R., Capone P., De Stefano G., Imperatore N., Gerbino N., Donetto S., Monaco V., Caporaso N., Rispo A. Metabolic syndrome in patients with coeliac disease on a gluten-free diet. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*. 2015; 41(4): 352-9.

20. Vici G., Camilletti D., Polzonetti V. Possible Role of Vitamin D in Celiac Disease Onset. *Nutrients*. 2020, 12(4), 1051.
21. Zatwarnicki P. Nietolerancja laktozy – przyczyny, objawy, diagnostyka. *Pielęgniarstwo i Zdrowie Publiczne*. 2014, 4, 274.

Porównanie fermentacji napojów kombucha przygotowanych na bazie herbat owocowych i ziołowych

Iwona Gientka, Monika Malitka, Wiktoria Sobol

*Katedra Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności, Instytut Nauk o Żywności,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

Streszczenie

Kombucha jest to rodzaj fermentowanego napoju na bazie naparu słodzonej herbaty w oparciu o symbiotyczną kulturę bakterii kwasu octowego i drożdży „SCOBY”. Uznawana jest za żywność funkcjonalną, wywierającą pozytywny wpływ na zdrowie. Mikroorganizmy symbiotyczne, tworzące mikroflorę kombucha, wytwarzają kwas mlekowy, kwas octowy, kwas glukonowy oraz aminokwasy, witaminy z grupy B, witaminę C czy niewielkie ilości alkoholu i CO₂.

Celem pracy była analiza przebiegu fermentacji napojów kombucha przygotowanych na bazie herbat owocowych i ziołowych wraz z oceną fizykochemiczną i sensoryczną otrzymanych produktów.

Materiał biologiczny stanowił grzybek herbaciany kombucha, zakupiony na aukcji internetowej. Przygotowano 4 różne napary: z herbaty wiśniowej (Biofix) - A, owoców lasu (Multeafil) - B, z mieszanki rumianku (Farmvit) i melisy (Herbapol) - C oraz z lipy (liście i kwiaty: wieś Kopydłów) – D, poprzez zaparzenie 6 g suszu w 800 ml wody przez 10 minut oraz dodatek sacharozy w stężeniu 5%. Napary szczepiono kożuchem celulozowym oraz płynem pochodowlanym poprzedniej szarży (6,25% v/v) i prowadzono fermentację w temperaturze 24°C. Badano gęstość, pH, kwasowość miareczkową, zawartość cukrów metodą Soczyńskiego. Wykonano profilowaną analizę organoleptyczną napojów przez 10-osobową grupę [ISO 13299:2010].

Podstawowe parametry fizykochemiczne w czasie fermentacji były zbliżone. Rodzaj naparu stosowanego do produkcji napoju kombucha i czas trwania fermentacji miały istotny wpływ na cechy jakościowe napoju oraz na wrażenia sensoryczne. W przypadku kombucha o smaku owocowym najlepszą ocenę uzyskały próbki w trzecim dniu fermentacji. Ankietowani wskazywali na korzystną proporcję między wyczuwalną kwasowością i słodyczą oraz pożądanym aromatem w kombucha wiśniowej. W przypadku produktów ziołowych wskazano, że kombuchę z lipy cechowały lepsze cechy sensoryczne niż napar z melisy i rumianku.

Słowa kluczowe: kombucha, herbaty owocowe, napary ziołowe, fermentacja, cechy sensoryczne

Wstęp

Tradycyjna kombucha jest rodzajem fermentowanego napoju sporządzonego na bazie naparu słodzonej herbaty (*Camellia sinensis*) [Primiani i in., 2012; Jaybalan, 2014]. Cechą charakterystyczną produkcji tego napoju jest użycie matki - symbiotycznej kultury bakteryjno-drożdżowej osadzonej na plastrze zbudowanym z włókien celulozy - zwanej SCOBY (*ang. Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast*) lub grzybkiem kombucha. Proces fermentacji prowadzony jest w temperaturze pokojowej [Fillipis i in., 2017] i zazwyczaj trwa do 10 dni [Kumar, 2016]. Mikroorganizmy symbiotyczne, tworzące mikroflorę kombucha, wytwarzają metabolity, takie jak: kwas octowy, kwas mlekowy, kwas glukonowy, aminokwasy, witaminy z grupy B, witaminę C oraz niewielkie ilości alkoholu i CO₂. Wśród drobnoustrojów stanowiących SCOBY najczęściej wymienia się bakterie octowe z rodzajów *Gluconacetobacter*, *Acetobacter*, bakterie mlekowe, m.in. z rodzaju *Lactobacillus*, a także drożdże z rodzajów *Brettanomyces/Dekkera*, *Candida*, *Kloeckera*, *Mycotorula*, *Mycoderma*, *Pichia*, *Saccharomyces*, *Schizosaccharomyces*, *Torulospora* i *Zygosaccharomyces* [Teoh i in., 2004; Coehlo i in., 2020]. Kombucha uznawana jest za żywność funkcjonalną i przypisuje się jej pozytywny wpływ na zdrowie. W 2019 roku ukazał się przeglądowy artykuł analizujący ponad 300 artykułów naukowych poświęconych kombucha [Kapp i Sumner, 2019], z których tylko jeden opisywał empiryczne badania z udziałem ludzi [Hiremath i in., 2003]. Tymczasem picie kombucha staje się coraz bardziej modne, dlatego rozwija się asortyment takich napojów.

Badania dotyczące możliwości wykorzystania naparów herbat owocowych oraz ziołowych do otrzymania napojów kombucha należą do rzadkości. Zastosowanie naparu z ziół może znacząco oddziaływać na wzrost i rozwój mikroorganizmów obecnych w kombucha oraz na cechy sensoryczne napoju.

Cel

Celem pracy było porównanie przebiegu fermentacji napojów kombucha przygotowanych na bazie naparów herbat owocowych i ziołowych wraz z oceną fizykochemiczną i organoleptyczną otrzymanych produktów.

Metodyka

Materiał biologiczny stanowił grzybek herbaciany kombucha, pochodzący z domowej hodowli od osoby prywatnej, zakupiony na aukcji internetowej. Materiałem do wykonania czterech rodzajów naparów były: herbata wiśniowa (Biofix), herbata o smaku owoców lasu (Multeafil), liście i kwiaty lipy (zbierane z drzewa rosnącego we wsi Kopytów, województwo lubelskie) oraz mieszanka koszyczków rumianku (Farmvit) i melisy (Herbapol). Odmierzono po 6 g każdego z suszu, zalewano 800 ml wrzącej wody, zaparzano pod przykryciem 10 min, a następnie przecedzano i studzono. Po dodaniu sacharozy (5%) napary przelewano do czystego, wyparzonego słoika o pojemności 1 litra i szczepiono wypłukanym w jałowej wodzie destylowanej kożuchem celulozowym oraz płynem pochodzonym poprzedniej szarży w objętości 50 cm³ [Jaybalan, 2014]. Fer-

mentację kombucha prowadzono przez 8 dni w temperaturze pokojowej (24°C) i w naturalnych warunkach oświetlenia. Słoiki zabezpieczono przed zanieczyszczeniami gazą, która jednocześnie umożliwiała utrzymanie warunków tlenowych. Słoje z napojami nie były mieszane i napowietrzane. Próby fermentacyjne prowadzono w trzech powtórzeniach i porównywano między sobą bez prowadzenia próby kontrolnej. Próbkę do oznaczeń fizykochemicznych pobierano w 2, 5 i 8 dobie fermentacji. Gęstość napojów oznaczano metodą areometryczną w 20°C a wynik podawano w stopniach Ballinga. Pomiar pH przeprowadzono z użyciem pehametru Mettler Toledo, natomiast kwasowość miareczkową napojów oznaczano poprzez miareczkowanie 0,1N NaOH i przeliczając na zawartość kwasu octowego. Zawartość cukrów oznaczano metodą Soczyńskiego po wcześniejszej hydrolizie kwasowej próbek. Analizę statystyczną wyników przeprowadzono w programie Statistica 13.1 (StatSoft Polska). Grupy homogenne (dwuczynnikowa analiza wariancji ANOVA) wyznaczono w oparciu o test Tukeya przyjmując poziom istotności równy $\alpha = 0,05$. Próbkę kombucha do analizy organoleptycznej pobierano w 3, 5, 8 dobie fermentacji, butelkowano i przechowywano w temperaturze chłodniczej do czasu analizy (9 doba). Napoje poddawano ocenie sensorycznej przez 10-cio osobową grupę badawczą. Podczas typowej oceny organoleptycznej w skali 5-punktowej brano pod uwagę następujące cechy: barwę, klarowność, zapach, smak, ocenę ogółem. Poprzez analizę profilowaną napoju ankietowani oceniali specyficzne cechy napoju, tj. cierpkość, nasycenie czy posmak drożdży. Do obu ocen zastosowano skalę liniową 5 cm, przyjętą następnie jako 5 jednostek umownych.

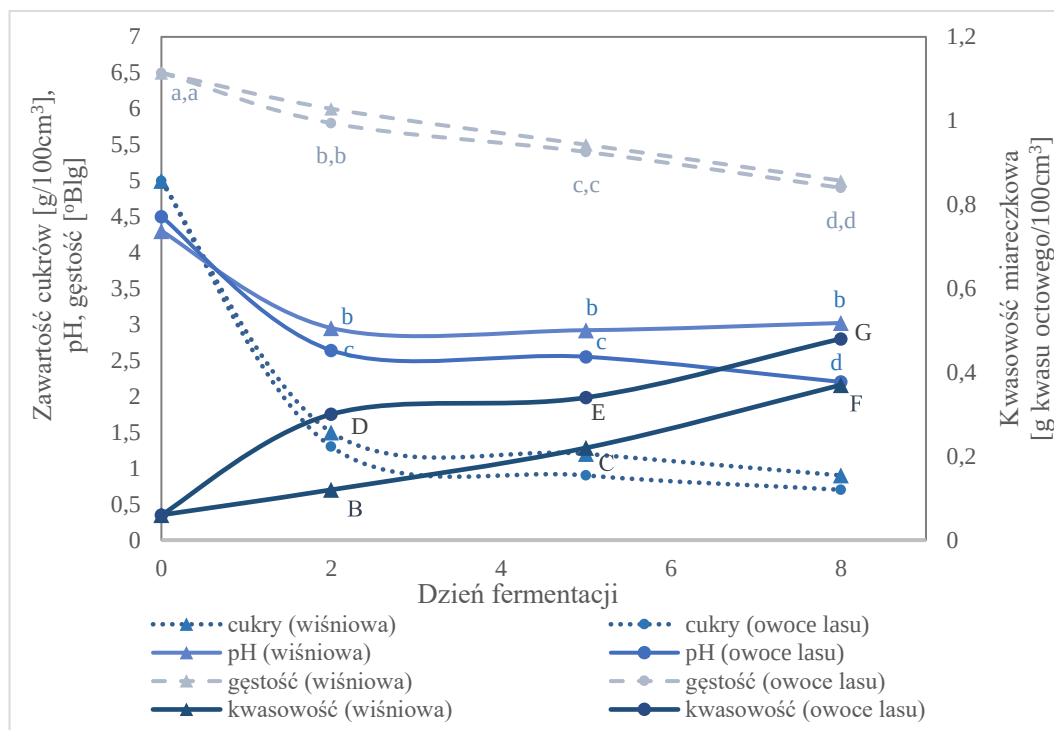
Omówienie i dyskusja wyników

Porównanie przebiegu fermentacji kombucha

Rodzaj powstałych w wyniku fermentacji kombucha związków organicznych oraz ich koncentracja zależą m.in. od źródła i stężenia cukru użytego do sporządzenia napoju, rodzaju herbaty, czasu prowadzenia fermentacji oraz aktywności mikroflory obecnej w grzybku herbacianym [Villarreal-Soto i in., 2018]. Podczas fermentacji badanych naparów, tj. herbaty wiśniowej, o smaku owoców leśnych, lipy oraz naparu rumianku i melisy, obserwowano zbliżony przebieg zmian cech fizykochemicznych.

Przez pierwsze dwie doby fermentacji naparów owocowych (rys. 1) aktywna mikroflora intensywnie wykorzystywała sacharozę tak, że jej stężenie z początkowej 5,00% zmniejszyło się do 1,50% (napar wiśniowy) i 1,31% dla naparu owoce leśne. Następnie tempo zużycia cukru zmniejszało się, jednak w ostatnim dniu fermentacji zawartość sacharozy wynosiła odpowiednio 0,91% i 0,72%. Gęstość fermentowanych herbat owocowych zmniejszała się w czasie, przy czym nie zaobserwowano istotnych różnic między badanymi naparami. Szybszy wzrost kwasowości obserwowano w fermentujących naparach o smaku owoców lasu, dla których w drugiej dobie stwierdzono średnią zawartość 0,300 g kwasu octowego/100cm³, co skorelowane było z istotnym zmniejszeniem pH. Zmniejszało się ono podczas pierwszych 48 h z początkowej wartości 4,50 do 2,64 a następnie pozostawało stabilne do piątej doby. Niższe pH oznaczono dopiero w ostatnim, ósmym dniu fermentacji.

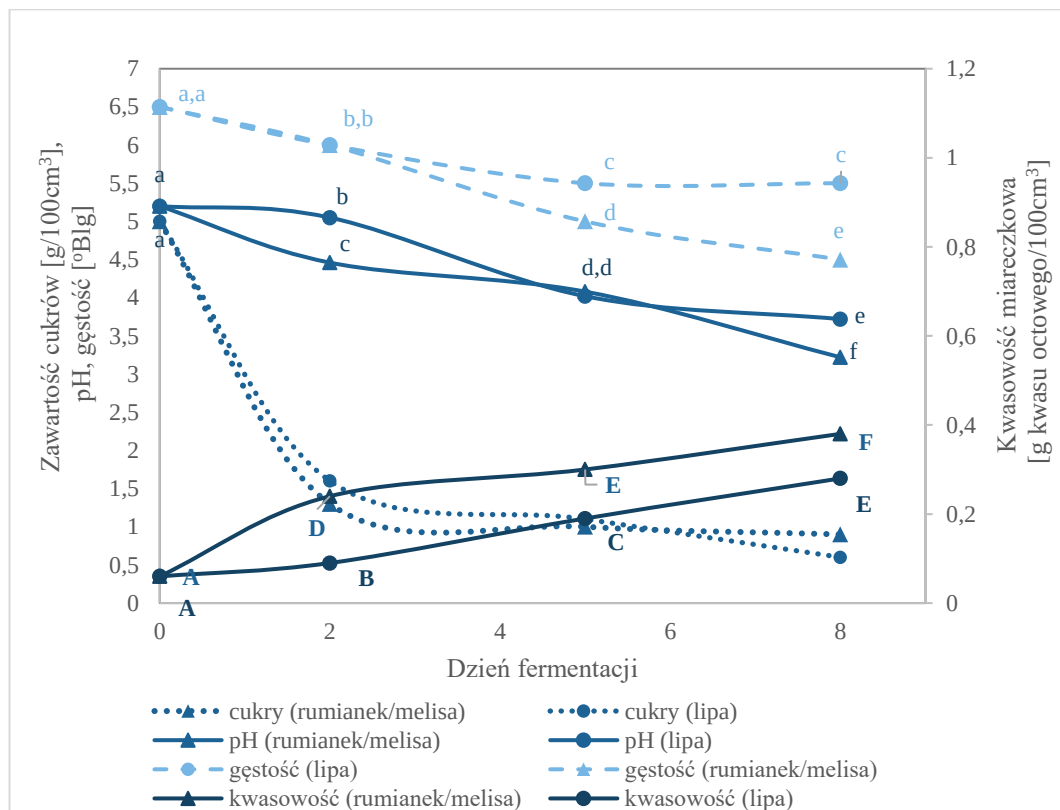
Herbaty wiśniowe wyróżniły się mniejszą kwasowością w każdej badanej godzinie fermentacji i większymi wartościami pH.



Rysunek 1. Porównanie parametrów fermentacji naparów herbat owocowych (znacznik okrągły – kombucha owoce lasu, trójkątny – kombucha wiśniowa)

Gęstość napojów zielonych również zmniejszała się w czasie trwania fermentacji (rys. 2), a wartości tego parametru istotnie różniły kombucha lipowe i rumiankowo-melissowe od piątej doby. Podobnie jak w przypadku kombucha owocowych, zmniejszenie gęstości wynikało z zmniejszenia stężenia sacharozy fermentowanej przez symbiotyczną kulturę SCOBY do kwasów organicznych, charakteryzujących się mniejszą gęstością właściwą. Średnia kwasowość w ostatnim dniu fermentacji wynosiła 0,380 g/100 cm³ naparów rumiankowo-melissowych. Zwiększenie wartości tego parametru skorelowane było ze zmniejszaniem się wartości pH. W przypadku naparów zielonych szybkie obniżenie pH jest szczególnie pożądane z punktu widzenia bezpieczeństwa mikrobiologicznego, gdyż ich początkowe pH było istotnie wyższe w porównaniu z początkowym pH naparów herbat owocowych (4,3 - herbata wiśniowa i 4,5 - herbata o smaku owoce leśne). Przefermentowane napary lipowe charakteryzowały się większym końcowym pH i mniejszą kwasowością miareczkową. W końcowej dobie kwasowość kombucha lipowej wynosiła tylko 0,28 g kw. octowego/ 100cm³. Składnikami, będącymi naturalnymi antyoksydantami herbat zielonych, są polifenole [Zujko i in., 2005; Zych i Krzepińko, 2010]. Według Zujko i wsp. [2005], wraz ze wzrostem ilości polifenoli w naparze herbacianym,

zmniejsza się wartość pH. Większą ilość polifenoli zawiera melisa [Zujko i in. 2005], tak więc kombucha przygotowana na bazie rumianku i melisy osiągnęła niższą wartość pH niż kombucha przygotowana na bazie lipy. Według badań Jayabalan i wsp. [2014] pH napojów kombucha (przygotowanych na bazie herbaty zielonej, czarnej i odpadów herbacianych) zmalało z 5 do 3 podczas 12-dniowej fermentacji.

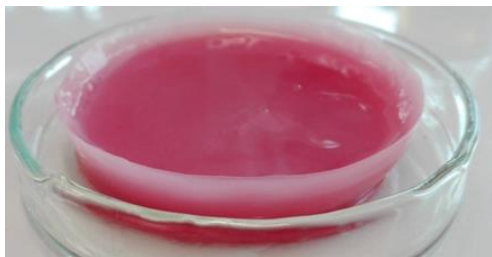


Rysunek 2. Porównanie parametrów fermentacji naparów herbat zielowych (znacznik okrągły – kombucha lipowa, znacznik trójkątny – kombucha rumiankowo-melisowa)

Velicanski i in. [2014] wykorzystali napar z melisy jako nastaw do przygotowania napoju kombucha. Po 7 dniach fermentacji ogólna zawartość kwasów wyniosła 0,812 g/100 cm³. Natomiast Jayabalan i wsp. [2007] uzyskali największą ilość kwasu octowego podczas 15-dniowej fermentacji napoju kombucha z herbaty zielonej (0,951 g/100 cm³). Podczas fermentacji z użyciem herbaty czarnej, uzyskali 0,617 g/100 cm³ ml. Należy zauważyć, że końcowa kwasowość napojów uzyskanych w podczas badań opisanych niniejszym artykułem odbiegała od danych literaturowych i była prawie dwukrotnie mniejsza. Z drugiej strony wysoka kwasowość napojów kształtuje odczucia

konsumentów, którzy definiują je, jako nazbyt kwaśne i niechętnie spożywają takie produkty.

Na szybkość przebiegu fermentacji, oprócz początkowego stężenia cukrów, rodzaju surowca i temperatury, wpływa ilość wsiewu materiału biologicznego. Im więcej aktywnych komórek wprowadzonych do nastawu tym intensywniejszy przebieg fermentacji. W praktyce nie odważa się i nie odmierza się identycznej ilości kożucha inokulacyjnego do nastawów, tylko przenosi w całości z poprzedniej szarży ten, który pływa na powierzchni. Metabolizm mikroorganizmów współuczestniczących w fermentacji kombucha jest skomplikowany. Mimo że wielokrotnie identyfikowano organizmy tworzące SCOBY, to interakcje między nimi nie są do końca poznane. Wiadomo, że procesy fermentacyjne zapoczątkowują drożdże, które dzięki aktywności inwertazy hydrolizują sacharozę do glukozy i fruktozy a następnie fermentują do etanolu i CO₂. Niektóre gatunki preferują w procesie fermentacji alkoholowej glukozę (*Saccharomyces*), inne fruktozę (*Zygosaccharomyces*) [Jayabalan i in., 2014]. Bakterie kwasu octowego utleniają etanol do kwasu octowego a z glukozy wytwarzają kwas glukonowy. Oba kwasy stymulują drożdże do wytwarzania etanolu, a ten z kolei jest zużywany przez bakterie do wzrostu i dalszej produkcji kwasu octowego [Coehlo i in., 2020]. Reakcje te zależą od enzymów bakteryjnych związanych z błoną cytoplazmatyczną bakterii. Są to dehydrogenaza alkoholowa (ADH) (EC 1.1.1.1) oraz dehydrogenaza aldehydowa (ALDH) (EC 1.2.1.3) [Antolak i Kręgiel, 2015]. Nie należy zapominać, że w trakcie fermentacji przyrasta kożuch celulozowy (wytwarzany przez *Gluconacetobacter xylinus*), w którym komórki bakterii i drożdży mogą się utrzymywać. Zatem oprócz napoju powstaje celuloza, która z kolei może być wykorzystana, jako surowiec do produkcji innych wyrobów spożywczych. Fotografia 1 przedstawia atrakcyjnie wybarwioną celulozę powstałą podczas fermentacji kombucha naparów herbat o smaku wiśniowym, która może stanowić surowiec do produkcji słodczy typu nata.



Fotografia 1. Kożuch SCOBY uzyskany po 8 dobach fermentacji kombucha wiśniowej. Fotografia własna

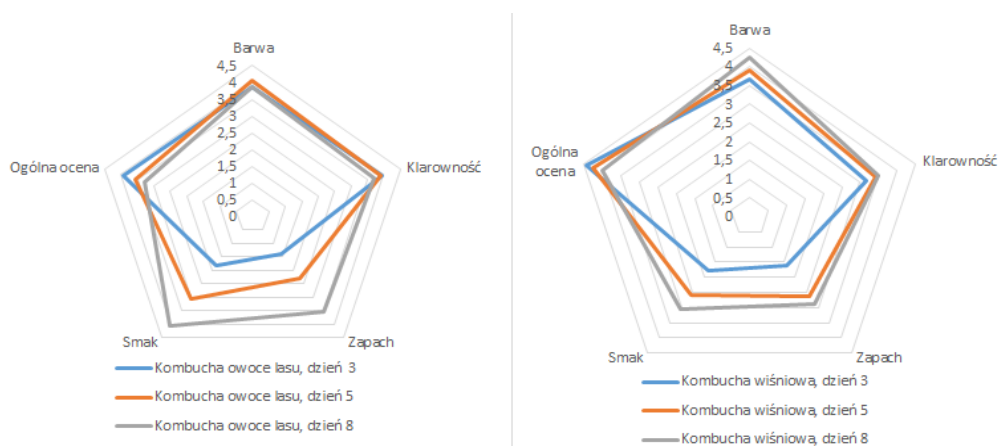
Z drugiej strony rozrastający się kożuch celulozowy zmienia ilość dostępnego tlenu. Uwięzione w dolnych partiach biofilmu drożdże dalej prowadzą proces fermentacji wytwarzając etanol, dwutlenek węgla oraz aromaty owocowe. Skomplikowane

zależności międzygatunkowe tworzące SCOBY istotnie wpływają na cechy otrzymanych napojów a spontaniczna fermentacja jest fundamentem otrzymywania kombucha. Utrudnia to standaryzację produkcji tych napojów, podobnie jak innych produktów spożywczych np. kefirów otrzymywanych przy udziale symbiotycznych kultur różnych mikroorganizmów.

Porównanie cech organoleptycznych napojów kombucha i ich zmian w trakcie fermentacji

Na podstawie oceny wystawionej przez ankietowanych przygotowano wykresy radarowe, charakteryzujące cechy otrzymanych napojów w zależności od długości trwania fermentacji.

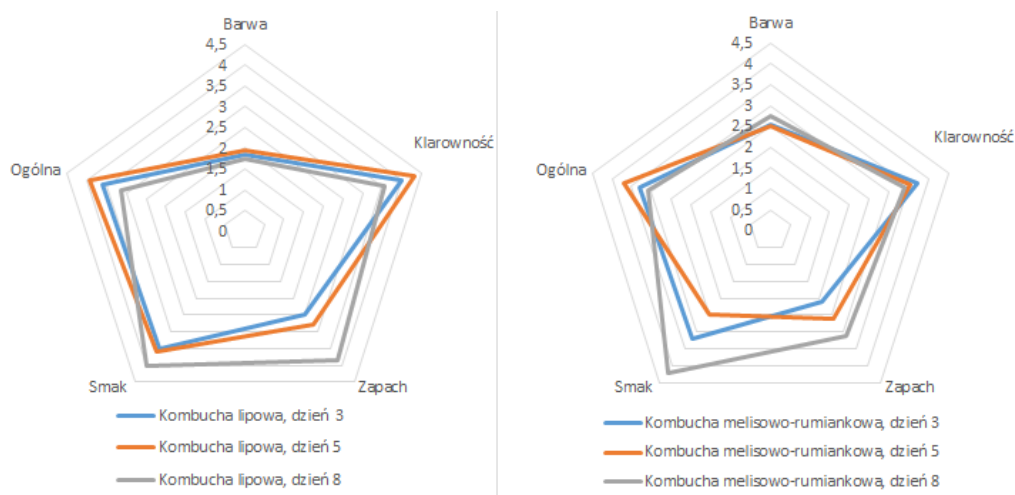
Barwa i klarowność kombucha o smaku owoców lasu zostały ocenione podobnie, niezależnie od czasu trwania fermentacji. Największe różnice zauważono w zapachu i smaku napojów, których intensywność zwiększała się wraz z czasem. Ankietowani wskazywali ogólną punktację dla kombuchy na bazie herbat owocowych w podobnych wartościach, tj. od 3,95 (w 3 dniu) do 3,30 (w ostatnim dniu) (rys. 3). Kombucha wiśniowa charakteryzowała się nieco wyższą oceną ogólną (od 4,40 do 4,00), przy czym ankietowani wskazali większe różnice w barwie i klarowności tych napojów, zaś mniejsze w zapachu i smaku w porównaniu do kombucha przygotowanych na bazie herbat o smaku owoce leśne. W przypadku kombucha o smaku herbat owocowych najlepszą ocenę ogólną uzyskały próbki po trzecim dniu fermentacji, niezależnie od surowca wykorzystanego do przyrządzenia naparów.



Rysunek 3. Profil ogólny cech organoleptycznych napojów kombucha przygotowanych z naparów herbat owocowych

Początkowo napar z lipy miał lekko słomkowy kolor, zaś napar z rumianku i melisy był ciemniejszy, jasnobrązowy. Ankietowani nie wskazali na zmiany barwy napojów w trakcie fermentacji, niezależnie od surowca ziołowego (rys. 4). Czas fermentacji nie wpłynął na parametr klarowności, był zaś istotnym czynnikiem wpływającym na

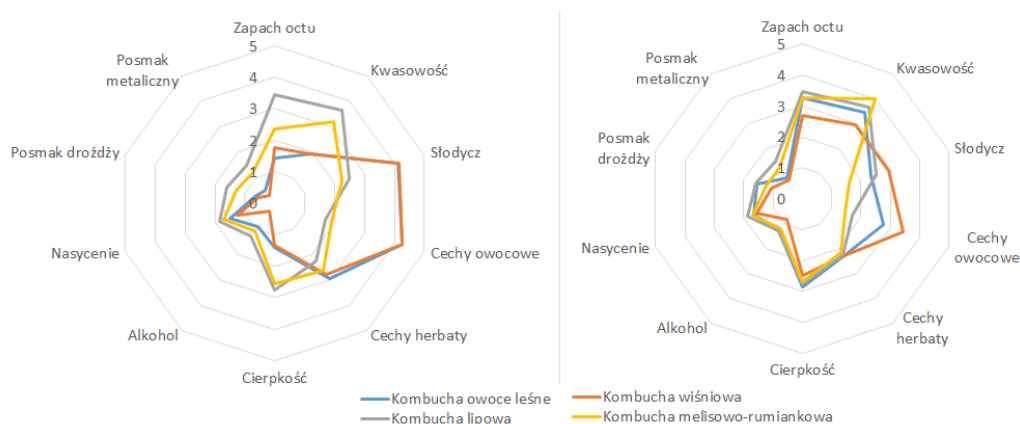
smak i zapach napoju. Im dłuższy czas fermentacji, tym zapach był bardziej intensywny. Spośród wszystkich badanych wariantów napojów wskazano, że smak kombucha lipowej najmniej zależał od czasu fermentacji, przy czym największą liczbę punktów tego deskryptora przyznano w ostatnim dniu fermentacji. W przypadku kombucha ziołowych najlepszą ocenę ogólną uzyskały napoje w piątym dniu fermentacji, niezależnie od surowca wykorzystanego do przyrządzenia naparów.



Rysunek 4. Profil ogólny cech organoleptycznych napoju kombucha na bazie naparów ziołowych

Szczegółowa ocena cech organoleptycznych kombucha na bazie herbat owocowych (rys. 5) pozwoliła określić brak posmaku drożdżowego, alkoholowego i metalicznego. Cechy owocowe napoju, jak również słodki smak, istotnie wyróżniły kombucha wiśniową w 3 dniu fermentacji. Profilowanie szczegółowe cech organoleptycznych kombucha owocowych (wiśniowe i owoce leśne) wykazało, że podczas trwania fermentacji stawały się one mniej słodkie, zaś bardziej odczuwalny był smak kwaśny i zapach octu. Stwierdzono, że z czasem trwania procesu mniej odczuwalna była słodycz, a bardziej wyczuwalny smak cierpki (wartość deskryptora cierpkości zmieniła się od 1,4 do 2,5 na graficznej skali liniowej oceny natężenia wyróżnika w zakresie od niewyczuwalnego do bardzo intensywnego). Postępujący proces fermentacji sprawiał, że coraz mniej wyczuwalny był smak owocowy, charakterystyczny dla surowca. Jednak w przypadku kombucha wiśniowej cecha owocowa stanowiła istotny wyróżnik cech organoleptycznych. Ankietowani zgodnie odpowiadali, że kombucha na bazie herbaty wiśniowej miała bardziej intensywny, ciekawszy smak i aromat, podczas gdy kombucha na bazie herbaty o smaku owoców lasu bardzo szybko zrobiła się kwaśna i wyczuwalny był niezbyt przyjemny zapach octu. Ankietowani wskazywali na korzystną proporcję między wyczuwalną kwasowością i słodyczą w kombucha wiśniowej, dzięki

czemu była orzeźwiająca, zaś jej aromat sprawił, że pozostawała intensywnie owocowa.



Rysunek 5. Profil szczegółowy cech organoleptycznych napojów kombucha (w 3 dniu – po lewej oraz w 8 dniu fermentacji – po prawej)

Napoje kombucha przygotowane na bazie naparów ziół nie miały posmaku metalicznego oraz drożdżowego (rys. 5). Również alkohol nie był wyczuwalny przez ankietowanych. Nie zauważono, aby czas fermentacji wpływał na nasycenie kombucha ziołowych. Wraz z trwaniem fermentacji zwiększała się ilość kwasów, zatem napoje z ósmego dnia wyróżniały się największą kwasowością i ciepkością, najmniejszą słodyczą oraz najintensywniejszym zapachem octu. Napoje kombucha ziołowe z piątego dnia fermentacji uzyskały najlepszą ocenę ogółem (rys. 4). Według ankietowanych, takie napoje posiadały zarówno cechy naparu ziołowego, jak i były przyjemnie kwaśne, co korzystnie wpływało na cechy organoleptyczne. Ankietowani uznali, że napar z lipy nadaje napojowi kombucha lepsze cechy organoleptyczne niż napar z melisy i rumianku.

Opisane w literaturze wyniki analiz sensorycznych napojów kombucha przygotowanych na bazie naparów ziołowych należą do rzadkości. Badania tego typu dotyczą najczęściej herbaty czarnej, zielonej lub białej. Według Gramza-Michałowskiej i wsp. [2016], po 11 dniach fermentacji napoju kombucha przygotowanego na bazie herbaty czarnej, ankietowani ocenili aromat i smak jako podobny do cydru. Możliwa jest modyfikacja składu naparu herbaty czarnej celem otrzymania nowych walorów smakowych. Dodatek liści dębu (*Quercus resinosa*) pozwolił na otrzymanie ciekawego smaku napoju kombucha, wzbogaconego w przeciwutleniacze, flawony i fenole [Vázquez-Cabral, 2014].

Podsumowanie

Potwierdzono możliwość zastosowania naparów herbat owocowych oraz naparów z lipy oraz melisy i rumianku do fermentacji kombucha. Fermentacja naparów herbat owocowych i ziołowych przebiegała prawidłowo i prowadziła do szybkiego zakwaszenia skorelowanego z obniżeniem pH. Badania wykazały, że czas fermentacji należy dobierać w zależności od rodzaju zastosowanego surowca. Napoje ziołowe z piątego dnia fermentacji uzyskały najlepszą ocenę organoleptyczną, przy czym kombucha lipowa była bardziej pożądanym napojem niż melisowo-rumiankowa. W przypadku kombucha o smaku herbat owocowych najlepszą ocenę ogólną uzyskały próbki po trzecim dniu fermentacji, niezależnie od surowca wykorzystanego do przyrządzenia naparów.

Literatura:

1. Antolak H., Kręgiel D. Bakterie kwasu octowego - taksonomia, ekologia oraz wykorzystanie przemysłowe. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 2015, 4 (101), 21-35.
2. Coelho R.M.D., de Almeida A.L., de Amaral R.Q.G., da Mota R.N, se Sousa P.H.M. Kombucha: Review International Journal of Gastronomy and Food Science, 2020, 22, 100272.
3. Filippis F, Troise A.D., Vitaglione P., Ercolini D. Different temperatures select distinctive acetic acid bacteria species and promoted organic acids production during Kombucha tea fermentation. *Food Microbiology*, 2017, (73), 11-16.
4. Gramza-Michałowska A., Kulczyński B., Xindi Y., Gumienna M. Research on the effect of culture time on the Kombucha tea beverage's antiradical capacity and sensory value. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 2016, 15(4), 447-457.
5. Hiremath U.S., Vaidehi M.P., Mushtari B.J. Effect of Fermented tea on the blood sugar levels of NIDDM Subjects. *Indian Pract*, 2019, 200255(7):423e5.
6. Jayabalan, R., Malbasa, R., Loncar, E., Vitas, J., Sathishkumar, M. Review on kombucha tea—microbiology, composition, fermentation, beneficial effects, toxicity, and tea fungus. *Comprehensive Review Food Sciences and Food Safety*, 2014, 13(4), 538-550. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12073>.
7. Kapp J.M., Sumner W. Kombucha: a systematic review of the empirical evidence of human health benefit. *Annals of Epidemiology*, 2019, 201930 66e70. <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2018.11.001>.
8. Kumar V., Joshi V.K. Kombucha: technology, microbiology, production, composition and therapeutic value. New Delhi Publishers, 2016, 6 (1), 13–24.
9. Neffe- Skocińska K., Sionek B., Ścibosz I., Kołożyn-Krajewska D. Acid contents and the effect of fermentation condition of Kombucha tea beverages on physicochemical, microbiological and sensory properties. *CyTA Journal of Food*, 2017, 15(4), 601-607.

10. Primiani C., Pujiati, Mumtahanah M., Ardhi W. Kombucha fermentation test used for various types of herbal teas, *Journal of Physics: Conference Series*, 2018, 1025, 012073.
11. Teoh A.L., Heard G., Cox J. Yeast ecology of Kombucha fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 2004, 95(2), 119–126.
12. Vázquez- Cabral B. D., Rocha- Guzmán N. E., Gallegos- Infante J. A., González- Herrera S. M., González- Laredo R. F., Moreno- Jiménez M. R., Córdova- Moreno I. T. S. Chemical and sensory evaluation of a functional beverage obtained from infusions of oak leaves (*Quercus resinosa*) inoculated with the kombucha consortium under different processing conditions. *Nutrafoods*, 2014, 13(4), 69-178.
13. Velicanski A., Cvetkovic D., Markov S., Tumbas Saponjac V., Vulic J. Antioxidant and antibacterial activity of beverage obtained by fermentation of sweetened lemon balm (*Melissa officinalis* L.) tea with symbiotic consortium of bacteria and yeasts. *Food Technology and Biotechnology*, 2014, 52(4), 420-429.
14. Villarreal- Soto A., Beaufort S., Bouajila J., Souchard J.P. 2018. Understanding Kombucha tea fermentation: a review. *Journal of Food Science*, 2018, 83(3), 580-587.
15. Zujko M., Witkowska A., Kiernozek B. Aktywność antyoksydacyjna naparów ziółowych. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2005, 38, 189-191.
16. Zych I., Krzepiło A. Pomiar całkowitej zdolności antyoksydacyjnej wybranych antyoksydantów i naparów metodą redukcji rodnika DPPH. *Chemia. Dydaktyka. Ekologia. Metrologia.*, 2010, 15(1), 51–54.

Pączki, faworki i marcepan – przysmaki warmińsko-mazurskiej kuchni w aspekcie oceny organoleptycznej i wartości odżywczej

Jadwiga Glica, Marzena Danowska-Oziewicz, Karolina Zawojek

*Katedra Żywnienia Człowieka, Wydział Nauki o Żywności,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie*

Streszczenie

Obecnie rośnie zainteresowanie kuchnią tradycyjną i pojawia się tendencja do wytwarzania wyrobów bazujących na dawnych recepturach. Popularyzacja i kultywowanie wiedzy na temat dziedzictwa kulinarnego może być poważnym źródłem finansowym lub przyczynić się do zwiększenia liczby gości odwiedzających dany region.

Celem pracy były badania jakościowe wybranych słodkich specjałów pochodzących z Warmii i Mazur. Badania prowadzono w oparciu o metody analizy sensorycznej i ocenę wartości odżywczej. Materiał badawczy stanowiły trzy rodzaje pączków: z ziemniaków, z serka homogenizowanego oraz tradycyjne, a także faworki i marcepan. Ocenę jakości sensorycznej dokonał zespół dziesięciu przeszkolonych oceniających stosując metodę skalowania i szeregowania. Wartość odżywczą oszacowano w programie komputerowym Dieta 6.0. Wyniki poddano analizie statystycznej w programie Statistica 13.3 PL.

Przeprowadzone badania wykazały, że wszystkie produkty są wysoce akceptowalne wśród oceniających. Ich ocena ogólna kształtowała się na poziomie od 8,3 punktów dla pączków z serka homogenizowanego do 9,4 punktów dla pączków z ziemniaków. Różnice istotne statystycznie zaobserwowano między wyróżnikami: barwa na zewnątrz, intensywność zapachu i smaku odpowiednio ziemniaczanego, różanego i waniliowego; konsystencja – miękkość oraz w ocenie ogólnej ($p < 0,05$).

Badane wyroby charakteryzowały się wysoką wartością energetyczną, dużym udziałem tłuszczu ogółem i węglowodanów. Ich spożycie powinno ograniczyć się do specjalnych okazji, związanych z tradycjami kulinarnymi przy jednoczesnym ograniczeniu konsumpcji w tym dniu innych wysokoenergetycznych produktów.

Należy podkreślić, że produkty bazujące na dawnych recepturach przyczyniają się do podtrzymania tradycji kulinarnej regionu i mogą być ciekawą alternatywą dla współcześnie dostępnych słodczy.

Słowa kluczowe: pączki, faworki, marcepan, żywność tradycyjna, Warmia i Mazury

Wstęp

1. Warmińsko-mazurskie przysmaki – pączki

Kuchnia Warmii i Mazur, jak większość kuchni regionalnych została ukształtowana w oparciu o podstawowe produkty i składniki występujące lokalnie, charakterystyczne dla

tego regionu. Podstawą wyżywienia ludności zamieszkującej te tereny były produkty roślinne [Achremczyk, 2011].

Bardzo ważną część warmińsko-mazurskiej kuchni stanowią desery i ciasta. Jak podają źródła historyczne nawet w czasach niedostatku gospodynie troszczyły się o to, by codziennie na stole pojawiało się ciasto. Tradycyjnym wypiekiem był kuch, czyli ciasto drożdżowe z kruszonką i różnymi dodatkami. Również dużą popularnością cieszyły się w tym regionie strucle z makiem i serem lub marcepanem. Do najbardziej popularnych słodkich przekąsek można zaliczyć także fefernuszki, brukowiec mazurski, pączki, faworki i marcepan [Jackowska, 2009].

W Polsce pączki pojawiły się na przełomie XV i XVI wieku. Były to niezbyt wyrośnięte, nasączone tłuszczem i wypchane słoniną, smażone na oleju bułki. Pączki przyrządzane na słodko pojawiły się w Polsce dopiero w XVI wieku, zaś krągły kształt pączka pochodzi z XVIII wieku, kiedy to do wypieku pączków zaczęto stosować drożdże, aby nadać im puszystości [Akademia Mistrza, 2018]. Mianem krepli określano pączki przygotowywane na Górnym Śląsku, od niemieckiego *Krapfen*, czyli ciasto smażone w tłuszczu [Ostojski i Wolski, 2006].

W staropolskich zapiskach kulinarnych, na przykład w książce kucharskiej dworu Radziwiłłów, z około 1686 roku znajduje się przepis na pączki cukrowe przygotowywane z mąki, białek jaj i kilku łyżek wódki różanej [Dumanowski i Jankowski, 2011]. Innym rodzajem były pączki workowe, przygotowywane z ciasta parzonego na bazie jaj, mleka i mąki [Dumanowski i in., 2017]. Jeszcze innym rodzajem były pączki migdałowe tretowane (smażone). Głównym ich składnikiem były migdały, które należało utłuc bardzo drobno z chlebem namoczonym w wodce różanej. Do tak przygotowanej masy dodawano cukier i żółtka jaj. Następnie z ciasta formowano „kluseczki” podłużne lub okrągłe i smażyło je w średnio nagrzanym tłuszczu. Po usmażeniu pączki należało nadziać rozmarynem i posypać cukrem [Dumanowski i Jankowski, 2011].

Znane były również pączki ziemniaczane. Do ich przygotowania niezbędne były upieczone ziemniaki, spirytus lub rum, masło, śmietana, cukier i sól. Upieczone ziemniaki rozgniatano w moździerzu wraz z pozostałymi składnikami przez przynajmniej pół godziny. Następnie do masy dodawano jaja tak, aby masa nie była ani za gęsta ani za rzadka. Z gotowego ciasta wyrabiano gałki wielkości orzechów włoskich, obtaczano je w mące i smażyło w roztopionym maśle. Po smażeniu pączki posypywano cukrem pudrem połączonym z cynamonem [Dumanowski i in., 2017].

Na Warmii i Mazurach zwyczaj jedzenia pączków jest związany nierozzerwalnie z tradycją zapustów, czyli dni karnawału od Nowego Roku do Wielkiego Postu. Wszystkie tradycyjne obrzędy wykonywane w ostatnim tygodniu przed Środą Popielcową miały symboliczne i magiczne znaczenie. Zapusty były ostatnią okazją do radosnej zabawy, gdyż po nich w chrześcijańskim kalendarzu liturgicznym następował Wielki Post. W związku z powyższym należało się wybawić, wytańczyć i najeść, aby potem móc oddać się należytej zadumie i duchowym przygotowaniom do Wielkanocy [Dumanowski i Nowicki, 2019; Kuźniewski, 2002].

W okresie zapustów na Warmii i Mazurach przygotowywano tłuste potrawy, wśród których prym wiodły plńce i pączki, które nazywano też rogalami. Ostatek pączki wyrabiano z rzadkiego ciasta drożdżowego, które podczas wrzucania na tłuszcz odlepiało się od rąk tworząc swoiste rogi. Najczęściej pączki nadziewano słoniną i smażyono na smalcu [Hochleitner, 2011].

Obecnie pączki są drożdżowym wyrobem cukierniczym, technologicznie zaliczanym do wyrobów nietrwałych, uformowanym na kształt lekko spłaszczonej kuli i usmażonym na ciemnobrązowy kolor. Tradycyjnie, do przygotowania pączków, wykorzystuje się mąkę pszenną, drożdże, cukier, sól, jaja, tłuszcz, mleko a także dodatki nadające zapach i smak [Kołozyn-Krajewska i Sikora, 2004]. Wnętrze pączka wypełniane jest nadzieniem – marmoladą lub konfiturą. Rzadziej stosuje się natomiast budyń, czekoladę lub twaróg. Wierzch pączka polewa się jest lukrem, polewą czekoladową bądź obsypuje cukrem pudrem. Częstym dodatkiem do pączków jest też kandyzowana skórka pomarańczowa, którą posypuje się wierzch wyrobów [Czerwińska, 2012a].

2. Faworki, chrusty, chruściki

Jak podają źródła historyczne faworki, chrusty mają swe korzenie na terenach Litwy, Niemiec, a także na Śląsku. W zależności od regionu nosiły one różne nazwy i najczęściej były spożywane w czasie karnawału, a także w Tłusty Czwartek i na ostatek, czyli we wtorek przed Środą Popielcową [Ostojski i Wolski, 2006]. Nazwa faworki pochodzi od francuskiego słowa "*faveur*", które oznacza wstążkę, tasiemkę. Nazwa chrust ma słowiańskie pochodzenie. Kruchość i łamliwość ciasteczek kojarzyła się z suchym opalem, zbieranym w lesie - chrustem. Jak podają niektórzy autorzy nazwa ta może pochodzić także od charakterystycznego dźwięku, towarzyszącego spożywaniu wypieków – chrupania [Banasik, 2005; Kożuszek, 2015].

Początkowo faworki przygotowywano z ciasta na pączki, przez co były ciężkie i tłuste. Później przyrządzano je z ciasta lanego i biszkoptowego, aż wreszcie z tak zwanego ciasta zbijanego, z którego do dziś przyrządza się faworki [Jarosławska, 2000; Książyk, 2013].

Chrust z lejki – to przepis na lane ciasto na bazie mąki, cukru, jaj, mleka lub wina i cynamonu. Wszystkie wymienione składniki łączono i przygotowywano z nich rzadkie ciasto, które następnie wlewano cienkim strumieniem do gorącego tłuszczu. Ciasto rozlewano tak by uformowało się popłatane koło. Wypiek smażyono z dwóch stron, a następnie posypywano cukrem lub zalewano gęstym sokiem lub syropem [Leszczyńska, 2016].

Z XVIII wieku pochodzi przepis na faworki nazywane figurkami. W celu ich przygotowania należało masło połączyć z mąką w takiej ilości, by ciasto było suche. Następnie wkładano je do wody i gotowano. Po ugotowaniu dodawano żółtka jaj. Konsystencja ciasta musiała być lekko lepka. Tak przygotowane ciasto wykładano małymi porcjami na gorący tłuszcz i smażyono do zrumienienia, a po wystygnięciu posypywano cukrem [Mielcarz, 2014].

Jeszcze inną recepturą charakteryzują się faworki z opłatków, czyli andrutów lub wafli. Przygotowanie krepki opłatkowych rozpoczynano od przesmażenia powideł z miodem.

Masę doprawiano pieprzem. Gęste powidła wkładano pomiędzy dwa wafle i dokładnie zlepiano. Z mąki i jaj przygotowywano ciasto, którym dokładnie obtaczano nadziane wafle. Tak przygotowane krepki smażyono na maśle. Powyższa receptura uwzględnia także inny rodzaj nadzienia. Według przepisu wafle można nadziać dosłodzoną konfiturą z róży lub migdałami utłuczonymi z cukrem i wódką różaną [Czerwińska, 2006].

Współcześnie faworki wyrabiane są ze zbijanego ciasta śmietanowego. Składnikami niezbędnymi do jego przygotowania są mąka pszenna, cukier puder, margaryna, żółtka jaj, śmietana i spirytus. Otrzymane ciasto, w celu spulchnienia i uzyskania plastycznej konsystencji, zbija się drewnianym wałkiem do momentu pojawienia się pęcherzyków powietrza [Kołożyn-Krajewska i Sikora, 2004]. Następnie ciasto wałkuje się na grubość około 2 mm i kroi na pasy. Faworki formuje się poprzez przeciągnięcie jednego z krótszych brzegów prostokąta przez nacięcie, tworząc charakterystyczny kształt „kokardki”. Faworki smaży się we wrzącym tłuszczu aż do zrumienienia. Do smażenia najczęściej wykorzystuje się olej, smalec lub klarowane masło. Końcowym etapem przygotowania chrustu jest jego pudrowanie, czyli obfite posypywanie cukrem pudrem [Kaźmierczak, 2019].

Z ciasta na faworki przygotowuje się także róże karnawałowe, które różnią się zasadniczo kształtem. Do ich przygotowania potrzebne są trzy krążki wycięte z rozwałkowanego ciasta, o różnej średnicy i ponacinanych brzegach. Wycięte kółka skleja się ze sobą przy pomocy białka jaja układając jedno na drugim i smaży na głębokim tłuszczu. Środek róży dekoruje się wisienką lub niewielką ilością marmolady z dzikiej róży, a następnie całość posypuje cukrem pudrem [Chojnacka, 2009].

3. Marcepan zapomniany specjal Warmii i Mazur

Marcepan to słodka masa składająca się z mielonych drobno migdałów i cukru pudru lub alternatywnie miodu. Wśród najpopularniejszych dodatków do marcepanu zaliczyć należy wodę różaną i olejek migdałowy. Jakość marcepanu zależy głównie od proporcji składników. Wysoką klasą charakteryzuje się marcepan, w którym udział migdałów jest wyższy niż składnika słodzącego [Kołożyn-Krajewska i Sikora, 2004].

Wyróżnia się dwa sposoby produkcji marcepanu: sporządzany na surowo i zaparzony. Produkcja marcepanu na surowo polega na zmieleniu z cukrem surowych migdałów. Natomiast w przypadku marcepanu zaparzanego zmielone migdały zaparza się syropem cukrowym [Czerwińska, 2012].

Jak podają źródła historyczne marcepan wywodzi się z krajów arabskich. Pierwsze wzmianki dotyczące wytwarzania marcepanu w Europie pojawiają się dopiero w wieku XII w hiszpańskim mieście Toledo, gdzie migdałowy przysmak „*Mazapán*” wytwarza się do dziś. Z podobnego okresu pochodzi włoska słodycz sycylijska nazywana marcowym chlebem, czyli „*marzapane*” [Jabłeczka i Baralkiewicz, 2007]. W literaturze można także znaleźć historię XV-wiecznego estońskiego studenta farmakologii o imieniu Mart, który zmuszony był przygotować lekarstwo dla tallińskich dostojników. Postawiono mu jednak jeden warunek, lekarstwo miało być smaczne i łatwe w podaniu. Mart zagniół więc leki

wraz z masą z migdałów i cukru. Tak miał powstać *chleba Marta*, czyli po estońsku „*Mardileib*”. W czasie rozkwitu Ligi Hanzeatyckiej Niemcy specjalizowały się w produkcji i eksporcie migdałowych bochenków. Do dziś nieoficjalną stolicą marcepanu uznaje się miasto Lubeka [Truskolawska, 2010].

W Polsce marcepan pojawił się w XVI wieku. Od 1564 roku jego wytwarzaniem zajmowali się wyłącznie aptekarze, marcepan był używany jako środek leczniczy. Wiązało się to z zastosowaniem do produkcji marcepanu gorzkich migdałów, które zawierają organiczny związek chemiczny – amigdalinę, o charakterystycznym gorzkim smaku i aromacie. W organizmie człowieka związek ten ulega hydrolizie, tworząc cyjanowodór. Kiedyś cyjanowodór stosowany był w leczeniu pobudzenia nerwowego, nieżyty oskrzeli, kaszlu i zapalenia płuc. Obecnie dodatku tego nie stosuje się w produkcji marcepana ze względu na jego właściwości toksyczne [Hochleitner, 2011].

W staropolskich przepisach kulinarnych znaleźć można kilka rodzajów marcepana. Wśród nich na szczególną uwagę zasługuje marcepan z XVI wieku nazywany chlebem królewskim. Oczyszczone migdały moczy się w palonej wodce cyjamonowej, a następnie mieli i łączy z cukrem pudrem. W niektórych przepisach cukier zastępowano cyjamonem połączonym ze sproszkowanym imbirem. Z tak przygotowanej masy przygotowywano wyroby o różnych kształtach [Profus i Wolniak, 2002].

Nieco odmienne składniki i sposób przyrządzania marcepanu można znaleźć w recepturze z XVII wieku. Według przepisu migdały należy namoczyć w wodzie, dokładnie oczyścić i dopiero wówczas przystępować do ich mielenia. Podczas rozdrabniania migdały należy skrapiać wodą i ucierać je od razu z cukrem. Tak przygotowaną masę należało wyłożyć na blachę lub patelnię i smażyć na ogniu skrapiając wódką różaną i posypując obficie cukrem pudrem [Badowska, 2014].

W regionie Warmii i Mazur najbardziej popularnym był marcepan królewiecki. Nazwa powyższego wyrobu pochodzi od miasta Królewiec, dawnej stolicy Prus. Unikatowość marcepanu królewieckiego polegała na pieczeniu masy migdałowej w piecu. W celu przyrządzenia marcepanu królewieckiego należało migdały zalać wodą i ściągnąć z nich skórkę. Osuszone migdały następnie mielono i łączono z cukrem pudrem, dodając po kropki wody różanej. Masę wyrabiano dość długo po czym pozostawiano ją w misce do dnia następnego. W dalszej kolejności z masy formowano kulki, obwarzanki lub małe bochenki, układano je na pergaminie i pieczono w wysokiej temperaturze, tak by uzyskać brązowy kolor. Po wyjęciu z pieca marcepan smarowano pianą z białka. Cechą charakterystyczną tego przysmaku jest skarmelizowana górna warstwa uformowanego marcepana przy zachowaniu surowego spodu [Ostojski i Wolski, 2006].

Celem pracy było przedstawienie wybranych słodkich przysmaków kuchni Warmii i Mazur oraz badania jakościowe wybranych tradycyjnych specjałów. Badania jakościowe prowadzono w oparciu o metody analizy sensorycznej i ocenę wartości odżywczej.

Material i metody badań

Materiał badawczy stanowiły wybrane słodkie wyroby Warmii i Mazur. Były to: pączki tradycyjne, pączki z ziemniaków, pączki z serka homogenizowanego, faworki (chrusty, chruszcziki), a także marcepan królewiecki. Wyroby zostały przygotowane według własnych przepisów pochodzących ze źródeł rodzinnych przekazywanych z pokolenia na pokolenie ze współczesnymi modyfikacjami technologicznymi. Pączki i faworki smażyono we frytkownicy w temperaturze 175-180°C. Tylko faworki zostały posypane na powierzchni cukrem pudrem, pączki przygotowano bez pomady. Konfiturę z róży zakupiono od regionalnego przedsiębiorcy, który przygotował ją samodzielnie wg domowej, tradycyjnej receptury.

Marcepan królewiecki zakupiono od właściciela lokalnej kawiarni specjalizującej się w jego wyrabianiu, jest to wyrób wpisany na Listę Produktów Tradycyjnych województwa warmińsko-mazurskiego w dniu 2 grudnia 2020 roku [MINROL, 2021].

Szczegółowy skład recepturowy oraz kody próbek podano w tabeli 1.

Tabela 1. Skład recepturowy tradycyjnych wyrobów

Surowce	Pączki tradycyjne (kod 753)	Pączki z ziemniaków (kod 901)	Pączki z serka homogenizowanego (kod 123)	Faworki
mąka pszenna typ 500	500 g	1 kg	250 g	400 g
mleko 3,2%	250 ml	100 ml	-	-
cukier	60 g	150 g	-	20 g
cukier waniliowy	7,5 g	-	-	7,5 g
cukier puder	-	-	-	50 g
całe jaja	1 szt. (50 g)	2 szt. (100 g)	2 szt. (100 g)	1 szt. (50 g)
żółtka	4 szt. (120 g)	4 szt. (120 g)	-	5 szt. (150 g)
masło 82%	50 g	150 g	-	
drożdże	50 g	50 g	-	
spirytus	2 łyżki (30 g)	-	-	2 łyżki (30 g)
konfitura z róży/ziemniaki/serek homogenizowany waniliowy	500 g	1 kg	300 g	-
kwaśna śmietana 18%	-	-	-	100 g
sól	2 g	-	2 g	2 g
proszek do pieczenia	-	-	5 g	5 g
olej rzepakowy (% wchłonięcia tłuszczu)	100 ml	140 ml	35 ml	35 ml

Opracowanie własne

Analiza sensoryczna

Zastosowano dwie metody oceny jakości - metodę skalowania i szeregowania. Metodę skalowania wykorzystano w celu oceny wyróżników: barwy na zewnątrz i na przekroju, soczystości, miękkości i elastyczności ciasta, intensywności smaku i zapachu oraz oceny ogólnej. Posłużono się 10-cm, jednokierunkową, ustrukturowaną skalą graficzną z oznaczeniami brzegowymi. Metodą szeregowania porównano pączki i ich cechy jakościowe oraz akceptowalność ogólną. Ocenę prowadził zespół dziesięciu przeszkolonych oceniających, studentów i pracowników Katedry Żywienia Człowieka.

Ocena wartości odżywczej

Wartość odżywczą badanych wyrobów oszacowano w programie komputerowym Dieta 6.0. Wpisano do programu konkretną ilość użytych składników do przygotowania potrawy (tab. 1), tak by po przeliczeniu uzyskać wartość energetyczną, zawartość makro i mikroskładników. Informacje dotyczące wartości odżywczej marcepana otrzymano od producenta.

Oszacowano procent chłonięcia tłuszczu podczas smażenia na 30. Na podstawie masy całkowitej smażonych pączków we frytkownicy napełnionej 3 dm³ oleju rzepakowego obliczono ilość tłuszczu przypadająca na 100 g pączka – 5 ml. Na 100 g faworów ilość wchłoniętego tłuszczu wyniosła około 6 ml. Ilość tą uwzględniono w szacowaniu wartości odżywczej wyrobów.

Analiza statystyczna

Wyniki ocen organoleptycznych metodą skalowania opracowano w arkuszu kalkulacyjnym MS EXEL oraz poddano analizie statystycznej w programie Statistica 13.3 PL. Obliczono wartości średnie ($\bar{x}_{sr}$), odchylenia standardowe (SD), sprawdzono normalność rozkładu testem Shapiro-Wilka, jednorodność wariancji testem Levene'a, Browna i Forsythe'a oraz zastosowano test z niezależną estymacją wariancji na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Nie stwierdzono rozkładu normalnego i zastosowano testy nieparametryczne w analizie wariancji - ANOVA test Kruskala-Walissa dla porównania wielu prób niezależnych i test mediany Chi². Wyniki uznano za istotne statystycznie, gdy prawdopodobieństwo testowe $p < 0,05$.

Wyniki uzyskane przy pomocy metody szeregowania nie określają wielkości różnic pomiędzy próbkami. Do oceny statystycznej wyników zastosowano tablice Kramera, z których odczytano zakres górny (15-25) i dolny (16-24) dla $\alpha = 0,05$ i porównano wszystkie rodzaje pączków [Baryłko-Pikielna i Matuszewska, 2009; Karpińska-Tymoszczyk, 2013].

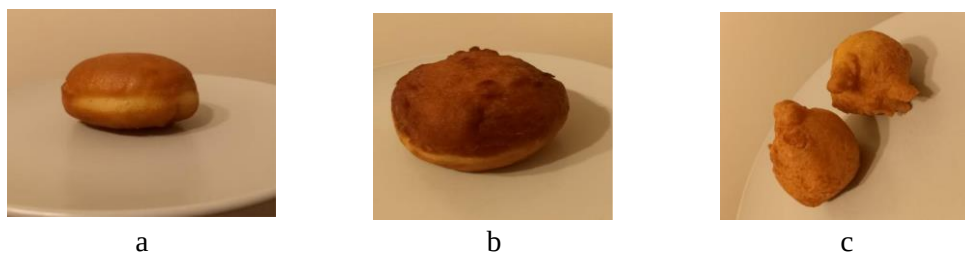
Wyniki i dyskusja

1. Ocena organoleptyczna tradycyjnych wyrobów

Pączki tradycyjne (rys. 1a) charakteryzowały się typową barwą i kształtem, bez oznak wyciekającej ze środka marmolady. Zapach był lekko słodki z silnie wyczuwalnym zapachem drożdżowym (4,7 pkt) i tłuszczowym (5,3 pkt). Pączki były miękkie, soczyste i ela-

styczne, o lekko słodkim (4,7 pkt), drożdżowym (4,1, pkt) oraz typowym smaku charakterystycznym dla użytej marmolady różanej (6,8 pkt). Najlepiej oceniono konsystencję, elastyczność ciasta i jego barwę odpowiednio 9,7, 9,6 oraz 9,1 pkt. Ocena ogólna pączków tradycyjnych wyniosła 9,2 pkt. W ocenie pożądalności wyróżników najwyższe noty uzyskała konsystencja (9,7 pkt).

Pączki z ziemniaków (rys. 1b) charakteryzowały się ciemnożółtą barwą na zewnątrz (8,1 pkt) oraz lekko kremowo-żółtą na przekroju (6,8 pkt). Odczuwalny zapach był typowy dla użytych składników bez zapachów obcych. Najwyższą punktację pączki z ziemniaków otrzymały za konsystencję, zarówno pod względem miękkości (9,7 pkt), jak i soczystości (8,3 pkt). Ciasto wykazywało także dużą elastyczność (7,7 pkt). Smak pączków był drożdżowo-słodki z wyczuwalną nutą smaku tłuszczowego. Wyróżniał je intensywny smak ziemniaków. Ocena ogólna wyniosła 9,4 pkt. W ocenie pożądalności najwyższe noty zaobserwowano w konsystencji i wyglądzie ogólnym (odpowiednio 9,9 oraz 9,8 pkt).



Rysunek 1. a) pączki tradycyjne (kod 753); b) pączki z ziemniaków (kod 901); c) pączki z serka homogenizowanego (kod 123) – zdjęcia własne

Do przygotowania trzeciego rodzaju pączków (rys. 1c) wykorzystano waniliowy serek homogenizowany. Wyroby miały postać małych, okrągłych kuleczek o barwie jasnożółtej na zewnątrz (5,0 pkt) i kremowej na przekroju (5,8 pkt). Pączki były dość elastyczne (7,4 pkt), miękkie (8,4 pkt) i soczyste (8,0 pkt). Zapach i smak był typowy dla wykorzystanych składników z dominujących tłuszczowym (4,8 i 4,7 pkt) i prawie niewyczuwalnym słodkim (2,6 i 2,3 pkt). Zapach i smak waniliowy były niewyczuwalne mimo zastosowanego serka homogenizowanego waniliowego. Ocena ogólna wyniosła 8,3 pkt. W ocenie pożądalności najwyżej oceniono wygląd ogólny pączków – 9,2 pkt.

Pączki porównano między sobą stosując metodę szeregowania (tab. 2). Najniższą sumę rang we wszystkich wyróżnikach uzyskała próba 901, zaś najwyższą próba 123. Można zatem stwierdzić, że bez względu na badaną cechę najlepsze były pączki z ziemniaków, a najgorsze pączki z serka homogenizowanego.

Tabela 2. Suma rang w metodzie szeregowania

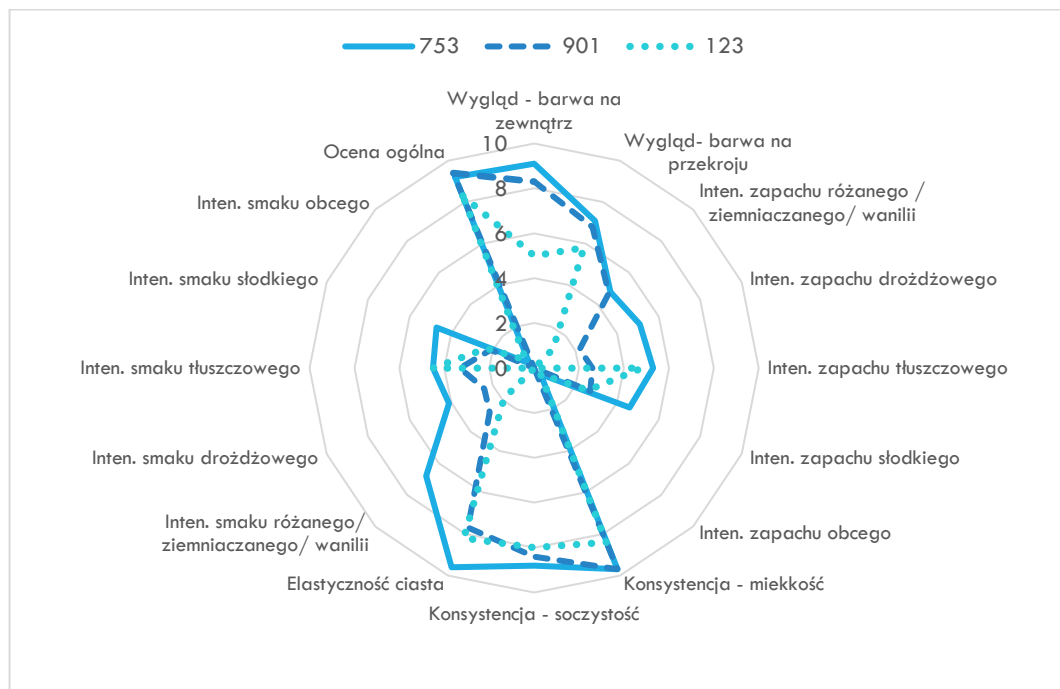
echa / wyroby	Pączki tradycyjne (kod 753)	Pączki z ziemniaków (kod 901)	Pączki z serka homogenizowanego (kod 123)
Wygląd	18	16	26
Konsystencja	20	12	28
Zapach	20	12	28
Smak	18	13	29
Ranga	II	I	III

Opracowanie własne

Na podstawie zakresu górnego stwierdzono, że badane pączki nie różnią się istotnie statystycznie między sobą pod względem wyglądu. Natomiast przynajmniej dwie z trzech próbek są zróżnicowane istotnie pod względem konsystencji, zapachu i smaku. Stosując zakres dolny porównano próbki parami. Istotne zróżnicowanie pod względem wyglądu, konsystencji, zapachu i smaku zaobserwowano w parach 901 (pączki z dodatkiem ziemniaków) i 123 (pączki z dodatkiem serka homogenizowanego). Pączki ziemniaczane były istotnie lepsze, miały bardziej preferowany wygląd, konsystencję, smak i zapach. W parze 753 i 123 stwierdzono, że pączki z serka homogenizowanego były istotnie gorsze od tych tradycyjnych pod względem badanych wyróżników. Natomiast w parze 901 i 753 oceniający wskazali na pączki z ziemniaków jako wyrób bardziej preferowany od pączków tradycyjnych.

Różnice istotne statystycznie zaobserwowano między takimi wyróżnikami jak wygląd (barwa na zewnątrz), intensywność poszczególnych wyróżników zapachu i smaku ziemniaczanego, różanego i waniliowego, konsystencja – miękkość, intensywność smaku słodkiego i w ocenie ogólnej ($p < 0,05$) (rys. 2).

Barwa na zewnątrz pączków tradycyjnych (próbka 753) była istotnie ciemniejsza. Może to świadczyć zbyt długim procesie smażenia pączków lub zbyt rozgrzanym olejem. Barwa na przekroju, mimo nieco innych receptur i surowców, nie była zróżnicowana istotnie statystycznie. W odniesieniu do zapachu istotne statystycznie były dwa wyróżniki: intensywność zapachu wykorzystanych dodatków oraz intensywność zapachu drożdżowego. Próbką 753 miała istotnie intensywniejszy zapach drożdżowy niż pozostałe (901 i 123). Konsystencja badanych wyrobów była podobna. Zaobserwowano różnice istotne statystycznie ($p < 0,05$) tylko w miękkości ciasta, pozostałe dwa wyróżniki soczystość i elastyczność ciasta były zbliżone. Pączki z dodatkiem ziemniaków (901) były bardziej miękkie niż pozostałe wyroby.

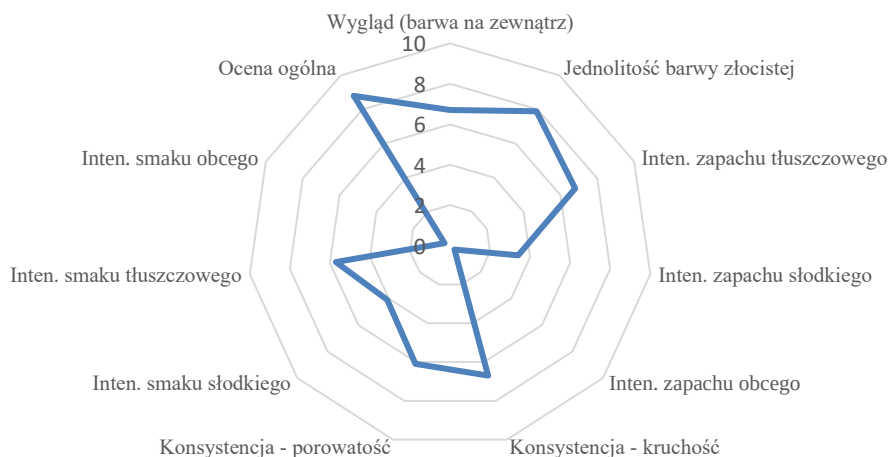


Rysunek 2. Ocena organoleptyczna badanych pączków (753 – pączki tradycyjne; 901 – pączki z ziemniaków; 123 – pączki z serka homogenizowanego)

W odniesieniu do smaku badanych pączków różnice istotnie statystycznie zaobserwowano dla wyróżników smaku wykorzystanych dodatków, smaku drożdżowego oraz słodkiego. Pączki tradycyjne (próbka 753) były istotnie słodsze oraz charakteryzowały się najbardziej intensywnym smakiem drożdżowym. Ocena ogólna była wyróżnikiem istotnie różnicującym pączki. Stwierdzono, że najlepsza jakościowo była próbka 901, czyli pączki z ziemniaków.

Potwierdzenie powyższych badań znaleźć możemy w raporcie „Polska na widelcu. Zwyczaje żywieniowe Polaków 2016”. Jak podaje autor Polacy są tradycjonalistami w kuchni i coraz częściej poszukują inspiracji kulinarnych w przepisach rodzinnych przekazywanych z pokolenia na pokolenie. Jeśli chodzi o pączki, dla konsumenta najważniejszy jest wygląd i konsystencja pączków. Zapach i smak pączków są cechami, które w mniejszym stopniu wpływają na wybór i preferencję konsumentów [CBOS 2014].

Faworki (rys. 3 i 4) charakteryzowały się typową strukturą ciast śmietanowych zbijanych - były kruche (6,7 pkt) i porowate (6,1 pkt) na powierzchni jasnożłote (6,7 pkt) o jednolitej barwie (7,9 pkt). Zapach i smak faworków był lekko słodki z silnie wyczuwalnym zapachem tłuszczowym bez oznak zapachu i smaku obcego. Faworki uzyskały ocenę ogólną na poziomie 8,8 pkt. Najbardziej pożądaną cechą był wygląd - barwa faworków (9,4). Kolejno jako pożądane cechy oceniający wskazali smak (9,0 pkt), zapach (8,6 pkt) i konsystencję (8,1 pkt).



Rysunek 3. Ocena organoleptyczna faworków



Rysunek 4. Faworki – zdjęcie własne



Rysunek 5. Marcepan królewiecki

Ciastka z masy marcepanowej (rys. 5 i 6) charakteryzowały się ciemnobrązową jednolitą barwą (8,5 pkt), intensywnie wyczuwalnym zapachem migdałowym (8,0 pkt) i słodkim (7,8 pkt) oraz silnie wyczuwalnym smakiem migdałowym (8,7 pkt) i słodkim (8,2 pkt). Masa marcepanowa była miękka (8,7 pkt) i dość wilgotna (8,0 pkt). Wyroby z masy marcepanowej uzyskały ocenę jakości ogólnej na poziomie 8,6 pkt. Najbardziej pożądaną cechą był smak marcepanu (8,9). Kolejno jako pożądanę cechy oceniający wskazali konsystencję (8,8 pkt), wygląd (8,7 pkt) i zapach (8,6 pkt). Pożądalność ogólna marcepanu uzyskała 8,7 pkt, co oznacza, że wyroby z masy marcepanowej są akceptowalne wśród osób oceniających. Podobnie wysoko oceniono wyroby z masy marcepanowej pochodzące z sieci dyskontów. Badania w tym zakresie zaprezentowano w artykule „Marcepan i wyroby pokrewne” [Gasparska, 2000].



Rysunek 6. Ocena organoleptyczna marcepana królewieckiego

2. Wartość odżywcza tradycyjnych wyrobów

Na podstawie składu recepturowego podanego w tabeli 1, oszacowano wartość odżywczą badanych wyrobów. Wszystkie analizowane wyroby charakteryzowały się wysoką wartością odżywczą wynikającą z zawartości dużej ilości węglowodanów i tłuszczu oraz zastosowanego procesu technologicznego – smażenia w głębokim tłuszczu i pieczenia w przypadku marcepana. Wyniki przedstawione w tabeli 3 dotyczą 100 g badanych wyrobów. Natomiast należy pamiętać, że najczęściej jada się jednego pączka o masie 80 g, kilka faworków czy 3 ciasteczka marcepanowe o łącznej masie około 60 g.

Nie da się jednoznacznie stwierdzić, który z pączków odznacza się najlepszą wartością odżywczą. Mają one porównywalną wartość energetyczną, zawartość tłuszczu i węglowodanów. W tym miejscu warto odnieść się do sposobów ograniczenia wchłaniania tłuszczu stosowanego do smażenia wyrobów, a co za tym idzie obniżenia wartości energetycznej produktów. W procesie technologicznym smażenia pączków niezwykle istotna jest temperatura tłuszczu. Gdy jest ona zbyt niska smażone produkty nadmiernie chłoną tłuszcz. Temperaturą optymalną dla smażenia pączków jest 180°C. Co ważne tłuszcz należy podgrzewać stopniowo, a nie gwałtownie. Istotna jest także ilość smażonych w partii pączków. Wrzucenie nadmiernej ilości pączków do tłuszczu powoduje gwałtowne obniżenie jego temperatury i zwiększa wchłanianie tłuszczu przez produkty.

Tabela 3. Wartość odżywcza w 100 g badanych wyrobów

Nazwa składnika	J.m.	Paczki tradycyjne (kod 753)	Paczki z ziemniaków (kod 901)	Paczki z serka homogenizowanego (kod 123)	Faworki	Marcepan królewiecki
Wartość energetyczna	kcal	273,68	258,77	252,93	299,02	417,92
Tłuszcz	g	10,53	9,80	8,24	11,54	21,67
Węglowodany	g	37,22	37,75	32,58	37,65	50,13
Białko ogółem	g	5,26	5,63	12,50	7,78	8,33
Białko roślinne	g	3,02	4,22	3,65	4,75	8,33
Błonnik pokarmowy	g	1,26	1,40	0,83	1,08	5,38
Kwasy tł. nasycone	g	3,22	1,82	1,90	3,21	1,98
Cholesterol	mg	93,65	58,59	51,76	194,00	0,00
Witamina A (ekwiwalent retinolu)	µg	98,76	96,92	49,37	174,00	0,00
Witamina E (ekwiwalent alfa-tokofolu)	µg	2,92	2,43	1,54	1,64	10,00
Witamina B12	µg	0,43	0,27	0,50	0,86	0,00
Witamina D	µg	0,39	0,65	0,25	0,81	0,00
Wapń	mg	35,90	20,30	49,35	46,15	100,00
Potas	mg	88,86	208,08	100,68	87,87	325,00
Magnez	mg	8,35	15,21	9,43	9,21	112,08
Żelazo	mg	1,14	1,04	0,76	1,80	1,25

Opracowanie własne na podstawie programu Dieta 6.0

W zależności od dodatku surowca głównego do ciasta, pączki mają inne zawartości witamin i składników mineralnych, które wynikają z charakteru tego produktu np. konfitura różana, ziemniaki czy serek homogenizowany. Zawartość białka w pączkach odnotowano na stosunkowo niskim poziomie. Najmniej białka zawierały pączki tradycyjne (5,26 g), a najwięcej pączki z dodatkiem serka homogenizowanego (12,5 g). Na podkreślenie zasługuje wysoka zawartość cholesterolu i niska zawartość błonnika. Najwyższą zawartość cholesterolu odnotowana została w odniesieniu do pączków tradycyjnych (93,65 mg), a błonnika pokarmowego w pączkach z ziemniaków (1,4 g). Najmniejszą zawartość błonnika wykazano w przypadku pączków z serka homogenizowanego (0,83 g).

Składnikami mineralnymi, które dominowały w badanych wyrobach były potas i wapń. Najwięcej potasu zawierały pączki z ziemniaków (208 mg), a wapnia wyroby z dodatkiem serka homogenizowanego (49,35 mg). Największym udziałem magnezu charakteryzowały się pączki z ziemniaków (15,21 mg), a żelaza pączki tradycyjne. Wśród witamin największy udział miała witamina A, pozostałe występowały w niewielkich ilościach.

W odniesieniu do wartości odżywczej pączków podobne wyniki uzyskała Czerwińska (2012a). Faworki odznaczały się wartością energetyczną, zawartością tłuszczu i węglowodanów zbliżoną do pączków. Zawierały więcej białka (7,78 g), cholesterolu (194 mg) i nasyconych kwasów tłuszczowych (3,21 g). Tu także dominująca była zawartość witaminy A. Ponadto stwierdzono obecność witaminy B₁₂, wapnia i żelaza, jednak zawartość tych związków była na niskim poziomie. W celu obniżenia wartości odżywczej można stosować zabiegi technologiczne powodujące obniżenie wchłaniania tłuszczu, takie jak dodatek do ciasta octu lub spirytusu, dodanie surowego ziemniaka do tłuszczu. Istotnym jest także niedopuszczenie do obeschnięcia wyciętych faworków przed ich usmażeniem. Wyschnięte faworki chłoną więcej tłuszczu podczas smażenia. Podobne wyniki analiz wartości odżywczej faworków jako jednego z wyrobów cukierniczych przedstawiają Gawęcki i Woźniwicz [2010].

Marcepan królewiecki charakteryzował się najwyższą wartością energetyczną, wynikającą z zastosowanych surowców - głównie były to migdały i cukier. Jednocześnie wykazywał najwyższą zawartość tłuszczu, węglowodanów, białka ogółem i roślinnego, błonnika pokarmowego, witaminy E, wapnia, potasu oraz magnezu. Analogiczną, jak w niniejszych badaniach, zawartość poszczególnych makro i mikroskładników oraz witamin w masie marcepanowej w swoich badaniach wykazała Czerwińska [2012b].

Marcepan królewiecki nie zawierał cholesterolu i miał jeden z niższych poziomów nasyconych kwasów tłuszczowych, co jest korzystne i zgodne z wytycznymi żywieniowymi. Według obecnych zaleceń żywieniowych [Jarosz i in. 2020] spożycie nasyconych kwasów tłuszczowych powinno być tak niskie jak to tylko możliwe.

W celu obniżenia wartości energetycznej masy marcepanowej w procesach produkcyjnych stosuje się zamienniki cukru. Do najbardziej popularnych zaliczyć należy miód i syrop klonowy. Zamienniki te są słodsze niż tradycyjny cukier co pozwala na zastosowanie ich w mniejszej ilości, a co za tym idzie zmniejszyć wartość energetyczną marcepanu. Ponadto miód i syrop klonowy zawierają cenne składniki odżywcze, które dodatkowo wzbogacają wartość odżywczą wyrobów z masy marcepanowej.

Podsumowanie

Analiza cech organoleptycznych oraz wartości odżywczej pozwoliła stwierdzić, iż wszystkie badane wyroby były akceptowalne i pożądane. Wszystkie wyroby uzyskały ocenę ogólną powyżej 8 punktów. Oceniający najbardziej preferowali pączki z ziemniaków, następnie pączki tradycyjne, zaś najmniej pączki z serka homogenizowanego. Wysoka ocena ogólna faworków wynikała głównie z odpowiedniej konsystencji i kruchości

tych wyrobów. W przypadku marcepana ciężko było określić, która z cech miała największy wpływ na ocenę ogólną, gdyż wszystkie wyróżniki były na zbliżonym poziomie.

W oparciu o wyniki analizy wartości odżywczej przygotowanych słodkich przysmaków stwierdzić należy, iż są to wyroby o wysokiej wartości energetycznej, charakteryzujące się dużym udziałem węglowodanów i tłuszczu. Zawierają niewielkie ilości witamin i składników mineralnych. Wyjątkiem są produkty z masy marcepanowej, które odznaczają się stosunkowo dużym udziałem potasu, magnezu i wapnia oraz witaminy E.

Wysoka wartość energetyczna sprawia, że produkty te powinny być spożywane okazjonalnie. W sposób szczególny powinny ich unikać osoby z cukrzycą, przewlekłym zapaleniem wątroby, chorobą trzustką czy otyłością. Stąd też zaleca się ograniczenie spożycia tego typu wyrobów lub ich całkowite wykluczenie z diety osób cierpiących na choroby metaboliczne. Spożycie pączków, faworków czy wyrobów z masy marcepanowej powinno skutkować ograniczeniem spożycia innych wysoko energetycznych lub tłustych produktów w ciągu dnia.

Wysoka akceptowalność świadczy o tym, że są to jednocześnie wyroby, które konsumenci chętnie jadają. Przy wyborze tego typu produktów warto się więc kierować jakością surowców dodanych do ich produkcji, składem i brać pod uwagę aspekt tradycyjnej receptury. Przyczynia się to do podtrzymania kulinarnych tradycji regionalnych.

Literatura

1. Achremczyk S., Kuchnia Warmii i Mazur, w: *Życie codzienne na dawnych ziemiach pruskich. Kuchnia dawnych ziem pruskich - tradycja i nowoczesność*, Olsztyn, 2011, 7-30.
2. Akademia Mistrza, Ach ten pączek - czyli inne oblicze symbolu cukiernictwa! *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*, 2018, 1, 48-49.
3. Badowska O., Marcepan, *Kuchnia. Magazyn dla Smakoszy*, 2014, 10, 38-46.
4. Banasik M., Pączki, chrusty i zapusty, *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*, 2005, 53(02), 64.
5. Baryłko-Pikielna N., Matuszewska I., *Sensoryczne badania żywności. Podstawy – Metody – Zastosowania*, Wydawnictwo Naukowe PTTŻ, Kraków, 2009.
6. CBOS, Centrum badania Opinii Społecznej, *Zachowania żywieniowe Polaków*. Nr 115/2014.
7. Chojnacka R., Karnawałowe słodkości, *Agrotechnika. Poradnik Rolnika*, 2009, 1, 52-53.
8. Czerwińska D., Jak pączek, byle nie w maśle Pączki i faworki - tradycyjne, polskie smakołyki, synonim dostatku i ucztowania, *Przegląd Gastronomiczny*, 2006, 2, 12-14.
9. Czerwińska D., Pora na pączki, *Cukiernictwo i Piekarstwo*, 2012a, 16(01-02), 62-64.
10. Czerwińska D., Zastosowanie marcepana w wyrobach cukierniczych, *Cukiernictwo*, 2012b, 2, 46-48.

11. Dumanowski J., Dias-Lewandowska D., Sikorska M., Staropolskie przepisy kulinarne. Receptury rozproszone z XVI-XVIII w. Źródła rękopiśmienne, Monumenta Poloniae Culinaria. Polskie zabytki kulinarne, red. Dumanowski J., VII, Warszawa, 2017.
12. Dumanowski J., Jankowski R., „Moda bardzo dobra smażenia różnych konfektów...”: nowe źródło do dziejów kuchni staropolskiej, Przegląd Historyczny 2011, 102/4, 675-696.
13. Dumanowski J., Nowicki M., Kuchnia polska Tradycja, teraźniejszość, wspólnota, Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Warszawa, 2019.
14. Gasparska R., Klasyfikacja wyrobów cukierniczych: Marcepan i wyroby pokrewne, Przegląd Piekarski i Cukierniczy, 2000, 48(2), 46.
15. Gawęcki J., Woźniewicz M., Produkty spożywcze jako źródło składników odżywczych, w: Żywnienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu, Gawęcki J. red., Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2010, 339 – 368.
16. Hochleitner J., Kuchnia świąteczna na Warmii, w: Życie codzienne na dawnych ziemiach pruskich. Kuchnia dawnych ziem pruskich - tradycja i nowoczesność, red. Chrzanowski T., Olsztyn, 2011, 132-148.
17. Jabłecka J., Baralkiewicz K., Chleb świętego Marka. Historia marcepanu, Cukiernictwo i Piekarstwo, 2007, 11(03), 80-81.
18. Jackowska W., Polska na słodko. Smak rodzinnych stron, Wyd. Świat Książki, Warszawa, 2009.
19. Jarosławska E., Faworki i pączki, Wieś Mazowiecka. Wojewódzki Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Warszawie, 2000, 3, 36.
20. Jarosz M., Rychlik E., Stoś K., Charzewska J., Normy żywienia dla populacji Polski i ich zastosowanie. Wyd. Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny, Warszawa, 2020.
21. Karpińska – Tymoszczyk M., Przewodnik do ćwiczeń z Analizy sensorycznej, UWM, Olsztyn, 2013.
22. Kaźmierczak M., Technologie produkcji cukierniczej. Wyroby cukiernicze, WSiP, Warszawa, 2019.
23. Kołożyn-Krajewska D., Sikora T., Towaroznawstwo żywności, WSiP, Warszawa, 2004.
24. Kożuszek R., Chruściki - polski specjał, Wiedza i Życie, 2015, 02, 36-37.
25. Książyk M., Karnawałowy smakołyk, Polish Food, 2013, 4, 22-23.
26. Kuźniewski B., Warmiacy i Mazurzy. Życie codzienne ludności wiejskiej w I połowie XIX wieku, Towarzystwo Przyjaciół Olsztyńska, Olsztynek, 2002.
27. Leszczyńska Z., Faworki, chrusty w różnych odsłonach, Zachodniopomorski Magazyn Rolniczy, 2016, 117, 45-46.
28. Mielcarz M., Karnawałowe wypieki - pączki i faworki, Cukiernictwo, 2014, 1, 28-30.

29. MINROL, Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Marcepan królewiecki, <https://www.gov.pl/web/rolnictwo/marcepan-krolewiecki> (dostęp on-line: 29.06.2021).
30. Ostojski T., Wolski R., Smak Mazur. Kuchnia dawnych Prus Wschodnich, Oficyna Wydawnicza Retman, Dąbrówno, 2006.
31. Profus J., Wolniak A., Przepisy z marcepanem, Kuchnia. Magazyn dla Smakoszy, 2002, 04, 54-57.
32. Truskolawska M., Marcepan, niedoceniony migdałowy rarytas, Przegląd Piekarski i Cukierniczy, 2010, 12, 86-88.

Porównanie składu chemicznego ziemniaków o różnym kolorze miąższu

Dorota Gumul, Anna Areczuk, Renata Sabat, Anna Wywrocka-Gurgul,
Katarzyna Szary-Sworst

*Katedra Technologii Węglowodanów i Przetwórstwa Zboż, Wydział Technologii Żywności,
Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie*

Streszczenie

Czerwone i fioletowe odmiany ziemniaków budzą szerokie zainteresowanie zarówno wśród naukowców, konsumentów, jak i producentów żywności, głównie z tego powodu, że są źródłem wielu związków bioaktywnych z grupy polifenoli. Niewiele jest jednak publikacji dotyczących innych składników w kolorowych odmianach ziemniaków, np. składników odżywczych i błonnika. Materiałem do badań były bulwy ziemniaków o jasnym miąższu (odmiany: *Denar*, *Jelly*, *Lord* i *Tajfun*) oraz bulwy z ziemniaków o czerwonym miąższu (odmiana: *Magenta Love*) i fioletowym miąższu (odmiany: *Blue Star*; *Valfi*; *Violeta*). Wykonano analizy składu chemicznego (tj. zawartości białka, tłuszczu, popiołu, skrobi, cukrów ogółem) i błonnika pokarmowego (ogółem, frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej). Stwierdzono, że ziemniaki o fioletowym i czerwonym miąższu charakteryzowały się mniejszą zawartością skrobi i rozpuszczalną frakcją błonnika pokarmowego, a większą zawartością popiołu i cukrów ogółem, przy stałej zawartości białka i tłuszczu w porównaniu z ziemniakami o jasnym miąższu.

Słowa kluczowe: ziemniaki o kolorowym miąższu, skład chemiczny, błonnik pokarmowy

Wstęp

Czerwone i fioletowe odmiany ziemniaków budzą szerokie zainteresowanie zarówno wśród naukowców, konsumentów jak i producentów żywności, ponieważ są źródłem bardzo wielu związków bioaktywnych z grupy polifenoli (kwas chlorogenowy, kwas galusowy, kwas ferulowy, kwas protokatechowy i kawowy, katechina, epikatechina, kwercetyna, rutyna, mirecytyna, antocyjany acetylowane kwasami fenolowymi) [Brown i in. 2003; Lachman i in. 2009]. Wyżej wymienione związki fenolowe wywierają korzystny wpływ na krwioobieg i czynność serca oraz działają ochronnie w wypadku różnego rodzaju promieniowania, oparzeń i odmrożeń. Wykazują one także działanie przeciwzapalne, przeciwalergiczne, przeciwzakrzepowe, przeciwwirusowe oraz przeciwnowotworowe [Manach i in. 2005]. Niewiele jest jednak publikacji dotyczących innych składników w kolorowych odmianach ziemniaków, np. składników odżywczych (tj. białko, tłuszcz, popiół, skrobia) oraz błonnika. Powszechnie wiadomo bowiem, że wartość żywieniowa ziemniaka o jasnym miąższu jest związana ze składem chemicznym bulwy ziemniaka, a w szczególności z takimi składnikami odżywczymi jak: skrobia, cukry ogółem i redukujące, tłuszcz, pełnowartościowe białko, błonnik pokarmowy, witaminy z grupy: C, B₁, B₂, B₆, jak również

mikro i makroelementy [Burlingame i in. 2009; Zarzecka i in. 2019]. Głównym składnikiem suchej masy bulwy ziemniaka jest skrobia, która decyduje o jej wartości energetycznej. Skrobia to polisacharyd będący materiałem zapasowym, złożonym z dwóch polimerów: amylozy i amylopektyny [Leszczyński 1994]. Białko ziemniaka charakteryzuje się dużą wartością biologiczną i odżywczą, bowiem zawiera wszystkie aminokwasy egzogenne (takie jak: lizyna, lecytyna, fenyloalanina, tyrozyna), które nie są syntezowane przez organizm człowieka. Biologiczna wartość białka ziemniaka jest porównywalna z białkiem jaja kurzego (chemical score CS jest w zakresie 57-69%) [Kapoor i in. 1975; Pęksa i in. 2009] oraz innych białek zwierzęcych i jest znacząco wyższa od wartości biologicznej białek: grochu, pszenicy i ryżu. Ponadto białko ziemniaka jest najlepszym źródłem lizyny w świecie roślin [Eppendorfer i Eggum 1994; Pęksa i in. 2013]. Bulwy ziemniaka zawierają niewiele tłuszczu, dzięki czemu wartość energetyczna ziemniaka jest mniejsza niż ziaren zbóż. Jednak obecne w ziemniaku związki lipidowe są niezwykle wartościowe, bowiem dominują wśród nich kwasy tłuszczowe: linolowy i linolenowy, należące do grupy niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych, które są bardzo potrzebne do prawidłowego funkcjonowania organizmu człowieka [Zgórska 2002; Wroniak 2006]. W bulwach ziemniaka występuje także znacząca ilość błonnika pokarmowego (2,5%) w którego skład wchodzi: celuloza, hemicelulozy, pektyny i lignina oraz inne substancje odporne na działanie enzymów trawiennych [Mazurczyk 2005]. Dotychczasowe badania na temat składu odżywczego czerwonych/fioletowych odmian ziemniaków skupiały się głównie na zawartości białka i skrobi [Rytel i in. 2014, Pęksa i in. 2018], a nie dotyczyły pozostałych składników oraz błonnika pokarmowego. Dlatego celem pracy było kompleksowe porównanie składu chemicznego, tj. zawartości białka, tłuszczu, popiołu, skrobi i cukrów redukujących oraz błonnika (ogółem, frakcji nierozpuszczalnej i rozpuszczalnej) w ziemniakach o jasnej barwie mięszu z ziemniakami o czerwonej i fioletowej barwie mięszu, zebranych w okresie dwóch lat.

Materiał i metody badań

Materiał

Materiałem do badań były bulwy ziemniaków o jasnym mięszu (odmiany: Denar, Jelly, Lord i Tajfun) pochodzące z gospodarstwa nasienno-handlowego w Biskupicach (Polska) oraz bulwy z ziemniaków o czerwonym mięszu (odmiana: Magenta Love) oraz fioletowym mięszu (odmiany: Blue Star; Valfi; Violeta) pochodzące z Instytutu Ochrony Środowiska i Organicznych Upraw (DEPOF) w Spiska Bela w Słowacji. Bulwy ziemniaka zostały zebrane w okresie dwóch lat (2016 i 2017).

Metodyka badań

Zawartość podstawowych składników chemicznych w analizowanych ziemniakach o jasnym, czerwonym i fioletowym mięszu została oznaczona metodami AOAC (2006) [International, 2006]. Zawartość białka ($N \times 6,25$) określono metodą Kjeldahla [AOAC metoda nr 920.87], stosując urządzenie Kjeltac 2200 (Foss, Dania), całkowitą zawartość

węglowodanów określono według AOAC metodą nr 974.06, tłuszcz wyznaczono według metody Soxhleta [AOAC metoda nr 953.38], stosując urządzenie Soxtec Avanti 2055 (Foss, Dania), a popiół metodą AOAC nr 930.05. Określono także zawartość błonnika pokarmowego, tj. całkowitego, oraz frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej, metodą 32-07 AACCI (2012), a skrobię oznaczono zgodnie z ICC (1995).

Analiza statystyczna. Dane eksperymentalne poddano analizie wariancji jednoczynnikowej (test Duncana), na poziomie istotności 0,05, przy użyciu oprogramowania Statistica v. 8.0 (Statsoft, Tulsa, Oklahoma USA). Wszystkie pomiary wykonano przynajmniej w dwóch powtórzeniach. Wyniki przedstawiono jako średnie z odchyleniem standardowym.

Wyniki i dyskusja

Ziemniaki uważane są za źródło węglowodanów, wysokowartościowego białka, witamin i składników mineralnych [Casanas i in. 2002; Andre i in. 2007], w związku z tym skład odżywczy badanych ziemniaków o różnym kolorze mięszu przedstawiono w tabelach 1 i 2.

Tabela 1. Skład chemiczny różnych odmian ziemniaków o czerwonym, fioletowym i jasnym mięszu (rok zbioru 2016)

Odmiana ziemniaka / barwa mięszu	Zawartość białka (g/100 g)	Zawartość popiołu (g/100 g)	Zawartość tłuszczu (g/100 g)	Zawartość cukrów (g/100 g)	Zawartość skrobi (g/100 g)
Denar / jasna	2,32 ± 0,23a*	0,97 ± 0,00b	0,09 ± 0,00b	0,88 ± 0,00b	19,52 ± 0,40e
Jelly / jasna	2,24 ± 0,24a	1,26 ± 0,10c	0,09 ± 0,00b	0,50 ± 0,16a	16,30 ± 0,29b
Lord / jasna	1,76 ± 0,25a	0,78 ± 0,00a	0,11 ± 0,00b	1,25 ± 0,10c	17,30 ± 0,30c
Tajfun / jasna	1,68 ± 0,26a	1,26 ± 0,10c	0,08 ± 0,02b	0,66 ± 0,00a	18,00 ± 0,30d
Blue Star / fioletowa	1,42 ± 0,37a	1,32 ± 0,16c	0,2 ± 0,02c	0,90 ± 0,12b	15,50 ± 0,28a
Magenta					
Love / czerwona	2,19 ± 0,23a	1,25 ± 0,10c	0,05 ± 0,03a	2,50 ± 0,09d	15,25 ± 0,40a
Valfi / fioletowa	1,84 ± 0,2a	1,20 ± 0,10c	0,10 ± 0,02b	1,20 ± 0,00c	15,17 ± 0,10a
Violeta / fioletowa	1,92 ± 0,42a	1,24 ± 0,12c	0,09 ± 0,00b	1,04 ± 0,12bc	15,25 ± 0,37a

* Różne litery w kolumnach oznaczają wartości średnie różne pod względem statystycznym (test Duncana, przy poziomie istotności $\alpha \leq 0,05$).

Stwierdzono, że niezależnie od koloru mięszu ziemniaków, jak również roku wegetacji (2016 i 2017 rok) zawartość białka była na stałym poziomie i oscylowała średnio wokół wartości 1,7 g / 100 g. Wśród odmian ziemniaków o jasnym mięszu (Denar, Lord, Jelly

i Tajfun) znaczną zawartością tego składnika odżywczego średnio 2,26 g/ 100 g charakteryzowały się odmiany Denar i Jelly, a wśród ziemniaków o kolorowym miąższu (czerwonym) odmiana Magenta Love (średnia 2,12 g/ 100 g). Biorąc pod uwagę fakt, że ziemniaki stanowią doskonałe źródło pełnowartościowego białka o wysokiej wartości odżywczej i biologicznej [Kapoor i in. 1975, Pęksa i in. 2009; Pęksa i in. 2013], należy odnotować, że nie ma różnic w zawartości tego cennego składnika odżywczego w ziemniakach o różnym kolorze miąższu.

Tabela 2. Skład chemiczny różnych odmian ziemniaków o czerwonym, fioletowym i jasnym miąższu (rok zbioru 2017)

Odmiana ziemniaka / barwa miąższu	Zawartość białka (g/100 g)	Zawartość popiołu (g/100 g)	Zawartość tłuszczu (g/100 g)	Zawartość cukrów (g/100 g)	Zawartość skrobi (g/100 g)
Denar / jasna	2,30 ± 0,20a*	0,93 ± 0,05b	0,08 ± 0,02b	1,03 ± 0,07b	19,04 ± 0,23e
Jelly /jasna	2,20 ± 0,23a	1,23 ± 0,17c	0,09 ± 0,00b	0,61 ± 0,22a	16,20 ± 0,15b
Lord/ jasna	1,78 ± 0,27a	0,70 ± 0,10a	0,10 ± 0,00b	1,32 ± 0,10c	17,01 ± 0,20c
Tajfun /jasna	1,65 ± 0,30a	1,24 ± 0,15c	0,09 ± 0,00b	0,82 ± 0,00a	17,32 ± 0,30cd
Blue Star / fioletowa	1,39 ± 0,37a	1,27 ± 0,12c	0,17 ± 0,02c	1,15 ± 0,04b	15,13 ± 0,40a
Magenta Love / czerwona	2,05 ± 0,17a	1,23 ± 0,10c	0,05 ± 0,00a	2,67 ± 0,10d	15,00 ± 0,30a
Valfi / fioletowa	1,75 ± 0,20a	1,17 ± 0,00c	0,09 ± 0,00b	1,29 ± 0,09c	14,75 ± 0,00a
Violeta / fioletowa	1,91 ± 0,25a	1,19 ± 0,11c	0,09 ± 0,00b	1,34 ± 0,15c	14,87 ± 0,27a

* Różne litery w kolumnach oznaczają wartości średnie różne pod względem statystycznym (test Duncana, przy poziomie istotności $\alpha \leq 0,05$).

W przeciwieństwie do zawartości składników mineralnych, których ilość jest znacznie mniejsza w ziemniakach o jasnym miąższu, w porównaniu z ziemniakami o fioletowym i czerwonym miąższu. Zaobserwowano, że zawartość popiołu w ziemniakach o jasnym miąższu była mniejsza średnio o 15,2% w stosunku do ziemniaków o kolorowym miąższu w sezonie wegetacyjnym 2016, a rok później (2017) była mniejsza o 15,7%. W przypadku tłuszczu, ilość tego składnika w ziemniakach o jasnym i kolorowym miąższu była stała (około 0,09 g/100 g). Wyjątek pod tym względem stanowiła odmiana o czerwonej barwie miąższu Magenta Love (0,05 g/100 g) oraz o fioletowej barwie miąższu Blue Star (średnio 0,185 g/100 g) (Tabele 1 i 2). W badaniach innych autorów zawartość białka w ziemniakach o jasnym miąższu kształtuje się na poziomie 2,14 g/100 g (Kołodziejczyk i in. 2013), około 2 g/100 g (Gumul i in. 2011), około 2,7 g/100 g (Zhou i in. 2019) i 0,85-4,2 g/100 g

(Burlingame i in. 2009), co jest zgodne z wynikami badań prezentowanymi w tej pracy. Analogiczną do wyników naszych badań zawartość białka w ziemniakach o kolorowym mięszu oznaczyła Pęksa i in. (2018), w zakresie 2,01-2,87 g/100 g. W badaniach tej pracy potwierdzono także wcześniejsze spostrzeżenia Jansena i Flamme (2006) którzy odnotowali brak różnic w zawartości białka w ziemniakach o jasnym i kolorowym mięszu. Ponadto pewne różnice w zawartości białka pomiędzy wynikami wcześniej cytowanych autorów, a wynikami tej pracy należy tłumaczyć w dużej mierze różnorodnością odmianową i zabiegami agrotechnicznymi (Pęksa i in. 2018). W przypadku popiołu jego zawartość w ziemniakach o jasnym mięszu była w zakresie 1,11-1,5 g/100 g (Zhou i in. 2019) oraz 0,9-1,12 g/100 g (Gumul i in. 2011) i 0,78-1,07 g/100 g (Wroniak 2006, Zgórska 2008). Natomiast ilość tłuszczu kształtowała się w zakresie 0,24-0,78 g/100 g (Gumul i in. 2011), 0,21-0,62 g/100 g (Wroniak 2006; Zgórska 2008), 1,11-1,6 g/100 g (Zhou i in. 2019), 0,05-0,51 g/100 g (Burlingame i in. 2009). Można więc stwierdzić, że wyniki dotyczące zawartości tłuszczu i popiołu w ziemniakach o jasnym mięszu były porównywalne z tymi uzyskanymi przez wyżej wymienionych autorów. Niestety brak jest danych literaturowych dotyczących zawartości tłuszczu i popiołu w czerwonych i fioletowych odmianach ziemniaków.

Jak już wcześniej wspomniano ziemniaki są źródłem węglowodanów, głównie skrobi, czyli polisacharydu składającego się z dwóch polimerów amylozy i amylopektyny stanowiącego materiał zapasowy tej rośliny (Rahman i in. 2000). W badaniach Rytel i in. (2014) dotyczących analizy zawartości skrobi w ziemniakach o kolorowym i jasnym mięszu zaobserwowano różnice w zawartości tego polisacharydu. W badaniach wyżej wymienionego zespołu ziemniaki o kolorowym mięszu charakteryzowały się zawartością skrobi w zakresie 15,08-17,9 g/100 g, zaś odmiana ziemniaków o jasnym mięszu zawierała 19 g/100 g skrobi. Podobnie zawartość skrobi w ziemniakach o kolorowym mięszu w obu sezonach wegetacyjnych (2016 i 2017) (Tabele 1 i 2) wynosiła odpowiednio 15,3 g/100 g i 14,93 g/100 g, zaś ilość tego polisacharydu w ziemniakach o jasnym mięszu była na poziomie 17,78 i 17,4 g/100 g. Można więc potwierdzić dane dotyczące różnej zawartości skrobi w ziemniakach o innym kolorze mięszu. W wynikach badań prezentowanych w tej pracy (Tabele 1 i 2) zawartość skrobi w ziemniakach o czerwonym i purpurowym mięszu była mniejsza średnio o 14% w stosunku do ziemniaków o jasnym mięszu, niezależnie od roku zbioru bulwy ziemniaka. Ten fakt należy tłumaczyć najprawdopodobniej tym, że skrobia jest prekursorem syntezy antocyjanów w słodkich ziemniakach- batatach (Wang i in. 2016), w związku z tym analogiczna sytuacja może mieć miejsce w ziemniakach uprawowych (*Solanum tuberosum* L.), stąd mniejsza zawartość tego polisacharydu w ziemniakach o kolorowym mięszu (Tabele 1 i 2). Na uwagę zasługuje również brak zmian w zawartości skrobi w ziemniakach czerwonych i fioletowych z różnych odmian w przeciwieństwie do istotnych różnic w zawartości tego polisacharydu w ziemniakach o jasnym mięszu (Tabele 1 i 2).

W przypadku zawartości cukrów ogółem ich ilość kształtowała się w zakresie 0,5-1,32 g/100 g w ziemniakach o jasnym mięszu, w porównaniu do ziemniaków o kolorowym

mięszu, gdzie zawartość cukrów wynosiła 0,9-2,67 g/100 g (Tabele 1 i 2). Można więc wnioskować, że ziemniaki o kolorowym mięszu charakteryzowały się większą zawartością cukrów ogółem w stosunku do ziemniaków o jasnym mięszu.

Z danych literaturowych wynika, że zawartość skrobi w ziemniakach o kolorowym mięszu wynosiła 15,8-17,9 g/100 g, a w ziemniakach o jasnym mięszu kształtowała się na poziomie 9,1- 22,6 g/100 g (Burlingame i in. 2009), około 10 g/100 g (Gumul i in. 2011), 11,72-19,74 g/100 g (Jarych 2004). Natomiast zawartość cukrów ogółem w ziemniakach o jasnym mięszu była na poziomie 0,28-0,98 g/100 g, a w ziemniakach o czerwonym i purpurowym mięszu według Kity i in. (2013), wynosiła 0,14-0,51 g/100 g. Na rozbieżności w zawartości tych dwóch składników, tj. skrobi i cukrów ogółem w wynikach badań tej pracy, a w wynikach przytoczonych wyżej autorów będą miały wpływ genotyp, odmiana, warunki klimatyczne i agrotechniczne. Wyżej wymienione czynniki w różnym sposób mogą kształtować zawartość skrobi i cukrów, podobne wnioski formują inni autorzy (Wojdyła 1997; Nowacki i in. 2000; Jarych 2014).

Kolejnym składnikiem należącym do polisacharydów nieskrobiowych jest błonnik pokarmowy, określany często jako kompleks składników o różnej budowie chemicznej, którego zawartość w ziemniakach o różnym kolorze mięszu przedstawiono w tabelach 3 i 4.

Błonnik pokarmowy to kompleks wieloskładnikowy, niejednorodny chemicznie w którym wyróżniamy frakcje nierozpuszczalną i rozpuszczalną o odmiennym działaniu fizjologicznym na organizm człowieka. Frakcję nierozpuszczalną błonnika zaleca się w prewencji i leczeniu chorób jelita grubego (zaparcie nawykowych, zespołu jelita drażliwego, hemoroidów i uchyłkowatości jelita grubego). Natomiast frakcja rozpuszczalna błonnika pokarmowego wykazuje działanie hipocholesterolemiczne, hipoglikemiczne jak również antykancerogenne. W diecie człowieka do głównych źródeł błonnika należą zboża, warzywa i owoce. Zawartość frakcji nierozpuszczalnej błonnika (1,7 g/ 100 g) i rozpuszczalnej (0,5 g/100 g) w ziemniakach o jasnym mięszu oznaczyła w badaniach Gumul wraz z zespołem (2011). Zaś Burlingame i inni (2009) podaje zawartość tych frakcji - nierozpuszczalnej na poziomie (0,41-2,53 g/100 g), a rozpuszczalnej w zakresie (0,87-1,22 g/100 g) w ziemniakach.

Tabela 3. Zawartość błonnika pokarmowego w różnych odmianach ziemniaków o czerwonym, fioletowym i jasnym miąższu (rok zbioru 2016)

Odmiana ziemniaka / barwa miąższu	Nierozpuszczalna frakcja błonnika (g/100 g)	Rozpuszczalna frak- cja błonnika (g/100 g)	Błonnik ogółem (g/100 g)
Denar / jasna	1,28 ± 0,04 b*	0,84 ± 0,03 e	2,13 ± 0,02 bc
Jelly / jasna	1,41 ± 0,05 b	0,73 ± 0,04 cd	2,14 ± 0,02 bc
Lord / jasna	1,26 ± 0,13 b	0,78 ± 0,02 d	2,04 ± 0,02 b
Tajfun / jasna	1,29 ± 0,04 b	0,62 ± 0,01 b	1,91 ± 0,13 ab
Blue Star / fioletowa	1,28 ± 0,04 b	0,46 ± 0,00 a	1,74 ± 0,00 a
Magenta Love / czer- wona	0,97 ± 0,03 a	0,63 ± 0,01 b	1,6 ± 0,12 a
Valfi / fioletowa	1,25 ± 0,02 b	0,61 ± 0,02 b	1,86 ± 0,20 a
Violeta / fioletowa	1,50 ± 0,02 c	0,68 ± 0,00 c	2,18 ± 0,02 bc

* Różne litery w kolumnach oznaczają wartości średnie różne pod względem statystycznym (test Duncana, przy poziomie istotności $\alpha \leq 0,05$).

Tabela 4. Zawartość błonnika pokarmowego w różnych odmianach ziemniaków o czerwonym, fioletowym i jasnym miąższu (rok zbioru 2017)

Odmiana ziemniaka / barwa miąższu	Nierozpuszczalna frakcja błonnika (g/100 g)	Rozpuszczalna frak- cja błonnika (g/100 g)	Błonnik ogółem (g/100 g)
Denar / jasna	1,02 ± 0,22 b*	0,82 ± 0,02 e	1,84 ± 0,14 bc
Jelly / jasna	1,23 ± 0,00 b	0,71 ± 0,05 cd	2,04 ± 0,05 bc
Lord / jasna	1,16 ± 0,05 b	0,70 ± 0,03 d	1,66 ± 0,37 ab
Tajfun / jasna	1,20 ± 0,07 b	0,58 ± 0,01 b	1,78 ± 0,23 ab
Blue Star / fioletowa	1,25 ± 0,04 b	0,42 ± 0,00 a	1,67 ± 0,10 ab
Magenta Love / czer- wona	0,81 ± 0,03 a	0,57 ± 0,00 b	1,38 ± 0,24 a
Valfi / fioletowa	1,19 ± 0,00 b	0,54 ± 0,04 b	1,73 ± 0,12 ab
Violeta / fioletowa	1,43 ± 0,07 c	0,61 ± 0,00 c	2,03 ± 0,00 bc

* Różne litery w kolumnach oznaczają różne wartości średnie pod względem statystycznym. (test Duncana, przy poziomie istotności $\alpha \leq 0,05$).

Warzywa w tym ziemniak są źródłem rozpuszczalnej frakcji błonnika w przeciwieństwie do zbóż, które są źródłem frakcji nierozpuszczalnej. Mając na względzie fakt, że ziemniaki są głównie źródłem rozpuszczalnej frakcji błonnika, porównując jej zawartość w obu sezonach wegetacyjnych, można stwierdzić, że zdecydowanie większą średnią zawartość wykazują ziemniaki o jasnym miąższu odpowiednio 0,74 g/ 100 g (2016 rok) i 0,7 g/100 g (2017 rok), niż ziemniaki o czerwonym lub fioletowym miąższu 0,6 g/100 g (2016 rok) i 0,53 g/ 100 g (2017 rok). Przeciwną tendencję odnotowano w przypadku frakcji nierozpuszczalnej błonnika, bowiem wśród analizowanych ziemniaków nie ma różnic

w zawartości tej frakcji w ziemniakach o jasnym i kolorowym miąższu (średnie około 1,3 g/100 g (2016 rok) i 1,16 g/100 g (2017 rok) (wyjątek stanowią odmiany Magenta Love i Violeta) (Tabele 3 i 4). Błonnik ogółem wyrażony jako suma frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej będzie kształtowany w tym przypadku różnicą w zawartości frakcji rozpuszczalnej. Stąd zawartość błonnika pokarmowego ogółem jest większa o 8-11% w ziemniakach o jasnym miąższu w stosunku do ziemniaków o kolorowym miąższu.

Spośród wszystkich analizowanych odmian ziemniaków o czerwonym i fioletowym miąższu największą zawartość frakcji rozpuszczalnej, nierozpuszczalnej oraz ogółem błonnika pokarmowego wykazała odmiana Violeta, a w ziemniakach o jasnej barwie miąższu odmiany Jelly i Denar (Tabele 3 i 4).

Podsumowanie

Stwierdzono, że ziemniaki o fioletowym i czerwonym miąższu charakteryzowały się mniejszą zawartością skrobi (o 14%) i rozpuszczalną frakcją błonnika pokarmowego (o 19%), w stosunku do ziemniaków o jasnym miąższu. Zawartość błonnika pokarmowego ogółem była większa w zakresie 8-11% w ziemniakach o jasnym miąższu niż w ziemniakach o czerwonym/fioletowym miąższu. Odnotowano również większą zawartość popiołu (o 15,5%) i cukrów ogółem (o 41%) w ziemniakach o kolorowym miąższu niż jasnym. Porównując ziemniaki o fioletowym i czerwonym miąższu z ziemniakami o jasnym miąższu zaobserwowano, że zawartości białka i tłuszczu nie zmieniła się w tych dwóch rodzajach ziemniaków, podczas dwuletniego okresu badań.

Badania zostały sfinansowane z dotacji przyznanej przez MEiN na działalność statutową

Literatura

1. AACCI. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists International. 1th ed. St Paul, MN: American Association of Cereal Chemists. 2012.
2. AOAC. Official methods of analysis (18th ed.). Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists International, 2006.
3. Andre C.M., Ghislain M., Bertin P., Oufir M., Del Rosario Herrera M., Hoffmann L., Hausman J.F., Larondelle Y., Evers D. Andean potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) as a source of antioxidant and mineral micronutrients. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55, 366-378.
4. Brown, C.R., Wrolstad, R., Durst, R., Yang, C.P., Clevidence, B. Breeding studies in potatoes containing high concentrations of anthocyanins. American Journal Potato Research, 2003, 80, 241-249.
5. Burlingame, B., Mouillé, B., Charrondière, R. Nutrients, bioactive non-nutrients and anti-nutrients in potatoes. Journal Food Compositions and Analysis, 2009, 22, 6, 494–502.

6. Casanas R., Gonzales M., Rodriguez E., Marreno A., Diaz C. Chemometric Studies of Chemical Compounds in Five Cultivars of Potatoes from Tenerife. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2002, 50 (7), 2076-2082.
7. Eppendorfer, W.H., Eggum, B.O. Effects of sulphur, nitrogen, phosphorus, potassium, and water stress on dietary fibre fractions, starch, amino acids and on the biological value of potato protein. *Plant Food Hum Nutrition*, 1994, 4, 299-313, doi: 10.1007/BF01088079.
8. Gumul D., Ziobro R., Noga M., Sabat R. Characterisation of five potato cultivars according to their nutritional and pro-health components. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 2011, 10 (1) 2011, 73-81.
9. ICC. Standard Methods of the International Association of Cereal. International Publisher of Science. 1995, Vienna.
10. Jansen G & Flamme W. Coloured potatoes (*Solanum tuberosum* L.)- anthocyanin content and tuber quality. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 2006, 53, 1321-1331.
11. Jarych M. Zmiany zawartości związków węglowodanowych w bulwach ziemniaka w zależności od odmiany i dawek nawożenia azotem. *Żywność.Nauka. Technologia. Jakość*. 2004, 3 (40), 98-107.
12. Kapoor A. C., Desbrought, S. I., & Li P. H. Potato tuber proteins and their nutritional quality. *Potato Research, Chemical Score (CS)* 18, 1975, 469-473.
13. Kita A., Bąkowska-Barczak A., Hamouz K., Kułakowska K., Lisińska G. The effect of frying on anthocyanin stability and antioxidant activity of crisp from red- and purple-fleshed potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*. 2013, 32, 169-175.
14. Kołodziejczyk M., Szmigiel A., Kulig B., Oleksy A. Ocena plonowania, składu chemicznego i jakości bulw wybranych odmian ziemniaka skrobiowego. *Inżynieria Rolnicza (Agricultural Engineering)*, 2013, 3 (146), T.2, 123-130.
15. Lachman, J., Hamouz, K., Sulc, M., Orsák, M., Pivec, V., Hejtmankova *et al.* Cultivar differences of total anthocyanins and anthocyanidins in red and purple-fleshed potatoes and their relation to antioxidant activity. *Food Chemistry.*, 2009, 114, 836-843.
16. Leszczyński W., 1994. Ziemniak jako produkt spożywczy. *Postępy Nauk Rolniczych*, 1, 15-29.
17. Manach, C., Mazur, A., Scalbert, A. Polyphenols and prevention of cardiovascular diseases. *Current Opinion in Lipidology*, 2005, 16, 77-84.
18. Mazurczyk W. Wartość żywieniowa ziemniaka. *Raport Rolny*, 2005, 2(43), 48-49.
19. Nowacki W., Głuska A., Gruczek T., Lis B., Lutomirska B., Roztopowicz S., Zarzyńska K. Uprawa ziemniaków, a wartość konsumpcyjna i technologiczna bulw. *Materiały konferencyjno-naukowe: "Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie."* AR Wrocław, Polanica Zdrój 2000, s.23-32.

20. Pęksa A., Rytel E., Kita A., Lisińska G., Tajner-Czopek A. The properties of potato protein. Potato: Food, nutrition and health. (pp. 79-87), Japan: Global Science Books Food 3 Special Iusum 1, 2009.
21. Pęksa A., Kita A., Kułakowska K., Aniołowska M., Hamouz K., Nemš A. The quality of protein of coloured fleshed potatoes. Food Chemistry, 2013, 141, 2960-2966.
22. Pęksa A., Miedzianka J., Nemš A. Amino acid composition of flesh-coloured potatoes as affected by storage conditions. Food Chemistry, 2018, 266, 335-342.
23. Rahman S., Li Z., Batey I., Cochranet M. P., Appels R., Morell M. Genetic Alteration of Starch Functionality in Wheat. Journal of Cereal Science, 2000, 31, 91-110.
24. Rytel E., Tajner-Czopek A., Kita A., Aniołowska M., Kucharska A.Z., Sokół-Łętowska A., Hamouz K. Content of polyphenols in coloured and yellow fleshed potatoes during dices processing. Food Chemistry, 2014, 161, 224-229.
25. Wang S., Pan D., Lv X., Song X., Qiu Z., Huang C. Proteomic approach reveals that starch degradation contributes to anthocyanin accumulation in tuberous root of purple sweet potato. Journal of Proteomics, 2016, 143, 298-305.
26. Wojdyła T. Smakowitość bulw ziemniaka w zależności od zastosowanych fungicydów i nawożenia azotem. Fragmenta Agronomica, 1997, 4 (56), 4-17.
27. Wroniak J. Walory żywieniowe ziemniaka jadalnego. Ziemniak Polski, 2006, 2, 17-20.
28. Zagórska K. Jakość ziemniaków jadalnych i do przetwórstwa spożywczego. Ziemniak Polski, 2002, 4, 14-20.
29. Zagórska K. Znaczenie ziemniaka w żywieniu człowieka. Ziemniak Polski, 2008, 1, 37-40.
30. Zarzecka K., Gugala M., Sikorska A., Mystkowska I., Baranowska A., Niewęglowski M., Dołęga H. The effect of herbicides and biostimulants on polyphenol content of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers and leaves. Journal of the Suadi Society of Agricultural Sciences, 2019, 18, 102-106.
31. Zhou L., Mu T., Ma M., Zhang R., Sun Q., Xu Y. Nutritional evaluation of different cultivars of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) from China by grey relational analysis (GRA) and its application in potato steamed bread making. Journal of Integrative Agriculture, 2019, 18 (1), 231-245.

Winnice w Polsce

Jolanta Gut^{1,2}, Małgorzata Krzywonos², Agnieszka Piekara³

¹Winnica Świdnicka, ul. Kraszowicka 23, 58-100 Świdnica

²Katedra Zarządzania Procesami, Wydział Zarządzania, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

³Katedra Inżynierii Bioprosesowej, Wydział Inżynierii Produkcji, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

Streszczenie

W ostatnich latach obserwowane są zmiany w konsumpcji wina pod względem jego ilości, rodzajów, ale przede wszystkim wzroście znaczenia krajów o ograniczonej produkcji. Celem niniejszej pracy było dokonanie przeglądu piśmiennictwa na temat historii i zmian występujących na rynku wina w Polsce. Praca przedstawia aktualne trendy w spożyciu i produkcji wina. Przedstawiono i opisano dominujące szczepy winorośli białych i czerwonych w Polsce. Zweryfikowano funkcjonowanie winnic w Polsce, zwracając uwagę na ich powierzchnię i rozkład na terenie kraju. Wskazano, że wzrost spożycia wina może być jednym z czynników zachęcających do zakładania winnic i produkcji wina.

Słowa kluczowe: wino, rynek wina, napoje alkoholowe, polska konkurencyjność, historia wina.

Wstęp

W przeciągu ostatnich 40 lat dostrzega się duże zmiany w geografii konsumpcji wina. Duża część całkowitego spożycia przeniosła się z wiodących krajów produkujących wina do krajów o ograniczonej produkcji oraz takich, w których produkcji wina nie ma wcale (Vecchio, 2013). Spadek spożycia win u konsumentów z tradycyjnych krajów winiarskich takich jak Hiszpania, Francja czy Włochy obserwowany jest od drugiej połowy lat 70 XX wieku, a wraz z kryzysem w ówczesnym Związku Radzieckim również we wschodniej i środkowej Europie (Rekowski, 2013). W międzyczasie, począwszy od lat 60 XX wieku, obserwowany był wzrost konsumpcji w Europie Północnej, Ameryce Północnej i Japonii, tj. w krajach, które można aktualnie nazwać tradycyjnymi importerami. Od połowy lat 90. XX wieku konsumpcja zaczęła również rosnąć w krajach Ameryki Środkowej i Południowej nieprodukujących win. W tym samym czasie nastąpił powrót do konsumpcji wina w Europie Środkowej i Wschodniej (Mariani, Pomarici i Boatto, 2012). Aktualnie warto zwrócić uwagę na Indie, których prognozy demograficzne wskazują, że w roku 2022 pod względem ilości ludności wyprzedzą Chiny. Zatem wielkość rynku indyjskiego będzie bardzo duża i będzie odgrywała znaczącą rolę w napędzaniu globalnego popytu (Deodhar, Singh i Tank, 2019). Handel winem na arenie międzynarodowej znacznie się rozrósł, a jego struktura uległa znaczącym zmianom, co prowadzi do powstania bardzo konkurencyjnego

rynku globalnego (Seghieri, Casini i Torrisi, 2007; Kalazić, Šimić i Horvat, 2010; Pickering, Jain i Bezawada, 2014; Lombardi *et al.*, 2016). Ostatnie badania Olewnickiego (2018) bazujące na danych statystycznych polskich winnic z lat 2008-2018, pochodzących z Krajowego Ośrodka Wsparcia Rolnictwa (KOWR) i Polskiej Klasyfikacji Działalności (PKD) potwierdzają wzrost liczby podmiotów prowadzących zarejestrowaną winnicę w Polsce. Szczególną uwagę należy zwrócić na rok 2014, w którym widać duży przyrost winnic w Polsce. Zakłada się, że może być to związane z nowelizacją ustawy z dnia 12 maja 2011 r. o wyrobie i rozlewie wyrobów winiarskich, obrocie tymi wyrobami i organizacji rynku wina (Dz. U. Nr 120 poz. 690). Wart uwagi jest fakt, że nie wszystkie winnice zgłoszone są do rejestru KOWR. Może to wynikać z wysokich kosztów zgłoszenia oraz skomplikowanego systemu ewidencji produkcji (Olewnicki, 2018). Szacuje się, że tylko ok. 20% winnic zgłoszona jest do ewidencji jako winnice, które mają prawo do wprowadzenia wina do obrotu (Adamczewska-Sowińska *et al.*, 2016). Precyzyjne określenie liczby gospodarstw zajmujących się uprawą winorośli utrudnia brak corocznych spisów rolnych (Olewnicki, 2018). Według naukowców, za coraz większą liczbę winnic w Polsce odpowiadają obserwowane zmiany klimatyczne: wzrost średniej temperatury rocznej (ok. 0,5°C/dekada), skrócenie okresów przejściowych, a wydłużenie okresów ciepłych. Za najważniejszy czynnik wykazywany jest wzrost rocznych temperatur w okresie wegetacyjnym (Filiipiak i Maciejczak, 2017). Biorąc pod uwagę zachodzące zmiany na rynku globalnym i coraz większe zainteresowanie rodzimych producentów uprawą winorośli przeprowadzono przegląd literatury dotyczącej aktualnych trendów w spożyciu i produkcji wina w Polsce. Scharakteryzowano również szczepy dominujące w Polsce.

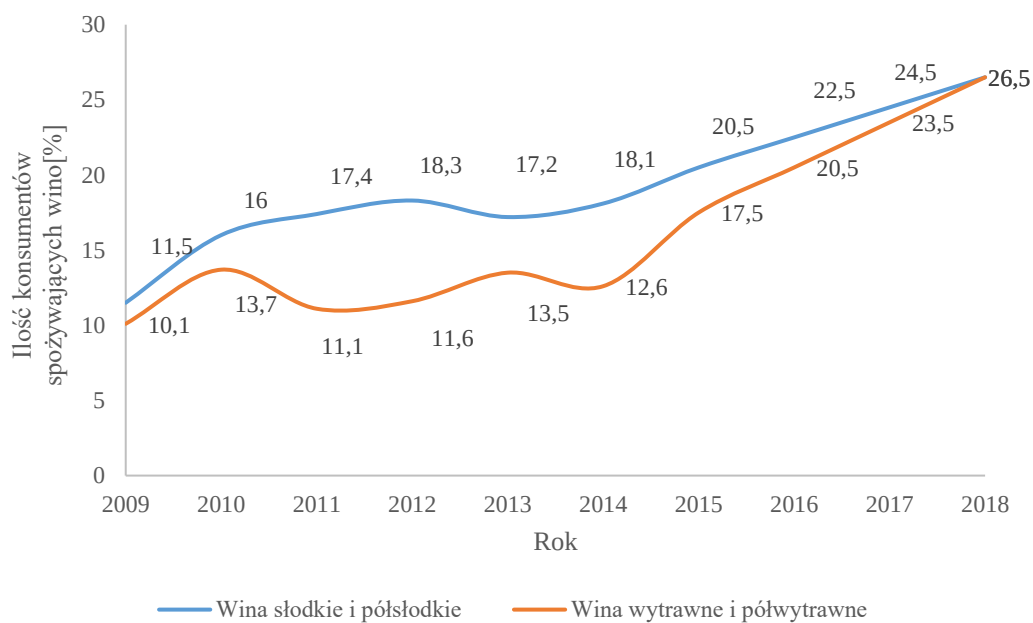
Materiał i metody badań

W pracy wykorzystano materiały źródłowe pochodzące z publikacji naukowych, stron internetowych polskich winnic, winiarni, stron internetowych poświęconych winiarstwu w Polsce, danych Agencji Rynku Rolnego oraz Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa. Przedstawiono syntetyczny opis 14 odmian winorośli, dla których warunki klimatyczne w Polsce wydają się być optymalne. Metodą badawczą zastosowaną w pracy była metoda opisowa. Jest to opracowanie przekrojowe, opisujące zagadnienie rynku wina i funkcjonowania winnic w Polsce.

Wyniki i dyskusja

Pierwsze winnice w Polsce pojawiły się już w XII wieku, najczęściej przy klasztorach i zamkach. Na przełomie XVI i XVII wieku zaobserwowano zanikanie upraw winorośli, co spowodowane było wyraźnym ochłodzeniem klimatu w tym czasie. Ponowne odrodzenie winiarstwa rozpoczęło się w pierwszej połowie XIX wieku za sprawą niemieckich osadników. Wówczas na terenie dzisiejszego województwa lubuskiego i dolnośląskiego rozpoczął się intensywny rozwój winiarstwa. Na początku XX wieku były tam już kilkudziesięciohektarowe winnice. Kolejnym trudnym czasem dla winiarstwa były lata po II Wojnie Światowej. Ponowne ożywienie sektora nastąpiło w latach transformacji, jednak wtedy uprawa winorośli i produkcja wina traktowana była jako hobby. Przyczyną tego były

do niedawna obowiązujące przepisy prawa, które uniemożliwiały wprowadzenie do sprzedaży win wyprodukowanych z winogron z własnej uprawy (Wilk, 2011). Sytuacja polskich winiarzy zmieniła się w sierpniu 2008 roku, co było wynikiem uchwalonej 10 lipca 2008 roku ustawy o zmianie ustawy o podatku akcyzowym oraz ustawy o wyrobie i rozlewie wyrobów winiarskich (Dz. U 2008, nr 145, poz. 915.), która zreformowała polski sektor winny. Nowe zapisy odnoszące się do ustawy o podatku akcyzowym zwolniły podmioty wytwarzające wino gronowe lub moszcz gronowy z własnych upraw w ilości nieprzekraczającej 1000 hl z obowiązku prowadzenia składu podatkowego, natomiast zmiany w ustawie winiarskiej zniosły obowiązek posiadania własnego laboratorium przez tych producentów. Uproszczonych zostało także wiele innych przepisów organizacyjnych i administracyjnych. W Polsce uprawa winorośli obarczona jest ryzykiem spowodowanym położeniem geograficznym, na które składają się klimat, gleba oraz ukształtowanie powierzchni (Radziwiłko, 2012). Postęp w branży winiarskiej związany jest zarówno z wyżej wspomnianymi zmianami prawno-administracyjnymi jak i czynnikami społeczno-rynkowymi. W Polsce wzrosła i ciągle rośnie konsumpcja win gronowych (rys. 1).



Rysunek 1. Trendy spożycia wina przez konsumentów wina w latach 2009-2018

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Garlicki (2016)

Wynika to z coraz wyższego poziomu edukacji społeczeństwa, przyjmowania stylu życia i wzorców żywieniowych z krajów śródziemnomorskich (Radziwiłko, 2012). Dodatkowy w tym udział mają supermarkety, które stopniowo obniżają swoją marżę oraz poszerzają asortyment, w celu zachęcenia większej liczby konsumentów do zakupu wina. Zgodnie z prognozą firmy Wealth Solutions S.A. z roku 2010, wiodącej instytucji finansowej

zajmującej się zarządzaniem inwestycjami alternatywnymi, w tym winem, udział win na rynku alkoholi będzie w Polsce rosnać w tempie 5-6% rocznie (Sidorkiewicz, 2014). Wzrost potwierdza Bankier.pl – portal finansowy, przedstawiający aktualne informacje o gospodarce i inwestowaniu, który opublikował raport firmy Ambra, lidera w zakresie produkcji, dystrybucji i importu win w Polsce (www.ambra.com.pl, 2021), który przewiduje dalszy wzrost spożycia wina na poziomie 5% w skali roku (www.bankier.pl, 2021). Trend ten sprzyja zakładaniu coraz większej ilości winnic oraz pojawianiu się odmian winorośli, bardziej przystosowanych do klimatu panującego w Polsce. Tabela 1 przedstawia zbiory winogron w latach gospodarczych od 2009/2010 do 2020/2021.

Tabela 1. Zbiory winogron na przestrzeni lat 2009-2019

Rok gospodarczy	Liczba producentów (w ewidencji)	Uprawiana powierzchnia winorośli ogółem (ha)	Zbiory winogron ogółem (w kwintalach)		
			Czerwone	Białe	Razem
2009/2010	26	36,01	301,93	296,32	598,25
2010/2011	21	37,01	369,30	341,99	711,29
2011/2012	26	51,27	222,58	461,35	683,93
2012/2013	35	96,87	691,99	748,08	1440,07
2013/2014	49	99,49	1561,04	1593,12	3154,16
2014/2015	76	134,55	2233,21	2266,68	4499,89
2015/2016	103	194,24	3656,79	4477,35	8134,14
2016/2017	150	221,23	4784,57	6148,91	10933,48
2017/2018	201	331,38	3346,74	4681,55	8028,29
2018/2019	230	394,84	7302,24	11437,26	18739,50
2019/2020	294	475,35	8543,57	13084,68	21628,25
2020/2021	331	565,3	-	-	-

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: www.kowr.gov.pl (2021)

Wzrost liczby producentów wina i uprawianej powierzchni winnic przekłada się również na wielkość produkcji wina, którą przedstawiono w tabeli 2.

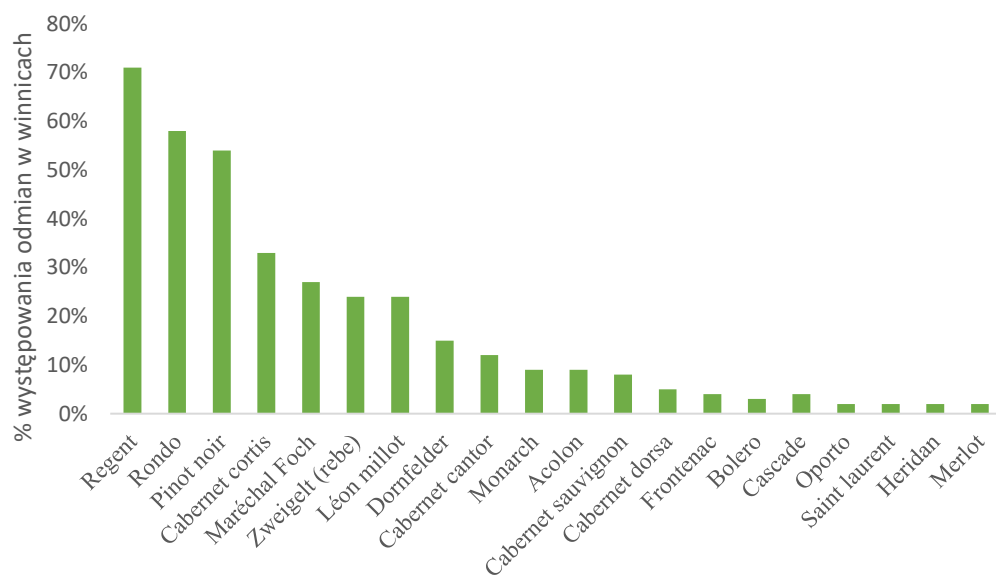
Tabela 2. Wielkość produkcji wina w latach 2009-2019

Rok gospo- darczy	Ilość winogron prze- znaczonych do wyrobu wina (w kwintalach)	Wielkość produkcji wina (hl)			Sprzedaż w danym roku gospodarczym (hl)
		Czerwone	Białe	Razem	
2009/2010	b.d.	174,52	237,97	412,49	b.d.
2010/2011	662,7	245,03	192,1	437,13	247,88
2011/2012	680,73	173,39	255,08	428,47	294,42
2012/2013	1436,93	463,01	440,04	903,05	276,79
2013/2014	3131,2	1021,33	957,95	1979,28	802,82
2014/2015	4499,89	1315,08	1422,02	2737,1	1524,07
2015/2016	8093,36	2380,09	2755,26	5135,35	2124,82
2016/2017	10849,97	3119,56	3874,26	6993,82	2990,63
2017/2018	7976,2	2211,31	2995,82	5207,13	3963,66
2018/2019	18210,33	4954,95	7761,53	12716,5	6374,4
2019/2020	21 150,82	5831,39	8529,95	14361,34	7108,77

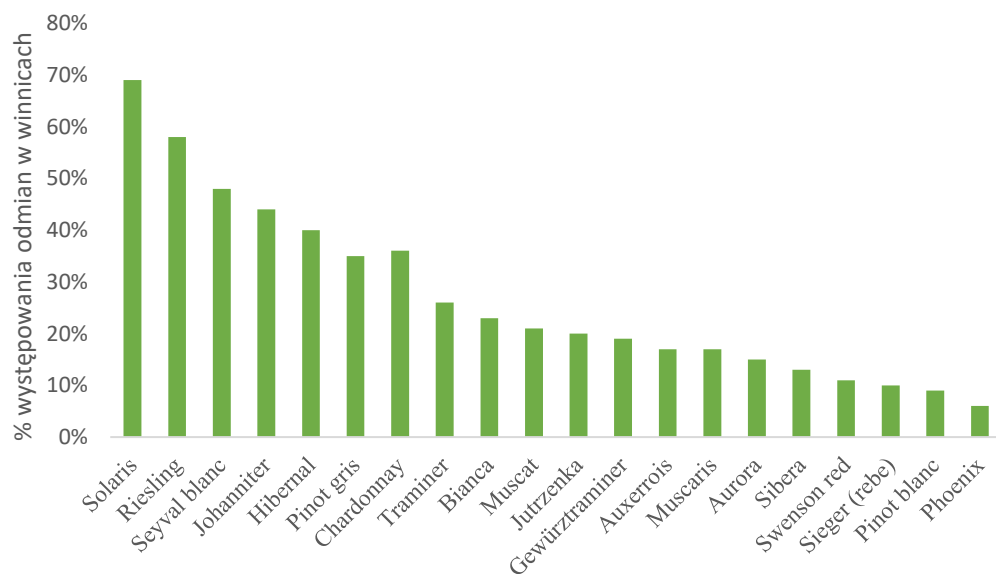
Źródło: Opracowanie własne na podstawie: www.kowr.gov.pl (2021)

Dominacja szczepów w Polsce

Instytut Ogrodnictwa w Dąbrowicach od kilkunastu lat ocenia przydatność odmian winorośli do uprawy w warunkach klimatycznych Polski (Golis, 2014). Popularyzacji upraw winorośli w Polsce sprzyja między innymi ocieplenie klimatu i wprowadzenie odmian, które charakteryzują się stosunkowo niewielką podatnością na choroby. Ekspersi Instytutu Ogrodnictwa oceniali przydatność kilkunastu odmian winorośli do uprawy w Polsce centralnej (Doruchowski *et al.*, 2015), wyróżniając 33 odmiany przerobowe. W niniejszej pracy wybrano do szczegółowego opisu 14 odmian winorośli dostosowanych do uprawy w Polsce, najczęściej powtarzanych w różnych źródłach (Kapłan, 2013, Myśliwiec, 2013 Golis, 2014.). Odmiany czerwone dominujące w uprawach w Polsce to Rondo, Regent i Pinot Noir (rys. 3), natomiast wśród odmian białych dominuje szczep Solaris i Riesling (rys. 4). Na podstawie danych publikowanych na portalu winogrodnicy.pl przedstawiono charakterystykę najbardziej popularnych uprawianych odmian winorośli w Polsce (tab. 4, tab. 5).



Rysunek 2. Najbardziej popularne czerwone odmiany winorośli uprawiane w Polsce
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie www.winogrodniczy.pl [dostęp 15.05.2021]



Rysunek 3. Najbardziej popularne białe odmiany winorośli uprawiane w Polsce
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie: www.winogrodniczy.pl [dostęp 15.05.2021]

Tabela 3. Charakterystyka najpopularniejszych czerwonych odmian winorośli

Nazwa	Charakterystyka odmiany	Zdjęcie
Regent	odmiana niemiecka; znosi spadki temperatur do -25°C; charakteryzuje się wysoką odpornością na choroby grzybowe. (Robinson, Harding i Vouillamoz, 2012); grona o kształcie stożkowym, średniej wielkości, lekko zwarte; jagody o kolorze ciemnogrnatowym, kuliste z soczystym miąższem; owoce osiągają dojrzałość na przełomie września i października (Golis, 2014)	
Rondo	niemiecka odmiana; charakteryzuje się wysoką tolerancją na mróz (-26°C) oraz odpornością na choroby (Lisek, 2011); grona są średniej wielkości, średnio zwarte; jagody ciemnogrnatowe z woskowym nalotem; owoce osiągają dojrzałość w połowie września (Robinson, Harding i Vouillamoz, 2012)	
Pinot Noir	typowa odmiana winogron, występująca w Europie zachodniej; charakteryzuje się małymi, zbitymi gronami; jagody ciemne ze średnią zawartością cukru i wysoką kwasowością; winorośl ceniona w produkcji za swoją wysoką wydajność; szczep toleruje niskie temperatury (Góralczyk, 2016); jednocześnie odmiana jest uważana za bardzo wrażliwą, z której otrzymywane jest delikatne wino; najczęściej uprawiana jest w Burgundii (Popko, 2012)	
Cabernet Cortis	krzew rośnie dosyć silnie; liście są duże i ciemnozielone, trój lub pięcioklapowe; grona są średniej wielkości cylindryczno-stożkowate, średnio zwarte; jagoda jest granatowo-czarna z woskowym nalotem, mała i kulista (Lisek, 2011); badania pokazują, że w stosunku do innych odmian <i>Vitis vinifera</i> , cv. cabernet cortis ma dobrą odporność na niską temperaturę, jednak nie wystarczającą do mroźnych zim występujących w centralnej Polsce, co kilka lat (Socha i in., 2015); odmiana ma małą odporność na choroby grzybowe (Doruchowski i in. 2015);	
Maréchal Foch	odmiana jest mieszanką francusko-amerykańską; grona są stożkowate i rozgałęzione; jagody są czarne z silnie barwiącym, woskowym nalotem, drobne, kuliste z cienką skórka; odmiana jest wytrzymała na mróz; jest to odmiana przerebowa, która daje wino czerwone z aromatem czereśni; cechuje się wysoką odpornością na choroby grzybowe; daje niezawodne i regularne plony (Golis, 2014)	

Tabela 3. Cd.

Zweigelt (rebe)	pochodzi z Austrii; liście ma średnie i duże, ciemnozielone z niewyraźnie widocznymi kłapami; jagody są granatowe, kuliste i wyrównane; wytrzymują przymrozki do -23°C ; wykazuje dużą odporność na choroby grzybowe; widoczne na zdjęciu bordowe przebarwienia są charakterystyczne dla starszych liści w okresie dojrzewania winogron (Golis, 2014); wino z tej odmiany jest owocowe z posmakiem czereśni i wiśni (Robinson, Harding i Vouillamoz, 2012); odmiana porównywana jest do włoskiej odmiany Docetto (Walton i Glover, 1998) lub kalifornijskiego primitivo (Macneil, 2001); jest to najczęściej uprawiany szczep w Austrii (Stevenson, 2005)	
Léon Millot	charakteryzuje się bardzo silnym wzrostem krzewu; liście są średnie i duże, okrągłe, 5-klapowe; grona są stożkowate i zwarte; jagody są czarne z silnym woskowym nalotem, drobne i kuliste; odmiana jest odporna na mróz i choroby grzybowe (Golis, 2014; Robinson, Harding i Vouillamoz, 2012); w Europie odmiana uprawiana we Francji, Szwajcarii, Niemczech, Danii, Szwecji, Wielkiej Brytanii i w Polsce (Stevenson, 2005)	

Źródło: Opracowanie własne. Zdjęcia: Golis (2014) oraz archiwum prywatne

Tabela 4. Charakterystyka najpopularniejszych białych odmian winorośli

Nazwa	Charakterystyka odmiany	Zdjęcie
Solaris	kraj pochodzenia to Niemcy; grona są cylindryczno-stożkowe, kuliste; jagody są koloru zielonożółtego z białym nalotem, średniej wielkości, kuliste i wyrównane (Golis, 2014); krzewy znoszą spadki temperatur do 25°C ; owoce dojrzewają z początkiem września (Robinson, Harding i Vouillamoz, 2012)	
Riesling	niemiecka biała odmiana winorośli; bardzo aromatyczna z kwiatowym bukietem i wysoką kwasowością; w roku 2006 oszacowano, że riesling jest dwudziestą najczęściej uprawianą odmianą winorośli (Robinson, 2006); w znakomity sposób oddaje teren, na którym wzrasta (Clarke i Rand, 2001); najlepsza gleba do uprawy Rieslinga to łupkowa i piaszczysta glina (Robinson, 2002); grona ma stożkowato-cylindryczne, średnio-zwarte; jagody są żółto-zielone, kuliste z grubą skórą; Riesling jest bardzo odporny na choroby grzybowe (Golis, 2014)	

Tabela 4. Cd.

Seyval Blanc	odmiana francusko-niemiecka; krzewy znoszą spadki temperatury do -30°C, odznaczają się wysoką odpornością na choroby grzybowe; grona są stożkowate i zwarte (Lisek, 2011); jagody są koloru żółtozielonego, cechuje je wyrównany kulisty kształt, z soczystym miąższem i średniej grubości skórka (Lisek, 2013)	
Johanniter	niemiecka odmiana międzygatunkowa; charakteryzuje się dużą odpornością na pleśń, grzyby i niską temperaturę (Ferrão, Sun i Spranger, 2003); liście są średniej wielkości 5-kłapowe; grona są wydłużone, cylindryczne; jagody są natomiast kuliste, zielonożółte z białym nalotem; skórka jest umiarkowanej grubości, zauważalne są drobne ciemne cętki (Golis, 2014)	
Hibernal	odmiana wyhodowana w Niemczech w 1944 r. (Robinson, Harding i Vouillamoz, 2012); jest to mieszaniec międzygatunkowy odmian winorośli (Lisek, 2011); liście są trójkłapowe, pofałdowane; Grona małe lub średnie, zwarte; jagody zielonożółte, małe, kuliste (Myśliwiec, 2013); jest bardzo odporny na zimowe mrozy i wiosenne przymrozki (Rozpala, 2012)	
Pinot Gris	francuska biała odmiana winorośli z gatunku <i>Vitis vinifera</i> (Robinson, 2002); jest to forma szarej jagody, uważana za chimerę z mutacją koloru jagód w jednej warstwie komórkowej (This, Lacombe i Thomas, 2006); winogrona rosną w małych skupiskach w kształcie szyszek sosny (Robinson, 2002); naukowcy z University of California w Davis ustalili, niezwykle podobny profil DNA Pinot Gris z Pinot Noir, a różnica w kolorze wynika z mutacji genetycznej sprzed wieków; liście tych dwóch odmian odróżnia jedynie zabarwienie (MacNeil, 2001)	
Char- donnay	jest to francuska, zielonoskóra odmiana winorośli, wykorzystywana do produkcji białego wina; obecnie uprawiana na całym świecie; jest to odmiana, uważana za taką, która daje „łatwe wejście” na międzynarodowy rynek wina (Robinson, 2003); samo winogrono jest neutralne, a smaki powszechnie kojarzone z winem pochodzą z wpływu terenu i dębu (Robinson, 2006); liście są okrągłe średniej wielkości, 5-kłapowe; grona są beczkowate, średniej wielkości z gęstą jagodą; jagoda jest okrągła ewentualnie lekko owalna z cienką skórka i miąższem jagodowym (Schmid, Manty i Lindner, 2009; Ries i Schmid, 2010)	

Źródło: Opracowanie własne. Zdjęcia: Golis (2014) oraz archiwum prywatne

Funkcjonowanie winnic (powierzchnia)

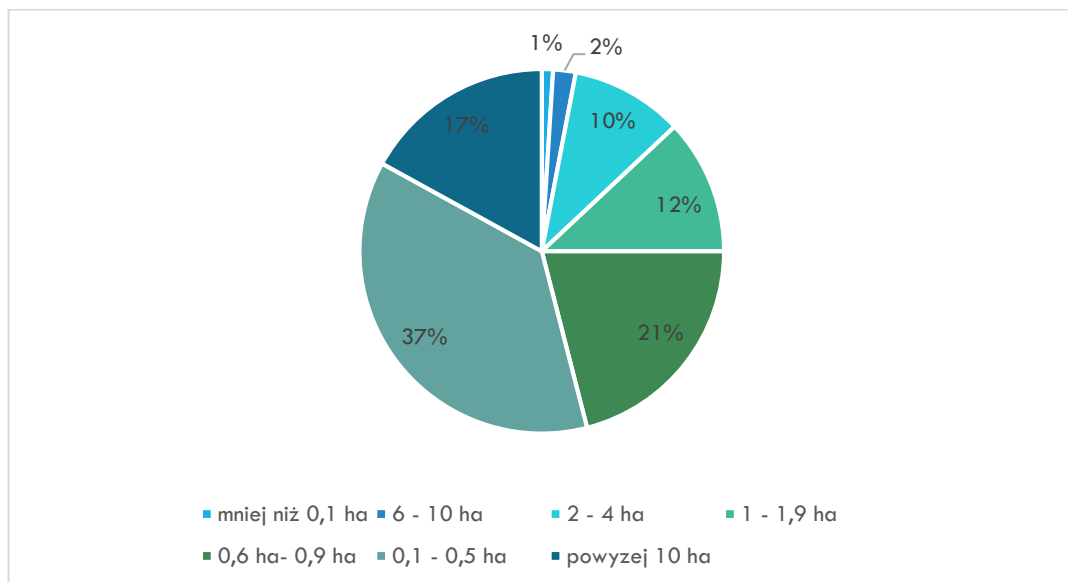
W Polsce zakładanych jest coraz więcej winnic. Według aktualnych danych Agencji Rynku Rolnego w roku gospodarczym 2020/2021 zajmowały one powierzchnię 565,30 ha, a liczba zarejestrowanych producentów wina w tym okresie wynosiła 329 (www.kowr.gov.pl). Średnia wielkość polskiej winnicy to 1,72 ha. Wielkość winnic waha się od kilkunastu arów do kilkunastu hektarów. Największy areał winnic w roku gospodarczym 2020/2021 odnotowano w województwach: lubuskim (ok. 19 proc.), małopolskim (ok. 16 proc.), dolnośląskim (ok. 13 proc.), podkarpackim (ok. 9 proc.) oraz zachodniopomorskim (ok. 8 proc.). Liczba winnic zależna jest od regionu kraju co też bezpośrednio związane jest z warunkami panującymi w poszczególnych regionach a także ukształtowaniem terenu. W tabeli 3 przedstawiono ilość winnic w podziale na województwa.

Tabela 5. Liczba winnic w podziale na województwa

Województwo	Liczba winnic [szt.]
Małopolskie	64
Lubuskie	37
Dolnośląskie	37
Świętokrzyskie	35
Mazowieckie	33
Lubelskie	24
Podkarpackie	22
Wielkopolskie	18
Kujawsko-pomorskie	14
Warmińsko-mazurskie	13
Pomorskie	12
Zachodniopomorskie	10
Opolskie	7
Śląskie	3
Podlaskie	1
Łódzkie	1

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: www.kowr.gov.pl (2021)

Produkcja wina skupia się w zachodniej części Polski (woj. lubuskie, dolnośląskie, zachodniopomorskie), jest to spowodowane dogodniejszym klimatem dla uprawy winorośli. Jednak aktualna „moda” na posiadanie własnej winnicy spowodowała, że winnice można spotkać w całej Polsce. Ogólna powierzchnia winnic w Polsce jest znaczna, jednak analizując ją w podziale na województwa zauważono, że w większości województw średnia powierzchnia winnicy wynosi poniżej 1 ha. Średnią powierzchnię winnic zaniżają małe winnice. Rysunek 4 przedstawia rozkład wielkości powierzchni winnic w Polsce.



Rysunek 4. Powierzchnia winnic w Polsce

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: www.kowr.gov.pl (2021)

Mimo dużej łącznej powierzchni winnic w Polsce, największą grupę stanowią winnice 10-50 arów (rys. 4). W Polsce winorośl często uprawiana jest w gospodarstwach agroturystycznych, w których wino nie stanowi głównego elementu zarobkowego, a jest jedynie dodatkiem. Dopiero winnice powyżej 1 ha produkują wino na cele rynkowe. Wino z tych gospodarstw można znaleźć w placówkach gastronomicznych, na targach, czy sklepowych półkach (Rusnak, 2016).

Podsumowanie

Na rynku wina w Polsce odnotowywany jest wyraźny wzrost sprzedaży. Aktualnym wyzwaniem stojącym przed producentami jest zaspokojenie coraz wyższych wymagań klientów. Duża różnorodność uprawianych szczepów powoduje, że asortyment oferowany przez rodzimych producentów jest coraz większy i obejmuje także produkty premium. Rozdrobnienie i mała powierzchnia winnic sprzyjają enoturystyce (turystyce winnej) jednak ograniczają możliwości produkcji wina na większą skalę.

Badania zostały sfinansowane z dotacji przyznanej przez MNiSW na działalność statutową

Literatura

1. Adamczewska-Sowińska, K. i in. Agrotechniczne Aspekty Uprawy Winorośli. Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Wrocław 2016.
2. Clarke, O. I Rand, M. The Encyclopedia of Grapes. Wyd. Harcourt. Ohio, USA, 2001.

3. Deodhar, S. Y., Singh, S. and Tank, N. Grapevine or informed selection: Significance of quality attributes in India's emerging wine market. *Wine Economics and Policy*, 2019, 8, 49–58.
4. Doruchowski, G. i in. *Metodyka Integrowanej ochrony winorośli w uprawie polowej (materiały dla doradców)*. Wyd. Instytutu Ogrodnictwa, Skierniewice 2015.
5. DzU 2008, nr 145, poz. 915.
6. Ferrão, C., Sun, B. and Spranger, M. Effect of wine style and winemaking technology on reveratrol levels in wines. *Ciência e técnica vitivinícola*, 2003, 18, 2, 77–91.
7. Filipiak, T. and Maciejczak, M. Zrównoważona uprawa winorośli i produkcja winogron jako szanse na dostosowanie do zmian klimatu badane w projekcie vitismart. *Więś Jutra*, 2017, 4, 193, 1–3.
8. Garlicki, J. Coraz bardziej doceniamy smak wina. *Rynki alkoholowe*. 2016, 11, 36–37
9. Golis, T. *Ilustrowany katalog odmian winorośli*. InHort. Skierniewice 2014.
10. Góralczyk, A. 'Vitis vini fera sylvestris i vitis vinifera sativa. Udomowienie i upowszechnienie się uprawy winorośli w starym świecie na podstawie badań archeologicznych i paleobotanicznych. *Folia Praehistorica Posnaniensia*, 2016, 21, 123.
11. Kalazić, Z., Šimić, M. L. and Horvat, J. Wine market segmentation in continental Croatia. *Journal of Food Products Marketing*, 2010, 16, 3, 325–335.
12. Kapłań, M. Możliwość uprawy winorośli w Polsce. *Nauki Przyrodnicze* 2013, 2, 4–12.
13. Lisek, J. *Winorośl w uprawie przydomowej i towarowej*. Hortpress. Warszawa 2011.
14. Lisek, J. Plonowanie w 2012r. i perspektywy. *Sad Nowoczesny*, 2013, 4, 120–121.
15. Lombardi, P. I in. Development and trade competitiveness of the European wine sector: A gravity analysis of intra-EU flows. *Wine Economics and Policy*, 2016, 5, 1, 50–59.
16. MacNeil, K. *The Wine Bible*. Wyd. Workman. New York 2001.
17. Mariani, A., Pomarici, E. and Boatto, V. The international wine trade: Recent trends and critical issues', *Wine Economics and Policy*, 2012, 1, 1, 24–40.
18. Myśliwiec, R. *Uprawa winorośli*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa 2013.
19. Olewnicki, D. Uprawa winorośli w Polsce w świetle danych statystycznych', *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*. 2018, 20, 5, 139–145.
20. Pickering, G. J., Jain, A. K. and Bezawada, R. Segmentation and drivers of wine liking and consumption in US wine consumers. *International Journal of Wine Research*, 2014, 6, 9–19.
21. Popko, A. *Modelowanie cen i ryzyka na rynku alkoholi inwestycyjnych – praca magisterska*. Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu. Poznań 2012

22. Radziwiłko, B. Determinanty rozwoju oraz ich wpływ na obecny stan produkcji wina gronowego w Polsce. *Roczniki Ekonomiczne Kujawsko-Pomorskiej Szkoły Wyższej w Bydgoszczy*, 2012, 5, 427–440.
23. Rekowski, M. Światowe rynki wina. Wyd. Akademia, Poznań 2013.
24. Ries, R. and Schmid, J. Rebsorten selbst bestimmen. *Erkundungen im Weinberg*. Geisenheim: Manuscriptum, Niemcy, Lipsk 2010.
25. Robinson, J. *Vines, Grapes and Wines - The Wine Drinker's Guide to Grape Varieties*. Octopus. New York. 2002
26. Robinson, J. *Wine Course*. Ebury. London 2003.
27. Robinson, J. *The Oxford Companion to Wine*. Wyd. Oxford University Press. Oxford 2006
28. Robinson, J., Harding, H. and Vouillamoz, J. *Wine Grapes*. Wyd. HP. New York 2012.
29. Rozpala, E. Uszkodzenia po zimie 2011 i wiosennych przymrozkach. Wyd. InHort. Skierniewice 2012
30. Rusnak, J. red. 'Zakładanie i prowadzenie winnicy'. Wyd. Małopolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Karniowicach, Karniowice 2016.
31. Schmid, J., Manty, F. and Lindner, B. Geisenheimer Rebsorten und Klone. Gesellschaft zur Förderung der Forschungsanstalt Geisenheim. 2009
32. Seghieri, C., Casini, L. and Torrissi, F. The wine consumer's behaviour in selected stores of Italian major retailing chains. *International Journal of Wine Business Research*. 2007. 19, 2, 139–151.
33. Sidorkiewicz, M. Sommelier jako nowa profesja w polskiej branży hotelarsko-gastronomicznej. *Rozprawy naukowe AWF we Wrocławiu*, 2014, 46, 178–184.
34. Socha, R. i in. Characterization of polish wines produced from the multispecies hybrid and *Vitis vinifera* L. Grapes', *International Journal of Food Properties*, 2015, 18,4, 699–713.
35. Stevenson, T. *The Sotheby's Wine Encyclopedia*. Wyd. Dorling Ki. Londyn 2005.
36. Ustawa z dnia 12 maja 2011 r. o wyrobie i rozlewie wyrobów winiarskich, obrotu tymi wyrobami i organizacji rynku wina (Dz. U. Nr 120 poz. 690).
37. This, P., Lacombe, T. and Thomas, M. R. Historical origins and genetic diversity of wine grapes. *Trends in Genetics*. 2006, 22, 9, 511–519.
38. Walton, S. and Glover, B. *The Ultimate Encyclopedia of Wine, Beer, Spirits and Liqueurs*. Hermes. UK 1998.
39. Wilk, K. Polski rynek win w świetle zmian w krajowych i wspólnotowych uregulowaniach prawnych. *Studia i prace wydziału nauk ekonomicznych i zarządzania. Wybrane problemy modernizacji gospodarki*. 2011, 22, 135–148.
40. Vecchio, R. Determinants of willingness-to-pay for sustainable wine: Evidence from experimental auctions. *Wine Economics and Policy*, 2013, 2, 2, 85–92.
41. www.ambra.com.pl (2021)
42. www.bankier.pl (2021)
43. www.nielsen.com.pl (2021)

44. www.kowr.gov.pl (2021)
45. www.winogrodnicy.pl (2021)

Changes in fatty acids in frozen and heat-treated fillets of freshwater and saltwater fish species

Silvia Jakabová, Lucia Benešová, Peter Zajác, Jozef Golian

Faculty of Biotechnology and Food Sciences, Slovak University of Agriculture in Nitra

Abstract

Fish and shellfish are considered as a rich source of fatty acids; however, this kind of food may significantly differ in composition of fatty acids and their content related to the concrete species. Present study is aimed at investigation of fatty acid composition of important freshwater and saltwater fish species intended for the retail in the Slovak Republic in raw frozen, cooked and baked fish samples. Five fish species (rainbow trout, common carp, salmon, Atlantic herring, and Atlantic cod) were analysed and the content of the groups of fatty acids namely saturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, highly unsaturated fatty acids, *trans*-fatty acids in fat, omega-3 and omega-6 fatty acids was determined. Content of saturated fatty acids ranged in the raw samples between 0.32 ± 0.02 and 3.03 ± 0.19 g 100 g⁻¹, in the cooked fish ranged between 0.24 ± 0.02 and 3.70 ± 0.24 g 100 g⁻¹ and in baked samples between 0.22 ± 0.01 and 4.21 ± 0.27 g 100 g⁻¹, in general the lowest content was found in Atlantic cod and the highest in common carp samples. Content of monounsaturated fatty acids in raw frozen samples ranged from 0.44 ± 0.03 to 8.48 ± 0.54 g 100 g⁻¹, in the cooked samples ranged from 0.51 ± 0.03 to 9.89 ± 0.63 g 100 g⁻¹ and in baked samples from 0.55 ± 0.04 to 10.74 ± 0.69 g 100 g⁻¹, and the lowest content was observed in Atlantic cod and the highest in common carp samples. Polyunsaturated fatty acids were found in amounts ranging from 0.08 ± 0.01 to 5.47 ± 0.35 g 100 g⁻¹ in frozen raw samples, in the cooked samples varied from 0.08 ± 0.01 to 6.47 ± 0.41 g 100 g⁻¹ and in baked ones from 0.20 ± 0.01 to 6.50 ± 0.42 g 100 g⁻¹, similarly cod samples had the lowest content and the highest was found in salmon samples. *Trans*-fatty acids were found in the amounts below limit of determination in all analysed samples. We have observed significant changes in the content of groups of fatty acids regarding the processing of fish fillets. The differences were the highest especially in raw frozen vs. baked samples in the most of FAs groups.

Introduction

Fish and shellfish, owing to their content of proteins, with the essential amino acids, lipids with high-value of polyunsaturated fatty acids (EPA and DHA); enzymes, mainly digestive enzymes from fish waste; and micronutrients as vitamins and minerals, are highly nutritive and fundamental in a balanced diet (Petricorena, 2014). Lipids are considered the key component of marine fish diets because they supply energy and

essential fatty acids (FAs) (Zeng *et al.*, 2010). Many marine fatty fish species are known to be excellent dietary sources of highly unsaturated fatty acids (HUFAs) and polyunsaturated fatty acids (PUFAs), especially n-3 long-chain HUFA, the eicosapentaenoic (EPA; 20:5n-3), and docosahexaenoic (DHA; 22:6n-3) fatty acids, found mainly in fish and seafood, have a beneficial effect on human health, especially, the prevention of human coronary disease and weight reduction (Linhartová *et al.*, 2018). Furthermore, fish meat is easy to digest due to a lack of connective tissue (Kızılaslan and Nalıncı, 2013). Several scientific studies have confirmed the positive effects of regular fish consumption on human health (Pieniank *et al.*, 2010). Some studies revealed that fish consumption helps to prevent cardiovascular diseases, various types of cancer, Alzheimer's disease, high blood pressure, and cholesterol (Barberger-Gateau *et al.*, 2002; Verbeke and Vackier, 2005; Turan *et al.*, 2006; McNaughton *et al.*, 2008; Pieniak *et al.*, 2008). The World Health Organization (WHO, 2007) indicated that unsaturated fats found in fish are preferable to saturated fats found in fatty meat. Fish consumption, frequency, and preferences are affected by consumers' social, cultural, and geographic characteristics (Pieniak *et al.*, 2011).

The composition of fatty acids in fish fluctuates due to various reasons. It can also be influenced by other factors including physiological status (e.g. age, sexual maturation, feeding and fasting state), activity level, size, genetics, nutrient composition and energy content of the diets, seasonal change and fishing area, climate, and in relation to seasonal cycles (Zeng *et al.*, 2010).

The fish species studied were selected based on the domestic demand to provide nutritional information related to the fatty acid composition and content to the consumer. Common carp (*Cyprinus caprio*) is one of the most important farmed freshwater fish species in central Europe and is a well-established species in the geographic area's traditional food (Mráz *et al.*, 2012). The rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) is probably the most widely introduced fish species in the world (Stanković *et al.*, 2015). This species is highly tolerant to temperature changes as well as water turbidity, and however is usually found in the freshwaters and can also survive in waters with low salinity (Haliloğlu *et al.*, 2004; Gall & Crandell, 1992). Atlantic salmon (*Salmo salar*) is naturally distributed around the North Atlantic Ocean. In Europe, salmon spawn in rivers from northern Portugal to the eastern coast of the Barents Sea in Russia, including Iceland and rivers flowing into the Baltic Sea (Nilsson *et al.*, 2001). Salmonids have a capacity to desaturate and elongate the precursors 18:3 ω 3 and 18:2 ω 6 to LC-PUFA metabolites (Katan *et al.*, 2019). Herring (*Clupea harengus*) together with mackerel and farmed salmon, are the most commercially important oily fish species from Norway (Nøstbakken *et al.*, 2021). A coldwater marine fish, Atlantic cod (*Gadus morhua*) is widely used in human food in North America and Europe. Its importance as a source of n-3 polyunsaturated fatty acids (i.e. eicosapentaenoic or EPA, 20:5 n-3; docosahexaenoic or DHA, 22:6 n-3), fat soluble vitamins, and high-quality protein is widely recognized in human health (Zeng *et al.*, 2010).

Our study investigates the content of groups of fatty acids (saturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, *trans*-fatty acids, omega-3 fatty acids, and omega-6 fatty acids) in frozen, cooked, and baked samples of five freshwater and saltwater fish species intended for retail in relation to provide better information about the composition and nutritional value to the consumers.

Material and methods

Fish samples

Five species of freshwater and saltwater fish species were obtained from aquaculture, retail, and fish processing food company in Slovakia in May 2021. Fish species analysed are listed in Table 1.

Table 1. Description of fish species analysed

English name	Latin name	Type	Food habits	Source	FAO/Country of aquaculture
Rainbow trout	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	FW	Carnivorous	Intensive aquaculture - Příbovce	Slovakia
Common carp	<i>Cyprinus carpio</i>	FW	Omnivorous	Retail - Metro	Slovakia
Atlantic salmon	<i>Salmo salar</i>	SW/FW	Carnivorous	Retail - Metro	FAO 27
Atlantic herring	<i>Clupea harengus</i>	SW	Carnivorous	Food company – Ryba Žilina	FAO 27
Atlantic cod	<i>Gadus morhua</i>	SW	Omnivorous	Food company – Ryba Žilina	FAO 27

Note: FW – freshwater, SW – saltwater

Determination of fatty acid composition

Determination of the fatty acids in fish samples was realized in the accredited laboratory by gas chromatography coupled with a flame ionization detector (GC-FID) based on the standard STN EN 14103 - Fat and oil derivatives - Fatty Acid Methyl Esters (FAME) - Determination of ester and linolenic acid methyl ester contents, and ČSN EN ISO 12966-2 (588767) - Gas chromatography of fatty acid methyl esters - Part 2: Preparation of methyl esters of fatty acids. Results were expressed in grams per 100 g of fat. The groups of fatty acids were used in the evaluation of the differences. We compared changes in fatty acids in the groups SFAs (a sum of butyric acid, caproic acid, caprylic acid, capric acid, undecylic acid, lauric acid, tridecylic acid, myristic acid, pentadecylic acid, palmitic acid, heptadecylic acid, stearic acid, arachidic acid, heneicosanoic acid, behenic acid, tricosanoic acid, and lignoceric acid), MUFAs (a sum of representatives: myristoleic acid, pentadecenoic acid, palmitoleic acid, heptadecenoic acid, petroselaidic acid, elaidic acid, vaccenic acid, oleic acid, asclepic acid, erucic

acid and nervonic acid), PUFAs (a sum of linolelaidic acid, linoleic acid, α -linolenic acid, γ -linolenic acid, eicosadienoic acid, homo- γ Linolenic acid, eicosatrienoic acid, arachidonic acid, eicosapentaenoic acid, docosadienoic acid, docosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid), *trans*-FAs (a sum of petroselaidic acid, elaidic acid, vac-cenic acid and linolelaidic acid), ω -3 FAs (a sum of α -linolenic acid, eicosatrienoic acid, eicosapentaenoic acid, docosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid) and ω -6 FAs (a sum of linolelaidic acid, linoleic acid, γ -linolenic acid, eicosadienoic acid, homo- γ linolenic acid and arachidonic acid).

Statistical analysis

Data summaries and Tables were performed in Microsoft Office 365 with Excel (Microsoft, Redmond, WA, USA), while Tukey's pairwise test was done in freeware software Past 4.03 (developed by Hammer *et al.* (2001), downloading available at <https://www.softpedia.com>). Statistical comparison was performed within the individual fish species and between the raw, cooked, and baked treatments of the samples. The significance level was set to $p < 0.05$ for all statistical analyses, and results in the Tables were expressed as mean $\pm$ SD from the three triplicates for each sample.

Results and discussion

Fatty acid composition of five important freshwater fish species from the retail are documented (Tab. 2). Content is expressed in g 100 g⁻¹ of tissue for the groups: SFAs, MUFAs, PUFAs, ω -3 FAs, and ω -6 FAs, in *Trans*-FAs, the content is expressed in g 100 g⁻¹ of fat.

Saturated fatty acids (SFAs), represented by a sum of butyric acid, caproic acid, caprylic acid, capric acid, undecylic acid, lauric acid, tridecylic acid, myristic acid, pentadecylic acid, palmitic acid, heptadecylic acid, stearic acid, arachidic acid, hene-icosanoic acid, behenic acid, tricosanoic acid, and lignoceric acid, were found in every sample, however, their content varied between the samples. In general, the highest values were found in salmon. Content of SFAs had in general increasing trend in cooked and baked samples in comparison to raw frozen samples, however, some exceptions were observed in Atlantic cod samples. In cooked samples, the values exceeded 40% increase of SFAs in trout, common carp, and Atlantic herring samples. In baked samples more than 50% increase compared to raw samples was found in common carp tissues, and slight decrease compared to cooked samples was observed in trout and Atlantic cod. Statistical comparison between the raw frozen vs cooked and baked samples were tested by Tukey's pairwise test. Significant differences are described in Table 2. We compared each parameter of fatty acids within individual species and processing treatment. The level of significance was set at $p = 0.05$. The lowest difference was observed between cooked and baked samples of Atlantic salmon ($p = 0.999$) in the parameter SFAs, where almost the same content of SFAs was determined. The highest statistical difference in SFAs was found in common carp in raw vs cooked ($p = 4.787 \cdot 10^{-5}$) and raw vs. baked tissues ($p = 2.614 \cdot 10^{-7}$).

Table 2. Content of fatty acids (expressed in g 100 g⁻¹ sample) in freshwater and salt-water fish

Species	Treat- ment	SFAs g 100 g ⁻¹	MUFAs g 100 g ⁻¹	PUFAs g 100 g ⁻¹	<i>Trans</i> - FAs g 100 g ⁻¹ fat	ω-3 FAs g 100 g ⁻¹	ω-6 FAs g 100 g ⁻¹
Rainbow trout	raw	0.91 ± 0.20 ^a	3.13 ± 0.38 ^a	1.80 ± 0.32 ^a	<0.04	0.72 ± 0.15 ^a	1.08 ± 0.17 ^a
	frozen						
	cooked	1.05 ± 0.07 ^a	3.79 ± 0.27 ^b	2.22 ± 0.13 ^b	<0.04	0.89 ± 0.06 ^b	1.33 ± 0.07 ^b
	baked	0.97 ± 0.18 ^a	3.31 ± 0.44 ^{ac}	1.98 ± 0.32 ^{ab}	<0.04	0.83 ± 0.14 ^{ab}	1.15 ± 0.19 ^c
Common carp	raw	2.49 ± 0.15 ^d	6.48 ± 0.41 ^d	1.03 ± 0.09 ^d	<0.05	0.30 ± 0.02 ^d	0.73 ± 0.08 ^d
	frozen						
	cooked	3.48 ± 0.29 ^e	8.92 ± 0.70 ^e	1.33 ± 0.12 ^e	<0.08	0.40 ± 0.02 ^e	0.92 ± 0.11 ^e
	baked	4.01 ± 0.29 ^f	10.51 ± 0.81 ^f	1.65 ± 0.13 ^f	<0.09	0.48 ± 0.03 ^f	1.17 ± 0.12 ^{ef}
Atlantic salmon	raw	3.03 ± 0.16 ⁱ	8.48 ± 0.44 ⁱ	5.47 ± 0.29 ⁱ	<0.09	2.98 ± 0.16 ⁱ	2.48 ± 0.13 ⁱ
	frozen						
	cooked	3.54 ± 0.19 ^j	9.89 ± 0.51 ^{ij}	6.47 ± 0.33 ^j	<0.1	3.54 ± 0.19 ^j	2.93 ± 0.16 ^{ij}
	baked	3.54 ± 0.10 ^{jk}	10.07 ± 0.53 ^{jk}	6.50 ± 0.34 ^{jk}	<0.11	3.55 ± 0.19 ^{jk}	2.95 ± 0.16 ^{jk}
Atlantic herring	raw	1.73 ± 0.09 ^l	3.01 ± 0.11 ^l	1.20 ± 0.03 ^l	<0.03	1.05 ± 0.06 ^l	0.16 ± 0.01 ^l
	frozen						
	cooked	2.45 ± 0.13 ^m	4.13 ± 0.21 ^m	1.70 ± 0.09 ^m	<0.04	1.53 ± 0.07 ^m	0.18 ± 0.01 ^l
	baked	2.38 ± 0.12 ^{mn}	3.96 ± 0.20 ^{mn}	1.49 ± 0.08 ^{mn}	<0.08	1.32 ± 0.07 ⁿ	0.18 ± 0.01 ^l
Atlantic cod	raw	0.32 ± 0.02 ^o	0.44 ± 0.02 ^o	0.08 ± 0.01 ^o	<0.01	0.03 ± 0.00 ^o	0.05 ± 0.00 ^o
	frozen						
	cooked	0.24 ± 0.02 ^p	0.51 ± 0.02 ^{op}	0.08 ± 0.01 ^{op}	<0.01	0.03 ± 0.00 ^{op}	0.05 ± 0.00 ^{op}
	baked	0.22 ± 0.01 ^{pr}	0.55 ± 0.03 ^{pr}	0.20 ± 0.01 ^r	<0.01	0.08 ± 0.01 ^r	0.13 ± 0.01 ^r

Note: Significant differences are described with superscripts in one column for one species and one parameter. SFAs – saturated fatty acids, MUFAs – monounsaturated fatty acids, PUFAs – polyunsaturated fatty acids, FAs – fatty acids

Monounsaturated fatty acids (MUFAs) are expressed as a sum of representatives: myristoleic acid, pentadecenoic acid, palmitoleic acid, heptadecenoic acid, petroselinic acid, elaidic acid, vaccenic acid, oleic acid, asclepic acid, erucic acid, and nervonic acid. In cooked and baked samples, MUFAs values increased in comparison to raw frozen fish. Cooked samples reached over 40% increase of MUFAs in trout, carp, and herring fish. In two cases, we observed a decrease in MUFA content compared to raw frozen fish. In baked samples, carp fillets contained over 50% increase of MUFA. In other samples slight increase was observed with the exception of cod which contained only 68% of total MUFAs content in raw frozen filets. Statistical difference was tested between the raw frozen and cooked or baked fish in relation to MUFAs. The highest differences were observed in the common carp in raw vs cooked ($p = 9.964 \cdot 10^{-5}$) and raw vs. baked tissues ($p = 2.492 \cdot 10^{-7}$). No difference was found in rainbow

trout in raw vs. baked, Atlantic salmon in raw vs. cooked and cooked vs. baked, and Atlantic herring and cod in cooked vs. baked samples.

Polyunsaturated fatty acids (PUFAs) included the long-chain fatty acids, containing two and more double bonds in C-chains, especially linolelaidic acid, linoleic acid, α -linolenic acid, γ -linolenic acid, eicosadienoic acid, homo- γ linolenic acid, eicosatrienoic acid, arachidonic acid, eicosapentaenoic acid, docosadienoic acid, docosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid. PUFAs content also increased up to 52% in cooked and up to 63% in baked samples. The highest increase was observed in trout, carp and herring fish and the lowest in cooked cod. In PUFAs, the highest significant difference was observed in the raw vs. baked samples of common carp ($p = 9.54 \cdot 10^{-7}$) and Atlantic cod ($p = 1.506 \cdot 10^{-5}$).

Nunes *et al.* (2011) reported that fish lipids consist of SFAs, with palmitic acid (16:0) as the most relevant, MUFAs with oleic acid (18:1 n-9) as predominant. PUFAs were represented especially by eicosapentaenoic acid (EPA, 10:5 n-3), docosahexaenoic acid (DHA, 22:6 n-3), and omega-3 FAs in the linolenic series, and their content varies from one species to another. PUFAs are the predominant group of FAs in most fish. MUFAs content in species such as horse mackerel, bluefish and salmon ranged from 35 to 42% of total FAs (Bayır *et al.*, 2006).

Omega-3 FAs ranged from 0.03 ± 0.00 to 2.98 ± 0.19 g 100 g⁻¹ in raw frozen samples, from 0.03 ± 0.00 to 3.54 ± 0.23 g 100 g⁻¹ in cooked and from 0.08 ± 0.01 to 3.55 ± 0.23 g 100 g⁻¹ in baked samples. Omega-6 FAs were found between 0.05 ± 0.00 and 2.48 ± 0.16 g 100 g⁻¹ in raw frozen, from 0.05 ± 0.00 to 2.93 ± 0.19 g 100 g⁻¹ in cooked and from 0.13 ± 0.01 to 2.95 ± 0.19 g 100 g⁻¹ in baked samples. We have observed an increase of omega-3 and omega-6 FAs in the total lipid content of several samples of cooked fish. In the baked fish, both groups of fatty acids increased, especially in the baked cod samples the content of omega-3 and omega-6 fatty acids exceeded 160% increase. The highest significant difference in ω -3 FAs was found in the raw vs. baked samples of common carp ($p = 1.864 \cdot 10^{-8}$) and in ω -6 FAs in the raw vs. baked tissues of Atlantic cod ($p = 6.556 \cdot 10^{-6}$).

Trans-fatty acids, represented by petroselaidic acid, elaidic acid, vaccenic acid, and linolelaidic acid, were found in levels below the limit of quantitation.

Ramezanzadeh *et al.* (2021) investigated the muscle FAs profile of rainbow trout. In FAs composition, SFAs were present in 31.99%, MUFAs by 32.83, and PUFAs by 30.3% (expressed in the form of FAs methyl esters). Lazzarotto *et al.* (2018) published the content of FAs composition in rainbow trouts in the % of methyl ester form as follows: SFAs 24.7%, MUFAs 34.1%, and PUFAs 4.9%. Salmon fatty acid profile in fresh, frozen and canned samples was determined by several methods by Gonçalves *et al.* (2017). High lipid levels, ranging between 9.71 and 12.86% were observed in salmon fillets. The content of MUFAs ranged between 36.37 and 42.53 g 100 g⁻¹ of total lipids, followed by PUFAs (29.44 – 34.25 g 100 g⁻¹ of total lipids) and SFAs (20.33 – 22.32 g 100 g⁻¹ of total lipids). Common carp, as the main freshwater fish

species bred in many European, Asian, and Latin American countries, usually contains 6.8–12.4% fat, comprising of 24.3–30.0% SFAs and 70.0–75.7% unsaturated fatty acids, including 48.6% MUFAs and 21.5% PUFAs (Sobczak *et al.*, 2020). Dang *et al.* (2018) investigated fatty acid composition in Atlantic herring muscle in relation to freezing and storing conditions. They found out a decreasing trend in content of SFAs and PUFAs, but an increasing of the content of MUFAs in frozen samples during the long-term storage. In the control variant, SFAs ranged from 21.6 to 24.2 g 100 g⁻¹, MUFAs from 42.7 to 51.4 g 100 g⁻¹, and PUFAs from 29.7 to 25.3 g 100 g⁻¹ of total lipids.

Conclusions

Apart from raw frozen samples of five fish species, heat-treatment (cooking and baking) were applied to fish samples and investigation of fatty acids was performed. We have observed an increase of SFAs, MUFAs, and PUFAs in the samples, and the differences were confirmed by statistical testing. Comparison of individual species showed that the total content of SFAs and MUFAs were similar in carp and salmon samples. Still, PUFAs were the highest in salmon filets in all experimental variants. Atlantic cod filets were observed as the source with the lowest content of all groups of fatty acids in raw and heat-treated samples. Herring and trout had intermediate values.

Acknowledgement

This work was funded by Scientific Grant Agency of the Ministry of Education, Science, Research and Sport of the Slovak Republic and Slovak Academy of Science grant no. VEGA 1/0239/21 and by Slovak Research and Development Agency grant no. APVV-19-0180.

References

1. Barberger-Gateau P., Letenneur L., Deschamps V., Pérès K., Dartigues J.F., Renaud S. Fish, meat, and risk of dementia: cohort study. *BMJ*. 2002, 325(7370), 932-933.
2. Bayır A., Haliloğlu H.İ., Sirkecioğlu A.N., Aras N.M. Fatty acid composition in some selected marine fish species living in Turkish waters. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2006,86(1),163-168.
3. ČSN EN ISO 12966-2 (588767) Gas chromatography of fatty acid methyl esters - Part 2: Preparation of methyl esters of fatty acids, 2017.
4. Dang H.T., Gudjónsdóttir M., Karlsdóttir M.G., Van Nguyen M., Romotowska P.E., Tómasson T., Arason S. Influence of temperature stress on lipid stability of Atlantic herring (*Clupea harengus*) muscle during frozen storage. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2017,94(12),1439-1449.
5. FAO Joint, World Health Organization. Protein and amino acid requirements in human nutrition: report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation. World Health Organization; 2007. 265 p. ISBN 9241209356.
6. Gall G.A.E., Crandell P.A. The Rainbow trout. *Aquaculture*. 1992, 100, 1–10.

7. Gonçalves R.M., Montanher P.F., Carbonera F., Petenuci M.E., da Silveira R., Visentainer J.V. Quantification of fatty acids in salmon fillets conserved by different methods. *Acta Scientiarum. Technology*. 2017,39(4),403-407.
8. Haliloğlu H.İ., Bayır A., Sirkecioğlu A.N., Aras N.M., Atamanalp M. Comparison of fatty acid composition in some tissues of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) living in seawater and freshwater. *Food Chemistry*. 2004,86(1), 55-59.
9. Hammer O., Harper D.A.T., Ryan P.D. 2001 PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1), 9.
10. Katan T., Caballero-Solares A., Taylor R.G., Rise L., Parrish C.C. Effect of plant-based diets with varying ratios of $\omega 6$ to $\omega 3$ fatty acids on growth performance, tissue composition, fatty acid biosynthesis and lipid-related gene expression in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part D: Genomics and Proteomics*. 2019, 30, 290-304.
11. Kızılaslan H., Nalıncı S. The fish meat consumption habits of households and the factors affecting their fish meat consumption in the province of amasya. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*. 2013,5,61-75.
12. Lazzarotto V., Médale F., Larroquet L., Corraze G. Long-term dietary replacement of fishmeal and fish oil in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Effects on growth, whole body fatty acids and intestinal and hepatic gene expression. *PLoS One*. 2018,13(1), e0190730.
13. Linhartová Z., Krejsa J., Zajíč T., Másílko J., Sampels S., Mráz J. Proximate and fatty acid composition of 13 important freshwater fish species in central Europe. *Aquaculture International*. 2018, 26(2), 695-711.
14. McNaughton S.A., Ball K., Mishra G.D., Crawford D.A. Dietary patterns of adolescents and risk of obesity and hypertension. *The Journal of nutrition*. 2008,138(2), 364-370.
15. Nilsson J., Gross R., Asplund T., Dove O., Jansson H., Kelloniemi J., Kohlmann K., Löytynoja A., Nielsen E.E., Paaver T., Primmer C.R. Matrilinear phylogeography of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in Europe and postglacial colonization of the Baltic Sea area. *Molecular Ecology*. 2001,10(1), 89-102.
16. Nøstbakken O.J., Rasinger J.D., Hannisdal R., Sanden M., Frøyland L., Duinker A., Frantzen S., Dahl L.M., Lundebye A.K., Madsen L. Levels of omega 3 fatty acids, vitamin D, dioxins and dioxin-like PCBs in oily fish; a new perspective on the reporting of nutrient and contaminant data for risk-benefit assessments of oily seafood. *Environment International*. 2021,147,106322.
17. Mráz J., Máchová J., Kozák P., Pickova J. Lipid content and composition in common carp-optimization of n-3 fatty acids in different pond production systems. *Journal of Applied Ichthyology*. 2012, 28(2), 238-244.
18. Nunes M.L., Bandarra N.M., Batista I. Health benefits associated with seafood consumption. *Handbook of seafood quality, safety and health applications*. 2010, 369-79.

19. PAST 4.03 for Windows. (2021). Softpedia. <https://www.softpedia.com/get/Science-CAD/PAST.shtml>
20. Petricorena Z.C. Chemical composition of fish and fishery products. Handbook of food chemistry. 2015:403-435.
21. Pieniak Z., Kołodziejczyk M., Kowrygo B., Verbeke W. Consumption patterns and labelling of fish and fishery products in Poland after the EU accession. Food Control. 2011, 22(6), 843-850.
22. Pieniak Z., Verbeke W., Perez-Cueto F., Brunsø K., De Henauw S. Fish consumption and its motives in households with versus without self-reported medical history of CVD: A consumer survey from five European countries. BMC Public Health. 2008,8(1),1-4.
23. Ramezanzadeh S., Abedian Kenari A., Esmaeili M., Rombenso A. Effects of different forms of barberry root (*Berberis vulgaris*) on growth performance, muscle fatty acids profile, whole-body composition, and digestive enzymes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of the World Aquaculture Society. 2021,52(2), 284-302.
24. Sobczak M., Panicz R., Eljasik P., Sadowski J., Tórz A., Żochowska-Kujawska J., Barbosa V., Domingues V., Marques A., Dias J. Quality improvement of common carp (*Cyprinus carpio* L.) meat fortified with n-3 PUFA. Food and Chemical Toxicology. 2020 May,139,111261.
25. Stanković D., Crivelli A.J., Snoj A. Rainbow trout in Europe: introduction, naturalization, and impacts. Reviews in Fisheries Science & Aquaculture. 2015,23(1), 39-71.
26. STN EN 14103 Fat and oil derivatives - Fatty Acid Methyl Esters (FAME) - Determination of ester and linolenic acid methyl ester contents, SUTN, 2020.
27. Turan H., Kaya Y., Sönmez G. Position in human health and food value of fish meat. Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2006, 23(3).
28. Verbeke W., Vackier I. Individual determinants of fish consumption: application of the theory of planned behaviour. Appetite. 2005, 44(1), 67-82.
29. Zeng D., Mai K., Ai Q., Milley J.E., Lall S.P. Lipid and fatty acid compositions of cod (*Gadus morhua*), haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) and halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). Journal of Ocean University of China. 2010,9(4), 381-388.

Zmiany zawartości polifenoli ogółem w kapuście kiszzonej białej chłodniczo składowanej pochodzącej z upraw konwencjonalnych i ekologicznych

Joanna Kapusta-Duch, Paulina Knop

Katedra Żywienia Człowieka i Dietetyki, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie

Obecnie dużą uwagę przykładą się do wpływu diety na zdrowie człowieka. Liczne badania epidemiologiczne pokazują, że dieta bogata w produkty roślinne zmniejsza ryzyko zapadnięcia na przewlekłe choroby niezakaźne, do których należą m.in. miażdżyca oraz nowotwory. Celem pracy była ocena wpływu chłodniczego przechowywania w niestandardowych opakowaniach polietylenowych, zaopatrzonych w specjalne wentyle, które umożliwiały odprowadzanie gazów powstających podczas procesu fermentacji, na zmiany zawartości polifenoli ogółem w kapuście kiszzonej białej pochodzącej z uprawy konwencjonalnej i ekologicznej. Kapusta kiszona konwencjonalna tuż po zakupie charakteryzowała się istotnie wyższą zawartością polifenoli ogółem, w porównaniu do kapusty kiszzonej ekologicznej. Chłodnicze składowanie kiszzonek skutkowało obniżeniem zawartości ww. związków, niezależnie od rodzaju kiszonki. Istotnie mniejsze straty polifenoli ogółem zaobserwowano w kapuście kiszzonej ekologicznej, w stosunku do kapusty kiszzonej konwencjonalnej.

Słowa kluczowe: kapusta kiszona biała, zawartość polifenoli ogółem, chłodnicze przechowywanie

Wprowadzenie

W organizmie człowieka istnieją nieenzymatyczne i enzymatyczne mechanizmy, które chronią go przed szkodliwym działaniem wolnych rodników. Nieenzymatyczne mechanizmy opierają się na reakcjach chemicznych przebiegających głównie z udziałem witaminy E i związków fenolowych w błonach i ścianach komórkowych oraz witaminy C w cytoplazmie. Obecnie naukowcy podkreślają znaczenie biologiczne związków polifenolowych jako efektywnych przeciwutleniaczy, które jeszcze do niedawna uważane były za zbędne w diecie człowieka. Polifenole są to drugorzędne metabolity roślin występujące przeważnie w postaci glikozydów lub estrów. Polifenole mogą oddziaływać na kilka następujących sposobów: jako substancje redukujące peroksydację lipidów błonowych lipoprotein, jako związki blokujące wolne rodniki lub chelatujące jony metali, które katalizują reakcje utleniania, zapobiegając w ten sposób reakcjom powodowanym przez pojedynczy aktywny atom tlenu. Ponadto mogą one hamować aktywność enzymów utleniających, jak np. lipooksygenaz. Pod względem struktury szkieletu węglowego związki polifenolowe

można podzielić na kilka grup: *kwasy hydroksybenzoesowe* ($C_6 - C_1$), np. kwas p-hydroksybenzoesowy, *kwasy hydroksycynamonowe* ($C_6 - C_2$), np. kwas kawowy, ferulowy, *stilbeny* ($C_6 - C_2 - C_6$), np. resweratrol, *flawonoidy* ($C_6 - C_3 - C_6$), flawonole, np. kwercetyna, flawonony, np. hesperydyna, flawanole, np. katechiny, antocyjany, np. cyjanidyna, izoflawony, np. genisteina, *taniny* ($C_n > 12$), np. proantocyjanidyny [Grajek, 2007; Rosicka-Kaczmarek, 2004; Shahidi i wsp., 1992]. Właściwości chemiczne, fizyczne oraz aktywność biologiczna i metabolizm związków polifenolowych zależą od liczby, rodzaju i miejsca położenia podstawników w cząsteczce [Rice-Evans i wsp., 1996, Shahidi i wsp., 1992]. Polifenole mają idealną strukturę chemiczną do wychwytywania wolnych rodników oraz do tworzenia chelatów z metalami, co sprawia, że są one znacznie bardziej efektywnymi przeciwutleniaczami *in vitro* niż witaminy przeciwutleniające [Bravo, 1998; Rice-Evans i wsp., 1997]. Aktywność przeciwutleniająca polifenoli wynika z obecności w ich cząsteczkach grup fenolowych. Energia wiązania wodoru z tlenem w grupie hydroksylowej, związanej z układem aromatycznym, jest znacznie mniejsza niż w związkach alifatycznych, gdyż gęstość elektronów na atomie tlenu jest w dużym stopniu obniżona, ze względu na efekt rezonansowy pierścienia aromatycznego. Powoduje to dużą ruchliwość wodoru i przechodzenie związków fenolowych w rodniki fenoksyłowe, a następnie w wyniku ich łączenia w pochodne chinonów [Budryn i Nebesny, 2005; Grajek, 2007]. Polifenole ograniczają utlenianie m.in. witaminy C, karotenoidów i nienasyconych kwasów tłuszczowych. Właściwości przeciwutleniające wykazują przede wszystkim flawonoidy i fenolokwasy [Gawlik-Dziki, 2004; Shahidi i wsp., 1992]. Niektóre z grup polifenoli charakteryzują się właściwościami przeciwzapalnymi, przeciwalergicznymi, przeciwzakrzepowymi, przeciwwirusowymi oraz przeciwnowotworowymi. Najsilniejsze właściwości przeciwbakteryjne i antywirusowe wykazują flawony, zawierające w swej cząsteczce grupy metylowe, są to głównie flawonoidy owoców cytrusowych. Działają one hamująco na rozwój wielu bakterii, m.in. *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus* czy *E. coli*. Żywność bogata w polifenole ma korzystny wpływ na szereg biomarkerów ryzyka chorób sercowo-naczyniowych. W chorobach tych polifenole mogą hamować peroksydację lipidów, poprawiać czynność śródbłonna naczyniowego, hamować agregację płytek krwi i napięcie mięśni otaczających tętnice. Ich wpływ na biomarkery stresu oksydacyjnego, lipemii i procesu zapalnego nie jest natomiast jednoznaczny [Manach i wsp., 2005; Rosicka-Kaczmarek, 2004].

Warzywa kapustne są spożywane w dużych ilościach, zarówno w Polsce, jak i w innych krajach europejskich. Każdy gatunek odznacza się indywidualnym wyglądem, odmiennymi walorami odżywczymi i smakowymi. Cechuje je przystępna cena, dostępność na rynku lokalnym oraz popularność wśród konsumentów. Dzięki dość częstej konsumpcji można uznać je za istotne źródło składników odżywczych w diecie człowieka [Bartoszek i wsp., 2004; Kusznierecz i wsp., 2008a]. Zawierają witaminy antyoksydacyjne, w tym witaminę C, PP, β -karoten, kwas foliowy i α -tokoferol, składniki mineralne – wapń, selen, potas, magnez i żelazo. Warzywa te zawierają także znaczące ilości innych związków przeciwutleniających m.in. polifenoli. Z nieodżywczych składników należy wyróżnić działa-

jący pozytywnie na perystaltykę jelit błonnik pokarmowy. Innymi substancjami nieodżywczymi, o ważnych właściwościach prozdrowotnych, są glukozytolany. Związki te, obok pozytywnego działania na organizm człowieka, ograniczają jodowanie tyrozyny, mogącym samym prowadzić do niedoczynności tarczycy [Keck i Finley, 2004]. W Europie Środkowej jednym z warzyw spożywanych w największych ilościach przez cały rok jest kapusta biała: świeża i kiszona. Stanowi ona tradycyjny dodatek do mięsnych i wysokotłuszczowych produktów spożywczych sprzyjających transformacji nowotworowej. Ze względu na wysokie spożycie i dostępność przez cały rok, kapusta – świeża i kiszona, potencjalnie może być znaczącym elementem chemoprewencji nowotworowej [Kusznierewicz in., 2008b]. Kapusta kiszona, podobnie jak świeża, charakteryzuje się wieloma aktywnościami biologicznymi, wśród których można wymienić właściwości przeciwtłuszczeniowe i przeciwmutagenne, a także wpływ na ekspresję genów odpowiedzialnych za rozrost nowotworowy, czy zdolność indukowania enzymów detoksykacyjnych (tzw. enzymów II fazy).

Głównymi czynnikami decydującymi o jakości zdrowotnej żywności pochodzenia roślinnego jest metoda uprawy i warunki klimatyczne, jakie towarzyszą wzrostowi roślin. Zagrożenia środowiska naturalnego i utrata żyzności gleby z powodu nadużywania chemicznych środków ochrony roślin i nawozów sztucznych, przyczyniły się do wzrostu zainteresowania produkcją żywności o wysokiej i gwarantowanej jakości, jaką oferuje rolnictwo ekologiczne. Terminem *rolnictwo ekologiczne* określa się system produkcji rolniczej wykluczający stosowanie chemicznych środków ochrony roślin, jak również eliminujący wpływ zanieczyszczeń środowiskowych [Rembiałkowska i Hallmann, 2006]. Głównym celem gospodarstw ekologicznych jest produkcja żywności o wysokiej wartości biologicznej.

Celem pracy było porównanie zmian zawartości polifenoli ogółem w kapuście kiszanej białej pochodzącej z upraw konwencjonalnych i ekologicznych, chłodniczo składowanej przez okres trzech miesięcy w innowacyjnych opakowaniach strunowych z polietylenu niskiej gęstości (PE-LD), zaopatrzonych dodatkowo w specjalne wentyle, umożliwiające odprowadzanie gazów powstających w czasie procesu fermentacji. Badania te miały za zadanie poszerzyć i ugruntować wiedzę konsumenta na temat jakości zdrowotnej kapusty kiszanej białej, pochodzącej z uprawy konwencjonalnej i ekologicznej, szczególnie w zakresie zawartości polifenoli ogółem.

Materiał i metody badań

Materiał badawczy stanowiła kapusta kiszona biała (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *alba*) odmiany „Kamienna Głowa” zapakowana w szczelnie zamknięte opakowania z polietylenu niskiej gęstości, zaopatrzone dodatkowo w specjalne wentyle, umożliwiające odprowadzanie gazów powstające w czasie procesu fermentacji. Kapusta pochodziła z uprawy konwencjonalnej oraz ekologicznej. Analizowany materiał badawczy zakupiono w sklepie na terenie Krakowa. Zgodnie z deklaracją producenta kapusta kiszona została wyprodukowana we wrześniu 2019 roku. Oba rodzaje kapusty kiszanej pochodziły z tej

samej partii produkcyjnej i od tego samego producenta z miejscowości położonej w gminie Charsznica, na terenie województwa małopolskiego. Do badań przeznaczono po 4 sztuki opakowań kapusty kiszzonej konwencjonalnej i ekologicznej, każde o masie jednego kilograma. Producent posiadał odpowiedni certyfikat, gwarantujący, że do produkcji kapusty kiszzonej ekologicznej zostały użyte warzywa z upraw ekologicznych oraz że produkt spełniał wymagania określone w rozporządzeniach Rady (WE) nr 834/2007 i 889/2008 w sprawie produkcji i znakowania produktów ekologicznych [Rozporządzenie Rady, 2007, Rozporządzenie Komisji, 2008].

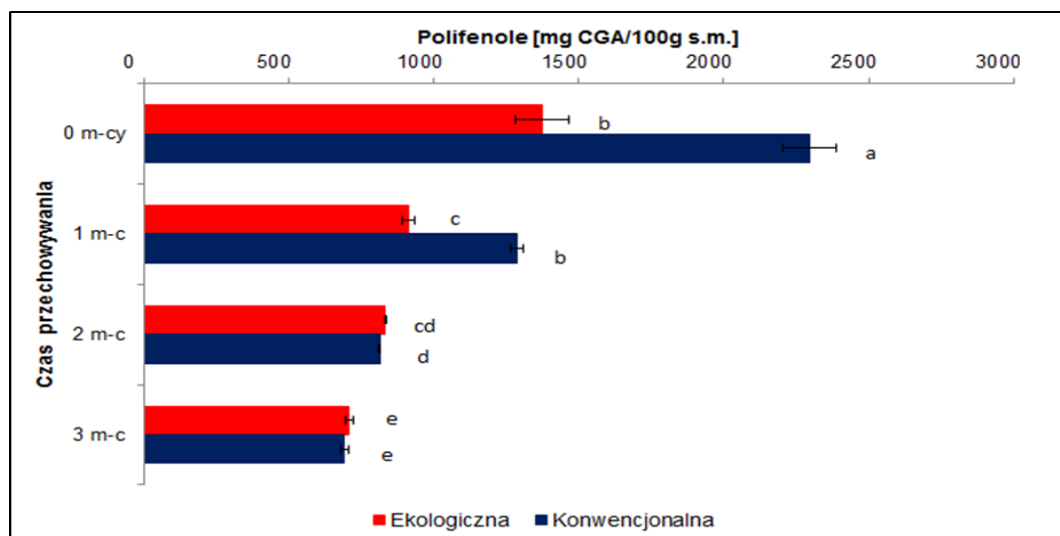
Analizy chemiczne były wykonywane w kapuście kiszzonej tuż po zakupie oraz po 1-, 2- i -3-miesięcznym okresie chłodniczego składowania w temperaturze 4-5°C w chłodziarce firmy Whirlpool. Z odpowiednio przygotowanych, średnich reprezentatywnych prób warzyw tuż po zakupie oraz po zakładanych okresach chłodniczego składowania wykonano ekstrakty metanolowe, które następnie posłużyły do oznaczenia zawartości polifenoli ogółem. Przygotowanie ekstraktów polegało na zalaniu 5 g rozdrobnionego (do ok. 0,5 cm) przy użyciu homogenizatora materiału 80 cm³ 70% metanolu, a następnie wytrząsaniu przez 2 godziny w wytrząsarce Elpan, typ 357 (Polska) (120 min/24°C/1500 obr./min) w celu wyekstrahowania substancji czynnych [Re i wsp., 1999]. Po tym czasie mieszaninę przesączono przy użyciu bibuły filtracyjnej do plastikowych pojemników i przechowywano w temperaturze -22°C (zamrażarka Liebherr GTS 3612) do momentu wykonywania oznaczeń. Oznaczenie polifenoli ogółem polegało na kolorymetrycznym oznaczeniu barwnych związków powstałych w wyniku reakcji pomiędzy związkami fenolowymi a odczynnikiem Folina-Ciocalteu'a (Sigma) [Swain i Hillis, 1959]. Z przygotowanych ekstraktów metanolowych wykonano rozcieńczenia w stosunku 1:20. W tym celu pobrano 5 cm³ ekstraktu do kolby miarowej o pojemności 100 cm³ i uzupełniono wodą destylowaną do kreski. Z otrzymanego roztworu pobrano 5 cm³ i przenoszono do probówek. Następnie dodawano 0,5 cm³ odczynnika Folina-Ciocalteu'a (rozcieńczonego wodą w stosunku objętościowym 1:1) i 0,25 cm³ 25% roztworu węgla sodu. Na końcu analizy zmierzono absorbancję roztworów (spektrofotometr Spectro 2000RS, firmy LaboMed, Inc.) przy długości fali 760 nm w stosunku do metanolu.

Wszystkie oznaczenia wykonywano w trzech równoległych powtórzeniach ($n = 3$), a dla uzyskanych wartości średnich obliczono odchylenie standardowe (SD). W celu sprawdzenia istotności różnic między zawartością polifenoli ogółem w badanych kiszzonkach, w zależności od czasu chłodniczego składowania oraz rodzaju analizowanej kapusty (konwencjonalna oraz ekologiczna), wyniki badań poddano dwuczynnikowej analizie wariancji. Wszystkie obliczenia wykonano przy pomocy programu Statistica 9.1. PL. W celu sprawdzenia istotności różnic zastosowano test rozstępu Duncan'a, przy krytycznym poziomie istotności $p \leq 0,05$.

Wyniki i dyskusja

W związku ze zróżnicowaną zawartością suchej masy w analizowanych kapustach kiszzonych, omówienie wyników przedstawiono w przeliczeniu na jednostkę suchej masy.

Zawartość polifenoli ogółem na ogół zmniejszała się istotnie statystycznie ($p \leq 0,05$) podczas przechowywania, niezależnie od rodzaju analizowanej kapusty kiszzonej, w porównaniu do kiszzonej tuż po zakupie. Kapusta kiszona konwencjonalna tuż po zakupie oraz po 1-miesięcznym okresie chłodniczego składowania charakteryzowała się istotnie wyższą ($p \leq 0,05$) zawartością polifenoli ogółem, w porównaniu do kiszzonki ekologicznej. Po drugim i trzecim miesiącu składowania nie zaobserwowano istotnych różnic ($p > 0,05$) w zawartości omawianych związków pomiędzy analizowanymi rodzajami kiszzonek (rys. 1).



Rysunek 1. Zawartość polifenoli ogółem w kapuście kiszzonej ekologicznej i konwencjonalnej wyrażona w mg kwasu chlorogenowego (CGA), w zależności od czasu chłodniczego przechowywania oraz pochodzenia kapusty kiszzonej (mg/100 g suchej masy). Objasnienie: Wartości średnie na rysunku oznaczone różnymi literami (a-e) różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$.

Dane literaturowe określają poziom polifenoli ogółem w warzywach kapustnych najczęściej w odniesieniu do kemferolu, kwasu galusowego oraz katechiny. Warzywa są przede wszystkim źródłem związków polifenolowych z grupy kwasów fenolowych, bowiem udział flawonoidów w całkowitej zawartości polifenoli kształtuje się w zakresie od 4% w kapuście białej i włoskiej do 39% w kapuście czerwonej [Chun i wsp., 2004; Karadeniz i wsp., 2005]. Zawartość w warzywach innych flawonoidów niż pochodne flawonoli i flawonów, wg danych literaturowych, jest niewielka. W kapuście białej występuje ponad 20 związków kwercetyny i kemferolu, wśród których znajdują się 3-soforozyd-7-glukozyd kwercetyny i kemferolu oraz 3-diglukozyd-7-diglukozyd kemferolu, a także ich formy acylowane kwasami hydroksycynamonowymi [Nielsen i wsp., 1993; 1998].

Ding i wsp. [2018] odnotowali znacznie niższe zawartości polifenoli ogółem w analizowanej kapuście kiszzonej, bo kształtujące się na poziomie 5,9 mg w 100 g świeżej masy

produktu, w porównaniu do uzyskanych w niniejszej pracy i to niezależnie od czasu przechowywania. W badaniach David i Estherlydia [2014] zawartość polifenoli ogółem w kapuście kiszzonej wynosiła 36,7 mg/100 g świeżej masy produktu. W niniejszej pracy oznaczono dużo wyższą zawartość polifenoli ogółem, w porównaniu do wyżej wymienionych autorów, ponieważ średnio dla obu kiszzonek wynosiła ona 122,5 mg/100 g świeżego produktu w przeliczeniu na kwas chlorogenowy.

Niektórzy autorzy podają zawartość polifenoli ogółem w kapuście głowiastej białej, w odniesieniu do kwasu galusowego, mieszczącą się w szerokim zakresie od 15,3 do 58,0 mg/100 g świeżego warzywa. Bahorun i wsp. [2004] podają wartość 15,3; Chu i wsp. [2002] – 36,7; Proteggente i wsp. [2002] – 58,0; Podsędek i wsp. [2006] – 23,3–29,7; Heo i Lee [2006] – 44,5–45,8, a Leja i wsp. [2007] – 48,7–48,9 mg/100 g świeżego warzywa. Największą zawartość polifenoli ogółem w kapuście głowiastej białej, w przeliczeniu na kwas galusowy, wykazali Wu i wsp. [2004], a mianowicie 203,0 mg/100 g świeżego warzywa. Zdaniem Ciskiej i wsp. [2005] zawartość polifenoli ogółem (w przeliczeniu na kwas galusowy) w kapuście białej kształtuje się na poziomie 572,0 mg/100 g suchej masy warzywa. Z kolei Heimler i wsp. [2006] podają zbliżoną zawartość polifenoli ogółem (w przeliczeniu na kwas galusowy) – 531,0 mg/100 g suchej masy warzywa, zaś Ismail i wsp. [2004] znacznie wyższą, gdyż wynoszącą 1107,0 mg. Vinson i wsp. [1998], Podsędek i wsp. [2004] oraz Kaur i Kapoor [2002] zawartość polifenoli ogółem w przeliczeniu na katechinę oznaczyli na poziomie kolejno 20,6, 15,0 i 92,5 mg/100 g świeżego warzywa.

Na podstawie uzyskanych w niniejszej pracy rezultatów oraz danych literaturowych można zaobserwować, jak duża jest rozpiętość w prezentowanych przez różnych autorów wynikach oznaczenia zawartości polifenoli w kapuście. Świadczy to o znacznej zmienności analizowanego parametru. Zawartość związków polifenolowych w warzywach, podobnie jak w pozostałych surowcach roślinnych, kształtuje wiele czynników. Należą do nich: warunki klimatyczne i agrotechniczne, stopień dojrzałości, czas zbioru, warunki przechowywania oraz czynniki genetyczne i różnorodność odmianowa [Hallmann i Rembiałkowska, 2007; Martinez-Valverde i wsp., 2002; Ninfali i Bacchiocca, 2003]. Jak dowodzi Borowska [2003], w czasie dojrzewania warzyw kapustnych koncentracja kwasów fenolowych może rosnąć lub maleć, natomiast w czasie składowania ulega zdecydowanemu zmniejszeniu. W przypadku bardzo zróżnicowanych pod względem budowy i właściwości związków polifenolowych nie mniej ważne są warunki ich ekstrakcji z surowca, jak i stosowane metody analizy. Duże dysproporcje pomiędzy wynikami zawartości polifenoli ogółem podawanymi przez ww. autorów mogą wynikać z odmiennego sposobu ekstrakcji związków polifenolowych z surowców. Cytowani powyżej autorzy stosowali zarówno 50 i 70% metanol, jak również 70 lub 80% aceton oraz 70% aceton zakwaszony kwasem octowym. Inną przyczyną może być odmienny sposób przeliczania, w zależności od zastosowanego wzorca. Kusznierecz i wsp. [2010] oraz Kähkönen i wsp. [1999] stwierdzili, że metoda oznaczania sumy polifenoli przy użyciu odczynnika FC jest obciążona błędem, ze względu na możliwość reagowania tego związku nie tylko z polifenolami, ale również z witaminą C, nie-

którymi alkaloidami i białkami oraz z innymi związkami opisywanymi w literaturze. Metoda ta nie daje ona pełnego obrazu odnośnie ilości i jakości związków fenolowych w ekstraktach badanych roślin.

W procesie fermentacji mlekowej zawartość polifenoli ulega podwyższeniu. Związek między procesem kiszenia, a wzrostem zawartości tego składnika udokumentowali w swoich badaniach Czapski i Szwejd [2006] oraz Ciska i wsp. [2005], gdyż zaobserwowali oni wzrost zawartości polifenoli ogółem w białej kapuście kiszzonej, kolejno o 39 i o 22%, w stosunku do produktu świeżego. Wy tłumaczeniem tego zjawiska może być działalność enzymów bakteryjnych na ściany komórkowe, przez co dochodzi do uwolnienia związków fenolowych z połączeń glikozydowych i estrowych [Ciska i wsp., 2005].

W niniejszej pracy, po okresie 3-miesięcznego, chłodniczego składowania białej kapusty kiszzonej zaobserwowano istotny statystycznie spadek zawartości polifenoli ogółem, średnio o 60%, w stosunku do kiszonki tuż po zakupie. Czynniki, które w zasadniczy sposób wpływają na zmiany poziomu związków polifenolowych są: czas składowania chłodniczego, temperatura oraz stopień uszkodzenia tkanki warzywa [Oszmiański, 1995]. Bunea i współ. [2008] stwierdzili, że zmniejszenie zawartości polifenoli ogółem w szpinaku przechowywanym chłodniczo przez 24 godziny wynosiło 7,6%, natomiast po 72 godzinach 11,6%, w stosunku do świeżego warzywa. W pracy Kapusty-Duch i wsp. [2017a] po okresie 3- i 4-miesięcznego, chłodniczego przechowywania kapusty kiszzonej czerwonej zaobserwowano istotne statystycznie straty polifenoli ogółem, wynoszące kolejno: w worczech z PE-LD: 13,3 i 13,4%, natomiast w warzywach przechowywanych w torebkach z PET met/PE 18,1 i 18,6%, w stosunku do warzyw przed zapakowaniem. Podobnie, w innych badaniach Kapusty-Duch [2017b], stwierdzono istotne statystycznie obniżenie poziomu omawianych związków w kapuście kiszzonej białej składowanej chłodniczo przez okres 4 miesięcy w dwóch rodzajach opakowań (PE-LD i PET/met/PE). Vina i Chaves [2006] badali wpływ chłodniczego przechowywania w temperaturze 0°C oraz 4°C na zmiany zawartości polifenoli ogółem w porcjowanym selerze naciowym składowanym na tackach polistyrenowych (PS), zamkniętych folią z PVC przez 7, 14, 21 i 28 dni. Na końcu doświadczenia stwierdzono, że w warzywie składowanym w temperaturze 0°C, zawartość polifenoli ogółem na końcu doświadczenia nie uległa zmianie, a w składowanym w temperaturze 4°C, nastąpił nieistotny statystycznie wzrost omawianych związków. Badania Amanatidou [2000] z zespołem wykazały natomiast 8-krotny wzrost zawartości polifenoli ogółem w plastrach marchwi, przechowywanych przez 12 dni w temperaturze 8°C, w porównaniu do warzywa świeżego. Gil-Izuaredo i in. [2002] zanotowali wzrost zawartości kwasu chlorogenowego w karczochach składowanych przez 14 dni w temperaturze od 0 do 7°C, przy czym większe zmiany nastąpiły w wewnętrznych niż zewnętrznych częściach warzywa. Babic i in. [1993] obserwowali zarówno wzrost, jak i spadek ww. związku w marchwi minimalnie przetworzonej po maksimum trzech dniach składowania w temperaturze 4°C. Wzrost zawartości związków fenolowych, według ww. autorów, był spowodowany najprawdopodobniej fizjologiczną odpowiedzią warzyw na infekcje i uszkodzenia.

W pracy DuPont i wsp. [2000] analizowano zawartości polifenoli ogółem w 8 odmianach sałaty i 3 odmianach endywii, przechowywanych chłodniczo (w ciemności) w temperaturze 1°C. Po 7 dniach składowania ww. warzyw nastąpiło na ogół istotnie statystycznie obniżenie ogólnej ilości glukozydów flawonowych w zakresie od 7 do 46% [DuPont i wsp., 2000].

Wyniki uzyskane w niniejszej pracy nie potwierdziły wyników większości zacytowanych poniżej autorów, wskazujących na wyższą zawartość polifenoli ogółem w surowcach ekologicznych. Prawdopodobną przyczyną uzyskanych w niniejszej pracy wyników może być fakt, że polifenole ogółem są produkowane przez roślinę m.in. w momencie wystąpienia zagrożenia/stresu. To mogłoby tłumaczyć dużo wyższą, początkową zawartość tych związków w kapuście kiszzonej konwencjonalnej, w porównaniu do kapusty kiszzonej ekologicznej – nie narażonej na stresy środowiskowe.

Hallmann i Rembiałkowska [2006] wykazały, że zarówno cebula żółta, jak i czerwona uprawiane metodami ekologicznymi zawierały więcej flawonoidów, w przeliczeniu na kwercetynę oraz antocyjanów w przeliczeniu na delfinidynę, w porównaniu do odmian uprawianych metodami konwencjonalnymi. W niektórych badaniach również wykazano niewielką, lecz istotnie wyższą zawartość flawonoli w pomidorach ekologicznych [Caris-Veyrat i wsp., 2004; Hallmann i Rembiałkowska, 2007; Rembiałkowska i wsp., 2005b]. Jabłka z certyfikowanych upraw ekologicznych charakteryzowały się m.in. wyższą zawartością flawonoidów i antocyjanów, a sok i kremogen z jabłek ekologicznych wykazywał istotnie wyższą zawartość polifenoli ogółem, w porównaniu do produktów uzyskanych z jabłek pochodzących z sadów konwencjonalnych [Rembiałkowska i wsp., 2003, 2005a; Rembiałkowska i Hallmann, 2006]. Czarna porzeczka ekologiczna zawierała o 25% więcej flawonoli oraz o 40% więcej antocyjanów, w porównaniu do czarnej porzeczki uprawianej metodami konwencjonalnymi [Kazimierczak i wsp., 2008]. Podobnie wyższą zawartość polifenoli w ekologicznych winogronach, w stosunku do uprawianych metodami konwencjonalnymi, zaobserwował zespół Levite i wsp. [2000]. Brandt i Mølgaard [2001] oraz Heaton [2001] również wskazali, że rośliny uprawiane metodami ekologicznymi w naturalny sposób zawierają więcej polifenoli i innych wtórnych metabolitów niż uprawiane metodami konwencjonalnymi. Asami i wsp. [2003] wykazali, że warzywa i owoce uprawiane w systemach zrównoważonym i ekologicznym zawierały więcej polifenoli niż warzywa uprawiane w sposób konwencjonalny. Odwrotne tendencje świadczące o wyższej zawartości polifenoli w surowcach konwencjonalnych niż ekologicznych uzyskano w pracy Caris-Veyrat i wsp. [2004] oraz Anttonen i Karjalainen [2006].

Wnioski

1. Chłodnicze składowanie kapusty kiszzonej białej zarówno konwencjonalnej, jak i ekologicznej, skutkowało istotnym statystycznie obniżeniem zawartości polifenoli ogółem, kolejno o 70 i 50%, w porównaniu do kapusty kiszzonej tuż po zakupie.
2. Istotnie mniejsze straty omawianego wyróżnika wykazano w przypadku kapusty kiszzonej ekologicznej, w porównaniu do konwencjonalnej.
3. Po zakończeniu magazynowania zawartości polifenoli ogółem w obu rodzajach kapusty kiszzonej była na zbliżonym poziomie.
4. Uzyskane wyniki badań nie pozwalają na jednoznaczne stwierdzenie, która z analizowanych kapust cechowała się wyższą jakością zdrowotną, gdyż na początku doświadczenia stwierdzono prawie 2-krotnie wyższą zawartość polifenoli ogółem w kapuście kiszzonej konwencjonalnej, w stosunku do kapusty kiszzonej ekologicznej, a po zakończeniu przechowywania różnice te były już nieistotne statystycznie.

Literatura

1. Amanatidou A., Slump R.A., Gorris L.G.M., Smid E.J. (2000). High oxygen and high carbon dioxide modified atmospheres for shelf-life extension of minimally processed carrots. *Journal of Food Sciences*, 65(1), 61-66.
2. Anttonen M.J., Karjalainen R.O. (2006). High-performance liquid chromatography analysis of black currant (*Ribes nigrum* L.) fruit phenolics grown either conventionally or organically. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 54(20), 7530–7538.
3. Asami D.K., Hong Y.J., Barrett D.M., Mitchell A.E. (2003). Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51, 1237–1241.
4. Babic I., Amiot M.J., Nguyen-The C., Aubert S. (1993). Changes in Phenolic Content in Fresh Ready-to-use Shredded Carrots during Storage. *Journal of Food Science*, 58, 351–356.
5. Bahorun T., Luximon-Ramma A., Crozier A., Aruoma O.I. (2004). Total phenol, flavonoid, proanthocyanidin and vitamin C levels and antioxidant activities of Mauritian vegetables. *Journal of Food Science and Agriculture*, 84, 1553–1561.
6. Bartoszek A., Lewandowska J., Kruszyna A., Szukalska E., Tymek M. (2004). Antioxidative activity of fresh white cabbage and sauerkraut provides essential protection of other food components (ex vivo) and cultured cells (stimulated in vivo). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, (2)23, 7938 – 7943.
7. Borowska J. (2003). Owoce i warzywa jako źródło naturalnych przeciwutleniaczy (1) i (2). *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 5, 11–30.
8. Brandt K., Mølgaard J.P. (2001). Organic agriculture: does it enhance or reduce the nutritional value of plant foods? *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 31, 924–931.

9. Bravo L. (1998). Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition Reviews*, 2(23), 317 – 333.
10. Budryn G., Nebesny E. (2005). Struktura i właściwości antyoksydacyjne polifenoli ziarna kawowego. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 38(3), 203–209.
11. Bunea A., Andjelkovic M., Socaciu C., Bobis O., Neacsu M., Verhe R., Van Camp J. (2008). Total and individual carotenoids and phenolic acids content in fresh, refrigerated and processed spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Food Chemistry*, 108, 649-656.
12. Caris-Veyrat C., Amiot M.J., Tyssandier V., Grasselly D., Buret M., Mikolajczak M., Guillard J-C., Bouteloup-Demange C., Borel P. (2004). Influence of organic versus conventional agricultural practice on the antioxidant microconstituent content of tomato and derived purees, consequence on antioxidant plasma status in humans. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 52, 6503–6509.
13. Chu Y.-F., Sun J., Wu X., Liu R.H. (2002). Antioxidant and antiproliferative activities of common vegetables. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 50, 6910–6916.
14. Chun O.K., Smith N., Sakagawa A., Lee Ch.Y. (2004). Antioxidant properties of raw and processed cabbages. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 55, 191–199.
15. Ciska E., Karamać M., Kosińska A. (2005). Antioxidant activity of extracts of white cabbage and sauerkraut. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 14(55), 367–373.
16. Czapski J., Szwejda J. (2006). Antioxidant responses in fermented cabbage and juice during storage. *Vegetable Crops Research Bulletin*, 64, 39-50.
17. David D., Estherlydia D. (2014). Phytochemical screening and antioxidant activity of spicy sauerkraut fermented with reduced salt. *International Journal of Current Research*, 6(8), 7797-7802.
18. Ding Z., Johanningsmeier S.D., Price R., Reynolds R., Truong V-D., Payton S.C., Breidt F. (2018). Evaluation of nitrate and nitrite contents in pickled fruit and vegetable products. *Food Control*, 90, 304-311.
19. DuPont M.S., Mondin Z., Williamson G., Price K.R. (2000). Effect of variety, processing, and storage on the flavonoid glycoside content and composition of lettuce and endive. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(9), 3957-3964.
20. Gawlik-Dziki U. (2004). Fenolokwasy jako bioaktywne składniki żywności. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, 4(41), 29–40.
21. Gil-Izquierdo A., Gil M.I., Ferreres F. (2002). Effect of processing techniques at industrial scale on orange juice antioxidant and beneficial health compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(18), 5107-5114.
22. Grajek W. (red.) (2007). *Przeciwoutleniacze w żywności: Aspekty zdrowotne technologiczne molekularne i analityczne*. WNT, Warszawa.
23. Hallmann E., Rembiałkowska E. (2006). Zawartość związków antyoksydacyjnych w wybranych odmianach cebuli z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 51(2), 42–46.

24. Hallmann E., Rembiałkowska E. (2007). Comparison of the Nutritive Quality of Tomato Fruits from Organic and Conventional Production in Poland. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 52(3), 55–60.
25. Heaton S. (2001). Organic farming, food quality and human health: A review of the evidence. Soil Association of the United Kingdom. Powell (ed.), UK Organic Research 2002: Proceedings of the COR Conference, 26-28th March 2002, Aberystwyth, 55-60.
26. Heimler D., Vignolini P., Dini M.G., Vincieri F.F., Romani A. (2006). Antiradical activity and polyphenol composition of local *Brassicaceae* edible varieties. *Food Chemistry*, 99, 464–469.
27. Heo H.J., Lee Ch.Y. (2006). Phenolic phytochemicals in cabbage inhibit amyloid β protein-induced neurotoxicity. *LWT - Food Science and Technology*, 39, 330–336.
28. Kähkönen M.P., Hopia A.I., Vuorela H.J., Rauha J., Pihlaja K., Kujala T.S., Heinonen M. (1999). Antioxidant Activity of Plant Extracts Containing Phenolic Compounds. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 47, 3954–3962.
29. Kapusta-Duch J., Kusznierecz B., Leszczyńska T., Borczak B. (2017a). The effect of package type on selected parameters of nutritional quality of the chilled stored red sauerkraut. *Journal of Food Processing and Preservation*, ISSN 1745-4549.
30. Kapusta-Duch J., Kusznierecz B., Leszczyńska T., Borczak B. (2017b). Effect of Package Type on Selected Parameters of Nutritional Quality of Chill-Stored White Sauerkraut. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 67(2), 137–144.
31. Karadeniz F., Burdurlu H.S., Koca N., Soyer Y. (2005). Antioxidant activity of selected fruits and vegetables grown in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29, 297–303.
32. Kaur Ch., Kapoor Harish C. (2002). Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. *International Journal of Food Science Technology*, 37, 153–161.
33. Kazimierczak R., Hallmann E., Rusaczek A., Rembiałkowska E. (2008). Antioxidant content in black currants from organic and conventional cultivation, *EJPAU*, 11(2), 28.
34. Keck A., Finley J.W. (2004). Cruciferous vegetables: cancer protective mechanisms of glucosinolate hydrolysis products and selenium. *Integrative Cancer Therapies*, 3(1), 5-12.
35. Kusznierecz B., Bartoszek A., Wolska L., Drzewiecki J., Gorinstein S., Namieśnik J. (2008a). Partial characterization of white cabbages (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *alba*) from different regions by glucosinolates, bioactive compounds, total antioxidant activities and proteins. *LWT - Food Science and Technology*, 41, 1–9.
36. Kusznierecz B., Piasek A., Lewandowska J., Śmiechowska A., Bartoszek A., (2007). Właściwości przeciwnowotworowe kapusty białej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 6(55), 20 – 34.

37. Kusznierevicz B., Lewandowska J., Kruszyna A., Piasek A., Śmiechowska A., Namieśnik J. (2010). The antioxidative properties of white cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *alba*) fresh and submitted to culinary processing. *Journal of Food Biochemistry*, 34, 262-285.
38. Kusznierevicz B., Śmiechowska A., Bartoszek A., Namieśnik J. (2008b). The effect of heating and fermenting on antioxidant properties of white cabbage. *Food Chemistry*, 108, 853-861.
39. Leja M., Wyżgolik G., Kamińska I. (2007). Some parameters of antioxidant capacity of red cabbage as related to different forms of nutritive nitrogen. *Folia Horticulturae*, 19(1), 15-23.
40. Levite D., Adrian M., Tamm L. (2000). Preliminary results of resveratrol in wine of organic and conventional vineyards. Paper presented at 6th International Congress on Organic Viticulture, Convention Center Basel, 25 and 26 August 2000. *Conference Proceedings*, 256-257.
41. Manach C., Scalbert A., Morand C., Remesy C., Jinenez J. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79, 727-747.
42. Martinez-Valverde I., Periago M.J., Provan G., Chesson E. (2002). Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82, 323-330.
43. Nielsen J.K., Norbek R., Olsen C.E. (1998). Kaempferol tetraglucosides from cabbage leaves. *Phytochemistry*, 34, 539-544.
44. Nielsen J.K., Olsen C.E., Petersen M.K. (1993). Acylated flavonol glycosides from cabbage leaves. *Phytochemistry*, 49, 2171-2176.
45. Ninfali P., Bacchioca M. (2003). Polyphenols and antioxidant capacity of vegetables under fresh and frozen conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 2222-2226.
46. Oszmiański J. (1995). Polifenole jako naturalne przeciwutleniacze w żywności. *Przemysł Spożywczy*, 3, 94-96.
47. Podsędek A., Sosnowska D., Łoś J. (2004). Ocena efektywności przeciwrodnikowej polifenoli wybranych warzyw. V Konferencja „Flawonoidy i ich zastosowanie”. Rzeszów, 266-276.
48. Podsędek A., Sosnowska D., Redzynia M., Anders B. (2006). Antioxidant capacity and content of *Brassica oleracea* dietary antioxidants. *International Journal of Food Science Technology*, 41(1), 49-58.
49. Proteggente A.R., Pannala A.S., Paganga G., Van Buren L., Wagner E., Wiseman S., van de Put F., Dacombe C., Rice-Evans C.E. (2002). The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C. *Free Radical Research*, 36, 217-233.
50. Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9/10), 1231-1237.

51. Rembiałkowska E., Adamczyk M., Hallmann E. (2003). Jakość sensoryczna i wybrane cechy wartości odżywczej jabłek z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 36, 33–39.
52. Rembiałkowska E., Hallmann E. (2006). Wpływ procesu pasteryzacji na zawartość związków bioaktywnych oraz potencjał antyoksydacyjny kremogenów jabłkowych z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 51(2), 144–149.
53. Rembiałkowska E., Hallmann E., Szafirowska A. (2005b). Nutritive quality of tomato fruits from organic and conventional cultivation. *Culinary Arts and Sciences V. Global and National Perspectives*. (ed. J.S.A. Edwards, B. Kowrygo, K. Rejman), 193–202.
54. Rembiałkowska E., Wasiak-Zys G., Hallmann E., Lipowski J., Jasińska U., Owczarek L. (2005a). Comparison of selective features sensory quality and antioxidant properties of apple mousse and juice from organic and conventional cultivation. *Selected organic aspects in modern World. Monograph, PIMR*, 264–274.
55. Rice-Evans C., Miller N.J., Paganga G. (1996). Structure – antioxidants activity relationship of flavonoids and phenolic acid. *Free Radical Biology and Medicine*, 20(7), 933–956.
56. Rice-Evans C., Miller N.J., Paganga G. (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science*, 4(2), 152–159.
57. Rosicka-Kaczmarek J. (2004). Polifenole jako naturalne antyoksydanty w żywności. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*, 6, 12–16.
58. Rozporządzenie Komisji (WE) NR 889/2008 z dnia 5 września 2008 r. ustanawiające szczegółowe zasady wdrażania rozporządzenia Rady (WE) nr 834/2007 w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych w odniesieniu do produkcji ekologicznej, znakowania i kontroli (Dz.U. L 250 z 18.9.2008, s. 1).
59. Rozporządzenie Rady (WE) NR 834/2007 z dnia 28 czerwca 2007 r. w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych i uchylające rozporządzenie (EWG) nr 2092/91 (Dz.U. L 189 z 20.7.2007, s. 1).
60. Shahidi F., Janitha P.K., Wanasundara P.D. (1992). Phenolic antioxidants. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 32(1), 67–103.
61. Swain T., Hillis W.E. (1959). The Phenolic Constituents of *Prunus Domestica* (L.). The Quantity of Analysis of Phenolic Constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10, 63–68.
62. Vina S.Z., Chaves A.R. (2006). Antioxidant responses in minimally processed celery during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 94, 68–74.
63. Vinson J.A., Hao Y., Su X., Zubik L. (1998). Phenol antioxidant quantity and quality in foods: vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 3630–3634.
64. Wu X., Beecher G.R., Holden J.M., Haytowitz D.B., Gebhardt S.E., Prior R.L. (2004). Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the U.S. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 4026–4037.

Biologicznie aktywne peptydy hamujące działanie dipeptydylopeptydazy IV jako strategia przeciw cukrzycy typu 2

Paulina Kęska, Joanna Stadnik

Katedra Technologii Żywności Pochodzenia Zwierzęcego, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie

Niniejsza publikacja stanowi przegląd informacji dotyczących peptydów hamujących działanie dipeptydylopeptydazy IV (DPP-IV) powstających z hydrolizatów, bądź izolatów białek pochodzących z produktów spożywczych, ze szczególnym uwzględnieniem żywności pochodzenia zwierzęcego. W pracy przedstawiono przykłady wyników badań wskazujących, że peptydy są zdolne do hamowania działania dipeptydylopeptydazy IV, wykazując tym samym działanie przeciwcukrzycowe. W świetle najnowszych badań wnioskować można, że peptydy hamujące działanie DPP-IV mogą być stosowane w celu regulacji glikemii, przede wszystkim u diabetyków, jako metoda wspomagania leczenia cukrzycy. W tym kontekście poznanie nowych, naturalnych źródeł tych aktywnych biologicznie składników żywności oraz ich biodostępności dla ludzi jest bardzo interesujące. Może bowiem pomóc w formułowaniu żywności zawierającej fizjologicznie istotne dawki bioaktywnych hydrolizatów/peptydów, zdolnych do ograniczania skutków zaburzeń glikemii.

Słowa kluczowe: peptydy, inhibitory DPP-IV, działanie przeciwcukrzycowe

Wstęp

Cukrzyca zaliczana jest do tzw. niezakaźnych przewlekłych chorób, będąca obecnie jednym z najważniejszych problemów zdrowotnych społeczeństw wielu krajów. Zdecydowaną większość przypadków zachorowań stanowi cukrzyca typu 2. Opracowanie skutecznych strategii terapeutycznych w jej profilaktyce i/lub leczeniu obejmuje m.in. dobór środków przywracających i utrzymujących homeostazę glukozy we krwi. Leczenie farmakologiczne jest szeroko stosowane, oferując leki syntetyczne. Oprócz farmakoterapii, interwencja dietetyczna może być skuteczna w walce z zaburzeniami metabolicznymi wywołanymi cukrzycą. Strategią terapeutyczną jest hamowanie aktywności enzymów metabolicznych biorących udział w regulacji stężenia glukozy we krwi. m.in. alfa-amylazy i alfa-glukozydazy. Są one odpowiedzialne za rozkład węglowodanów do cukrów prostych, zaś hamowanie tych enzymów powoduje ograniczenie wchłaniania węglowodanów w przewodzie pokarmowym. Inną strategią jest wzmocnienie działania inkretyn. Osiągnąć to można dzięki 1) opornym na rozkład agonistom receptora GLP-1 (jako mimetyki inkretyn) albo 2) inhibitorom dipeptydylopeptydazy IV (DPP-IV) które przyczyniają się do wydłużenia okresu półtrwania substancji wpływających na poziom insuliny (Lacroix i Li-Chan, 2014). Ten rodzaj działania wykazują substancje będące inhibitorami w stosunku do DPP-IV.

Mogą być to popularne w farmakoterapii związki określane wspólnym mianem gliptyn (np. sitagliptyna). Jednak z uwagi na swoje syntetyczne pochodzenie oraz możliwe negatywne skutki ich działania, naukowcy poszukują nowych, naturalnych źródeł inhibitorów DPP-IV, np. zawartych w żywności.

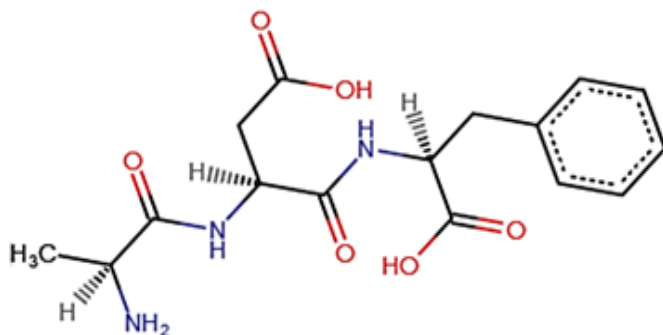
Celem niniejszej pracy było przedstawienie potencjału żywności jako źródło biologicznie aktywnych peptydów zdolnych do ograniczania skutków występowania cukrzycy lub wspomagania jej leczenia.

Peptydy jako bioaktywne składniki żywności

W ostatnich latach zmieniło się postrzeganie środków spożywczych. Traktowane są one także jako potencjalne źródła składników o funkcjach fizjologicznych. Wiele uwagi poświęcono w literaturze produktom pochodzenia zwierzęcego, w tym mięsu i produktom mięsnym. Oprócz cennych składników odżywczych (białka oraz wielu niezbędnych witamin i składników mineralnych) zawierają szereg substancji bioaktywnych, które mają potencjalnie korzystny wpływ na zdrowie człowieka. Zalicza się do nich: karnozynę, anserynę, L-karnitynę, sprzężony kwas linolowy, glutation, taurynę i kreatynę. Peptydy bioaktywne to kolejna grupa obiecujących składników, które zwiększają zdrowotność produktów (Arihara, 2004). Bioaktywne peptydy zazwyczaj zawierają 2-20 reszt aminokwasowych, połączonych w specyficzną sekwencję. Z uwagi na swoje biologiczne działanie na organizmy ludzkie mogą powodować różne efekty *in vivo*, np. działanie przeciwtłeniające, przeciwnowotworowe, hipotensyjne, przeciwcukrzycowe i inne (Ryan i in., 2011; Bhat i in., 2015). Przykład krótkiej sekwencji bioaktywnego peptydu przedstawiono na rysunku 1.

FitzGerald i Murray (2006) zdefiniowali bioaktywne peptydy jako peptydy o aktywności podobnej do hormonów lub leków, które ostatecznie modulują funkcje fizjologiczne poprzez interakcje wiążące się ze specyficznymi receptorami na komórkach docelowych, prowadząc do indukcji odpowiedzi fizjologicznych. Bioaktywne peptydy są nieaktywne w sekwencji białka macierzystego, dopóki nie zostaną uwolnione przez katalizowaną enzymatycznie hydrolizę białka. Proces ten zachodzi podczas fermentacji i dojrzewania w przetwórstwie spożywczym. To samo dzieje się naturalnie w przewodzie pokarmowym, podczas normalnego metabolizmu białek dostarczanych z pożywieniem (Udenigwe i Howard, 2013). W literaturze, w odniesieniu do surowca mięsnego, po raz pierwszy wykazano aktywność biologiczną peptydów wyizolowanych z surowych szynek dojrzewających, a wyniki wskazują, że spożycie nawet niewielkich ilości tych produktów może potencjalnie wywołać efekt *in vivo* (analizie poddawano poziom regulacji glikemii i cholesterolu u osób zdrowych) (Montoro-García i in., 2017). W związku z poglądem, zgodnie z którym część naukowców wiąże spożycie mięsa z inicjowaniem problemów zdrowotnych, badania nad bioaktywnością peptydów rzucają światło na możliwe korzyści zdrowotne peptydów uwalnianych z białek produktów mięsnych. Ponadto badania na małych zwierzętach wykazały, że hydrolizaty białek pozyskanych ze środków spożywczych wykazują właściwości hamu-

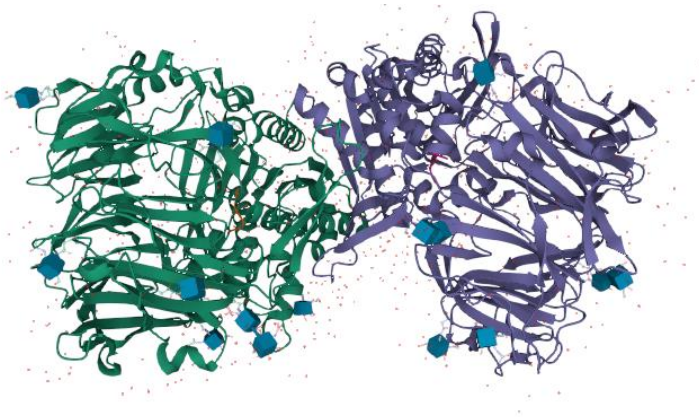
jące DPP-IV, przez co zostały wskazane przez autorów badań jako potencjalne środki przeciwcukrzycowe (Huang i in., 2014). Wprawdzie w literaturze brak doniesień na temat oceny hydrolizatów z produktów spożywczych pod kontem działania przeciwcukrzycowego u ludzi, ale zidentyfikowano kilka peptydów uwalnianych w ludzkim przewodzie pokarmowym podczas trawienia, posiadających cechy typowych, peptydów o silnych właściwościach hamujących DPP-IV (Nongonierma i FitzGerald, 2015).



Rysunek 1. Peptyd Ala-Asp-Phe (ADF) o potwierdzonej aktywności hamującej DPP-IV jako przykład bioaktywnego peptydu z żywności [struktura peptydu otrzymana z użyciem narzędzia SwissTargetPrediction]

Zasada działania inhibitorów dipeptydylopeptydazy IV (DPP-IV, CD26) (EC 3.4.14.5)

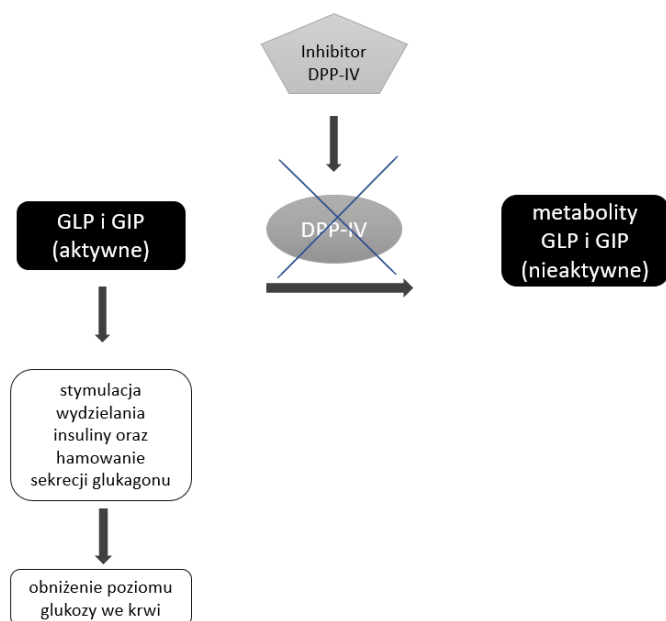
DPP-IV (2 x 110 kDa podjednostki) dimeryczna aminopeptydaza, odszczepiająca N-końcowe dwa aminokwasy (dipeptydy X-Pro lub X-Ala, gdzie X oznacza dowolny aminokwas) peptydów. Model cząsteczki DPP-IV przedstawiono na rysunku 2.



Rysunek 1. Model cząsteczki ludzkiej DPP-IV (Protein Data Bank, ID 1R9N)

DPP-IV to enzym metaboliczny, zdolny do degradacji i inaktywacji hormonów jelitowych zaangażowanych w kontrolę glikemii - inkretyn. Przedstawicielami tej grupy związków są glukagonopodobny peptyd 1 (GLP-1) i glukozozależny peptyd insulinotropowy (GIP), które indukują wydzielania insuliny (działanie insulinotropowe) podczas fazy poposiłkowej (jako odpowiedź na przyjmowanie pokarmu) przez komórki β wysp trzustkowych. Jednak inkretyny są szybko dezaktywowane przez działanie enzymu DPP-IV. Ich rozkład powoduje obniżenie poziomu ich aktywnej formy w krwioobiegu, co z kolei prowadzi do zmniejszenia wydzielania insuliny z komórek β trzustki (Juillerat-Jeanneret, 2014). Zatem zablokowanie funkcji DPP-4 prowadzi do znacznego wzrostu GLP-1 i GIP we krwi, które normalnie są szybko trawione do nieaktywnych peptydów, zapewniając efektywniejszą regulację poziomu cukru we krwi po spożyciu pokarmów, co wykorzystuje się jako strategię terapeutyczną w leczeniu cukrzycy typu 2 (rys. 3).

Wpływ hamowania działania DPP-IV na poziom glukozy we krwi oceniano między innymi w badaniach eksperymentalnych, przeprowadzonych na zwierzętach z upośledzoną aktywnością DPP-IV, co potwierdza prawdopodobieństwo ich działania na organizm ludzki. Obserwowano wzrost stężenia GLP-1 i insuliny oraz niższe stężenie glukozy we krwi zwierząt, w porównaniu do prób kontrolnych (zwierząt z prawidłowo działającym DPP-IV) (Marguet i in., 2000, Nagakura i in., 2001). Ponadto Conarello i in. (2003) wykazali, że zwierzęta te nie zwiększały masy ciała oraz zachowywały insulinowrażliwość, mimo stosowania diety wysokotłuszczowej. Natomiast Pospisilik i in. (2003) w swoich badaniach *in vivo* na zwierzętach wykazali, że stosowanie inhibitorów DPP-IV hamuje apoptozę komórek β oraz przyczynia się do ich neogenezy. Autorzy wskazują, że za taki stan odpowiadają mechanizmy zależne od działania inkretyn (Pospisilik i in., 2003). W literaturze przedmiotu zawarte są także badania wskazujące, że działanie DPP-IV można zahamować *in vitro* u małych zwierząt po spożyciu hydrolizatów i peptydów pochodzenia spożywczego (Lacroix i Li-Chan, 2016; Nongonierma i FitzGerald, 2016). W świetle tych informacji można przypuszczać, że żywność może mieć znaczenie terapeutyczne w walce z niezakaźnymi przewlekłymi chorobami, takimi jak cukrzyca.



Rysunek 3. Działanie inhibitorów DPP-IV – schemat

Żywność pochodzenia zwierzęcego jako źródło biologicznie aktywnych peptydów

Znane inhibitory DPP-IV zainspirowały poszukiwania nowych, terapeutycznie ważnych związków, które selektywnie hamują aktywność enzymu. Ważnym ich źródłem są produkty spożywcze pochodzenia zwierzęcego. Wprawdzie badania nad peptydami hamującymi DPP-IV ze źródeł białka pokarmowego są stosunkowo nowe (<10 lat), jednak powstało na ich temat kilka ważnych doniesień. Na przykład Martini i inni (2019) opisali kompleksowy profil peptydowy czterech rodzajów mięsa (wieprzowego, wołowego, drobiowego i indyczego) po trawieniu żołądkowo-jelitowym *in vitro* i ocenili ich działanie hamujące DPP-IV. Stwierdzono, że wieprzowina była dobrym źródłem inhibitorów DPP-IV, gdyż hydrolizat powstały w procesie trawienia *in vitro* mięsa wieprzowego najmocniej hamował DPP-IV (IC₅₀ kształtowało się na poziomie 1,88 mg peptydu/ml). Z kolei Gallego i in. (2014) potwierdzili obecność peptydów hamujących działanie DPP-IV w surowej dojrzewającej szynce hiszpańskiej. Autorzy prowadzili badania na białkach sarkoplazmatycznych (frakcja białek rozpuszczalna w wodzie) ekstrahowanych z wyrobów po 10 miesiącach dojrzewania. Wskazali oni kilka nowych sekwencji, spośród których najwyższą aktywność wykazywały Lys-Ala (KA; IC₅₀ = 6,27 mM) i Ala-Ala-Ala-Thr-Pro (AAATP; IC₅₀ = 6,47 mM). Inhibitorami DPP-IV były również dipeptydy Ala-Ala (AA), Gly-Pro (GP), Pro-Leu (PL) i karnozyna oraz peptydy Ala-Ala-Ala-Ala-Gly (AAAAG), Ala-Leu-Gly-Gly-Ala (ALGGA) i Leu-Val-Ser-Gly-Met (LVSGM), choć w mniejszym stopniu. Także rozpuszczalna w wodzie frakcja białek ekstrahowana z sera typu gouda wykazywała działanie hamujące dipeptydylopeptydazę IV (Uenishi i in., 2012). Autorzy badania wska-

zali, że kazeinopeptyd Leu-Pro-Gln-Asn-Ile-Pro-Pro-Leu (LPQNIPPL) wykazał najwyższą aktywność hamującą DPP-4 ($IC_{50} < 200 \mu M$). Badacze rozszerzyli testy *in vitro* o badania na szczurach, którym podawano syntetyczny peptyd LPQNIPPL (30 mg/100 g wagi szczura). Uenishi i in. (2012) wykazali, że poposiłkowe stężenie glukozy we krwi było istotnie zmniejszone w grupie, której podawano LPQNIPPL, w odniesieniu do grupy kontrolnej. Oprócz produktów przemysłu mleczarskiego, także hydrolizaty kazeiny i białka serwatki zostały zidentyfikowane jako inhibitory DPP-IV (Lacroix i Li-Chan, 2013; Nongonierma i FitzGerald, 2013; Nongonierma i FitzGerald, 2014; Tulipano i in., 2011). Silne działanie hamujące wobec DPP-IV wykazywały również hydrolizaty wytworzone z β -laktoglobuliny (Lacroix i Li-Chan, 2013; Silveira i in., 2013; Uchida i in., 2011), λ -laktalbuminy (Lacroix i Li-Chan, 2013), albuminy surowicy bydłowej (Lacroix i Li-Chan, 2013) i laktoferyny (Lacroix i Li-Chan, 2013; Nongonierma i FitzGerald, 2013). Wyniki badań naukowych wskazują także na jaja kurze jako źródło biologicznie aktywnych peptydów, zdolnych do hamowania DPP-IV. Na przykład Zhao i in. (2020) wykazali, że peptydy Ala-Asp-Phe (ADF), Met-Ile-Arg (MIR) i Phe-Gly-Arg (FGR) wykazują działanie wobec DPP-IV z IC_{50} na poziomie odpowiednio 16,83 mM, 4,86 mM i 46,22 mM. Także Wang i in. (2019) wskazali białka jaja kurzego jako źródło peptydów hamujących DPP-IV (peptydy Ile-Arg-Asp-Leu-Leu-Glu-Arg (IRDLLER; $IC_{50} = 186,23 \mu M$), Tyr-Ala-Glu-Glu-Arg-Tyr-Pro (YAEERYP; $IC_{50} = 340,62 \mu M$) i Ile-Arg-Asn-Val-Leu-Gln-Pro-Ser (IRNVLQPS; $IC_{50} = 598,28 \mu M$)). Z kolei Zambrowicz i in. (2014) zidentyfikowali Tyr-Ile-Asn-Gln-Lys-Ser-Arg-Glu (YINQMPQKSRE) - peptyd hamujący DPP-IV, obecny w hydrolizacie pepsynowym żółtka jaja kurzego. Wśród produktów pochodzenia zwierzęcego należy wymienić także ryby i owoce morza, jako źródło inhibitorów DPP-IV (Sarteshnizi i in., 2021; Rivero-Pino i in., 2020; Ketnawa i in., 2019; Wang i in., 2015; Lacroix i Li-Chan, 2013).

Metody oceny zdolności hamowania DPP-IV

Obecnie stosowane metody oceny zdolności hamowania działania DPP-IV można podzielić na trzy kategorie, tj. 1) test hamowania *in vitro*, 2) hamowanie *in situ* w hodowli komórkowej, na przykład Caco-2 oraz 3) ocena *in vivo/ex vivo* z wykorzystaniem zwierząt laboratoryjnych (Gallego i in., 2014; Xu i in., 2020; Huang i in., 2014).

Badanie aktywności hamowania dipeptydylopeptydazy IV w warunkach *in vitro* opiera się na reakcji DPP-IV ze specyficznym substratem, z wykorzystaniem komercyjnych testów. W tym teście DPP-IV rozszczepia niefluorescencyjny substrat, np. bromowodorem Gly-Pro-7-amido-4-metylokumaryny (Gly-Pro-AMC), aby uwolnić produkt fluorescencyjny, tj. 7-amino-4-metylokumarynę (AMC), co jest monitorowane w czasie przed detektor urządzenia pomiarowego. Jedna jednostka DPP-IV to ilość enzymu, która zhydrolizuje substrat DPP-IV z wytworzeniem 1,0 μmol AMC na minutę w 37°C. Aktywność hamującą DPP-IV oblicza się, jako różnicę w szybkości, z jaką zmniejsza się intensywność luminescencji, zaś wyniki zazwyczaj są wyrażane jako IC_{50} , tzn. takie stężenie próbki, jakie jest wymagane do zahamowania 50% aktywności DPP-IV. Metoda ta jest aktualnie

najczęściej stosowaną w badaniach laboratoryjnych nad aktywnością biologiczną peptydów (Ketnawa i in., 2018; Gallego i in., 2014; Uenishi i in., 2012)

Metodologia *in situ* wykorzystująca Caco-2, czyli linię ludzkich komórek gruczołakoraka jelita grubego to kolejna metoda badawcza stosowana w odniesieniu do peptydów hamujących aktywność DPP-IV. Testy oparte na liniach komórkowych stosowane są coraz powszechniej jako metody bardziej zaawansowane niż badania laboratoryjne *in vitro*, głównie z uwagi na możliwość odtworzenia fizjologicznych warunków jelitowych, w tym aktywności enzymów rąbka szczoteczkowego i przepuszczalności komórkowej. Komórki Caco-2 stosowane są między innymi do badania transportu komórkowego peptydów (w oparciu o przepuszczalność komórkową monowarstwy). Zakłada się, że peptydy, które zostały aktywne po przejściu przez warstwę nabłonkową stosowanej linii komórkowej Caco-2 są odporne na działania zawartych w niej enzymów proteolitycznych, odpowiadających enzymom zawartym w ścianie jelita ludzkiego przewodu pokarmowego (Stasiak i Sznitowska, 2010; Tarko i in., 2013). Zgodnie z procedurą proponowaną przez naukowców, materiałem do badań są izolaty peptydów bądź hydrolizaty (np. pozyskane z użyciem enzymów trawiennych, tj. pepsyny, pankreatyny) białek otrzymanych z żywności. Są one poddawane ocenie przepuszczalności z wykorzystaniem linii komórkowych, imitując naturalne warunki *in vivo* przewodu pokarmowego. W dalszym etapie pozyskany materiał badawczy służy ocenie zdolności hamowania DPP-IV w warunkach laboratoryjnych (Wang i in., 2019; Xu i in., 2020), bądź też jest poddawany analizie chromatograficznej, np. wysokosprawnej chromatografii cieczowej w układzie faz odwróconych (RP-HPLC), którą stosowali na przykład Lacroix i in. (2017) i/lub spektrometrycznej. Badania te prowadzone są celem poznania sekwencji peptydów, zaś badania *in vitro* oceny bioaktywności peptydów przeprowadzano w odniesieniu do ich syntetycznych odpowiedników. Inne podejście do oceny potencjału białek spożywczych zaproponowali Caron i in. (2017), gdzie w opracowanym teście *in situ* jako źródło DPP-IV stosowano komórki Caco-2. Wyniki analiz opartych na stosowanej linii komórkowej zostały porównane z konwencjonalnym testem hamowania DPP-IV *in vitro*. Stwierdzono różnice w zakresie od 227 do >800% w zakresie DPP-IV w wartości IC₅₀ dla hydrolizatów białek spożywczych (hemoglobina i mątwy zostały poddane symulowanemu trawieniu żołądkowo-jelitowemu), przy użyciu dwóch metod. Różnice te mogą być spowodowane niestabilnością peptydu wobec peptydaz pochodzących z komórek Caco-2.

Z kolei metodologie *in vivo/ex vivo* stosowane do oceny aktywności hamującej DPP-IV hydrolizatów białek spożywczych i peptydów są zazwyczaj przeprowadzane na szczurach rasy Sprague-Dawley z **cukrzycą indukowaną streptozotocyną** (STZ) (podobnej do ludzkiej cukrzycy typu 2). Kilka przykładów badań na szczurach przedstawiono powyżej, są one także dostępne w badaniach Lacroix i Li-Chan, (2016) albo Nongonierma i FitzGerald (2016).

Do tej pory nie ustalono bezpośredniej korelacji między wspomnianymi typami testów (*in vitro*, *in situ* i *in vivo/ex vivo*) wykorzystywanych do badania zdolności hamowania

DPP-IV przez peptydy. Wynikać to może z dużej zmienności warunków prowadzenia procesu badawczego oraz dużej różnorodności stosowanych metod do oceny zdolności hamowania działania DPP-IV przez hydrolizaty/peptydy z żywności. Aby ograniczyć w/w trudności, badacze coraz częściej sięgają również po metody *in silico*. Są to stosunkowo nowe metody obliczeniowe, wykorzystywane do charakteryzowania np. struktury cząsteczek peptydów bądź do oceny skutków ich działania z wykorzystaniem modeli komputerowych.

Ogólnie, wykorzystanie podejść *in silico* może pomóc w:

- 1) identyfikacji nowych źródeł białka do otrzymywania peptydów hamujących DPP-IV;
- 2) poznaniu właściwości fizykochemicznych peptydów hamujących DPP-IV oraz zależności między strukturą a funkcją, w oparciu o modele zależności struktura-aktywność (SAR) i modele ilościowe zależności struktura-aktywność (**QSAR**);
- 3) poznaniu mechanizmów inhibicji DPP-IV poprzez symulowane dokowanie znanej sekwencji peptydów do cząsteczki enzymu (Kęska i Stadnik, 2016).

Podsumowanie

Analiza aktualnej literatury pozwoliła na zidentyfikowanie kilku sekwencji peptydów wykazujących silne działanie hamujące wobec dipeptydylopeptydazy IV. Doniesienia te wskazują, że hamowanie DPP-IV, wynikające ze spożycia produktów spożywczych je zawierających, może odgrywać pewną rolę w leczeniu cukrzycy. Do tej pory hydrolizaty białka pokarmowego o właściwościach hamujących DPP-IV badano głównie *in vitro*, zaś tylko niewielka część doniesień o peptydach hamujących DPP-IV poświęcona była ocenie *in vivo* (przy czym większość badań przeprowadzono na małych zwierzętach). Rola peptydów zdolnych do hamowania DPP-IV w efektach regulacji poziomu glukozy w surowicy po spożyciu białka pokarmowego przez ludzi jest nadal nieznana. Zatem istnieje potrzeba przeprowadzenia badań *in vivo* bezpośrednio na ludziach, aby lepiej zrozumieć rolę peptydów hamujących DPP-IV w poprawie ich stanu zdrowia.

Badanie zostało sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki uzyskanych w ramach konkursu PRELUDIUM 15 (grant badawczy nr 2018/29/N/NZ9/01965).

Literatura

1. Arihara, K. Functional foods. In: W. K. Jensen, C. Devine, M. Dikeman (Eds.), Encyclopedia of meat sciences, Oxford: Elsevier. 2014, 492-499.
2. Bhat, Z.F., Kumar, S., & Bhat, H.F. Bioactive peptides of animal origin: a review. Journal of Food Science and Technology. 2015, 52(9), 5377-5392.
3. Caron, J., Domenger, D., Dhulster, P., Ravallec, R., & Cudennec, B. Using Caco-2 cells as novel identification tool for food-derived DPP-IV inhibitors. Food Research International. 2017, 92, 113-118.

4. Conarello, S.L., Li, Z., Ronan, J., Zhng, B.B. Zhang Mice lacking dipeptidyl peptidase IV are protected against obesity and insulin resistance. *Proc NatlAcadSci USA*. 2003, 100, 6825–6830.
5. FitzGerald, R.J., & Murray, B.A. Bioactive peptides and lactic fermentations. *International Journal of Dairy Technology*. 2006, 59, 118-125.
6. Gallego, M., Aristoy, M.C., & Toldrá, F. Dipeptidyl peptidase IV inhibitory peptides generated in Spanish dry-cured ham. *Meat Science*. 2014, 96(2), 757-761.
7. Huang, S. L., Hung, C. C., Jao, C. L., Tung, Y.S., & Hsu, K.C. Porcine skin gelatin hydrolysate as a dipeptidyl peptidase IV inhibitor improves glycemic control in streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal of Functional Foods*. 2014, 11, 235-242.
8. Juillerat-Jeanneret, L. Dipeptidyl peptidase IV and its inhibitors: therapeutics for type 2 diabetes and what else? *Journal of Medicinal Chemistry*. 2014, 57(6), 2197-2212.
9. Ketnawa, S., Suwal, S., Huang, J. Y. & Liceaga, A.M. Selective separation and characterisation of dual ACE and DPP-IV inhibitory peptides from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) protein hydrolysates. *International Journal of Food Science & Technology*. 2019, 54(4), 1062-1073.
10. Kęska, P., & Stadnik, J. The analysis of bioactive peptides in meat and meat products. W: *Bioactive Peptides. Types, Roles and Research*. Ed. Powell K. Wyd. NOVA, New York. 2017, 59-87.
11. Lacroix, I.M. & Li-Chan, E.C. Dipeptidyl peptidase-IV inhibitory activity of dairy protein hydrolysates. *International Dairy Journal*. 2012, 25(2), 97–102.
12. Lacroix, I.M. & Li-Chan, E.C. Overview of food products and dietary constituents with antidiabetic properties and their putative mechanisms of action: a natural approach to complement pharmacotherapy in the management of diabetes. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2014, 58(1), 61-78.
13. Lacroix, I.M. & Li-Chan, E.C. Inhibition of dipeptidyl peptidase (DPP)-IV and α -glucosidase activities by pepsin-treated whey proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2013, 61(31), 7500-7506.
14. Lacroix, I.M., & Li-Chan, E.C. Food-derived dipeptidyl-peptidase IV inhibitors as a potential approach for glycemic regulation-Current knowledge and future research considerations. *Trends in Food Science & Technology*. 2016, 54, 1-16.
15. Lacroix, I.M., Chen, X.M., Kitts, D.D., & Li-Chan, E.C. Investigation into the bioavailability of milk protein-derived peptides with dipeptidyl-peptidase IV inhibitory activity using Caco-2 cell monolayers. *Food & Function*. 2017, 8(2), 701-709.
16. Marguet, D., Baggio, L., Kobayashi, T., & Wagtmann, N. Enhanced insulin secretion and improved glucose tolerance in mice lacking CD26. *Proc NatlAcadSci USA*. 2000; 97: 6874–6879.
17. Martini, S., Conte, A. & Tagliazucchi, D. Comparative peptidomic profile and bioactivities of cooked beef, pork, chicken and turkey meat after in vitro gastro-intestinal digestion. *Journal of proteomics*. 2019, 208, 103500.

18. Montoro-García, S., Zafrilla-Rentero, M.P., Celdrán-de Haro, & Abellán-Alemán J. Effects of dry-cured ham rich in bioactive peptides on cardiovascular health: A randomized controlled trial. *Journal of Functional Foods*. 2017, 38, 160-167.
19. Nagakura, T., Yasuda, N., Yamazaki, K., & Tanaka, I. Improved glucose tolerance via enhanced glucose-dependent insulin secretion in dipeptidyl peptidase IV-deficient Fischer rats. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2001; 284: 501–506.
20. Nongonierma, A.B., & FitzGerald, R.J. Dipeptidyl peptidase IV inhibitory and antioxidant properties of milk-derived dipeptides and hydrolysates. *Peptides*. 2013, 39, 157–163.
21. Nongonierma, A.B., & FitzGerald, R.J. Susceptibility of milk protein-derived peptides to dipeptidyl peptidase IV (DPP-IV) hydrolysis. *Food Chemistry*. 2014, 145, 845-852.
22. Nongonierma, A.B. & FitzGerald, R.J. Bioactive properties of milk proteins in humans: A review. *Peptides*. 2015, 73, 20–34.
23. Nongonierma, A.B., & FitzGerald, R.J. Prospects for the management of type 2 diabetes using food protein-derived peptides with dipeptidyl peptidase IV (DPP-IV) inhibitory activity. *Current Opinion in Food Science*. 2016, 8, 19-24.
24. Pospisilik, J.A., Martin, J., Doty, T., Pederson, R.A. Dipeptidyl peptidase IV inhibitor treatment stimulates beta-cell survival and islet neogenesis in streptozotocin-induced diabetic rats. *Diabetes*. 2003; 52: 741–750.
25. Protein data bank [<https://www.rcsb.org/>] dostęp: marzec 2021
26. Rivero-Pino, F., Espejo-Carpio, F.J., & Guadix, E.M. Production and identification of dipeptidyl peptidase IV (DPP-IV) inhibitory peptides from discarded Sardine pilchardus protein. *Food Chemistry*. 2020, 328, 127096.
27. Ryan, J.T., Ross, R.P., Bolton, D., Fitzgerald G.F., & Stanton, C. Bioactive peptides from muscle sources: meat and fish. *Nutrients*, 2011, 3, 765-791.
28. Sarteshnizi, R.A., Sahari, M.A., Gavligi, H.A., & Udenigwe, C.C. Influence of fish protein hydrolysate-pistachio green hull extract interactions on antioxidant activity and inhibition of α -glucosidase, α -amylase, and DPP-IV enzymes. *LWT*. 2021, 142, 111019.
29. Silveira, S.T., Martínez-Maqueda, D., Recio, I., & Hernández-Ledesma, B. Dipeptidyl peptidase-IV inhibitory peptides generated by tryptic hydrolysis of a whey protein concentrate rich in b-lactoglobulin. *Food Chemistry*. 2013, 141(15), 1072–1077.
30. Stasiak, P. & Sznitowska, M. (2010). Zastosowanie hodowli komórkowych w badaniach biofarmaceutycznych. *Farm Pol*. 2010, 66(3), 228-234.
31. SwissTargetPrediction [<http://www.swisstargetprediction.ch/>] dostęp: 10.2021
32. Tarko, T., Duda-Chodak, A., & Zajac, N. Digestion and absorption of phenolic compounds assessed by in vitro simulation methods. A review. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*. 2013, 64(2), 79-84.

33. Tulipano, G., Sibilia, V., Caroli, A.M., & Cocchi, D. Whey proteins as source of dipeptidyl dipeptidase IV (dipeptidyl peptidase-4) inhibitors. *Peptides*. 2011, 32(4),835–838.
34. Uchida, M., Ohshiba, Y. & Mogami, O. Novel dipeptidyl peptidase-4-inhibiting peptide derived from b-lactoglobulin. *Journal of Pharmacological Sciences*. 2011, 117(1), 63–66.
35. Udenigwe, Ch.C., & Howard, A. Meat proteome as source of functional biopeptides. *Food Research International*. 2013, 54, 1021-1032.
36. Uenishi, H., Kabuki, T., Seto, Y., Serizawa, A. & Nakajima, H. Isolation and identification of casein-derived dipeptidyl-peptidase 4 (DPP-4)-inhibitory peptide LPQNIPPL from gouda-type cheese and its effect on plasma glucose in rats. *International Dairy Journal*. 2012, 22(1), 24-30.
37. Wang, L., Ding, L., Du, Z., Yu, Z., & Liu, J. Hydrolysis and transport of egg white-derived peptides in Caco-2 cell monolayers and everted rat sacs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2019, 67(17), 4839-4848.
38. Wang, T.Y., Hsieh, C.H., Hung, C.C., Jao, C. L., Chen, M.C., & Hsu, K.C. Fish skin gelatin hydrolysates as dipeptidyl peptidase IV inhibitors and glucagon-like peptide-1 stimulators improve glycaemic control in diabetic rats: A comparison between warm- and cold-water fish. *Journal of Functional Foods*. 2015, 19, 330-340.
39. Xu, F., Mejia, E.G.D., Chen, H., Rebecca, K., & Ju, X. Assessment of the DPP-IV inhibitory activity of a novel octapeptide derived from rapeseed using Caco-2 cell monolayers and molecular docking analysis. *Journal of Food Biochemistry*. 2020, 44(10), e13406.
40. Zambrowicz, A., Pokora, M., Setner, B., Dąbrowska, A., & Chrzanowska, J. Multifunctional peptides derived from an egg yolk protein hydrolysate: Isolation and characterization. *Amino Acids*. 2015, 47, 369–380.
41. Zhao, W., Zhang, D., Yu, Z., Ding, L., & Liu, J. Novel membrane peptidase inhibitory peptides with activity against angiotensin converting enzyme and dipeptidyl peptidase IV identified from hen eggs. *Journal of Functional Foods*. 2020, 64, 103649.

Wpływ dodatku ekstraktu z *Silybum marianum* na wybrane wyróżniki jakości sterylizowanych konserw wieprzowych

Paulina Kęska, Karolina Ferysiuk, Karolina M. Wójciak, Adrianna Stasiewicz

Katedra Technologii Żywności Pochodzenia Zwierzęcego, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie

Celem pracy było określenie możliwości zastosowania dodatku wodnego ekstraktu z ostropestu plamistego (łac. *Silybum marianum*) w postaci liofilizatu wraz z jednoczesnym zmniejszeniem ilości azotanu(III) sodu (E250) w produkcji konserw wieprzowych w okresie 180 dni przechowywania. W tym badaniu przygotowano trzy warianty konserw wieprzowych poprzez dodanie różnych ilości liofilizatu: W02 (0,002%), W04 (0,004%) i W08 (0,008%) oraz E250 w ilości 50 mg/kg. Wariant kontrolny stanowiła próba bez dodatku surowca zielarskiego zawierająca E250 na poziomie 100 mg/kg. W okresie przechowywania w produktach nie wykryto obecności patogennej mikroflory, co świadczy o dobrej jakości mikrobiologicznej wyrobów. Nie wykryto także obecności *N*-nitrozoamin, co wskazuje na bezpieczeństwo chemiczne konserw z dodatkiem ostropestu plamistego. Ponadto stosowanie liofilizowanego ekstraktu z ostropestu plamistego nie wpływało na pogorszenie atrakcyjności sensorycznej wyrobu, cechując się teksturą, barwą oraz zapachem zbliżonym do wyrobu wzorcowego.

Słowa kluczowe: ostropest plamisty, konserwy, azotan(III) sodu

Wstęp

Azotany i azotyny są powszechnie stosowanymi dodatkami do żywności, szczególnie w przetwórstwie mięsa. Ich stosowanie w produkcji wędlin wynika z kilku zalet, tj. profilowania barwy wyrobów, właściwości przeciwtleniających (ograniczają procesy oksydacji) oraz działania bakteriobójczego i bakteriostatycznego (szczególnie względem *Clostridium*) [Bedale, Sindelar i Milkowski, 2016, Alahakoon i in. 2015]. Pomimo tak wielu funkcji technologicznych jakie spełnia azotan(III) sodu/potasu w wyrobach mięsnych, zgodnie z zaleceniami żywieniowymi wskazane jest ograniczanie pobrania azotanów (które są głównym składnikiem peklosoli) z produktów spożywczych, z uwagi na ich potencjalnie negatywny wpływ na zdrowie konsumentów [Alahakoon i in. 2015]. Warto podkreślić, że azotany(V) nie stanowią bezpośredniego zagrożenia dla zdrowia konsumentów, ale dostarczone wraz z dietą do ludzkiego organizmu ulegają konwersji do azotanów(III). Sprzyja temu niskie pH oraz obecność bakterii jelitowych posiadających zdolność wytwarzania reduktazy azotanowej. Z kolei azotany(III) ulegają reakcjom chemicznym z aminami i amidami prowadząc do powstania szkodliwych dla zdrowia *N*-nitrozoamin [Alahakoon i in. 2015, FChCE, 2016]. W związku z potencjalnymi negatywnymi skutkami zdrowotnymi

wynikającymi ze stosowaniem związków peklujących w produkcji wyrobów mięsnych, używanie azotanów i azotynów w produkcji środków spożywczych podlega ścisłej kontroli. Główną reglamentację na przetwórców nakłada Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie dodatków do żywności wskazując maksymalne poziomy azotanu(V) sodu/potasu i azotanu(III) sodu/potasu w środkach spożywczych, w tym w wyrobach mięsnych. W przypadku konserw wielkość ich dodatku ustalono na poziomie maksymalnym wynoszącym 100 mg/kg surowca (rozumieć przez to należy ilość dodaną podczas produkcji a nie resztkową pozostałość w finalnym produkcie).

Ponieważ azotany są dodatkami wielofunkcyjnymi, eliminacja ich z produkcji wyrobów mięsnych jest trudnym zadaniem. Ostatnie badania wykazały, że nie jest możliwe całkowite wyeliminowanie azotanów z procesu produkcji konserw wieprzowych bez pogorszenia barwy, właściwości antyoksydacyjnych oraz sensorycznych. Za pogorszenie się jakości konserw odpowiadają między innymi procesy utleniania tłuszczów i białek. Zatem aby zwiększyć potencjał antyoksydacyjny produktów mięsnych podczas jego długotrwałego przechowywania zaproponowano dodanie ekstraktów roślinnych, zasobnych w różnorodne bioaktywne metabolity wtórne. Takie rozwiązanie zaproponowali także inni autorzy stosując na przykład dodatek liofilizowanych *Silybum marianum* i *G. rhizoma* podczas produkcji pasztetów albo *Capsicum annum* L. w produkcji konserwy wieprzowej, przy jednoczesnej redukcji azotanów do 50 mg/kg wyrobu [Ferysiuk i in., 2020a; Ferysiuk i in., 2020b]. W oparciu o doniesienia naukowe wytypowano *Silybum marianum* jako dodatek w produkcji konserw wieprzowych. *Silybum marianum* to roślina zielona, należąca do rodziny Astrowatych. pochodzi z rejonu Morza Śródziemnego, jest powszechnie uprawiana także w krajach Europy środkowej, m.in. w Polsce. Obecnie w literaturze naukowej można znaleźć informacje na temat właściwości przeciwutleniających, przeciwnowotworowych czy wspomagających regenerację wątroby ostropestu plamistego, przede wszystkim z uwagi na obecność substancji aktywnych biologicznie. Biorąc pod uwagę stosunkowo dużą zawartość związków fenolowych w ekstraktach tej rośliny (4,85 g na 100 g próbki roślinnej [Ferysiuk i in., 2020]), może być ona stosowana w produkcji wyrobów mięsnych, w których zachowanie jakości mikrobiologicznej oraz stabilności oksydacyjnej jest głównym wyzwaniem technologicznym.

W niniejszej pracy rozpatrywano wpływ dodatku zielarskiego (liofilizowanego wodnego ekstraktu z ostropestu plamistego) przy jednoczesnej redukcji związków azotowych pod kątem zapewnienia wysokiego poziomu mikrobiologicznego, stabilność barwy i jakości sensorycznej w wieprzowych konserwach sterylizowanych w pierwszym dniu po produkcji oraz po 180 dniach chłodniczego przechowywania (4°C).

Materiał i metody

Materiał badawczy stanowiły konserwy mięsne przygotowane z dodatkiem liofilizowanego wodnego wyciągu z ostropestu plamistego (o stężeniach: 0,002%, 0,004%,

0,008%) i zmniejszonym dodatkiem azotanu(III) sodu (50 mg/kg). Próbę kontrolną stanowiła konserwa z dodatkiem tylko soli azotanowej (100 mg/kg).

Surowiec do produkcji konserwy sterylizowanej stanowiło mięso wieprzowe (podgardle i łopatka wieprzowa, w stosunku 2:8), pochodzące z lokalnego sklepu, z hodowli ekologicznej. Do przygotowania wodnego ekstraktu wykorzystano rozdrobnione, suszone nasiona zakupione/pozyskane z przedsiębiorstwa zielarskiego „Polskie Zioła”. Stosunek materiału roślinnego do rozpuszczalnika wynosił 1:10 (g/ml). Ekstrakcję wspomagano poprzez jednoczesne stosowanie procesu ekstrakcji i sonikacji poprzez umieszczenie naparów w łaźni ultradźwiękowej (częstotliwość: 40kHz; natężenie: 320 W/cm², temperatura: 30°C, czas trwania: 10 minut). Tak otrzymany materiał filtrowano, mrożono i poddano procesowi liofilizacji przez 72 godziny przy użyciu liofilizatora LabconcoFreeZone (-80°C, 0,04 mbar).

Farsz przygotowano poprzez mieszanie rozdrobnionego surowca wieprzowego, wody (5%) i soli (2%) oraz azotanu(III) sodu i liofilizowanego wodnego ekstraktu z ostropestu plamistego (w ilości zależnej od wariantu badawczego). Tak przygotowanym farszem napełniono metalowe puszki (pojemność: 300 ml), całość poddano obróbce cieplnej (121°C) w sterylizatorze parowym (TYP-AS2). Następnie produkt schłodzono zimną wodą i umieszczono w lodówce (4°C) do dalszych testów w wyznaczonym czasie (0 i 180 dni).

W analizie weryfikowano stan mikrobiologiczny produktu po przechowywaniu w warunkach chłodniczych (180 dni) biorąc pod uwagę ogólny poziom drobnoustrojów (OLD) zgodnie z normą PN-EN ISO 4833-1: 2013-12 oraz poziom takich patogenów jak: *Clostridium perfringens* [PN-EN ISO7937], *Listeria monocytogenes* [PN-EN ISO 11290-2], *Salmonella* [PN-EN ISO 6579-1]. Wyniki przedstawiono jako jednostki tworzące kolonię (jtk) na gram produktu lub jako stwierdzona obecność lub jej brak pałeczek *Salmonelli* w 25 g próbki. Lotne N-nitrozoaminy analizowano zgodnie z metodą Drabik Markiewicz i wsp. [2010] oraz DeMey i wsp. [2014]. Oceniano poziom związków takich jak: N-nitrosodibutyloamina (NDBA), N-nitrozodietiloamina (NDEA), N-nitrozodimetyloamina (NDMA), N-nitrozodipropyloamina (NDPA), N-nitrozomorfolina (NMOR), N-nitrozoopiperydyna, N-nitrozopirolidyna. Wyniki przedstawiono w µg/kg produktu. Prowadzono także instrumentalną ocenę parametrów barwy mięsa w systemie CIE $L^*a^*b^*$ za pomocą spektrofotometru sferycznego X-Rite z otworem pomiarowym o średnicy 13 mm. Do badań zastosowano światło D65 i obserwator kolorymetryczny o polu widzenia 10°. Oceniano także stężenie nitrozylohemochromu (Mb-NO) oraz całkowitą zawartość barwników hemowych. Określenie poziomu Mb-NO odbyło się według metody opisanej przez Hornsey [1956], zaś wyniki wyrażono jako mg/kg produktu, natomiast całkowita zawartość barwników hemowych została określona zgodnie z Lee i in. [1999]. Oceniono również właściwości sensoryczne konserw mięsnych według ISO/DIS 13299.2: 1998. Analiza ta została przeprowadzona przez kadrę naukową Katedry Technologii Produktów Pochodzenia Zwierzęcego Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Pokróćce, konserwy mięsne (o wyrównanej temperaturze ok. 20°C) zostały pocięte na równe plastry i zaprezentowane panelistom. Najpierw, na podstawie dyskusji eksperckich, opracowano kartę oceny produktu z listą cech

wyróżniających oraz przyjętymi minimami i maksimami określającymi intensywność cechy. Następnie odbyły się dwie sesje, w których każdy ekspert indywidualnie oceniał produkty na podstawie przygotowanej karty oceny. Próbkę każdego produktu były zakodowane, podawane w pojemnikach z unikalnym numerem próbki w trzech seriach. Degustacje odbyły się w dwóch sesjach. Wyznaczenie nasilenia cech przeprowadzono za pomocą nieustrukturyzowanej skali, umiejscowionej w odpowiedniej odległości od krawędzi karty wyników słowami określającymi minimalną i maksymalną intensywność badanej cechy. Do oceny właściwości sensorycznych zastosowano liniową (linię 100 mm, która jest przeliczana na konwencjonalne jednostki (j.u.)) skalę graficzną. Analizowane parametry i deskryptory zastosowane dla każdego z nich były następujące: barwa mięsa - od szarego do różowego, barwa tłuszczu - od żółtego do białego, zwartość - od niskiej do wysokiej, soczystość - wyrób suchy lub soczysty oraz twardość - od niskiej do bardzo wysokiej. Dla barwy (intensywność barwy zielonej) i aromatu (intensywność aromatu jełkiego i metalicznego) przyjęto deskryptory od braku do bardzo wysoka intensywność.

Analizy statystyczne przeprowadzono przy użyciu pakietu statystycznego Statistica 13. Wszystkie analizy odbywały się w trzech niezależnych seriach, po trzy powtórzenia w każdej ($n = 9$). Istotność różnic między wartościami średnimi obliczono za pomocą testu t zakresu Tukeya przy poziomie $p < 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Ocena bezpieczeństwa zdrowotnego konserw z ekstraktem z ostropestu plamistego

Ocena jakości mikrobiologicznej produktu

Poziom ogólnej zawartości drobnoustrojów (OLD) oraz poziom wybranych drobnoustrojów patogennych (*C. perfringens*, *L. monocytogenes*, *Salmonella*) oceniano tylko po 180 dniach przechowywania. Jak przedstawiono w tabeli 1. odnotowano niski poziom OLD oraz patogenów, tj. *C. perfringens*, *L. monocytogenes*. Wyprodukowane wyroby były także wolne od bakterii *Salmonella*. Uzyskane wyniki świadczą o możliwości redukcji związków azotowych w produkcji konserw do 50 mg/kg przy jednoczesnym zastosowaniu ekstraktu z ostropestu plamistego przy zachowaniu potencjału antymikrobiologicznego porównywalnego do zwyczajowo stosowanych ilości azotanów (100 mg/kg).

Narażenie na azotany(V) sodu/potasu dostarczane do organizmu konsumentów wraz z produktami zwierzęcymi, takimi jak mięso, jest niewielkie (5%) w porównaniu do produktów roślinnych (80%). Dlatego zastosowanie składnika pochodzenia roślinnego w produkcji wyrobów mięsnych może potencjalnie sprzyjać wzrostowi zawartości azotanów(III) sodu/potasu w wyrobach. Z kolei te, z uwagi na swoją wysoką reaktywność chemiczną, łatwo wchodzi w reakcję z innymi związkami, np. aminami, tworząc N-nitrozozwiązki. Z drugiej strony doniesienia literaturowe sygnalizują, że azotany(V) i azotany(III) obecne w produktach pochodzenia zwierzęcego (w tym w mięsie bogatym w aminy i amidy oraz żelazo hemowe zaliczane do kategorii czynników nitrozujących) mogą zwiększać ryzyko

zachorowania na nowotwory przewodu pokarmowego poprzez zwiększenie produkcji endogennych związków N-nitrozowych [Van Hecke i in. 2015; Bastide i in. 2015, Zheng i in. 2018, Hooda i in. 2014]. Z uwagi na powyższe, w tym badaniu poddano analizie poziom lotnych N-nitrozoamin jako kryterium bezpieczeństwa wyprodukowanych konserw. W tym celu przeprowadzono rozdział chromatograficzny (GC), zaś wyniki analizowano w odniesieniu do stosowanych wzorców. Analizy przeprowadzono po 1 dniu oraz 180 dniach chłodniczego przechowywania (4°C), przy czym nie odnotowano obecności lotnych N-nitrozoamin w analizowanych wariantach, w czasie objętym analizą (wyniki poniżej progu wykrywalności: <0,5µg/kg). Uzyskane wyniki potwierdzają bezpieczeństwo chemiczne omawianych produktów mięsnych.

Tabela 1. Ocena jakości mikrobiologicznej konserw wieprzowych po 180 dniach chłodniczego przechowywania

	OLD [jtk/g]	<i>C. perfringens</i> [jtk/g]	<i>L. monocytogenes</i> [jtk/g]	<i>Salmonella</i> [w 25 g]
W02	< 10	< 10	< 10	nie wykryto
W04	< 10	< 10	< 10	nie wykryto
W08	< 10	< 10	< 10	nie wykryto
WC	< 10	< 10	< 10	nie wykryto

Objaśnienia: Warianty z ostropestem plamistym (50 mg/kg azotanu(III) sodu) – W02 – 0,002%; W04 – 0,004%; W08 – 0,008%; próba kontrolna – WK – 100 mg/kg azotanu(III) sodu; OLD – ogólna liczba drobnoustrojów, jtk/g – jednostki tworzące kolonie/gram

Ocena poziomu N-nitrozoamin w konserwach wieprzowych

Jak przedstawiono w tabeli 2, bezpośrednio po produkcji warianty wyrobów z liofilizowanym ziołem (W02, W04, W08) cechowały się wyższą zawartością nitrozylohemochromu w porównaniu do próby kontrolnej (odpowiednio o 4,72, 8,96 oraz 4,43 jednostek, $p < 0,05$). Biorąc pod uwagę stosowaną dawkę liofilizatu surowca zielarskiego, najwyższą wartość NO-Mb odnotowano w przypadku próby W04 ($p < 0,05$). Po okresie chłodniczego przechowywania (180 dni) nastąpiło obniżenie zawartości NO-Mb, przy czym różnice okazały się istotne statystycznie ($p < 0,05$) jedynie w przypadku wariantu W04. Ferysiuk i Wójciak [2020] zaobserwowali następującą tendencję związaną z oznaczoną zawartością NO-Mb a zastosowaną podczas peklowania ilością azotanu(III) sodu: próby bezazotanowe > próby o obniżonej zawartości związków azotowych (50 mg/kg) > próby o zawartości związków azotowych 100 mg/kg (odpowiednio 1,16–3,31 mg/kg, 18,37–26,52 mg/kg i 16–32,27 mg/kg). Konfrontując wyniki cytowanej literatury oraz wyniki badań własnych można stwierdzić, że wzrost NO-Mb obserwowany w tym badaniu wynikał raczej z zastosowania dodatku roślinnego, aniżeli obniżenia zawartości azotanu(III) sodu w produkcji konserw.

Ocena instrumentalna barwy konserw wieprzowych z ekstraktem z ostropestu plamistego

Wpływ różnych ilości dodatku liofilizatu na atrybuty barwy oraz zawartość nitrozylohemochromu i całkowitą zawartość barwników hemowych w konserwach mięsnych przedstawiono w tabeli 2. Nie odnotowano wpływu zastosowanego dodatku roślinnego na jasność (L^*) wyrobów w 1 dniu przechowywania. Obserwacja ta koresponduje z wynikami badań prezentowanymi przez Riel i in. (2017), gdzie autorzy badania nie stwierdzili różnic w parametrze jasności (L^*) dla kiełbasy typu mortadela z różnymi ilościami ekstraktu z pietruszki po 1 dniu chłodniczego przechowywania. Wprawdzie najniższą wartość parametru L^* otrzymano w próbie o zwiększonej zawartości azotanu(III) sodu (WK, 100 mg/kg), ale różnica pomiędzy wariantami badawczymi nie była istotna statystycznie ($p > 0.05$). Po 180 dniach próby W02 oraz W08 były istotnie jaśniejsze ($p < 0.05$) od próby kontrolnej (WK). Nie odnotowano wpływu czasu przechowywania na zmiany wartości parametru L^* we wszystkich wariantach badawczych. Wyjątek stanowiła próba z 0,004% dodatkiem liofilizowanego wodnego ekstraktu z ostropestu plamistego (W04), dla której odnotowano istotne rozjaśnienie barwy po 180 dniach przechowywania (wzrost parametru L^* o 1,79 jednostek) w stosunku do początkowego okresu badawczego (1 dzień) ($p < 0.05$). Także Karwowska i in. (2020) nie wykazali wpływu stosowania różnych dawek azotanu(III) sodu na wartość parametru jasności (L^*) gotowanych produktów mięsnych. Świadczy to o możliwości ograniczania stosowania azotanu(III) sodu z jednoczesną fortyfikacją liofilizatem ostropestu w produkcji konserw bez negatywnego wpływu na jasność produktu.

Parametr a^* określa chromatyczność w zakresie barw od zielonego do czerwonego. Jak przedstawiono w tabeli 1, obserwowano wpływ dodatku liofilizowanego ekstraktu na barwę konserw wieprzowych po produkcji (dzień 1). Konserwy z dodatkiem liofilizatu (W02, W04, W08) charakteryzowały się istotnie niższą wartością parametru a^* w porównaniu do próby kontrolnej (WK). Także Riazi i in. [2016] potwierdzili wpływ dodatku wytlóków z czerwonych winogron (1% i 2%) dodawanych do kiełbas wołowych o obniżonej zawartości azotynów (30 mg/kg) na parametr a^* . Autorzy obserwowali zmniejszenie zaczerwienienia (a^*), przy jednoczesnej redukcji jasności (L^*) w porównaniu z próbką kontrolną (bez wytlóków z winogron, zawartość azotanu(III) sodu na poziomie 120 mg/kg). Zatem uzyskane w niniejszym badaniu wyniki były prawdopodobnie związane z mniejszym udziałem azotanu(III) sodu stosowanego na etapie produkcji, który odpowiada za kształtowanie i stabilizację różowo-czerwonej barwy wyrobów. Wraz z upływem czasu przechowywania nastąpił istotny spadek wartości parametru a^* w próbie WK o 0,81 jednostki ($p < 0.05$) oraz wzrost parametru a^* o 0,8 jednostki w próbie W08 ($p < 0.05$).

Tabela 2. Zestawienie wybranych wyróżników barwy konserw wieprzowych

Parametr	Czas [dni]	WARIANT BADAWCZY			
		W02	W04	W08	WK
L^*	1	62,93 ± 1,36 ^{Aa}	62,63 ± 1,76 ^{Aa}	62,22 ± 2,16 ^{Aa}	61,37 ± 1,33 ^{Aa}
	180	61,25 ± 2,22 ^{Aa}	64,42 ± 0,97 ^{Bb}	60,15 ± 3,2 ^{Aa}	64,67 ± 1,8 ^{Ab}
a^*	1	10,26 ± 0,68 ^{Aa}	10,32 ± 0,60 ^{Aa}	9,81 ± 0,82 ^{Aa}	11,29 ± 0,54 ^{Ab}
	180	10,06 ± 0,59 ^{Aa}	10,37 ± 0,48 ^{Aa}	10,61 ± 0,36 ^{Ba}	10,48 ± 0,52 ^{Ba}
b^*	1	8,43 ± 0,47 ^{Aa}	8,45 ± 0,30 ^{Aa}	8,24 ± 0,62 ^{Aa}	8,64 ± 0,56 ^{Aa}
	180	8,21 ± 0,27 ^{Aa}	8,40 ± 0,24 ^{Aa}	9,20 ± 0,46 ^{Bb}	8,54 ± 0,54 ^{Aa}
nitrozylohe- mochrom (Mb-NO)	1	24,53 ± 1,39 ^{Aa}	28,77 ± 3,71 ^{Ab}	24,24 ± 2,57 ^{Aa}	19,81 ± 2,65 ^{Ac}
	180	24,85 ± 2,79 ^{Aa}	18,50 ± 2,68 ^{Bb}	22,29 ± 3,19 ^{Aa}	19,27 ± 3,05 ^{Ab}
całkowita za- wartość barw- ników	1	58,40 ± 3,91 ^{Aa}	56,67 ± 2,84 ^{Aab}	60,52 ± 1,89 ^{Aa}	52,28 ± 4,61 ^{Ab}
	180	53,34 ± 5,30 ^{Ba}	45,48 ± 4,58 ^{Bb}	44,50 ± 3,47 ^{Bb}	48,36 ± 4,23 ^{Bab}

Objaśnienia: Warianty z ostropestem plamistym (50 mg/kg azotanu(III) sodu): W02 – 0,002%, W04 – 0,004%, W08 – 0,008%; próba kontrolna WK – 100 mg/kg azotanu(III) sodu. Wartości średnie oznaczone różnymi dużymi literami są znacząco różne ($P < 0,05$) w tej samej kolumnie. Wartości średnie oznaczone różnymi małymi literami są znacząco różne ($P < 0,05$) w tym samym rzędzie; średnie ± SD.

Biorąc pod uwagę rozkład wartości charakteryzujących parametr b^* odnotowano istotny statystycznie wpływ czasu chłodniczego przechowywania na barwę próby W08, która charakteryzowała się zwiększonym udziałem barwy żółtej w porównaniu do pozostałych wariantów badawczych ($p < 0,05$). W przypadku pozostałych wariantów badawczych (W02, W04) obserwowane zmiany parametru b^* podczas przechowywania były nieistotne ($p > 0,05$). Także Vossen i in. (2012) zaobserwowano niewielkie, nieistotne ($p > 0,05$) różnice w wartościach parametru b^* w parówkach z dodatkiem ekstraktu z owoców dzikiej róży (*Rosa Canina* L.) 20 dniach przechowywania. Zgodnie z wynikami wcześniejszego badania (Ferysiuk, Wójciak, 2020) zmniejszenie ilości azotanów(III) dodanych do wieprzowej konserwy mięsnej (50 mg/kg, bez dodatków roślinnych) spowodowały znaczny spadek wartości parametrów barwy ($L^*a^*b^*$) podczas 180 dni chłodniczego przechowywania. Zatem obserwowana w tym badaniu stabilizacja parametrów barwy związana jest z zastosowaniem liofilizowanego ekstraktu zielarskiego.

Ocena sensoryczna konserw z liofilizowanym ekstraktem z ostropestu plamistego

Sensoryczna ocena tekstury

Wyprodukowane konserwy mięsne poddano także ocenie sensorycznej. Badano między innymi takie wyróżniki tekstury jak: zwartość produktu, soczystość oraz twardość

(tab. 3). Generalnie, panel sensoryczny ocenił wyroby jako zwarte, soczyste a zarazem twarde. Nie odnotowano wpływu dodatku liofilizatu (niezależnie od dawki) ani wpływu czasu na teksturę analizowanych wariantów.

Tabela 3. Wyniki sensorycznej oceny tekstury konserw wieprzowych

Parametr	Czas [dni]	WARIANT BADAWCZY			
		W02	W04	W08	WK
zwięzłość produktu [j.u.]	1	8,34 ± 1,53 ^{Aa}	8,16 ± 1,62 ^{Aa}	8,24 ± 1,50 ^{Aa}	8,27 ± 1,62 ^{Aa}
	180	7,46 ± 1,41 ^{Aa}	7,25 ± 1,08 ^{Aa}	7,87 ± 1,65 ^{Aa}	6,83 ± 1,09 ^{Aa}
soczystość [j.u.]	1	7,87 ± 2,27 ^{Aa}	7,69 ± 1,47 ^{Aa}	7,70 ± 1,60 ^{Aa}	7,80 ± 1,43 ^{Aa}
	180	6,35 ± 1,12 ^{Aa}	6,33 ± 0,86 ^{Aa}	6,46 ± 1,48 ^{Aa}	6,70 ± 0,85 ^{Aa}
twardość [j.u.]	1	6,09 ± 1,57 ^{Aa}	6,17 ± 1,37 ^{Aa}	6,07 ± 1,08 ^{Aa}	5,49 ± 0,72 ^{Aa}
	180	6,58 ± 1,19 ^{Aa}	6,71 ± 0,87 ^{Aa}	6,43 ± 1,54 ^{Aa}	6,80 ± 0,83 ^{Aa}

Objaśnienia: Warianty z ostropestem plamistym (50 mg/kg azotanu(III) sodu): W02 – 0,002%, W04 – 0,004%, W08 – 0,008%; próba kontrolna WK – 100 mg/kg azotanu(III) sodu. Wartości średnie oznaczone różnymi dużymi literami są znacząco różne ($p < 0,05$) w tej samej kolumnie. Wartości średnie oznaczone różnymi małymi literami są znacząco różne ($p < 0,05$) w tym samym rzędzie. Średnie ± SD, j.u. – jednostki umowne

Sensoryczna ocena barwy i zapachu

Na rysunkach 1-5 przedstawiono graficznie wyniki oceny sensorycznej wybranych wyróżników sensorycznych, które z punktu widzenia specyfiki produktu są najbardziej istotne dla konsumenta. W badaniu zdecydowano się na dodatkową, wizualną ocenę barwy wyrobów (obok oceny instrumentalnej). W przeciwieństwie do metod aparaturowych, które cechują się wysoką czułością, ludzkie oko nie jest w stanie dostrzec niewielkich zmian barwy wyrobu. Ponadto, nawet jeśli takie będą mieć miejsca, może okazać się, że nie wpływają one na ogólną atrakcyjność i akceptowalność wyrobu w oparciu o jego barwę. Jak wynika z przeprowadzonej oceny sensorycznej, zespół ekspercki ocenił barwę wyrobów na początku okresu badawczego (1 dzień) jako „różową”. Ponadto obserwowano poszarzenie barwy mięsa (rys. 1) oraz zżółknięcie barwy tłuszczu (rys. 2) w próbach ocenianych po 180 dniach przechowywania, jednak zmiany te nie były istotne statystycznie ($p > 0,05$).

1 dzień



180 dni



Rysunek 1. Graficzna prezentacja wyników sensorycznej oceny barwy konserw wieprzowych

1 dzień

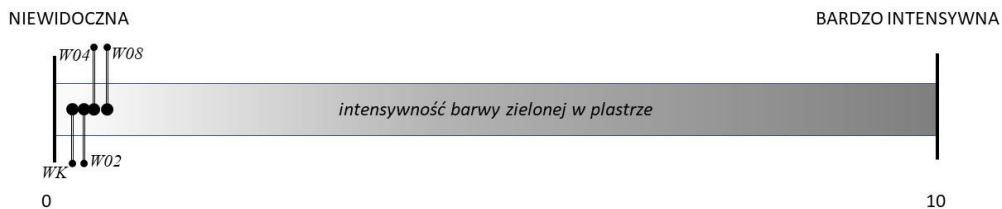


180 dni

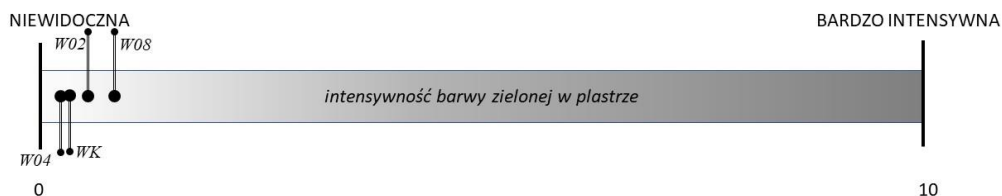


Rysunek 2. Graficzna prezentacja wyników sensorycznej oceny barwy tłuszczu w konserwach wieprzowych

1 dzień



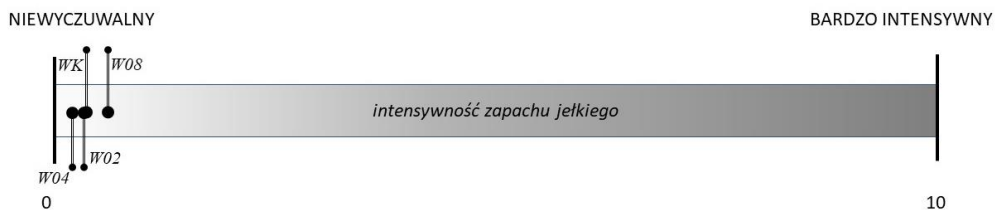
180 dni



Rysunek 3. Graficzna prezentacja wyników sensorycznej oceny intensywności barwy zielonej w plastrze konserwy wieprzowej

Wzrost udziału barwy zielonej w ogólnym tonie barwy może być obserwowany w produktach mięsnych peklowanych wraz z upływem czasu przechowywania. Obniżenie dawki azotanu(III) sodu na etapie produkcji może negatywnie wpływać na stabilności barwy, czego efektem będzie wzrost intensywności barwy zielonej oraz szarej widocznej na przekroju produktu. Jak przedstawiono na rysunku 3. nie obserwowano barwy zielonej w konserwach, niezależnie od czasu analizy (1 dzień oraz 180 dni, $p > 0.05$).

1 dzień



180 dni



Rysunek 4. Graficzna prezentacja wyników oceny intensywności zapachu jęłkiego

Kolejnym wyznacznikiem atrakcyjności produktu jest jego zapach. Konserwy cechują się zazwyczaj wysoką zawartością tłuszczu, który w okresie przechowywania ulega zmianom oksydacyjnym i przemianom do związków lotnych o charakterystycznym zapachu, określanym jako jełki, zjełczały. Jego obecność świadczy o niekorzystnych zmianach jakości wyrobu i nie jest akceptowana przez konsumentów. Bezpośrednio po produkcji (1 dzień) zapach jełki był niemalże niewyczuwalny przez panel oceniający (rys. 4). Wraz z czasem chłodniczego przechowywania (180 dzień) stawał się bardziej intensywny, niemniej jednak różnice te nie były istotne statystycznie ($p > 0.05$). Podobną tendencję obserwowano w przypadku oceny intensywności zapachu metalicznego, jak przedstawiono na rysunku 5.



Rysunek 5. Graficzna prezentacja wyników sensorycznej oceny intensywności zapachu metalicznego

Wyniki oceny sensorycznej poddano analizie statystycznej, wykorzystując w tym zakresie liniowy model mieszany jako metodę statystyczną. Rozważano wpływ dodatku liofilizowanego ekstraktu z ostropestu plamistego (W02, W04, W08) na atrakcyjność sensoryczną konserw, zaś wzorzec stanowiła próba kontrolna (WK). Jak wynika z przeprowadzonej oceny statystycznej (tab. 4), wpływu dodatku liofilizowanego wodnego ekstraktu z ostropestu plamistego nie wpływał na werdykt panelu oceniającego podczas oceny sensorycznej.

Tabela 4. Wyniki statystycznej oceny wyróżników sensorycznych konserw wieprzowych

Parametr	Czas [dni]	Porównanie między wariantami (liniowy model mieszany, $p < 0.05$)		
		W02 vs WK	W04 vs WK	W08 vs WK
barwa mięsa	0	$p = 0,345$	$p = 0,968$	$p = 0,286$
	180	$p = 0,352$	$p = 0,933$	$p = 0,459$
barwa tłuszczu	1	$p = 0,771$	$p = 0,915$	$p = 0,912$
	180	$p = 0,913$	$p = 0,637$	$p = 0,695$
intensywność barwy zielonej	1	$p = 0,836$	$p = 0,45$	$p = 0,411$
	180	$p = 0,945$	$p = 0,441$	$p = 0,128$
intensywność zapachu jelkiego	1	$p = 0,402$	$p = 0,591$	$p = 0,379$
	180	$p = 0,824$	$p = 0,607$	$p = 0,703$
intensywność zapachu metalicznego	1	$p = 0,865$	$p = 1$	$p = 0,851$
	180	$p = 0,351$	$p = 0,965$	$p = 0,507$

Wnioski

W oparciu o uzyskane wyniki badań stwierdzono, że dodatek liofilizowanego ekstraktu z ostropestu plamistego nie wiązał się z pogorszeniem jakości mikrobiologicznej produktu. Nie wpływał także na poziom bezpieczeństwa chemicznego z uwagi na brak *N*-nitrozoamin. Nie odnotowano również istotnych różnic w zakresie wyróżników sensorycznych oraz parametrów tekstury w próbach z liofilizatem a próbą kontrolną. Dodatek liofilizowanego ekstraktu w ilościach 0,004% oraz 0,008% nie wiązał się z oczekiwaną zmianą cech wybranych wyróżników jakości (barwa, tekstura), obserwowane różnice pomiędzy analizowanymi parametrami nie były istotne w odniesieniu do próby kontrolnej. Odnotowano natomiast wyższy poziom nitrozohemochromu i wyższą ogólną zawartość barwników hemowych w próbce z 0,002% dodatkiem liofilizatu.

Otrzymane wyniki sugerują możliwość stosowania ekstraktów ostropestu plamistego w produkcji bezpiecznych i akceptowalnych przez konsumentów konserw wieprzowych, jednak badania należy rozszerzyć o analizy potencjalnych korzyści zdrowotnych związanych na przykład z właściwościami antyoksydacyjnymi dodatku roślinnego.

Projekt finansowany w ramach programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pod nazwą „Regionalna Inicjatywa Doskonałości” w latach 2019-2022; nr projektu 029/RID/2018/19; kwota finansowania 11 927 330,00 zł.

Literatura

1. Alahakoon, A.U.; Jayasena, D.D.; Ramachandra, S.; Jo, C. Alternatives to nitrite in processed meat: Up to date. *Trends Food Sci. Technol.* 2015, 45, 37–49.
2. Andrzejewska, J., Skinder, Z. Ostropest plamisty-uwagi o nazewnictwie, substancjach czynnych i rozwoju rośliny. *Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura*, 2006, 5(1), 5-10.
3. Bastide N.M., Chenni F., Audebert M., Santarelli R.L., Taché S., Naud N. i Kuhnle G.G. A central role for heme iron in coloncarcinogenesis associated with red meat intake. *Cancer Reserch.* 2015, 75, 870–879.
4. Bedale, W.; Sindelar, J.J.; Milkowski, A.L. Dietary nitrate and nitrite: Benefits, risks, and evolving perceptions. *Meat Sci.* 2016, 120, 85–92.
5. De Mey, E.; De Klerck, K.; De Maere, H.; Dewulf, L.; Derdelinckx, G.; Peeters, M.C.; Fraeye Vander Heyden, Y.; Paelinck, H. The occurrence of N-nitrosamines, residual nitrite and biogenic amines in commercial dry fermented sausages and evaluation of their occasional relation. *Meat Sci.* 2014, 96, 821–828.
6. Drabik-Markiewicz, G.; Dejaegher, B.; De Mey, E.; Impens, S.; Kowalska, T.; Paelinck, H.; Vander Heyden, Y. Evaluation of the influence of proline, hydroxyproline or pyrrolidine in the presence of sodium nitrite on N-nitrosamine formation when heating cured meat. *Analytica Chimica Acta* 2010, 657, 123–130.
7. Ferysiuk K. i Wójciak, K. M. The Possibility of Reduction of Synthetic Preservative E 250 in Canned Pork. *Foods.* 2020, 9(12), 1869.
8. Ferysiuk K., Wójciak K.M., Materska M. Phytochemical profile of *Silybum marianum* (L.) Gaertn. and *Graminis rhizoma* and its influence on the bioactivity and shelf life of industrially produced pate, *International Journal of Food Science and Technology* 2020, 55, 1586–1598.
9. Ferysiuk K., Wójciak K.M., Materska M., Chilczuk B., Pabich M. 2020 Modification of lipid oxidation and antioxidant capacity in canned refrigerated pork with a nitrite content reduced by half and addition of sweet pepper extract. *LWT - Food Science and Technology* 118 (2020) 108738
10. Food Chain Evaluation Consortium. Study on the monitoring of the implementation of Directive 2006/52/EC as Regards the Use of Nitrites by Industry in Different Categories of Meat Products. Final Report. Available online: <https://www.fe-cic.es/img/galeria/file/BUTLLETI%20INTERNACIONAL/ARX-IUS%20BUTLLETI%20INTERNACIONAL/setmana%205/05.pdf> (accessed on 25 July 2021)
11. Hooda J., Shah A., Zhang L. 2014 Heme, an Essential Nutrient from Dietary Proteins, Critically Impacts Diverse Physiological and Pathological Processes. *Nutrients*, 6(3), 1080-1102.
12. Hornsey, H.C. The color of cooked cured pork, I.—Estimation of the nitric oxide heme pigments. *J. Sci. Food Agric.* 1956, 7, 534–540.

13. ISO 13299:2016 Sensory analysis — Methodology — General guidance for establishing a sensory profile
14. Karwowska, M.; Kononiuk, A.; Wójciak, K. Impact of Sodium Nitrite Reduction on Lipid Oxidation and Antioxidant Properties of Cooked Meat Products. *Antioxidants* 2020, 9, 9.
15. Lee, B.J., Hendricks, D.G. & Cornforth, D.P. (1999). A comparison of carnosine and ascorbic acid on colour and lipid stability in a ground beef patties model system. *Meat Science*, 51, 245–253.
16. PN-EN ISO 7937:2005 Mikrobiologia żywności i pasz -- Horyzontalna metoda oznaczania liczby *Clostridium perfringens* -- Metoda liczenia kolonii
17. PN-EN ISO 11290-1:2017-07 Mikrobiologia łańcucha żywnościowego -- Horyzontalna metoda wykrywania i oznaczania liczby *Listeria monocytogenes* i innych *Listeria* spp. -- Część 1: Metoda wykrywania
18. PN-EN ISO 4833-1:2013-12 Mikrobiologia łańcucha żywnościowego -- Horyzontalna metoda oznaczania liczby drobnoustrojów -- Część 1: Oznaczanie liczby metodą posiewu wgłębnego w temperaturze 30 stopni C
19. PN-EN ISO 6579-1:2017-04 - Mikrobiologia łańcucha żywnościowego -- Horyzontalna metoda wykrywania, oznaczania liczby i serotypowania *Salmonella* -- Część 1: Wykrywanie *Salmonella* spp.
20. Riaz, F.; Zeynali, F.; Hoseini, E.; Behmadi, H.; Savadkoobi, S. Oxidation phenomena and color properties of grape pomace on nitrite-reduced meat emulsion systems. *Meat Science*. 2016, 121, 350–358.
21. Riel, G.; Boulaaba, A.; Popp, J.; Klein, G. Effects of parsley extract powder as an alternative for the direct addition of sodium nitrite in the production of mortadella-type sausages—Impact on microbiological, physicochemical and sensory aspects. *Meat Science*. 2017, 131, 166–175.
22. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) NR 1831/2003 z dnia 22 października 2003 r. w sprawie dodatków do żywności.
23. Van Hecke T., Vossen E., Hemeryck L.Y. Bussche J.V., Vanhaecke L.i De Smet S. Increased oxidative and nitrosative reactions during digestion could contribute to the association between well-done red meat consumption and colorectal cancer. *Food Chemistry*. 2015, 187, 29–36.
24. Vossen, E.; Utrera, M.; De Smet, S.; Morcuende, D.; Estévez, M. Dog rose (*Rosa canina* L.) as a functional ingredient in porcine frankfurters without added sodium ascorbate and sodium nitrite. *Meat Science*. 2012, 92, 451–457.
25. Zheng J., Stuebe J., Tang H., Hassan M.M., Daniel C.R. i Li D. Dietary N-nitroso compounds and risk of pancreatic cancer: Results from a large case–control study. *Carcinogenesis*. 2018, 40, 254–262. Hooda J., Shah A. i Zhang L. Heme, an Essential Nutrient from Dietary Proteins, Critically Impacts Diverse Physiological and Pathological Processes. *Nutrients*. 2014, 6, 1080–1102.

Ocena możliwości zastosowania ekstraktu z ostropestu plamistego w konserwie wieprzowej sterylizowanej jako czynnika kształtującego potencjał przeci-wutleniający produktu

Paulina Kęska, Karolina Wójciak, Joanna Stadnik, Natalia Łatwińska

Katedra Technologii Żywności Pochodzenia Zwierzęcego, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu dodatku liofilizowanego, wodnego ekstraktu z ostropestu plamistego (łac. *Silybum marianum*) na aktywność przeciwutleniającą peptydów otrzymanych z konserw wieprzowych o zredukowanej ilości azotanu(III) sodu (E250) podczas 180 dni przechowywania. W tym badaniu przygotowano trzy warianty konserw wieprzowych z różnym dodatkiem liofilizatu: W02 (0,002%), W04 (0,004%) i W08 (0,008%) oraz E250 w ilości 50 mg/kg farszu. Wariant kontrolny stanowiła próba bez dodatku ostropestu plamistego z ilością E250 na poziomie 100 mg/kg farszu. Potwierdzono wpływ dodatku roślinnego na aktywność biologiczną peptydów określonych w ramach przeprowadzonych testów przeciwutleniających. Wpływ ilości dodatku liofilizatu był wprost proporcjonalny do aktywności antyrodnikowej ekstraktów etanolowych jak i peptydów z konserw mięsnych. Jako najbardziej korzystny uznano 0,008% dodatek liofilizatu przy jednoczesnej redukcji azotanu(III) sodu do poziomu 50 mg/kg w produkcji konserw mięsnych.

Słowa kluczowe: ostropest plamisty, konserwy, peptydy, przeciwutleniacz

Wstęp

Związki przeciwutleniające to substancje zaliczane do związków bioaktywnych, które chronią molekuly takie jak białka, lipidy czy kwasy nukleinowe przed działaniem reaktywnych form tlenu, takich jak rodniki hydroksylowe czy nadtlenkowe. Związki te, działając jako inhibitory procesów oksydacyjnych wykazują kilka mechanizmów działania, na przykład inaktywują rodniki poprzez przerywanie reakcji łańcuchowych, redukowanie wolnych rodników i wygaszanie tlenu singletowego. Mają także zdolność do chelatowania jonów metali przejściowych, np. żelaza(II) bądź miedzi(II) które katalizują reakcję Fentona (Schahidi, 2020; Pokorny i in., 2001). Występują one jako związki naturalne w wielu produktach pochodzenia roślinnego i zwierzęcego. Przeciwutleniacze występujące w żywności, poprzez wspieranie mechanizmu obronnego komórek organizmu zapobiegają skutkom stresu oksydacyjnego, dlatego są niezbędne w codziennym pożywieniu (Finley i in., 2011; Halliwell, 1996). Ograniczają także niekorzystne zmiany oksydacyjne składników pokarmowych, takich jak białka czy tłuszcze (Pokorny i in., 2001). Wykorzystanie związków o charakterze przeciwutleniaczy podczas produkcji wyrobów mięsnych jest powszechne.

Niegdyś stanowiły je w przewodzie związki syntetyczne o dobrze udowodnionym działaniu hamowania procesów powodowanych obecnością wolnych rodników, np. jełczenia tłuszczów. Niemniej jednak coraz częściej zastępowane są związkami naturalnymi, np. pochodzenia roślinnego (Ferysiuk i Wójciak, 2020). Spośród surowców roślinnych warty uwagi jest ostropest plamisty (*Silybum marianum*) z uwagi na szeroko opisywane w literaturze właściwości bioaktywne (Szczucińska i in., 2003; Nurzyńska-Wierdak i in., 2018). Roślina ta należy do rodziny *Asteraceae*. Jest to dwuletnia roślina zielna o czerwono-purpurowych kwiatach, kwitnąca w lipcu-sierpniu. Roślina ta pierwotnie rośnie w południowej Europie, południowej Rosji, Azji Mniejszej, Afryce Północnej, Ameryce Północnej i Południowej oraz Australii Południowej, ale obecnie jest naturalizowana i uprawiana na całym świecie. *Silybum marianum* zawiera 15–30% trójglicerydów, zwłaszcza kwasu linolowego, oleinowego i palmitynowego, około 30% białek, cukrów, tokoferolu, steroli i flawonoidów (Abenavoli i in., 2018). Główną substancją czynną występującą w ostropeście plamistym jest sylimaryna (mieszanina co najmniej czterech blisko spokrewnionych flawonolignanów), która, jak udowodniono, jest związkiem chroniącym wątrobę. Sylimaryna jest mieszaniną sylibiny A i B (około 50–60%), sylidianiny (około 10%), sylikrystyny (około 20%) oraz izosylibiny A i B (około 5%) (Abenavoli i in., 2011; Chambers i in., 2017). Flawonolignany sylimaryny wykazują liczne działania biologiczne, takie jak działanie przeciwutleniające, przeciwzapalne i immunomodulujące. Ostatnie badania potwierdziły obecność taksyfoliny i sylibiny AB w ekstraktach alkoholowych nasion z ostropeścia plamistego. Dodatkowo analiza chromatograficzna potwierdziła obecność związków fenolowych na poziomie 4,85 g na 100 g próbki roślinnej (Ferysiuk i in., 2020).

Materiał i metody badań

Materiał badawczy stanowiły konserwy mięsne, przygotowane z dodatkiem liofilizowanego wyciągu z ostropeścia plamistego o stężeniach (0,002%, 0,004%, 0,008%). Do produkcji konserwy mięsnej wykorzystano surowiec (podgardle i łopatka wieprzowa w stosunku 1:4) zakupiony w lokalnym sklepie. Ekstrakty otrzymano poprzez wydobycie związków aktywnych z rozdrobnionych nasion ostropeścia plamistego (producent: „Polskie Zioła”) w rozpuszczalniku wodnym, w stosunku 1:10 (g/ml). Ekstrakcję wspomagano sonikacją w urządzeniu ultradźwiękowym (10 minut), po czym otrzymany wyciąg filtrowano, zaś otrzymany ekstrakt zamrożono i poddano liofilizacji (LabconcoFreeZone, U.S.A.) przy zastosowaniu następujących parametrów: czas 72 godziny; temperatura -80°C oraz ciśnienie 0,04 mbar. Tak przygotowany liofilizat wykorzystano podczas produkcji konserw w ilościach 0.002% (W02), 0.004% (W04) oraz 0.008% (W08). Przygotowano warianty badawcze z obniżonym dodatkiem azotanu(III) sodu (50 mg/kg farszu) w stosunku do próby kontrolnej (100mg/kg farszu, bez dodatku roślinnego). Dodatek wody i soli był tożsamy dla wszystkich prób i wynosił odpowiednio 5% wody oraz 2% soli. Surowiec mięsny został poddany rozdrabnianiu wstępnemu za pomocą noża, następnie dokładniejszemu rozdrobnieniu za pomocą wilka; przygotowany surowiec mięsny został podzielony na poszczególne warianty. Do każdego wariantu został dodany chlorek sodu, woda, sól

azotanowa oraz ekstrakt. Następnie tak przygotowane farsze mięsne zostały poddane procesowi mieszania (5 min./wariant) i nałożone do puszek metalowych. Farszem mięsnym napełniano metalowe puszki (pojemność 300 ml) do wysokości 2/3 i poddano sterylizacji (121°C; pionowy sterylizator parowy (TYP-AS2)). Po procesie produkt schłodzono zimną wodą i umieszczono w lodówce (4°C), gdzie przechowywano do dalszych analiz (po 1 oraz 180 dniach).

Oceniano kwasowość ogólną konserw zgodnie z metodą opisaną w PN-ISO 2917:2001. Parametr aktywności wody (a_w) oceniano w produktach w temperaturze 25°C przy użyciu analizatora LabMaster-aw (Novasina AG, Lachen, Szwajcaria). Rozważano także poziom zawartości substancji reaktywnych kwasu tiobarbiturowego (TBARS) przeprowadzono zgodnie z metodą opisaną przez Fan i in. (2019). Z gotowych wyrobów przygotowano ekstrakty alkoholowe (70% etanol, 5 g próby/10 ml rozpuszczalnika) oraz ekstrakty wodne (1 g próby /10 ml rozpuszczalnika). Proces ekstrakcji alkoholowej służył wydobyciu potencjalnych związków polifenolowych – silnych przeciwutleniaczy roślinnych. Sporządzenie ekstraktów wodnych miało na celu wyodrębnienie frakcji białkowej z produktu i posłużyła ona do izolacji peptydów zgodnie z metodą Mora i in. (2010). Ekstrakty po oczyszczeniu (sterylny filtr strzykawkowy 0,44 μ m) poddano ocenie aktywności przeciwutleniającej testem z ABTS (kwas 2,2'-azynobis-(3-etylobenzotiazolino-6-sulfonowy) według zmodyfikowanej metody Jung i in. (2010), a wyniki przedstawiono jako zdolność do inhibitowania [%]. Oznaczano także siłę redukcji jonów żelazowych (Fe^{3+}) metodą opisaną przez Oyaizu (1986), a uzyskane wyniki wyrażono jako absorbcję mierzoną przy 700 nm.

Wyniki poddano analizie statystycznej w programie STATISTICA 13. Istotność różnic wartości średnich weryfikowano testem *t*-Tukeya, przy poziomie istotności $p \leq 0,05$. Analizy przeprowadzono w trzech seriach, w trzech równoległych powtórzeniach każda ($n = 9$).

Wyniki i dyskusja

W oparciu o analizę dwuczynnikową potwierdzono wpływ dodatku roślinnego oraz czasu przechowywania na kwasowość ogólną (pH) analizowanych wariantów. W pierwszym okresie badawczym (1 dzień) pH osiągnęło najwyższą wartość w próbie kontrolnej (WK, pH = 6,412) i była istotnie statystycznie wyższa ($p < 0,05$) w porównaniu do wariantów W02 oraz W04 (pH = 6,35 w obu przypadkach, Tabela 1). Próba o najwyższym udziale liofilizatu (W08) nie różniła się istotnie statystycznie od wariantu kontrolnego ($p > 0,05$). Wraz z upływem czasu przechowywania odnotowano istotny statystycznie spadek pH ($p < 0,05$) w analizowanych wariantach, z wyjątkiem próby W02, gdzie nastąpił wzrost omawianego parametru ($p < 0,05$). Ponadto pH w próbach W02 i W04 było wyższe niż w próbie kontrolnej (WK) po 180 dniach chłodniczego przechowywania. Do podobnych wniosków doszli Ferysiuk i in. (2020) w przypadku pasztecików wieprzowych z dodatkiem ziela *Silybum marianum*. Także Pateiro i in. (2015) wskazali, że próby wyrobów mięsnych z liofilizowanym dodatkiem roślinnym cechowały się niższą wartością pH w porównaniu

z próbą kontrolną. Ponadto wyższe dawki ekstraktów skutkowały wyższą redukcją pH podczas przechowywania, co może być związane z kwasowością stosowanych ekstraktów (Pateiro i in., 2015).

Po 1 dniu przechowywania próba W04 charakteryzowała się istotnie wyższą wartością aktywności wody w odniesieniu do pozostałych wariantów badawczych. Odnotowano spadek wartości aktywności wody po 180 dniach chłodniczego przechowywania, przy czym próby W02 ($a_w = 0,973$) oraz W04 ($a_w = 0,974$) charakteryzowały się istotnie niższym poziomem ($p < 0,05$) omawianego parametru w stosunku do próby kontrolnej (WK, $a_w = 0,976$). Także Bilska i in. (2019) obserwowali niewielki spadek tego parametru z 0,97 do 0,95 po 15 dniach przechowywania pasztetu wzbogaconego ekstraktem z rozmarynu (*Rosmarinus officinalis*). Ponadto Raseta i in. (2016) potwierdzili, że aktywność wodna produktu na poziomie 0,97 wystarcza do zahamowania wzrostu najczęściej występujących bakterii gnilnych w produktach mięsnych, co sugeruje możliwość stosowania dodatku roślinnego do produkcji wyrobów mięsnych bez ich negatywnego wpływu na omawiany parametr.

Rozważając poziom substancji reaktywnych kwasu tiobarbiturowego (TBARS) w analizowanych wariantach badawczych, w pierwszym okresie (1 dzień) obserwowano niższy poziom TBARS w próbach z dodatkiem liofilizowanego ekstraktu z ostropestu plamistego w porównaniu do prób WK, przy czym różnice te okazały się istotne statystycznie jedynie w przypadku wariantu W08 (wskaźnik TBARS był niższy o 0,018 jednostek niż w próbach kontrolnych). Zgodnie z oczekiwaniami, nastąpił istotny statystycznie wzrost zawartości TBARS ($p < 0,05$) po 180 dniach przechowywania w 4°C, przy czym obserwowane tendencje nie były jednakowe. Obserwowano istotnie wyższy poziom omawianego parametru w próbach W02 oraz W04 ($p < 0,05$) oraz istotnie niższy poziom TBARS w przypadku próby W08. Wyniki te są zgodne z wcześniej opublikowanymi doniesieniami (Estévez i in., 2007, McCarthy i in., 2001) gdzie oceniano wpływ naturalnych ekstraktów roślinnych na stabilność oksydacyjną wyrobów mięsnych stosując BHT jako próba odniesienia. Autorzy wskazywali na wyższą skuteczność produktów naturalnych w porównaniu z antyoksydantami syntetycznymi i sugerującymi możliwość wykorzystania tych ekstraktów jako zamienników związków handlowych.

Oceniając aktywność przeciwutleniającą alkoholowych ekstraktów odnotowano istotny wpływ azotanu(III) sodu na aktywność antyrodnikową w 1 dniu chłodniczego przechowywania (tab. 2). Wszystkie próby o zredukowanej ilości dodatku azotanu(III) sodu o połowę, wykazywały od 62% (W02) do 32% (W08) niższą zdolność do neutralizowania kationorodnika ABTS w porównaniu do próby kontrolnej (WK) ($p < 0,05$). Obserwowano także wzrost aktywności antyrodnikowej wraz ze wzrostem dawki liofilizatu, ale okazał się on nieistotny statystycznie ($p > 0,05$). Po 180 dniach przechowywania (4°C) nastąpił istotny wzrost aktywności przeciwutleniającej w próbach z dodatkiem ostropestu ($p < 0,05$) osiągając poziom aktywności przeciwutleniającej na poziomie równym próbie kontrolnej (WK) o zawartości azotanu(III) sodu na poziomie 100 mg/kg ($p < 0,05$).

Tabela 1. Ocena parametrów fizykochemicznych (kwasowość ogólna, aktywność wody) oraz TBARS konserw wieprzowych

Parametr	Czas przechowywania [dni]	Wariant badawczy			
		W02	W04	W08	WK
Kwasowość ogólna	1	6,35 ± 0,02 ^{Aa}	6,35 ± 0,03 ^{Aa}	6,40 ± 0,02 ^{Ab}	6,412 ± 0,02 ^{Ab}
	180	6,57 ± 0,05 ^{Ba}	6,24 ± 0,06 ^{Bb}	6,08 ± 0,11 ^{Bc}	6,064 ± 0,04 ^{Bc}
Aktywność wody	1	0,980±0,001 ^{Aab}	0,978± 0,003 ^{Aa}	0,983± ,002 ^{Ab}	0,983 ± 0,01 ^{Ab}
	180	0,973± 0,001 ^{Ba}	0,974±0,002 ^{Bab}	0,977± 0,002 ^{Bb}	0,976 ± 0,01 ^{Bb}
TBARS [mg MDA/kg]	1	0,066±0,015 ^{Aab}	0,067±0,010 ^{Aab}	0,056±0,006 ^{Ab}	0,074 ± 0,01 ^{Aa}
	180	0,142± 0,010 ^{Ba}	0,134± 0,011 ^{Ba}	0,108± 0,008 ^{Bb}	0,121 ± 0,01 ^{Bc}

Objaśnienia: Warianty z ostropestem plamistym (50 mg/kg azotanu(III) sodu): W02 – 0,002%, W04 – 0,004%, W08 – 0,008%; próba kontrolna WK – 100 mg/kg azotanu(III) sodu. Wartości średnie w tej samej kolumnie oznaczone różnymi dużymi literami są znacząco różne ($p < 0,05$). Wartości średnie w tym samym rzędzie oznaczone różnymi małymi literami są znacząco różne ($p < 0,05$). Średnie ± SD

FRAP (ang. ferric ion reducing antioxidant parameter) to kolejna metoda oceny potencjału antyoksydacyjnego. Polega na oznaczeniu zdolności redukowania jonów Fe(III) przez przeciwutleniacz. Aktywność antyoksydacyjną wariantów badawczych charakteryzowała zależność W4 i W8 > WK > W02, zaś różnice między nimi okazały się istotne statystycznie ($p < 0,05$). Biorąc pod uwagę wpływ czasu przechowywania na omawiany parametr obserwowany trend był niejednoznaczny. Nastąpił wzrost zdolności alkoholowych ekstraktów do redukowania jonów Fe(III) do Fe(II) w próbach W4 i W8 ($p < 0,05$) oraz istotny spadek wartości w odniesieniu do próby W02 oraz próby kontrolnej, niemniej jednak po sześciomiesięcznym okresie przechowywania wartość testu FRAP nie różnicowała analizowanych wariantów badawczych (różnice nie były istotne statystycznie). Wynik ten koresponduje z obserwacją Karwowskiej i innych (2020), którzy zauważyli, że redukcja azotynów do 50 mg/kg pozwoliła na uzyskanie takiej samej wartości siły redukcji w stosunku do próbki z dodatkiem azotanu sodu w ilości 150 mg/kg w parzonych kiełbasach wieprzowych. Wynik ten sugeruje rolę przeciwutleniającą azotanów z uwagi na ich zdolność do wiązania hemu i żelaza niehemowego.

Tabela 2. Ocena aktywności przeciwutleniającej konserw mięsnych

Para- metr	Czas prze- chowywania [dni]	Wariant badawczy			
		W02	W04	W08	WK
Aktywność przeciwutleniająca ekstraktów alkoholowych					
ABTS	1	2,18 ± 0,71 ^{Aa}	3,18 ± 0,95 ^{Aa}	4,18 ± 1,61 ^{Aa}	13,39± 1,89 ^{Ab}
	180	12,37 ±1,80 ^{Ba}	12,90± 1,27 ^{Ba}	13,89± 1,64 ^{Ba}	13,47± 1,14 ^{Aa}
FRAP	1	2,493 ±0,10 ^{Aa}	1,618 ±0,11 ^{Ab}	1,545 ±0,08 ^{Ab}	2,079 ±0,15 ^{Ac}
	180	1,840 ±0,11 ^{Ba}	1,779 ±0,09 ^{Ba}	1,752 ±0,06 ^{Ba}	1,815 ±0,07 ^{Ba}
Aktywność przeciwutleniająca izolatów peptydów					
ABTS	1	25,46±4,36 ^{Aa}	45,26±2,28 ^{Ab}	56,56± 1,90 ^{Ac}	55,15±3,18 ^{Ac}
	180	53,14± 3,09 ^{Ba}	70,85± 1,29 ^{Bb}	73,33± 2,20 ^{Bb}	79,46± 2,22 ^{Bc}
FRAP	1	0,364± 0,03 ^{Aa}	0,751±0,03 ^{Ab}	0,993± 0,04 ^{Ac}	1,04 ± 0,05 ^{Ad}
	180	1,143± 0,10 ^{Ba}	1,545± 0,13 ^{Bb}	1,870±0,09 ^{Bc}	2,116± 0,09 ^{Bc}

Objaśnienia jak pod tab. 1

W niniejszym badaniu oceniano także aktywność antyoksydacyjną peptydów ekstrahowanych z konserw w teście z ABTS oraz FRAP. Obserwowano istotny statystycznie wpływ dawki dodatku liofilizatu oraz wpływ czasu na działanie antyrodnikowe ekstraktów peptydów. W pierwszym analizowanym okresie (1 dzień) obserwowano istotną ($p < 0,05$) zależność: W02 > W04 > W08 > WK, przy czym peptydy otrzymane z próby o najwyższym stosowanym dodatku ostropestu plamistego (W08) cechowały się aktywnością antyrodnikową równą próbie kontrolnej ($p > 0,05$). W kolejnym okresie badawczym (180 dni) nastąpił wzrost aktywności przeciw rodnikom ABTS wszystkich wariantów badawczych. W tym czasie najniższą wartość antyrodnikową charakteryzowała się próba W02 ($p < 0,05$), najwyższą zaś próba kontrolna ($p < 0,05$). Tendencję wzrostu aktywności przeciwutleniającej wraz z upływem czasu chłodniczego przechowywania odnotowano dla prób po 180 dniach, przy czym wraz ze wzrostem dodatku liofilizowanego ekstraktu z ostropestu plamistego następował wzrost zdolności redukowania jonów Fe(III). Warto zauważyć, że w tym okresie badawczym próba z najwyższym stosowanym poziomem liofilizatu (W08) cechowała się wartością FRAP na poziomie równym próbie o dwukrotnie większej dawce azotanu(III) sodu.

Tabela 3. Korelacja (współczynnik korelacji Pearsona) między aktywnością przeciwutleniającą frakcji otrzymanych z konserw mięsnych

Wariant badawczy	Korelacja				
		ABTS_PEP	FRAP_PEP	ABTS_E	FRAP_E
W02	ABTS_PEP	1			
	FRAP_PEP	0,962413	1		
	ABTS_E	0,869293	0,878582	1	
	FRAP_E	-0,89444	-0,93202	-0,874	1
		ABTS_PEP	FRAP_PEP	ABTS_E	FRAP_E
W04	ABTS_PEP	1			
	FRAP_PEP	0,99209	1		
	ABTS_E	0,970656	0,968094	1	
	FRAP_E	0,659602	0,63304	0,664749	1
		ABTS_PEP	FRAP_PEP	ABTS_E	FRAP_E
W08	ABTS_PEP	1			
	FRAP_PEP	0,971404	1		
	ABTS_E	0,836231	0,862356	1	
	FRAP_E	0,82431	0,854284	0,779874	1
		ABTS_PEP	FRAP_PEP	ABTS_E	FRAP_E
WK	ABTS_PEP	1			
	FRAP_PEP	0,971011	1		
	ABTS_E	0,073426	0,04171	1	
	FRAP_E	-0,8189	-0,83459	0,055479	1

Objaśnienia: ABTS_PEP i ABTS_E – aktywność antyrodnikowa wobec ABTS*^{*} określana odpowiednio we frakcji peptydów oraz alkoholowych ekstraktów; FRAP_PEP i FRAP_E – siła redukcji określana odpowiednio we frakcji peptydów oraz alkoholowych ekstraktów

W tabeli 3 przedstawiono wynik korelacji Pearsona wyznaczony dla omawianych w badaniu właściwości przeciwutleniających peptydów otrzymanych z konserw mięsnych jak również alkoholowych ekstraktów z wyrobów. Wykazano wysoką zależność między testami aktywności antyoksydacyjnej, w szczególności dla testu z ABTS*^{*}. Podobne podejście prezentowali Karwowska i inni (2020), gdzie wykazali stosunkowo dużą zależność między właściwościami antyoksydacyjnymi peptydów (określonych testem z DPPH oraz siły redukcji) oraz wodnych ekstraktów (test siły redukcji) z parzonych kiełbas wieprzowych, dla których zawartość związków azotowych w produkcie obniżono do 50 mg/kg. Warto zauważyć, że w odniesieniu do próby kontrolnej (WK) odnotowano niższe wartości korelacji dla ABTS_E w stosunku do pozostałych testów (ABTS_PEP, FRAP_PEP a nawet

FRAP_E), czego nie odnotowano w przypadku wariantów z dodatkiem liofilizatów. Wyniki sugerują korzystny wpływ stosowanego zabiegu na ogólny potencjał przeciwutleniający konserw mięsnych.

Podsumowanie

W niniejszej pracy oceniono wpływ dodatku liofilizowanego wodnego ekstraktu z ostropestu plamistego na potencjał przeciwutleniający produktu. Najbardziej optymalnym okazał się dodatek 0,008% liofilizowanego wodnego ekstraktu ostropestu plamistego przy jednoczesnej redukcji dodatku azotanu(III) sodu o połowę. Ten wariant badawczy w najwyższym stopniu odpowiadał wartościom parametrów charakteryzujących właściwości przeciwutleniające cechujące próbę kontrolną przy jednoczesnej istotnej redukcji oksydacji lipidów. Dodatkowo w niniejszym badaniu stosowano podejście, w którym oceniano jednocześnie alkoholowe ekstrakty z wyrobów (zawierające potencjalnie związki o charakterze przeciwutleniaczy inne niż peptydy, których obecność wynika z zastosowanego procesu technologicznego) oraz peptydy. Potwierdzono, że dodatek antyoksydantów roślinnych, prawdopodobnie chroniąc matrycę białka przed czynnikami oksydacyjnymi, wpływał na działanie fragmentów peptydowych z nich uwolnionych, co jest szczególnie widoczne w ich antyrodnikowym działaniu.

Projekt finansowany w ramach programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pod nazwą „Regionalna Inicjatywa Doskonałości” w latach 2019–2022; nr projektu 029/RID/2018/19; kwota finansowania 11 927 330,00 zł.

Literatura

1. Abenavoli, L., Izzo, A. A., Milić, N., Cicala, C., Santini, A., & Capasso, R. Milk thistle (*Silybum marianum*): A concise overview on its chemistry, pharmacological, and nutraceutical uses in liver diseases. *Phytotherapy Research*, 2018, 32(11), 2202-2213.
2. Bilska, A., Kobus-Cisowska, J., Kmiecik, D., Danyluk, B., Kowalski, R., Szymanowska, D., ... & Szczepaniak, O. Cholinesterase inhibitory activity, antioxidative potential and microbial stability of innovative liver pâté fortified with rosemary extract (*Rosmarinus officinalis*). *Electronic Journal of Biotechnology*. 2019, 40: 22-29.
3. Chambers, C. S., Holečková, V., Petrásková, L., Biedermann, D., Valentová, K., Buchta, M., & Křen, V. The silymarin composition... and why does it matter??? *Food Research International*, 2017, 100, 339-353.
4. McCarthy, T. L., Kerry, J. P., Kerry, J. F., Lynch, P. B., & Buckley, D. J. Evaluation of the antioxidant potential of natural food/plant extracts as compared with synthetic antioxidants and vitamin E in raw and cooked pork patties. *Meat Science*. 2001, 58(1): 45-52.
5. Estevez, M., Ramírez, R., Ventanas, S., & Cava, R. Sage and rosemary essential oils versus BHT for the inhibition of lipid oxidative reactions in liver pâté. *LWT-Food Science and Technology*. 2007, 40(1): 58-65.

6. Ferysiuk, K., & Wójciak, K. M. Reduction of nitrite in meat products through the application of various plant-based ingredients. *Antioxidants*. 2020, 9(8): 711.
7. Ferysiuk, K., Wójciak, K. M., & Materska, M. Phytochemical profile of *Silybum marianum* (L.) Gaertn. and *Graminis rhizoma* and its influence on the bioactivity and shelf life of industrially produced pâté. *International Journal of Food Science & Technology*. 2020, 55(4): 1586-1598.
8. Fan, X.J.; Liua, S.; Lia, H.H.; Hea, J.; Fenga, J.T.; Hanga, X.; Yana, H. Effects of *Portulaca oleracea* L. extract on lipid oxidation and color of pork meat during refrigerated storage. *Meat Science*. 2019, 147: 82-90.
9. Finley, J. W., Kong, A. N., Hintze, K. J., Jeffery, E. H., Ji, L. L., & Lei, X. G. Antioxidants in foods: state of the science important to the food industry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2011, 59(13): 6837-6846.
10. Halliwell, B. Antioxidants in human health and disease. *Annual Review of Nutrition*. 1996, 16(1): 33-50.
11. Jung, S.; Choe, J.C.; Kim, B.; Yun, H.; Kruk, Z.A. & Jo, C. Effect of dietary mixture of gallic acid and linoleic acid on antioxidative potential and quality of breast meat from broilers. *Meat Science*. 2010, 86: 520-526.
12. Karwowska, M., Kononiuk, A., & Wójciak, K. M. Impact of sodium nitrite reduction on lipid oxidation and antioxidant properties of cooked meat products. *Antioxidants*. 2020, 9(1): 9.
13. Mora, L., Sentandreu, M. A., & Toldrá, F. Identification of small troponin T peptides generated in dry-cured ham. *Food Chemistry*. 2010, 123(3): 691-697.
14. Nurzynska-Wierdak, R., Dyduch, J., Sawicka, A., Labuda, H. & Buczkowska, H. *Ostropest plamisty* (*Silybum marianum* [L.] Gaertn.) - fitochemia i efekty terapeutyczne. *Annales UMCS sectio EEE Horticultura*. 2018, 28(4): 15-32.
15. Oyaizu, M. Studies on the product of browning reaction prepared from glucose amine. *Japanese Journal of Nutrition*. 1986, 44, 307-315.
16. Pateiro, M., Lorenzo, J. M., Amado, I. R., & Franco, D. Effect of addition of green tea, chestnut and grape extract on the shelf-life of pig liver pâté. *Food Chemistry*. 2014, 147: 386-394.
17. PN-ISO 2917:2001. Mięso i przetwory mięsne - Pomiar pH - Metoda odwoławcza
18. Pokorny, J., Yanishlieva, N., & Gordon, M. H. (Eds.). (2001). *Antioxidants in food: practical applications*. CRC press.
19. Ratnam, D., Ankola, D., Bhardwaj, V., Sahana, D., Kumar, R. Role of antioxidants in prophylaxis and therapy: A pharmaceutical perspective. *Journal of Controlled Release*. 2006, 113(3): 189-207.
20. Sadowska A., Żebrowska-Krasuska, M. & Świdorski, F. Przeciwutleniacze w żywności. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*. 2012, 2: 98-102.
21. Shahidi, F. Antioxidants in food and food antioxidants. *Food/nahrung*. 2000, 44(3): 158-163.

22. Szczucińska, A., Lipkowski, A. W., Baranowska, B., Walisiewicz-Niedbalska, W., Rozycki, K., & Maciuszczak-Kotlarek, H. Utylizacja odpadu nasion ostropestu plamistego. I. Olej z ostropestu plamistego jako antyutleniacz. *Rośliny Oleiste-Oilseed Crops*. 2003, 24(2): 717-724.

Ocena możliwości wykorzystania pozostałości poekstrakcyjnych pąków goździkowca korzennego jako wtórnego surowca olejkowego

Radosław Kowalski¹, Urszula Pankiewicz¹, Grażyna Kowalska², Jakub Wyrostek¹, Monika Sujka¹, Artur Mazurek¹, Marzena Włodarczyk-Stasiak¹, Ewelina Zielińska¹

¹*Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

²*Katedra Turystyki i Rekreacji, Wydział Agrobiotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

Streszczenie

Ważnym aspektem w rozważaniach naukowych jest możliwość wykorzystania „odpadowego” materiału roślinnego poekstrakcyjnego, który odgrywa istotną rolę w waloryzacji związków aktywnych. Celem prezentowanej pracy była ocena zawartości olejku eterycznego w doświadczalnych odpadach poekstrakcyjnych pąków goździkowca korzennego (po ekstrakcji pierwotnej i wtórnej). Materiałem badawczym były pąki goździkowca korzennego, które uprzednio poddano ekstrakcji wodnej, nanowodą, glicerolowo-wodnej oraz z użyciem oleju rzepakowego. Wykazano, że pąki goździkowca zawierały 22,5% v/w olejku eterycznego, natomiast z materiału poekstrakcyjnego pierwotnego można odzyskać od 33% (olej) do 57% (woda) wyjściowej zawartości olejku eterycznego, zaś po ekstrakcji wtórnej można odzyskać od 26% (olej) do 42% (woda) olejku eterycznego. Ponadto wykazano istotne różnice w udziale eugenolu i E-kariofilenu w odzyskanych olejkach względem wyjściowego olejku goździkowego.

Słowa kluczowe: pąki goździkowca korzennego, materiał poekstrakcyjny, olejek eteryczny

Wstęp

Zioła i przyprawy zawierają szereg substancji biologicznie aktywnych, które stanowią o możliwości zastosowania ich do bardzo różnorodnych celów w tym spożywczych, leczniczych (medycznych, farmaceutycznych) czy kosmetycznych. We współczesnym świecie poszukujemy wygodnych alternatyw dla nieprzetworzonych ziół i tutaj jednymi z nich są ekstrakty roślinne. Do najczęściej stosowanych rozpuszczalników o charakterze spożywczym, wykorzystywanych do ekstrakcji substancji biologicznie czynnych, należy woda, alkohol etylowy i oleje roślinne. Ponadto proponuje się nowe rozpuszczalniki spożywcze, które wpisują się w nurt tzw. „zielonej chemii”, tj. glicerol [Kowalska i in., 2021a,b]. W zależności od chemicznego charakteru rozpuszczalnika efektem procesu ekstrakcji jest wyciąg zawierający wymagane frakcje związków aktywnych: hydro- lub lipofilowych. Po procesie ekstrakcyjnym pozostaje tzw. materiał odpadowy, który może być jeszcze zagospodarowany np. stanowiąc wartościowy składnik do produkcji kompostu. Materiał ro-

ślinny poekstrakcyjny może zawierać ekonomicznie istotne poziomy związków aktywnych, które jako takie nie zostały wyizolowane z materiału roślinnego za pomocą zastosowanych układów rozpuszczalnikowych. Nie zawsze producent jest zainteresowany wszystkimi składnikami surowca. Często też np. przy produkcji płynnych suplementów diety pozyskiwane są zespoły związków biologicznie aktywnych charakterystycznych dla odpowiedniego rozpuszczalnika spożywczego. Można zaobserwować podobną sytuację w przypadku przygotowania naparów ziołowych czy herbacianych, gdzie do ekstraktu przechodzą głównie związki rozpuszczalne w wodzie (jak np. polifenole) natomiast składniki lotne z grupy olejku eterycznego stanowią bardzo niewielki udział w naparze. Materiał roślinny po procesie parzenia może być cennym źródłem olejku eterycznego. Wcześniejsze badania wykazały, że od 34,85% do 66,67% pierwotnej ilości olejku miętowego można odzyskać z materiału roślinnego po procesie klasycznego parzenia [Wyrostek i in., 2020]. Aspekt możliwości wykorzystania „odpadowego” materiału roślinnego poekstrakcyjnego odgrywa istotną rolę w całościowym zagospodarowaniu cennych związków aktywnych.

Goździkowiec korzenny *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M. Perry popularnie zwany goździkiem to roślina z rodziny mirtowatych (*Myrtaceae*) pochodząca z Azji. Drzewo wyróżnia się silnym, przyjemnym aromatem wydzielanym przez cały rok oraz jest nieustannie porośnięte kwiatami, które w fazie pąków są używane od wieków jako przyprawa na całym świecie [El-Saber Batiha i in., 2020]. Są one stosowane do potraw z owoców i warzyw, mięs, kompotów, marynat oraz do bardziej wytrawnych napojów np. ponczu, nalewek, grzanego wina. Głównymi związkami biologicznie czynnymi występującymi w wysuszonych pąkach kwiatowych są: olejek eteryczny, garbniki, kwasy hydroksybenzoesowe i hydroksycynamonowe, flawonoidy [El-Saber Batiha i in., 2020].

Olejek eteryczny z głównym składnikiem eugenolem (do ok. 95%) otrzymywany jest z pąków kwiatowych. Olejek goździkowy charakteryzuje się działaniem antyseptycznym i przeciwbólowym i jest stosowany w leczeniu artretyzmu, reumatyzmu, zakażeń przewodu pokarmowego i górnych dróg oddechowych, stanów zapalnych błony śluzowej jamy ustnej, gardła, nosa, przy przeziębieniach oraz katarze. Ponadto olejek goździkowy, jak i główny składnik eugenol stosuje się jako środek odkażający i przeciwbólowy w stomatologii [Kędzia, 2007]. Szerokie możliwości wykorzystania olejku goździkowego kształtują zapotrzebowanie na ten produkt. Jednym z alternatywnych źródeł tego olejku eterycznego mogą być odpadowe materiały poekstrakcyjne. Dlatego też celem prezentowanej pracy była ocena możliwości wykorzystania doświadczalnych odpadów poekstrakcyjnych pąków goździkowca korzennego (po ekstrakcji pierwotnej i wtórnej), jako źródła olejku eterycznego.

Materiał i metody badań

Materiał do badań stanowiły pąki goździkowca korzennego pozyskane z jednej partii produkcyjnej z firmy „Dary Natury”. W materiale roślinnym określono poziom wilgotności (suszenie w 105°C), w celu przeliczenia zawartości olejku eterycznego na suchą masę.

Pąki goździkowca korzennego po uprzednim rozdrobnieniu poddawano ekstrakcji z użyciem wody destylowanej, nanowody, mieszaniny glicerolo-wodnej (glicerol 65%, woda 35%) i oleju rzepakowego. Nanowoda opisywana przez producenta jako woda plazmowana z podwyższoną zawartością tlenu singletowego była wyprodukowana przez Nantes Medical (Bolesławiec), natomiast olej rzepakowy marki Kujawski (Zakłady Tłuszczowe „Kruszwica” S.A., Kruszwica) zakupiono w sklepie spożywczym. Zastosowane procedury ekstrakcyjne odpowiadały wcześniej opisanemu postępowaniu dla układów modelowych oraz były tożsame ze stosowanymi procedurami przemysłowymi stosowanymi przy produkcji suplementów diety [Kowalska i in., 2021a, b]. Odważono 20 g surowca zielarskiego i zalewano przygotowanymi odpowiednio rozpuszczalnikami w objętości 400 cm³ z początkową temperaturą maceracji 95°C. Poszczególne układy (pąki goździkowca/rozsącznik) poddawano delikatnemu mieszaniu przy 130 rpm (wyrząsarka IST-3075R, Jeio Tech) w czasie 10 min. Po tym czasie wyciągi zlewano (ekstrakt pierwotny) a materiał poekstrakcyjny (pierwotny) przeznaczono do oceny zawartości olejku eterycznego. Ponadto analogicznie otrzymany tzw. materiał poekstrakcyjny pierwotny poddawano kolejnej ekstrakcji rozpuszczalnikami jak powyżej opisano, uzyskując ekstrakt wtórny, a otrzymaną po tym procesie maceracji pozostałość roślinną tzw. materiał poekstrakcyjny wtórny przeznaczono do oceny zawartości olejku eterycznego.

Zawartość olejku eterycznego w pakach goździkowca korzennego (materiał wyjściowy, materiał poekstrakcyjny pierwotny, materiał poekstrakcyjny wtórny) określono z zastosowaniem destylacji z parą wodną (metoda pośrednia z ksylenelem), zgodnie z procedurą farmakopealną (Farmakopea Polska VIII 2008). Do kolby o pojemności 1000 cm³ odważano ~20 g (z dokładnością do 0,1 g) surowca roślinnego (zarówno przed jak i po ekstrakcyjnego) i zalewano 400 cm³ wody. Destylację prowadzono przez 3 godziny. Otrzymany olejek zebrano do szklanych naczynek i osuszano bezwodnym siarczanem sodu, a następnie przechowywano w temperaturze -20°C. Pozostałość olejku eterycznego w materiale roślinnym poekstrakcyjnym wyrażono w %, przyjmując zawartość olejku eterycznego w materiale wyjściowym jako 100%.

Olejki eteryczne pozyskane z pierwotnego materiału roślinnego, jak i poekstrakcyjnego poddano chromatograficznej analizie jakościowej i ilościowej (GC-FID, GC-MS).

Wszystkie analizy chemiczne przeprowadzono w trzech powtórzeniach.

Analiza chromatograficzna

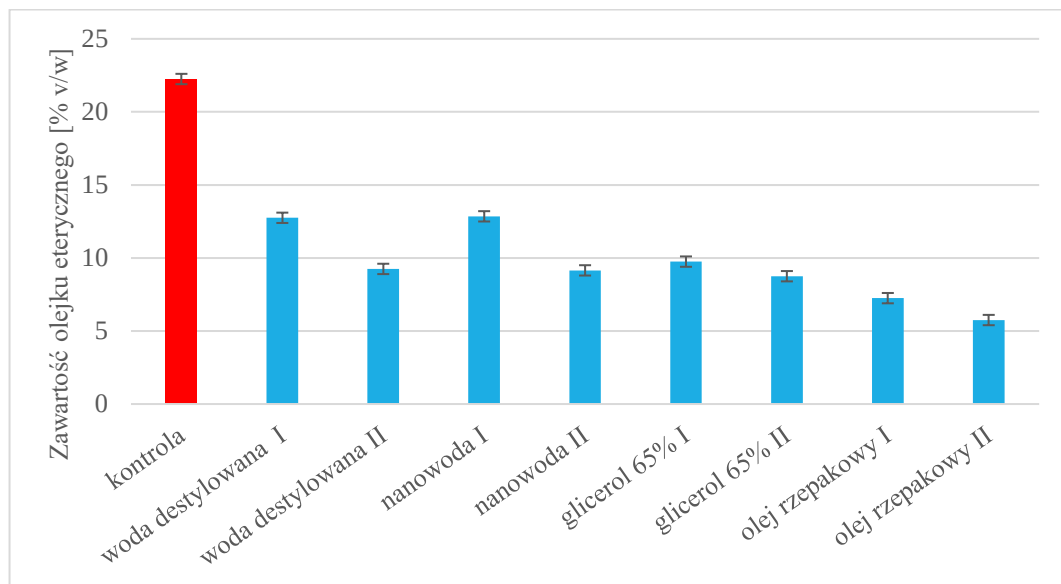
GC/MS – chromatograf gazowy Varian GC-3800 sprzężony z detektorem masowym Varian 4000 MS/MS i automatycznym dozownikiem CP-8410, kolumna VF-5MS (30 m, 0,25 mm, 0,25 µm); program temperaturowy: 50°C przez 1 min, wzrost do 250°C z przyrostem 4°C/min, 250°C przez 10 min; dozownik 1777 split/splitless (250°C, podział 1:100, objętość nastrzyku 0,005 cm³); gaz nośny – hel (przepływ 0,5 cm³/min); energia jonizacji 70 eV; zakres mas 40-870 Da; czas skanowania 0,80 s.

GC/FID – chromatograf gazowy Varian GC-3800 sprzężony z detektorem FID, kolumna DB-5 (30 m, 0,25 mm, 0,25 μm); program temperaturowy analogiczny jak w przypadku analizy GC/MS; dozownik 1777 split/splitless (250°C, podział 1:100, objętość nasyty 0,005 cm^3); gaz nośny – hel (przepływ 0,5 cm^3/min); temperatura FID 250°C.

Analizę jakościową przeprowadzono na podstawie porównania indeksów retencji oraz widm MS z biblioteki widm NIST [2005] i biblioteki Adamsa [2001] oraz porównując widma uzyskane dla dostępnych wzorców (eugenol, E-kariofilen). Indeksy retencji wyznaczono z równania Van Den Doola i Kratza [1963]. Analiza ilościowa polegała na określeniu udziału głównych składników olejku goździkowego, przy założeniu, że suma pól powierzchni pików chromatograficznych odpowiadających zidentyfikowanym składnikom jest równa 100%.

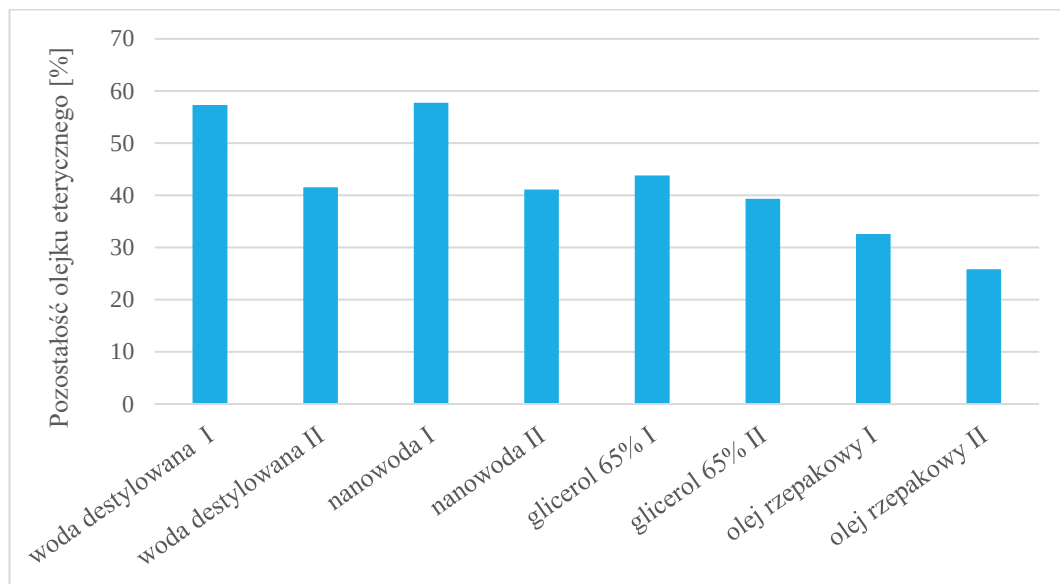
Wyniki i dyskusja

Zawartość olejku eterycznego w suszonych pąkach goździkowca korzennego (materiał wyjściowy) wynosiła 22,25% v/w (rys. 1). Inne dostępne opracowania wskazują, że zawartość olejku goździkowego w pąkach mieści się w przedziale od 0,7% v/w do 20,0% v/w [Góra i Lis, 2017, Uchôa Lopes i in. 2020]. Na różnice w plonie olejku eterycznego wpływa pochodzenie pąków goździków, odmiana, warunki przechowywania, przygotowanie próbki, zastosowana metoda izolacji oraz czas trwania procesu izolacji [Amelia i in., 2016]. W materiałach poekstrakcyjnych pierwotnych i wtórnych zawartość olejku eterycznego wynosiła odpowiednio od 7,25% v/w (goździki uprzednio poddane pojedynczej ekstrakcji olejowej) do 12,85% v/w (goździki uprzednio poddane pojedynczej ekstrakcji z zastosowaniem nanowody) oraz od 5,75% v/w (goździki uprzednio poddane dwukrotnej ekstrakcji olejowej) do 9,25% v/w (goździki uprzednio poddane dwukrotnej ekstrakcji z zastosowaniem wody) (rys. 1). Odnosząc te zawartości olejku eterycznego do zawartości w wyjściowym materiale roślinnym można stwierdzić, że w przypadku pąków goździkowca korzennego po ekstrakcji pierwotnej pozostałości składników lotnych mieściły się w zakresie od ok. 33% (ekstrakcja pierwotna olejowa) do ok. 58% (ekstrakcja pierwotna z zastosowaniem nanowody), natomiast w przypadku materiałów poekstrakcyjnych wtórnych pozostałości olejku stanowiły poziom od ok 26% (ekstrakcja pierwotna wtórna) do ok. 42% (ekstrakcja wtórna z zastosowaniem wody destylowanej) (rys. 2). Te zawartości olejku eterycznego w materiale poekstrakcyjnym stanowią o możliwości wykorzystania ich jako alternatywnego źródła olejku goździkowego.



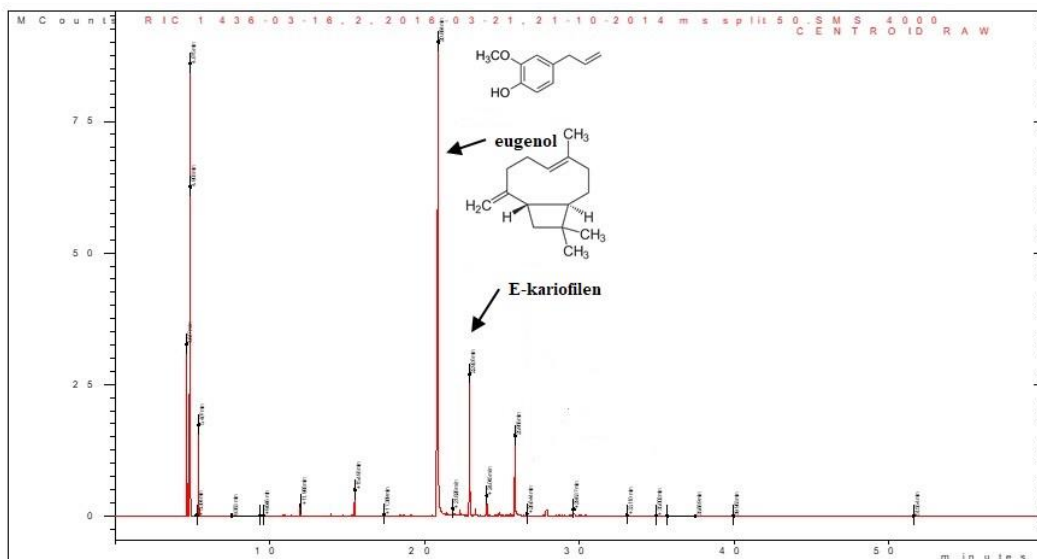
Rysunek 1. Zawartość olejku eterycznego w materiale roślinnym i poekstrakcyjnym (pąkach goździkowca korzennego)

Niewiele jest badań podejmujących tematykę odzyskiwania olejku eterycznego z materiału roślinnego poekstrakcyjnego. Wyrostek i in. [2020] określili pozostałość olejku eterycznego w liściach szalwii lekarskiej, kwiatostanach lawendy wąskolistnej, owocach kminku, owocach kopru włoskiego, koszyczkach rumianku pospolitego i liściach mięty pieprzowej, które wcześniej poddane były procesowi parzenia (jedno- i dwukrotnego). Cytowani autorzy wykazali, że materiały roślinne po procesie parzenia zawierały znaczące poziomy olejku eterycznego, tj. od około 47% do ok. 92% (liście szalwii), od około 66% do ok. 85% (kwiatostany lawendy), od około 52% do ok. 63% (owoce kminku), od około 13% do ok. 96% (koszyczki rumianku), od około 35% do ok. 67% (liście mięty) oraz od około 86% do ok. 95% (owoce kopru). Wyrostek i in. [2020] wykazali, że odpadowe materiały roślinne po procesie klasycznego parzenia zawierają istotne poziomy olejku eterycznego, co też potwierdzono w niniejszej pracy.



Rysunek 2. Pozostałość oleju eterycznego w pąkach goździkowca korzennego po uprzedniej ekstrakcji

W oleju goździkowym wyraźnie dominują dwa składniki: eugenol 75,06% i E-kariofilen 10,03% (rys. 3, tab. 1). Inne badania również wykazały wysokie stężenia eugenolu w oleju goździkowym: 90,3% [Silvestri i in., 2010], 84,63% [Uchôa Lopes i in. 2020], 82,47% [Oliveira i in., 2009], 83,75% [Scherer i in., 2009] i 77,58% [Beraldo i in., 2013], w zależności od miejsca i pory roku zebrania pąków. Eugenol występuje również w innych gatunkach, ale nie występuje w tak wysokich stężeniach jak w pąkach goździkowca korzennego [Chaieb i in., 2007]. Razafimamonijson i in. [2014] również wymieniają eugenol (72,1% do 82,4%) jako dominujący składnik oleju z pąków goździków afrykańskich obok E-kariofilenu (2,8% do 8,6%). Bhuiyan [2010] wskazuje na zawartość eugenolu w oleju goździkowym (74,3%), która jest zbliżona do wyników otrzymanych w naszej pracy, jednak udział procentowy E-kariofilenu był niższy (3,9%).



Rysunek 3. Chromatogram GC-MS olejku eterycznego z pąków goździkowca korzennego

Tabela 1. Procentowy udział głównych składników olejku eterycznego z pąków goździkowca korzennego

Pąki goździkowca korzennego	Udział głównych składników w olejku eterycznym (%)	
	eugenol IR = 1360	E-kariofilen IR = 1425
Materiał wyjściowy	75,06 ± 3,30	10,03 ± 0,34
Materiał po ekstrakcji wodą destylowaną – ekstrakcja pierwotna	44,80 ± 2,45	22,67 ± 1,07
Materiał po ekstrakcji wodą destylowaną – ekstrakcja wtórna	26,67 ± 6,05	24,98 ± 1,54
Materiał po ekstrakcji nanowodą – ekstrakcja pierwotna	43,25 ± 2,70	23,72 ± 1,39
Materiał po ekstrakcji nanowodą – ekstrakcja wtórna	27,14 ± 5,22	25,63 ± 2,24
Materiał po ekstrakcji glicerolem 65% – ekstrakcja pierwotna	30,83 ± 11,75	32,13 ± 6,33
Materiał po ekstrakcji glicerolem 65% – ekstrakcja wtórna	30,68 ± 3,78	39,02 ± 3,08
Materiał po ekstrakcji olejem rzepakowym – ekstrakcja pierwotna	71,41 ± 0,09	6,06 ± 0,06
Materiał po ekstrakcji olejem rzepakowym – ekstrakcja wtórna	59,55 ± 0,72	12,18 ± 0,31

Objaśnienie: IR – indeks retencji

Zaobserwowano zróżnicowanie pod względem składu olejku eterycznego pozyskanego z różnych materiałów poekstrakcyjnych. Generalnie wykazano niższy udział eugenolu w olejku eterycznym z materiału poekstrakcyjnego - od 26,67% do 71,41%. Natomiast w przypadku E-kariofilenu udział procentowy tego składnika był wyższy w porównaniu do olejku z materiału wyjściowego z wyjątkiem olejku z pąków goździkowca po ekstrakcji

olejowej pierwotnej 6,06% i odpowiednio 12,18% do 39,02%. Stwierdzono wyższy udział procentowy eugenolu w oleju goździkowym pozyskanym z materiału roślinnego po ekstrakcji pierwotnej w porównaniu do odpowiedniego materiału po dwóch etapach ekstrakcji: z użyciem wody destylowanej (44,8% maceracja pierwotna, 26,7% maceracja wtórna), z zastosowaniem nanowody (43,25% i 27,14%) oraz oleju rzepakowego (71,4% i 59,6%). Natomiast w oleju eterycznym otrzymanym z materiału po ekstrakcji układem glicerolowo-wodnym 65% zaobserwowano stężenie eugenolu na odpowiednio podobnym poziomie (30,8% oraz 30,7%). W przypadku E-kariofilenu pozyskany olejek eteryczny z materiału roślinnego po wodnej ekstrakcji pierwotnej i wtórnej zawierał następujące udziały tego składnika odpowiednio 22,7% i 25%, po ekstrakcji nanowodą 23,72% i 25,63%, po ekstrakcji glicerolowo-wodnej 32,1% i 39% oraz po ekstrakcji olejem rzepakowym 6,1% i 12,2%. Wyższy udział eugenolu w oleju goździkowym pozyskanym po ekstrakcji olejem rzepakowym (71,41% i 59,55%) w stosunku do oleju wydestylowanego z pąków goździkowca po ekstrakcji wodą, nanowodą i glicerolem 65% (od 26,67% do 44,80%) wynika z obecności grupy wodorotlenowej w cząsteczce tego terpenu (rys. 3), co sprzyja powstawaniu wiązań wodorowych i ułatwia ekstrakcję tego składnika do rozpuszczalników hydrofilowych (woda, alkohole), skutkując zmniejszonym udziałem eugenolu w oleju pozyskanym z frakcji poekstrakcyjnej wodnej i glicerolowo-wodnej. Natomiast w przypadku struktury E-kariofilenu związek ten ma wyraźnie lipofilowy charakter (rys. 3), co obserwuje się w wyższym udziale tego bicyklicznego seskwiterpenu w oleju pozyskanym z materiałów po ekstrakcji układami hydrofilowymi (od 22,67% do 39,02%) niż układem lipofilowym olejowym (od 6,06% do 12,18%). Wobec powyższego można wnioskować, że olejek goździkowy odzyskiwany z materiałów roślinnego po ekstrakcji z zastosowaniem układów hydrofilowych będzie zawierał niższy udział eugenolu od oleju eterycznego otrzymanego z wyjściowego surowca

Parametry jakościowe olejków eterycznych, które mają szczególne zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu są określane przez odpowiednie normatywy (farmakopealne, normy ISO), których spełnienie świadczy o ich dobrej jakości handlowej. Dlatego też w celu oceny jakości olejków pozyskanych z badanych w doświadczeniu poekstrakcyjnych pąków goździkowca korzennego przeprowadzono weryfikację jakościową i ilościową w stosunku do odpowiednich wymagań normatywnych (Farmakopea Polska IX, 2011; Farmakopea Europejska 8, 2014). Na podkreślenie zasługuje ponadto fakt, że w ocenie jakościowej olejków pozyskanych z materiałów poekstrakcyjnych zasadniczym determinantem tego składu jest jakość wyjściowego materiału roślinnego, która także nie zawsze będzie spełniać wymagania odpowiednich norm, co w konsekwencji przełoży się na wysokie prawdopodobieństwo niespełnienia norm dla oleju z wtórnej destylacji. W naszym doświadczeniu stwierdzono, że olejek goździkowy pozyskany z surowca wyjściowego nieprzetworzonego spełnił wymagania cytowanych powyżej norm farmakopealnych, natomiast skład odzyskanego oleju goździkowego nie spełnił wymagań tych norm: eugenol - wymagane 75,0–88,0% oraz E-kariofilen - wymagane 5,0–14,0% (Farmakopea Polska IX, 2011; Farmakopea Europejska 8, 2014).

Podsumowanie

Podsumowując uzyskane w doświadczeniu wyniki należy podkreślić, że pąki goździkowca korzennego w postaci odpadów poekstrakcyjnych są cennym materiałem, zawierającym olejek eteryczny, który może być zaproponowany dla różnych branż przemysłowych, w tym z przeznaczeniem do celów spożywczych czy jako źródło składników o potencjale prozdrowotnym. Wykazano na podstawie charakterystyki chemicznej olejków eterycznych pozyskanych z materiałów poekstrakcyjnych, że stanowią one cenne substraty z przeznaczeniem do różnych zastosowań, w tym takich, które nie wymagają spełnienia norm jakościowych. Takie „odzyskane” olejki eteryczne jako alternatywne źródło wybranych związków aktywnych, zarówno w przypadku pojedynczych substancji jak i mieszanin składników mogą być poddawane dalszym procesom.

Literatura

1. Adams R. P. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/quadrupole Mass Spectroscopy, Allured Pub Corporation, Carol Stream, IL, USA, 2001.
2. Amelia B., Saepudin E., Cahyana A.H., Rahayu D.U., Sulistyoningrum A.S. i Haib J. GC-MS analysis of clove (*Syzygium aromaticum*) bud essential oil from Java and Manado. W: Proceedings of the AIP Conference Proceedings 1862, International Symposium on Current Progress in Mathematics and Sciences 2016 (ISCPMS 2016), Jawa Barat, Indonesia, 1–2 November, 2017, 030082.
3. Beraldo C., Daneluzzi N.S.; Scanavacca J., Doyama J.T., Fernandez A. Jr. i Moritz C.M.F. Eficiencia de óleos essenciais de canela e cravo-da-Índia como sanitizantes na indústria de alimentos. Pesquisa Agropecuária Tropical, 2013, 43, 436–440.
4. Bhuiyan N.I.B. Constituents of the essential oil from leaves and buds of clove (*Syzygium caryophyllatum* (L.) Alston)”, African Journal of Plant Science, 2010, 6(16), 451–454.
5. Chaieb K., Hajlaoui H., Zmantar T., Kahla-Nakbi A.B., Rouabhia M., Mahdouani K. i Nakhrouf A. The chemical composition and biological activity of clove essential oil, *Eugenia caryophyllata* (*Syzygium aromaticum* L. Myrtaceae): A short review. Phytotherapy Research, 2007, 21, 501–506.
6. El-Saber Batiha G., Alkazmi L.M., Wasef L.G., Beshbishy A.M., Nadwa E.H. i Rashwan E.K. *Syzygium aromaticum* L. (Myrtaceae): traditional uses, bioactive chemical constituents, pharmacological and toxicological activities. Biomolecules, 2020, 10, 202.
7. European Pharmacopoeia 8th ed. Council of Europe, Strasbourg, 2014.
8. Farmakopea Polska IX. Polskie Towarzystwo Farmaceutyczne, Warszawa, 2011.
9. Góra J. i Lis A. Najcenniejsze olejki eteryczne I. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź, 2017.
10. Kędzia A. Ocena działania przeciwbakteryjnego olejku goździkowego (*Oleum Caryophylli*). Postępy Fitoterapii, 2007, 2, 66–70.

11. Kowalska G., Baj T., Kowalski R. i Szymańska J. Optimization of glycerol-water extraction of selected bioactive compounds from peppermint and common nettle. *Antioxidants* 2021a., 10(5), 817.
12. Kowalska G., Wyrostek J., Kowalski R. i Pankiewicz U. Evaluation of glycerol usage for the extraction of anthocyanins from black chokeberry and elderberry fruits. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 2021b, 22, 100296.
13. NIST/EPA/NIH. Mass Spectral Library, USA, 2005.
14. Oliveira R.A., Reis T.V., Sacramento C.K., Duarte L.P. i Oliveira F.F. Constituintes químicos voláteis de especiarias ricas em eugenol. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 2009, 19, 771–775.
15. Razafimamonjison G., Jahiel M., Duclos T., Ramanoelina P., Fawbusch F. i Danthu P. Bud, leaf and stem essential oil composition of *Syzygium aromaticum* from Madagascar; Indonesia and Zanzibar. *International Journal of Basic and Applied Sciences*, 2014, 3(3), 224–233.
16. Scherer R., Wagner R., Duarte M.C.T. i Godoy H.T. Composição e atividades antioxidante e antimicrobiana dos óleos essenciais de cravo-da-índia, citronela e palmarosa. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 2009, 4, 442–449.
17. Silvestri J.D.F., Paroul N., Czyewski E., Lerin L., Rotava I., Casian R.L., Mossi A., Toniazzi G., Oliveira D. i Treichel H. Perfil da composição química e atividades antibacteriana e antioxidante do óleo essencial do cravo-da-índia (*Eugenia caryophyllata* Thumb.). *Revista Ceres*, 2010, 57, 589–594.
18. Uchôa Lopes C.M., Saturnino de Oliveira J.R., Holanda V.N., Rodrigues A.Y.F., Martins da Fonseca C.S., Galvão Rodrigues F.F., Camilo C.J., Lima V.L.d.M., Coutinho H.D.M., Kowalski R. i da Costa J.G.M. GC-MS analysis and hemolytic, antipyretic and antidiarrheal potential of *Syzygium aromaticum* (Clove) essential oil. *Separations*, 2020, 7, 35.
19. Van Den Dool H. i Kratz D.J. A generalization of the retention index system including liner temperature programmed gas-liquid partition chromatography. *Journal of Chromatography*, 1963, 11(2), 463–467.
20. Wyrostek J., Kowalski R., Pankiewicz U. i Solarska E. Estimation of the content of selected active substances in primary and secondary herbal brews by UV-VIS and GC-MS spectroscopic analyses", *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2020, 8891855.

Wiedza i opinie konsumentów na temat batatów i ich wykorzystania w produkcji potraw

Lidia Kurp, Marzena Danowska-Oziewicz, Elżbieta Sikora

*Katedra Żywienia Człowieka, Wydział Nauki o Żywności,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie*

Streszczenie

Ze względu na coraz większą świadomość żywieniową konsumentów oraz poszukiwanie przez producentów żywności surowców o różnorodnym zastosowaniu, w ostatnich latach zwiększyła się w Polsce dostępność oraz popularność mało do tej pory znanych na rodzimym rynku surowców pochodzenia roślinnego, do których można zaliczyć m.in. bataty. Stąd też celem pracy było sprawdzenie wiedzy i opinii konsumentów na temat cech charakterystycznych batatów oraz możliwości ich wykorzystania do sporządzania potraw.

Badania zostały przeprowadzone przy użyciu kwestionariusza ankiety wśród 196 dorosłych mieszkańców Olsztyna. Ponadto w warunkach laboratoryjnych przygotowano potrawy z batatów, które poddano ocenie organoleptycznej metodą skali graficznej. Wyniki badania ankietowego przedstawiono jako odsetki odpowiedzi udzielonych na poszczególne pytania przez respondentów z uwzględnieniem ich płci oraz wieku. W analizie materiału empirycznego wykorzystano test χ^2 (program Statistica, TIBCO Software Inc., USA). Wyniki oceny organoleptycznej przedstawiono w postaci wartości średnich not przyznanych przez członków zespołu oceniającego.

W badaniach wykazano, iż około 8% respondentów nie znało batatów, przy czym odpowiedź tę wskazywali głównie mężczyźni. Ankietowani deklarowali w największym odsetku znajomość batatów charakteryzujących się pomarańczową skórką i taką samą barwą miąższu. Ponad połowa badanych nie posiadała wiedzy na temat pochodzenia oraz głównych producentów batatów, natomiast była świadoma możliwości zakupu batatów w Polsce. Prawie połowa ankietowanych nie miała zdania na temat możliwości uprawy batatów w Polsce. Jedynie 33,7% respondentów było świadomych, że warunki klimatyczne panujące w Polsce na to pozwalają. Badane kobiety istotnie częściej niż mężczyźni deklarowały spożywanie batatów.

W podsumowaniu pracy można stwierdzić, że pomimo znaczącego wykorzystania kulinarnego batatów przez uczestników badania, wiedza ankietowanych na temat tego surowca była dość ograniczona. Na podstawie oceny organoleptycznej potraw przygotowanych z batatów, można wnioskować, że bardziej akceptowane były bataty wkomponowane w wyroby niż przygotowane jako samodzielna potrawa.

Słowa kluczowe: bataty, słodkie ziemniaki, respondenci, ocena organoleptyczna

Wstęp

Bataty (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) są jedną z najważniejszych roślin jadalnych na świecie [Krochmal-Marczak i in., 2020]. Pochodzą ze Ameryki Środkowej a do Afryki zostały sprowadzone w XVI wieku [Low i in. 2017]. Największym światowym producentem słodkich ziemniaków jest Azja, a następnie Afryka [Okada i in., 2019]. Produkcja batatów w Chinach wynosi 71 mln ton rocznie. Mimo że Afryka Subsaharyjska przeznacza więcej ziemi pod uprawę słodkich ziemniaków niż Chiny, to całkowita produkcja wynosi znacznie mniej, ponieważ średnie plony w Afryce Subsaharyjskiej wynoszą 6 t/ha, w porównaniu do 21 t/ha w Chinach [Low i in., 2017]. Bataty wykorzystywane są w wielu krajach, szczególnie rozwijających się i słabo rozwiniętych, jako jeden z podstawowych surowców spożywczych ze względu na wysoką plenność, różnorodność zawartych w nich składników odżywczych oraz możliwość uprawy na różnych typach gleb oraz w zróżnicowanych warunkach klimatycznych. Ponadto produkcja batatów nie wymaga wysokich nakładów ekonomicznych w porównaniu z innymi podstawowymi uprawami [Satheesh i Fanta, 2019]. Uważa się, że w regionach o niezbyt wysoko rozwiniętym rolnictwie, uprawa batatów może przyczynić się do zmniejszenia ubóstwa poprzez tworzenie zrównoważonych możliwości generowania dochodów dla drobnych rolników. Wynika to z rentowności produkcji słodkich ziemniaków [Lirag, 2019], potencjału do produkcji biopaliw dzięki wysokiej zawartości skrobi [Virginio e Silva i in., 2018], sprzedaży sadzonek ze względu na ich wysoki wskaźnik rozmnażania [Mudege i in., 2017], a także wydajnych plonów pomimo suszy i ubogich gleb [Adeyonu i in., 2019]. Światowe uprawy słodkich ziemniaków zajmują siódmą pozycję pod względem wielkości areалу [Okada i in., 2019]. Słodkie ziemniaki mają wiele różnych zastosowań, w tym jako żywność, dodatek do pasz dla zwierząt oraz jako surowiec do wyrobu alkoholu, skrobi, mąki i barwników. W przemyśle spożywczym bataty w postaci przecierów, mąk i skrobi wykorzystywane są jako składniki funkcjonalne w produktach przetworzonych [Gallego-Castillo i Ayala-Aponte, 2018]. Unikalny skład słodkich ziemniaków determinuje ich walory zdrowotne, takie jak działanie przeciwutleniające, hepatoprotekcyjne, przeciwnowotworowe, przeciwzapalne, przeciwcukrzycowe, przeciwbakteryjne, przeciwstarzeniowe, przeciw otyłości [Kwak, 2019; Wang i in., 2016]. Wszystkie rodzaje słodkich ziemniaków są dobrym źródłem potasu, fosforu, witamin C, K, E oraz witamin z grupy B, a także błonnika pokarmowego [Low i in., 2017]. Bulwy batatów mają różną barwę miąższu – białą, kremową, żółtą, pomarańczową i fioletową. Jednak tylko pomarańczowe zawierają znaczące ilości β -karotenu, który w organizmie człowieka przekształcany jest w witaminę A, niezbędną dla wzmocnienia układu odpornościowego. Im bardziej intensywna jest barwa pomarańczowa miąższu, tym zawartość β -karotenu jest wyższa. Spożycie korzenia słodkiego ziemniaka o masie 100 g i średniej intensywności barwy pomarańczowej miąższu może zaspokoić dzienne zapotrzebowanie na witaminę A małego dziecka [Low i in., 2017]. Opisane powyżej cechy batata, w połączeniu z jego atrakcyjnymi

właściwościami organoleptycznymi powodują, że także społeczeństwa krajów rozwiniętych chętnie wykorzystują go w swojej diecie a w ostatnich latach pojawił się także na rynku polskim [Kwak, 2019].

Celem pracy była analiza wiedzy i opinii wybranej grupy polskich konsumentów na temat batatów oraz możliwości ich wykorzystania w produkcji potraw.

Metodyka badań

Badanie składało się z dwóch części. Pierwsza z nich dotyczyła sprawdzenia wiedzy i opinii wybranej grupy respondentów na temat batatów. W drugiej części badania poddano ocenie organoleptycznej trzy potrawy przygotowane ze słodkich ziemniaków.

Do pozyskania informacji obrazujących wiedzę konsumentów na temat batatów posłużył autorski kwestionariusz ankiety złożony z dziewięciu pytań dotyczących przedmiotu badania oraz dwóch pytań dodatkowych dotyczących charakterystyki osób, które wypełniły kwestionariusz. Dobór respondentów odbywał się metodą kuli śnieżnej. W tej części badania wzięło udział 169 osób dorosłych z czego 79 osób stanowiły kobiety, a 90 osób stanowili mężczyźni. Największa część ankietowanych mieściła się w przedziale wiekowym 18-25 lat (80 osób). Pozostałe grupy wiekowe liczyły od 12 do 25 osób, podjęto więc decyzję o ich połączeniu w jedną grupę powyżej 25 roku życia. Wyniki uzyskane na podstawie kwestionariuszy przedstawiono jako odsetek odpowiedzi na poszczególne pytania w analizowanych grupach socjodemograficznych.

Bataty o pomarańczowej barwie miąższu i skórki (kraj pochodzenia – Egipt) zakupiono w sklepie detalicznym na terenie Olsztyna. Po obróbce wstępnej wykorzystano je do przygotowania potraw, takich jak zapiekanka z batatów ze szpinakiem, tarta z batatami oraz bataty pieczone z sosem jogurtowym. Ocena organoleptyczna potraw została przeprowadzona z użyciem skali graficznej strukturowanej jednokierunkowej, zgodnie z normą ISO 4121:2003. Oceniano pożądalność wyglądu ogólnego potrawy (0 – niepożądany, 10 – bardzo pożądaný), intensywność barwy batatów w potrawie (0 – jasnopomarańczowa, 10 – intensywnie pomarańczowa), intensywność smaku i zapachu batatów (0 – niewyczuwalny, 10 – intensywny), konsystencję potrawy (0 – niepożądana, 10 – bardzo pożądana) oraz jakość ogólną (0 – zła, 10 - bardzo dobra). Panel oceniający składał się z 20 osób, w wieku od 23 do 58 lat, studentów i pracowników Katedry Żywienia Człowieka Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie.

Analiza statystyczna wyników została przeprowadzona przy użyciu programu Statistica (TIBCO Software Inc., USA). Do oceny istotności wpływu cech socjodemograficznych na rozkład częstości odpowiedzi dotyczących pytań zawartych w kwestionariuszu ankiety wykorzystano test χ^2 i wpływ ten uznano za istotny statystycznie, gdy $p < 0,05$. Wyniki dotyczące oceny organoleptycznej przygotowanych potraw przedstawiono w postaci wartości średnich uzyskanych ocen.

Wyniki i dyskusja

Pytania zawarte w kwestionariuszu dotyczyły takich zagadnień jak: znajomość części jadalnych oraz nazw używanych w odniesieniu do słodkich ziemniaków, region pochodzenia oraz lokalizacja najważniejszych producentów batatów, możliwości uprawy oraz zakupu tego surowca w Polsce, dotychczasowe spożycie batatów przez osoby biorące udział w badaniu, opinia na temat sposobów przygotowania słodkich ziemniaków do spożycia, a także znajomość rodzajów batatów pod względem ich barwy.

Na pytanie dotyczące znajomości nazwy omawianej rośliny niewiele ponad 7% respondentów ogółem wskazało znajomość obu podanych nazw, czyli batat i słodki ziemniak (tab. 1). Zarówno nazwę batat, jak i słodki ziemniak częściej ($p < 0,001$) wskazywały kobiety (odpowiednio 91,1% i 78,5%) aniżeli mężczyźni (odpowiednio 60,0% i 52,2%). Natomiast nieznajomość obu nazw deklarowało około 13% mężczyzn i około 1% kobiet ($p < 0,01$).

W kolejnym pytaniu poproszono respondentów o wskazanie, która część rośliny jest jadalna. Wiedzę dotyczącą możliwości spożywania rośliny batata w całości posiadało około 2% respondentów ogółem i byli to wyłącznie ankietowani w wieku 18-25 lat (tab. 1). Najwięcej ankietowanych wskazało, że częścią jadalną słodkich ziemniaków są jedynie korzenie (79,9%) i istotnie częściej ($p < 0,001$) odpowiedź tę wskazywały kobiety (93,7%) aniżeli mężczyźni (67,8%). Prawdopodobnie odpowiedź ta była częściej wskazywana ze względu na podobieństwo batata do ziemniaka powszechnie jadanego w Polsce. Brak wiedzy na temat części jadalnych słodkich ziemniaków deklarowało 30% mężczyzn i około 5% kobiet ($p < 0,001$).

Sprawdzając wiedzę respondentów dotyczącą rejonu pochodzenia i najważniejszych upraw batatów odnotowano, że ponad połowa ankietowanych nie posiadała wiedzy w tym zakresie, przy czym nie wykazano istotnych różnic między rozkładem odpowiedzi w grupie mężczyzn i kobiet oraz w obu grupach wiekowych (tab. 2). Najczęściej wskazywaną przez ankietowanych odpowiedzią była Ameryka Południowa, zarówno w pytaniu dotyczącym pochodzenia batatów, jak i producentów batatów (odpowiednio 23,1% i 18,3% badanych ogółem). W przeprowadzonych badaniach prawidłową odpowiedź dotyczącą pochodzenia batatów wskazało jedynie około 4% respondentów, natomiast prawidłową odpowiedź dotyczącą rejonu, w którym znajdują się najwięksi światowi producenci słodkich ziemniaków, czyli Azję, wskazało około 5% ankietowanych.

Tabela 1. Znajomość nazwy rośliny i części jadalnych batata z uwzględnieniem płci i wieku respondentów

Odpowiedzi	Respondenci [%]				Próba ogółem
	Płeć		Wiek (lata)		
	Mężczyźni	Kobiety	18-25	> 25	
<i>Znajomość nazwy rośliny</i>					
batat	60,0***	91,1***	74,4	76,9	74,6
słodki ziemniak	52,2***	78,5***	65,4	53,9	64,5
znam wszystkie nazwy	10,0	3,8	7,1	7,7	7,1
nie znam	13,3**	1,3**	7,7	7,7	7,7
<i>Znajomość części jadalnych batatów</i>					
jest to roślina jadalna w całości	2,2***	1,3***	1,3	0,0	1,8
jest to roślina, której jadalne są tylko					
korzenie	67,8***	93,7***	80,1	84,6	79,9
nie orientuję się	30,0***	5,1***	18,6	15,4	18,3

Objaśnienia: Istotność różnic w poszczególnych kategoriach grup socjodemograficznych badano oddzielnie; * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Słodki ziemniak jest gatunkiem wieloletnim w strefie klimatu ciepłego i rośliną jednoroczną w strefie klimatu umiarkowanego. Tak więc może być uprawiany w klimacie umiarkowanym, zwłaszcza przy długim okresie wegetacji. Jego uprawa z powodzeniem udaje się w regionach południowej i południowo-wschodniej Polski, np. na Podkarpaciu [Krochmal-Marczak i Sawicka, 2015]. Bulwy batatów można przechowywać przez cały rok, pod warunkiem spełnienia pewnych warunków dotyczących temperatury i wilgotności powietrza w magazynie [Krochmal-Marczak i in., 2020].

O możliwości uprawy batatów w Polsce wiedziało około 34% ankietowanych ogółem, przy czym nieznacznie częściej odpowiedź tę wskazywali młodszy respondenci oraz mężczyźni (tab. 2). Większą wiedzą dotyczącą możliwości zakupu batatów w Polsce charakteryzowali się ankietowani powyżej 25 roku życia (92,3%) oraz kobiety aniżeli mężczyźni (odpowiednio 77,2% i 57,8%; $p < 0,05$). Analizując odpowiedzi respondentów na temat możliwości uprawy i zakupu batatów można zauważyć istotne różnice w rozkładzie odpowiedzi w zależności od płci ankietowanych jedynie w pytaniu dotyczącym możliwości zakupu batatów w Polsce ($p < 0,05$). Wiek respondentów nie wpływał istotnie na uzyskane odpowiedzi (tab. 2).

Tabela 2. Wiedza konsumentów na temat regionu pochodzenia, uprawy i możliwości zakupu batatów w Polsce z uwzględnieniem płci oraz wieku respondentów

Odpowiedzi	Respondenci [%]				Próba ogółem
	Płeć		Wiek (lata)		
	Męż- czyźni	Kobiety	18-25	> 25	
<i>Wiedza na temat pochodzenia batatów</i>					
z Afryki	13,3	10,1	12,2	7,7	11,8
z Azji	1,1	5,1	2,6	7,7	3,0
z Ameryki Środkowej	2,2	6,3	4,5	0,0	4,1
z Ameryki Południowej	25,6	20,3	23,1	23,1	23,1
nie orientuję się	57,8	58,2	57,7	61,5	58,0
<i>Wiedza dotycząca producentów batatów</i>					
Afryka	8,9	5,1	7,1	7,7	7,1
Azja	4,4	6,3	5,1	7,7	5,3
Europa	1,1	1,3	1,3	0,0	1,2
Ameryka Południowa	20,0	16,5	18,6	15,4	18,3
nie orientuję się	65,6	70,9	68,0	69,2	68,1
<i>Wiedza dotycząca możliwości uprawy batatów w Polsce</i>					
tak	40,0	26,6	34,0	30,8	33,7
nie	16,7	25,3	21,2	15,4	20,7
nie mam zdania	43,3	48,1	44,9	53,9	45,6
<i>Wiedza dotycząca możliwości zakupu batatów w Polsce</i>					
tak	57,8*	77,2*	64,7	92,3	66,9
nie	15,6*	11,4*	14,7	0,0	13,6
nie mam zdania	26,7*	11,4*	20,5	7,7	19,5

Objaśnienia jak pod tab. 1

Pomimo że słodkie ziemniaki od stosunkowo niedawna dostępne są na polskim rynku, ponad połowa ankietowanych deklarowała spożywanie batatów, przy czym istotnie częściej odpowiedź tę wskazywały kobiety aniżeli mężczyźni (odpowiednio 73,4% i 38,9%, $p < 0,001$, tab. 3). Wiek nie był czynnikiem istotnie wpływającym na konsumpcję słodkich ziemniaków przez respondentów, jednakże w każdej z grup wiekowych przeważała odpowiedź potwierdzająca dotychczasowe spożycie tych produktów.

Tabela 3. Deklaracja dotychczasowej konsumpcji batatów z uwzględnieniem płci oraz wieku respondentów

Odpowiedzi	Respondenci [%]				Próba ogółem
	Płeć		Wiek (lata)		
	Mężczyźni	Kobiety	18-25	> 25	
tak	38,9***	73,4***	54,5	61,5	55,0
nie	61,1***	26,6***	45,5	38,5	45,0

Objaśnienia jak pod tab. 1

Najczęściej wskazywaną przez respondentów odpowiedzią dotyczącą sposobu obróbki cieplnej, którą można zastosować w celu przygotowania batatów do spożycia, było pieczenie, istotnie częściej wskazywane przez kobiety aniżeli przez mężczyzn (odpowiednio 90% i 60%, $p < 0,001$, tab. 4). Znaczna część ankietowanych ogółem wskazała również możliwość stosowania gotowania oraz smażenia (odpowiednio 63,3% i 45%). Około 16% respondentów ogółem nie orientowało się jaki rodzaj obróbki cieplnej wykorzystuje się do przygotowania słodkich ziemniaków. Jedynie niecały 1% respondentów wskazał możliwość konsumpcji batatów na surowo, przy czym jedynie kobiety posiadały tę wiedzę. Wiek respondentów nie wpływał istotnie na rozkład uzyskanych odpowiedzi na to pytanie (tab. 4).

Z odpowiedzi na pytanie dotyczące znajomości barwy batatów wynika, że najbardziej znany przez osoby badane był słodki ziemniak o pomarańczowej skórce i takiej samej barwie miąższu (tab. 5). Odpowiedź tę wskazała ponad połowa respondentów, przy czym częściej były to kobiety aniżeli mężczyźni (odpowiednio 82,3% i 35,6%, $p < 0,001$). Drugą najczęściej wskazywaną przez ankietowanych odpowiedzią były bataty o czerwonej skórce i kremowej barwie miąższu. Ten rodzaj batatów wskazało około 20% respondentów, jednakże różnice w rozkładzie odpowiedzi nie były istotne statystycznie. Zarówno płeć jak i wiek respondentów nie wpływały istotnie na otrzymane wyniki.

W drugiej części doświadczenia przygotowano zapiekankę z batatów z dodatkiem szpinaku oraz serów ricotta, feta i cheddar, tartę z batatami zmiksowanymi z dodatkiem cynamonu, gałki muszkatołowej i skórki pomarańczowej, a także pieczone bataty podane z sosem tzatziki. Analiza wyników oceny organoleptycznej potraw wykazała, że najwyżej oceniono jakość ogólną zapiekanki, a następnie tarty z batatami (odpowiednio 9,1 i 9,0; rys. 1). Smak obu tych potraw oceniony był przez respondentów na tym samym poziomie, czyli 9,1 natomiast podczas oceny wyglądu ogólnego, zapachu oraz konsystencji tarta otrzymała wyższe noty niż zapiekanka. Pieczone bataty otrzymały natomiast najwyższe noty pod względem barwy batatów w produkcie gotowym w porównaniu z zapiekanką oraz tartą.

Tabela 4. Opinia dotycząca możliwości zastosowania obróbki cieplnej batatów z uwzględnieniem płci oraz wieku respondentów

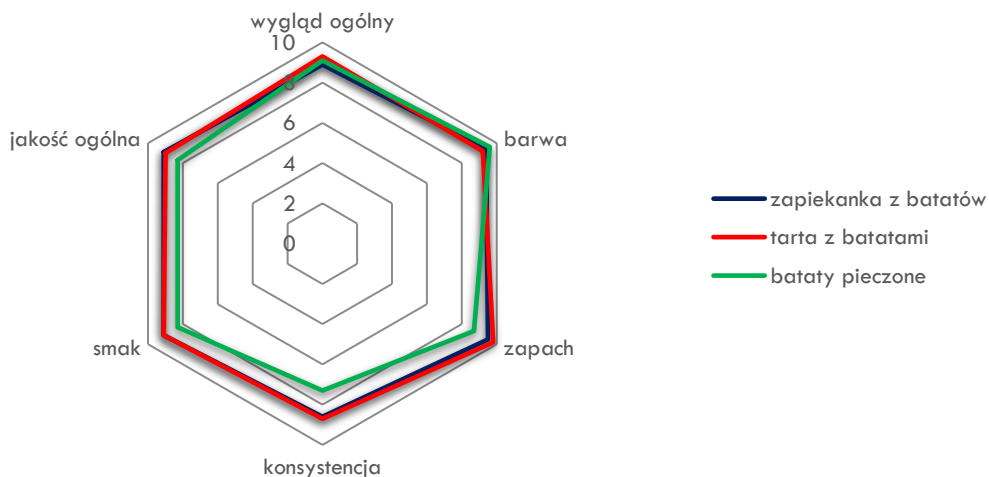
Odpowiedzi	Respondenci [%]				Próba ogółem
	Płeć		Wiek (lata)		
	Mężczyźni	Kobiety	18-25	> 25	
pieczenie	60,0***	90,0***	73,1	84,6	74,0
smażenie	36,7*	54,4*	44,9	46,2	45,0
gotowanie	57,8	69,6	62,2	76,9	63,3
inny rodzaj obróbki	3,3	1,3	2,6	0,0	2,4
najlepiej smakują na surowo	0,0	1,3	0,6	0,0	0,6
nie orientuję się	24,4*	6,3*	16,0	15,4	16,0

Objaśnienia jak pod tab. 1

Tabela 5. Znajomość barwy batatów z uwzględnieniem płci oraz wieku respondentów

Odpowiedzi	Respondenci [%]				Próba ogółem
	Płeć		Wiek (lata)		
	Mężczyźni	Kobiety	18-25	> 25	
pomarańczowa skórka i taka sama barwa miąższu	35,6***	82,3***	56,4	69,2	57,4
kremowa skórka i taka sama barwa miąższu	10,0	13,9	11,5	15,4	11,8
czerwona skórka i kremowa barwa miąższu	17,8	21,5	19,9	15,4	19,5
fioletowa skórka i taka sama barwa miąższu	5,6	8,9	7,1	7,7	7,1
fioletowa skórka i kremowa barwa miąższu	6,7	7,6	7,7	0,0	7,1
nie spotkałam się dotychczas z batatami	40,0***	2,5***	22,4	23,1	22,5

Objaśnienia jak pod tab. 1



Rysunek 1. Ocena organoleptyczna potraw przygotowanych z batatów [wygląd ogólny i konsystencja (0 – niepożądany, 10 – bardzo pożądaný), barwa (0 – jasnopomarańczowa, 10 – intensywnie pomarańczowa), smak i zapach (0 – niewyczuwalny, 10 – intensywny), jakość ogólna (0 – zła, 10 – bardzo dobra)]

Podsumowanie

W dostępnej literaturze brak jest podobnych prac dotyczących wiedzy i opinii konsumentów na temat batatów, co uniemożliwiło porównanie wyników badań własnych z obserwacjami innymi autorów. Niemniej jednak na podstawie przeprowadzonego doświadczenia można stwierdzić, że nazwy słodki ziemniak i batat były dobrze znane osobom, które wzięły udział w badaniu. Jedynie niewielka część respondentów wiedziała skąd pochodzi ta roślina. Ankietowanym trudno było również wskazać obecny region największych upraw batatów. O tym, że w Polsce możliwa jest uprawa batatów wiedziała 1/3 wszystkich ankietowanych. Znaczna część respondentów była zdania, że słodkie ziemniaki są łatwo dostępne w naszym kraju, co może świadczyć o ich zainteresowaniu nowościami kulinarnymi. Rodzajami obróbki cieplnej, które można zastosować do przygotowania batatów do spożycia, według osób biorących udział w badaniu, były kolejno pieczenie, gotowanie i smażenie, prawdopodobnie poprzez skojarzenie z ziemniakami tradycyjnie jadanymi w Polsce. Najbardziej znaną odmianą batatów przez ankietowanych była ta o pomarańczowej skórce i takiej samej barwie miąższu.

Na podstawie drugiej części badań, obejmującej ocenę organoleptyczną, można stwierdzić, że respondenci wysoko ocenili potrawy przygotowane z batatów. Jest to znaczące ze względu na właściwości zdrowotne tego surowca. Każda z przygotowanych potraw uzyskała wysokie wyniki oceny analizowanych cech. Dwie spośród trzech potraw poddanych ocenie organoleptycznej otrzymywały oceny średnie badanych wyróżników na poziomie około 9 pkt. W przypadku wszystkich potraw, najniższą ocenę otrzymywały one za konsystencję. Na podstawie wyników oceny organoleptycznej można wnioskować, że

bardziej akceptowane przez badanych były bataty wkomponowane w potrawy, jak również odpowiednio doprawione. Batat przygotowany bez przypraw, jedynie pieczony został oceniony najniżej.

Literatura

1. Adeyonu A. G., Balogun O. L., Ajiboye B. O., Oluwatayo I.B., Otunaiya A.O. Sweet potato production efficiency in Nigeria: Application of data envelopment analysis. *AIMS Agriculture and Food* 2019, 4 (3): 672–684.
2. Gallego-Castillo S., Ayala-Aponte A. A. Changes in physical properties of sweet potato due to effects of thermal pre-treatments for puree production. *Revista DYNA*. 2018, 85 (207): 135–142.
3. ISO 4121:2003 Sensory analysis — Guidelines for the use of quantitative response scales.
4. Krochmal-Marczak B., Sawicka B. Wpływ właściwości genetycznych na wartość zdrowotną bulw słodkiego ziemniaka (*Ipomoea batatas* L. [Lam.]). *Herbalism*. 2015, 1 (1): 66–75.
5. Krochmal-Marczak B., Sawicka B., Krzysztofik B., Danilčenko H., Jariene E. The Effects of Temperature on the Quality and Storage Stability of Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L. [Lam]) Grown in Central Europe. *Agronomy*. 2020, 10, 1665: 1–21.
6. Kwak S. S. Biotechnology of the sweetpotato: ensuring global food and nutrition security in the face of climate change. *Plant Cell Reports*. 2019, 38: 1361–1363.
7. Lirag, T. B. M. Determinants of Profitability of Sweet Potato Production in Camarines Sur, Philippines. *International Journal on Advanced Science Engineering and Information Technology*. 2019, 9: 467–472.
8. Low J. W., Mwanga R. O. M., Andrade M., Carey E, Ball A. M. Tackling vitamin A deficiency with biofortified sweetpotato in sub-Saharan Africa. *Global Food Security*. 2017, 14: 23–30.
9. Mudege N. N., Mayanja S., Muzhingi T. Women and men farmer perceptions of economic and health benefits of orange fleshed sweet potato (OFSP) in Phalombe and Chikwawa districts in Malawi. *Food Security*. 2017, 9: 387–400.
10. Okada Y., Madanbashi M., Nokham N., Pawasut A., Yusuk P. Effect of flowering slips on the yield of sweet potato (*Ipomoea batata* (L.) Lam.) tubers. *African Journal of Agricultural Research*. 2019, 14 (33): 1720–1725.
11. Satheesh N., Fanta S. W. Review on nutritional composition of orange-fleshed sweet potato and its role in management of vitamin A deficiency. *Food Science and Nutrition*. 2019, 7: 1920–1945.
12. Virgínio e Silva J. O., Almeida M. F., da Conceição Alvim-Ferraz M., Dias J. M. Integrated production of biodiesel and bioethanol from sweet potato. *Renewable Energy*. 2018, 124: 114–120.
13. Wang S., Nie S., Zhu F. Chemical constituents and health effects of sweet potato. *Food Research International*. 2016, 89: 90–116.

Zastosowanie liofilizatu z ostropestu plamistego w technologii kielbas dojrzewających o obniżonym dodatku azotanu(III) sodu

Justyna Libera, Agnieszka Latoch

Katedra Technologii Żywności Pochodzenia Zwierzęcego, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie

Z surowców ekologicznych, tj. szynki wieprzowej i słoniny, przygotowano sześć wariantów kielbas: dwie próby kontrolne (Kd50 i Kd100) o zróżnicowanym dodatku NaNO_2 (odpowiednio 50 i 100 mg/kg) oraz cztery próby badawcze: Kd50-O₁ i Kd50-O₂ (zawierające po 50 mg NaNO_2 /kg i 1 g lub 2 g liofilizatu z ostropestu plamistego/kg farszu) oraz Kd100-O₁ i Kd100-O₂ (zawierające po 100 mg NaNO_2 /kg i 1 g lub 2 g liofilizatu z ostropestu plamistego/kg farszu). Kielbasy badano przez 12 tygodni, tj. po zakończeniu dojrzewania produkcyjnego (w 15°C przez 3 tygodnie) oraz po zakończeniu dojrzewania poprodukcyjnego w opakowaniach próżniowych (w 4°C, przez kolejne 9 tygodni). Określano wartość pH, aktywność wody, stabilność oksydacyjną (TBARS), trwałość barwy oraz jakość mikrobiologiczną wyrobów.

Stwierdzono dodatnią korelację pomiędzy wyższym dodatkiem azotanu(III) sodu a trwałością oksydacyjną kielbas, zarówno po dojrzewaniu produkcyjnym, jak i po kilkutygodniowym dojrzewaniu poprodukcyjnym. Dodatek liofilizowanego ostropestu, w obu stężeniach, dodatkowo obniżył stężenie wtórnych produktów oksydacji tłuszczu (wskaźnik TBARS) w kielbasach. Zarówno aktywność wody, jak i wartość pH kielbas dojrzewających były typowe dla tego typu produktów mięsnych, niezależnie od zastosowanego stężenia dodatku liofilizatu. Dodatek ostropestu nie wpłynął na trwałość barwy, której stabilność zależała wyłącznie od stężenia peklosoli. Stwierdzono, że dodatek roślinny nie ograniczał rozwoju bakterii kwaszących typu mlekowego w produkcji. Po zakończeniu dojrzewania wszystkie warianty charakteryzowały się wysoką liczbą LAB (> 8,2 log jtk/g), przy jednocześnie niskiej liczbie bakterii tlenowych (< 7,1 log jtk/g).

Uzyskane wyniki wskazują, że możliwe jest wykorzystanie liofilizowanego ostropestu plamistego jako skutecznego przeciwutleniacza w technologii ekologicznych kielbas dojrzewających o obniżonym dodatku NaNO_2 (< 100 mg/kg).

Słowa kluczowe: kielbasa dojrzewająca, redukcja dodatku azotanu(III) sodu, ostropest plamisty

Wstęp

W technologii wędlin, już od bardzo dawna, powszechnie wykorzystywana jest peklosól, ze względu na obecność azotanu(III) sodu (NaNO_2). Związek ten jest dodawany podczas peklowania mięsa, gdyż nie tylko gwarantuje bezpieczeństwo mikrobiologiczne wędliny, ale także zapewnia unikalne właściwości fizykochemiczne, przy utrzymaniu wysokiej wydajności, jak i niskich kosztów produkcji (Ledezma-Zamora i in., 2011; Ko i in., 2017). Azotan(III) sodu bierze udział w procesie kształtowania barwy wędlin oraz poprawia ich smakowitość, przy jednoczesnym ograniczaniu intensyfikacji przemian oksydacyjnych (utlenianie lipidów) w produkcie (Lee i in., 2016) oraz poprawia ogólne bezpieczeństwo produktu (Hospital i in., 2016). Pomimo niewątpliwie wielu zalet związanych z pożądanym działaniem peklosoli, to jednak jej spożywanie z żywnością może budzić niepokój. Doniesienia naukowe podnoszą kwestię potencjalnej rakotwórczości mięsa przetworzonego, związanej właśnie z obecnością NaNO_2 , co wyszczególnione zostało m.in. w raporcie Międzynarodowej Agencji Badań nad Rakiem w 2015 roku. Azotan(III) sodu przekształca się w tlenek azotu, który z kolei może wchodzić w interakcje z aminami drugorzędowymi, tworząc N-nitrozoaminy, które okazały się prekursorem raka przewodu pokarmowego (Chan i in., 2011; Flores i in., 2019). Zasadnym zatem wydaje się poszukiwanie alternatyw dla peklosoli albo przynajmniej możliwości ograniczenia stężenia tego związku do minimum.

Według danych Światowej Organizacji Zdrowia (FAO / WHO, 2002) dopuszczalne dzienne spożycie azotanu(III) sodu nie powinno przekraczać 0,07 mg/kg masy ciała, a więc dla osoby o masie 70 kg wartość dziennego pobrania NaNO_2 powinna być niższa niż 5 mg. Amerykańska Agencja Żywności i Leków (US. FDA, 2020) jako górne stężenie azotanu(III) w żywności wskazała wartość 200 mg/kg produktu. Z kolei rozporządzenie nr 1333/2008 w sprawie dodatków do żywności, wydane przez Parlament Europejski i Radę (WE) stanowi, że dopuszczalne stężenie azotanu(III) sodu w wędlinach wynosi 100 mg/kg lub 150 mg/kg w przypadku wędlin surowych. Oznacza to, że konsumpcja już 50 g wędliny (1 - 2 plasterki), zawierającej najwyższe dopuszczalne stężenie NaNO_2 wiąże się z dostarczeniem do organizmu maksymalnej dawki tej substancji, tj. 5 mg. W przypadku wędlin surowych jest to porcja o mniejszej masie, tj. ok. 33 g wędliny surowej (1 plasterek). Warto zauważyć, że azotany dostają się do organizmu człowieka nie tylko z wędlinami, ale także wraz ze spożywanymi surowcami roślinnymi, głównie warzywami poddawany intensywnemu nawożeniu. Dotyczy to przede wszystkim warzyw korzeniowych (marchew, pietruszka, kapusta) i liściastych (szpinak, sałata czy seler). Problematiczna wydaje się konsumpcja ziemniaków, ze względu na ich dużą popularność w Polsce oraz rozpiętość (od 44 do 533 mg) NaNO_2 w kg produktu (Murawa i in., 2008). Spożycie porcji ziemniaków (200 g) wiązać się może z dostarczeniem do organizmu od 9 do 107 mg azotanu(III) sodu, co stanowi od 176 do 2132% normy. Prawidłowo prowadzone zabiegi agrotechniczne mogą pozwolić na uniknięcie wprowadzania do surowców roślinnych nadmiaru azotanów,

a możliwa substytucja w technologii mięsa peklosoli – solą lub innymi dodatkami roślinnymi otwiera szansę na stworzenie koncepcji wędlin bezazotanowych lub wytworzonych w ograniczeniu dodatku azotanu(III) sodu.

Wykorzystywane są w tym susze roślinne, ekstrakty wodne, etanolowe czy liofilizaty, przede wszystkim ze względu na ich właściwości antyoksydacyjne (Ferysiuk i in., 2020; Ozaki i in. 2021; Yerlikaya i Şen Arslan, 2021). Na szczególną uwagę zasługuje ostropest plamisty *Silybum marianum* (L.) Gaertn, który jest popularną w Polsce rośliną, uprawianą ze względu na jej hepatoprotekcyjne właściwości. Główną substancją czynną występującą w ostropeście jest sylimaryna (mieszanina, co najmniej czterech blisko spokrewnionych flawonolignanów), która wykazuje silne właściwości przeciwutleniające. Sylimaryna jest mieszaniną sylibiny A i B (ok. 50 – 60%), syldianiny (ok. 10%), sylikrystyny (ok. 20%) oraz izosylibiny A i B (ok. 5%) (Giordano i in., 2021; Ferysiuk i in., 2020). Ostropest plamisty ze względu na swoje działanie antyoksydacyjne, może okazać się przydatny w technologii wędlin dojrzewających, które są podatne na utlenianie, ze względu na obecność tłuszczu w składzie recepturowych oraz z uwagi na technologię produkcji (dojrzewanie w temperaturze 15°C). Liofilizat z ostropestu plamistego, w stężeniu od 5 do 15%, został już wykorzystany w technologii pasztetu wieprzowego (Ferysiuk i in., 2020), stąd też podjęto próbę zastosowania tego dodatku w technologii kielbasy dojrzewającej.

Celem pracy była ocena możliwości wykorzystania liofilizowanego ostropestu plamistego jako naturalnego przeciwutleniacza, w technologii ekologicznej kielbasy surowej dojrzewającej, w recepturze której zredukowano do 100 mg/kg dodatek azotanu(III) sodu.

Materiał i metody badań

Materiałem badawczym były modelowe kielbasy surowe dojrzewające, wyprodukowane w warunkach półtechnicznych Zakładu Technologii Mięsa i Zarządzania Jakością Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Surowiec do produkcji kielbasy dojrzewającej stanowiła szynka wieprzowa (75%), słonina grzbietowa (15%) oraz woda (10%). Surowce pochodziły z Zakładu Mięsnego Wasąg sp. j., a mięso i słoninę pozyskano z tuczników rasy Wielka Biała Polska o masie przyżyciowej ok. 120 ÷ 130 kg, chowanych w systemie ekologicznym (Certyfikat zgodności PL-EKO-093027/18).

W doświadczeniu wykorzystano 3% dodatek mieszanki peklującej, zawierającej sól warzoną oraz peklosól, w proporcjach: 1:2 (warianty 50 mg NaNO₂/kg) lub 2:1 (warianty 100 mg NaNO₂/kg). Mięso wstępnie rozdrabniano, peklowano na sucho przez 24 h w temperaturze 2°C. Następnie wychłodzone mięso i słoninę rozdrabniano w wilku przez siatkę o średnicy oczek 8 mm i mieszano w mieszarce (KU2-3E, Mesko-AGD) przez 5 minut. Następnie do czterech wariantów dodano świeży liofilizat ostropestu plamistego, który został przygotowany przez Katedrę Chemii Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, zgodnie z metodyką opisaną przez Ferysiuk i in. (2020). Zastosowano dodatek 1 lub 2 g liofilizatu na kg farszu mięsnego. Liofilizat był wolny od azotanu(III) sodu.

Finalnie przygotowano sześć wariantów doświadczalnych (tab. 1): dwie próby kontrolne (Kd50 i Kd100) o zróżnicowanym dodatku NaNO_2 (odpowiednio 50 i 100 mg/kg) oraz cztery próby badawcze: Kd50-O₁ i Kd50-O₂ (zawierające po 50 mg NaNO_2 /kg i 1 g lub 2 g liofilizatu z ostropestu plamistego/kg farszu) oraz Kd100-O₁ i Kd100-O₂ (zawierające po 100 mg NaNO_2 /kg i 1 g lub 2 g liofilizatu z ostropestu plamistego/kg farszu). Przygotowanymi farszami napełniano osłonki fibrusowe o średnicy 70 mm. Produkty zawieszano na drążkach i poddawano osadzaniu, a następnie trzytygodniowemu dojrzewaniu w temperaturze 15°C i wilgotności względnej $\text{RH} = 75 \div 85\%$, w komorze klimatycznej dojrzewającej (POL-EKO). Do produktu nie dodawano bakteryjnej kultury starterowej, a kielbasy dojrzewały spontanicznie przez 21 dni. Następnie wyroby poddano pierwszym badaniom, po czym zapakowano je próżniowo w woreczki z polietylenu o małej gęstości i umieszczono w chłodziarce (4°C), bez dostępu światła, na kolejne 9 tygodni. Po tym czasie, tj. łącznie po 12 tygodniach dojrzewania, wyroby ponownie zbadano.

Tabela 1. Warianty badawcze kielbas dojrzewających

Wariant kielbasy	Mieszanek peklująca	Dodatek liofilizatu z ostropestu
Kd50	50 mg NaNO_2 /kg	brak
Kd50-O ₁	(tj. 20 g soli + 10 g peklosoli/kg mięsa)	1 g/kg
Kd50-O ₂		2 g/kg
Kd100	100 mg NaNO_2 /kg	brak
Kd100-O ₁	(tj. 10 g soli + 20 g peklosoli/kg mięsa)	1 g/kg
Kd100-O ₂		2 g/kg

Objaśnienie: Kd oznacza kielbasę dojrzewającą.

Wykonano dwie serie badań w co najmniej trzech powtórzeniach dla każdego z wariantów. Określano barwę wyrobu metodą instrumentalną, kwasowość czynną, aktywność wody oraz intensywność procesów oksydacyjnych przez oznaczenie stężenia produktów reakcji z kwasem 2-tiobarbiturowym (TBARS) oraz jakość mikrobiologiczną kielbas.

Pomiar parametrów barwy wykonywano w sześciu miejscach świeżo odsłoniętej powierzchni przekroju poprzecznego, tj. plastra kielbasy o grubości >15 mm. Użyto spektrofotometru sferycznego (X-Rite Color 8200, X-Rite Inc.) z otworem pomiarowym o średnicy 13 mm, i oświetlaczem D65 (widmo światła słonecznego) dla pola widzenia 10°. Do kalibracji spektrofotometru wykorzystano wzorzec bieli o parametrach: $L^* = 95,87$, $a^* = -0,49$ i $b^* = 2,39$. Parametry barwy przedstawiono w systemie CIE $L^*a^*b^*$, gdzie: a^* i b^* są współrzędnymi barwy, a L^* jest psychometrycznym indeksem jasności (CIE, 1978). Z uzyskanych danych wyliczono całkowitą zmianę barwy kielbas podczas dojrzewania (ΔE). Wartość pH oznaczano przy użyciu cyfrowego pH / konduktometru CPC 501 (Elmetron) i elektrody zespolonej typu ERH-111 (Elmetron). Aktywność wody (a_w) w wyrobie oznaczano w temperaturze 20°C przy użyciu urządzenia LabMaster (Novasina). Wskaźnik

TBARS oznaczano metodą opisaną przez Pikula i in. (1989). Intensywność różowego zabarwienia, powstałego w wyniku reakcji produktów utleniania tłuszczów z kwasem 2-tio-barbiturowym, mierzono z użyciem spektrofotometru Hitachi (High America Inc.) przy długości fali $\lambda = 532$ nm. Wyniki wyrażano w miligramach MDA (dialdehyd malonowy) w 1 kg produktu.

W celu oznaczenia ogólnej liczby bakterii wykorzystano automatyczny system do pomiaru najbardziej prawdopodobnej liczby drobnoustrojów TEMPO® (BioMerieux) wraz z oryginalnymi testami płytkowymi TEMPO®. Wyniki badań podano w jednostkach tworzących kolonie w jednym gramie produktu (jtk/g). Oznaczenie liczby bakterii kwasu mlekowego (LAB) przeprowadzono po 48-godzinnej inkubacji płytek w temperaturze 30°C. W przypadku oznaczenia bakterii tlenowych (AC) zastosowano 24-godzinną inkubację w temperaturze 35°C.

Wyniki poddano dwuczynnikowej analizie wariancji, uwzględniając wpływ stężenia liofilizatu z ostropestu oraz czasu przechowywania na zmiany wybranych parametrów biofizykochemicznych. Porównano też wyniki wariantów o niższym i wyższym dodatku azotan(III) sodu. Istotność różnic wartości średnich weryfikowano testem Tukeya, przy poziomie istotności $p \leq 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Kwasowość czynna kielbas dojrzewających wynosiła ok. 5,6 po 3-tygodniowym dojrzewaniu i zwiększała się istotnie ($p \leq 0,05$) wraz z kolejnymi tygodniami dojrzewania (tab. 2). Prawdopodobnie związane było to z aktywnością mikrobiologiczną bakterii fermentacji mlekowej, które wytwarzając metabolity, tj. kwasy, skutecznie obniżały pH produktu. Jedynie w kielbasach o niższym stężeniu ostropestu (Kd50-O₁ i Kd100-O₁) stwierdzono istotne różnice ($p \leq 0,01$) zależnie od zastosowanego dodatku azotanów, podczas badań w pierwszym okresie (3 tyg.). W pozostałych wariantach istotnych różnic w tym zakresie nie zaobserwowano. Badania po 12 tyg. dojrzewania, uwypukliły różnice pomiędzy zastosowanym stężeniem NaNO₂, tj. w kielbasach o wyższym udziale azotanów, wartość pH była istotnie niższa. Dodatek ostropestu w różnych stężeniach nie wpływał na istotne różnice w wartości pH pomiędzy kielbasami dojrzewającymi. Uzyskane wartości pH były nieco wyższe niż w badaniach Ozaki i in., (2021), którzy zastosowali w technologii kielbasy dojrzewającej ekstrakty z chrzanu i buraka. Z kolei wyniki pracy Wójciak i in. (2014) dotyczącej ekologicznej kielbasy dojrzewającej, były podobne do niniejszych.

Analiza aktywności wody w kielbasie dojrzewającej po procesie 3-tygodniowego dojrzewania wykazała, że oba warianty kontrolne (Kd50 i Kd100) miały taką samą wartość a_w , tj. 0,89, natomiast warianty badawcze (Kd50-O₁, Kd100-O₁, Kd50-O₂ i Kd100-O₂) średnio $0,90 \pm 0,02$. Nie były to różnice istotne statystycznie, podobnie jak wyniki otrzymane po 12-tygodniowym dojrzewaniu kielbas. Zaobserwowano nieistotny statystycznie spadek tej wartości (do $0,88 \pm 0,01$) we wszystkich wariantach. Uzyskane wyniki aktywności wody są akceptowalne dla wyrobów surowych dojrzewających, a same wartości były

podobne do wartości opisanych przez innych autorów (Ozaki i in., 2021, Wójciak i in., 2014).

Tabela 2. Zmiany wartości pH kielbas podczas dojrzewania

Wariant kielbasy		Czas dojrzewania		<i>p-value</i>
		po 3 tyg.	po 12 tyg.	
Wartość pH (-)	Kd50	5,73 _a ± 0,05	5,47 _c ± 0,06	** ($p \leq 0,01$)
	Kd100	5,71 _a ± 0,05	5,34 _d ± 0,03	*** ($p \leq 0,001$)
	<i>p-value</i>	N.S. ($p > 0,05$)	*** ($p \leq 0,001$)	
	Kd50-O ₁	5,76 _a ± 0,06	5,36 _d ± 0,06	*** ($p \leq 0,001$)
	Kd100-O ₁	5,57 _b ± 0,06	5,19 _e ± 0,03	*** ($p \leq 0,001$)
	<i>p-value</i>	** ($p \leq 0,01$)	* ($p \leq 0,05$)	
	Kd50-O ₂	5,57 _b ± 0,06	5,36 _d ± 0,02	** ($p \leq 0,01$)
	Kd100-O ₂	5,57 _b ± 0,09	5,16 _e ± 0,01	*** ($p \leq 0,001$)
	<i>p-value</i>	N.S. ($p > 0,05$)	** ($p \leq 0,01$)	

Objaśnienia: X ± SD – wartość średnia i odchylenie standardowe; Wartości w danej kolumnie dotyczące prób o tym samym stężeniu peklosoli, lecz o różnym stężeniu liofilizatu z ostropestu plamistego oznaczone tą samą małą literą nie różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$. Oznaczenia * ($p \leq 0,05$), ** ($p \leq 0,01$), *** ($p \leq 0,001$) lub N.S. ($p > 0,05$) w kolumnach z wartościami wskazują na istotność różnic w wartościach dotyczących prób o tym samym stężeniu liofilizatu z ostropestu plamistego, lecz o różnym stężeniu peklosoli. Oznaczenia * ($p \leq 0,05$), ** ($p \leq 0,01$), *** ($p \leq 0,001$) lub N.S. ($p > 0,05$) w kolumnie *p-value* wskazują na istotność różnic w wartościach dotyczących prób o różnym czasie dojrzewania. N.S. ($p > 0,05$) – różnica nieistotna statystycznie.

Bezpośrednio po dojrzewaniu stwierdzono istotnie niższe ($p < 0,05$) stężenie wtórnych produktów oksydacji tłuszczu we wszystkich badanych wariantach (tab. 3). W kielbasach dojrzewających przez 12 tygodni, w tym przez 9 tygodni w warunkach chłodniczych, najwyższe statystycznie istotne ($p < 0,05$) wartości wskaźnika TBARS oznaczono w kielbasach bez dodatku ostropestu (3,3 – 3,5 mg MDA/kg). Istotnie niższą wartość wskaźnika TBARS (o ok. 1,5 mg MDA/kg) zaobserwowano w wariacie Kd50-O₂, tj. o niższym udziale peklosoli, przy jednocześnie wyższym dodatku liofilizatu. W pozostałych kielbasach z dodatkiem ostropestu, oksydacja tłuszczu zachodziła z podobną intensywnością. Uzyskane wyniki wskaźnika TBARS są zbieżne z wynikami innych autorów, badających stabilność oksydacyjną kielbas surowo dojrzewających. Wójciak i in. (2014), w kielbasach wyprodukowanych w ekologicznej szynki wieprzowej, odnotowali od 1,1 do 2,2 mg MDA/kg podczas dojrzewania 4-miesięcznego produktu. Z kolei Ozaki i in. (2021) odnotowali nieco niższe (0,5 – 1,2 mg MDA/kg) wartości TBARS w kielbasach dojrzewających przez 35 dni.

Tabela 3. Zmiany wskaźnika TBARS kielbas podczas dojrzewania

Wariant kielbasy		Czas dojrzewania		<i>p-value</i>
		po 3 tyg.	po 12 tyg.	
TBARS (mg MDA/kg)	Kd50	0,52 _a ± 0,06	3,52 _b ± 0,36	*** ($p \leq 0,001$)
	Kd100	0,90 _a ± 0,16	3,28 _b ± 0,26	*** ($p \leq 0,001$)
	<i>p-value</i>	N.S. ($p > 0,05$)	N.S. ($p > 0,05$)	
	Kd50-O ₁	0,46 _a ± 0,07	2,22 _c ± 0,29	*** ($p \leq 0,001$)
	Kd100-O ₁	0,64 _a ± 0,10	2,45 _c ± 0,44	*** ($p \leq 0,001$)
	<i>p-value</i>	N.S. ($p > 0,05$)	N.S. ($p > 0,05$)	
	Kd50-O ₂	0,49 _a ± 0,10	1,54 _d ± 0,32	* ($p \leq 0,05$)
	Kd100-O ₂	0,51 _a ± 0,05	2,50 _c ± 0,49	*** ($p \leq 0,001$)
	<i>p-value</i>	N.S. ($p > 0,05$)	* ($p \leq 0,05$)	

Objaśnienia jak pod tab. 2

Instrumentalnej ocenie poddano kielbasy po 3 i 12 tygodniu dojrzewania. Na podstawie otrzymanych wyników (parametry L^* , a^* i b^*) określono całkowitą zmianę (różnicę) barwy ΔE kielbas w czasie (tab. 4). Próbkę o wyższym stężeniu NaNO_2 miały nieco bardziej czerwoną barwę, co potwierdziły wyniki badania parametru a^* , charakteryzującego chromatyczność zielono-czerwoną. Kielbasy Kd100, Kd100-O₁ oraz Kd100-O₂, charakteryzowały się następującymi parametrami barwy: $L^* = 62,4 \pm 2,4$, $a^* = 4,4 \pm 0,6$, $b^* = 16,8 \pm 1,1$), z kolei kielbasy Kd50, Kd50-O₁ oraz Kd50-O₂,: $L^* = 64,9 \pm 3,8$, $a^* = 3,5 \pm 0,5$, $b^* = 17,1 \pm 1,4$). Wyniki całkowitej zmiany barwy ΔE wykazały różnicę istotną statystycznie ($p \leq 0,001$) pomiędzy odpowiadającymi sobie wariantami, o różnym dodatku peklosoli, niemniej tak niska wartość ΔE ($< 3,5$), wskazuje na subtelą różnicę w barwie, która jest zauważalna jedynie przez doświadczonego obserwatora. Można więc przyjąć, że barwa kielbas dojrzewających była stabilna w czasie całego procesu dojrzewania.

Aby zweryfikować czy zastosowany liofilizat z ostropestu nie wykazuje działania bakteriostatycznego, kielbasy poddano analizom mikrobiologicznym. Liczba bakterii kwasu mlekowego (LAB) nie zmieniła swojej liczebności w produkcie w sposób istotny ($p > 0,05$) po 12 tygodniowym dojrzewaniu (tab. 5). Z kolei liczba bakterii tlenowych (AC) zwiększyła się istotnie ($p \leq 0,01$) (tab. 6). Największe zaobserwowane różnice w liczebności LAB wynikały z dodatku NaNO_2 . W próbach o wyższym stężeniu peklosoli (Kd100, Kd100-O₁ oraz Kd100-O₂) liczba LAB wynosiła od 7,5 do 8,0 log jtk/g po trzecim tygodniu dojrzewania, natomiast w próbkach o niższym stężeniu NaNO_2 (Kd50, Kd50-O₁ oraz Kd50-O₂) od 8,8 do 9,8 log jtk/g. Wyniki te ewidentnie wskazują na działanie bakteriosta-

tyczne azotanu(III) sodu. Uzyskana w eksperymencie liczba bakterii mlekowych po zakończeniu 12-tygodniowego dojrzewania jest zadowalająca ($8,2 \div 9,6 \log \text{ jtk/g}$), by zapewnić odpowiednie walory smakowo-zapachowe kielbas oraz ich trwałość mikrobiologiczną.

Tabela 4. Całkowita zmiana barwy (ΔE) obliczona na podstawie wartości parametrów $L^* a^* b^*$ kielbasy podczas dojrzewania

Wariant kielbasy		Wyniki różnicy barwy po 12 tygodniu dojrzewania w odniesieniu do wyników uzyskanych po 3 tygodniu dojrzewania
Całkowita zmiana barwy (ΔE)	Kd50	$2,64_a \pm 0,38$
	Kd100	$3,15_a \pm 0,27$
	<i>p-value</i>	*** ($p \leq 0,001$)
	Kd50-O ₁	$2,97_a \pm 0,45$
	Kd100-O ₁	$2,13_b \pm 0,35$
	<i>p-value</i>	*** ($p \leq 0,001$)
	Kd50-O ₂	$3,04_a \pm 0,21$
	Kd100-O ₂	$2,16_b \pm 0,26$
	<i>p-value</i>	*** ($p \leq 0,001$)

Objaśnienia: $X \pm SD$ – wartość średnia i odchylenie standardowe; Wartości dotyczące prób o tym samym stężeniu peklosoli, lecz o różnym stężeniu liofilizatu z ostropestu plamistego oznaczone tą samą małą literą nie różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$. Oznaczenia *** ($p \leq 0,001$) wskazują na istotność różnic w wartościach dotyczących prób o tym samym stężeniu liofilizatu z ostropestu plamistego, lecz o różnym stężeniu peklosoli.

W przypadku liczby bakterii tlenowych, zauważono inną zależność (tab. 6). Po 3-tygodniowym dojrzewaniu, w kielbasach peklowanych wyższym stężeniem azotanu(III) sodu zauważono, że liczba bakterii tlenowych była o ok. 1 - 2 rzędy logarytmiczne niższa. Ponadto w kielbasach o wyższym dodatku ostropestu stwierdzono większą liczbę jtk AC w gramie, tj. 4,8 (Kd50-O₁) versus 5,8 (Kd50-O₂) oraz 5,7 (Kd100-O₁) vs. 6,7 (Kd100-O₂). Po zakończeniu dojrzewania kielbas w temperaturze 4°C, podobnej zależności już nie zaobserwowano.

Tabela 5. Zmiany liczby bakterii kwaszających typu mlekowego (LAB) w kiełbasach podczas dojrzewania

Wariant kiełbasy		Czas dojrzewania		<i>p-value</i>
		po 3 tyg.	po 12 tyg.	
LAB (log jtk/g)	Kd50	8,76 _a ± 0,34	9,56 _{ab} ± 0,68	N.S. (p > 0,05)
	Kd100	7,50 _b ± 0,60	8,39 _a ± 0,55	N.S. (p > 0,05)
	<i>p-value</i>	*** (p ≤ 0,001)	N.S. (p > 0,05)	
	Kd50-O ₁	9,80 _c ± 0,23	9,63 _b ± 0,44	N.S. (p > 0,05)
	Kd100-O ₁	7,92 _b ± 0,29	8,19 _a ± 0,27	N.S. (p > 0,05)
	<i>p-value</i>	*** (p ≤ 0,001)	*** (p ≤ 0,001)	
	Kd50-O ₂	9,79 _c ± 0,25	9,23 _b ± 0,40	N.S. (p > 0,05)
	Kd100-O ₂	7,97 _b ± 0,25	8,30 _a ± 0,30	N.S. (p > 0,05)
	<i>p-value</i>	*** (p ≤ 0,001)	** (p ≤ 0,01)	

Objaśnienia jak pod tab. 2

Tabela 6. Zmiany liczby bakterii tlenowych (AC) w kiełbasach podczas dojrzewania

Wariant kiełbasy		Czas dojrzewania		<i>p-value</i>
		po 3 tyg.	po 12 tyg.	
AC (log jtk/g)	Kd50	6,83 _a ± 0,27	8,08 _a ± 0,34	** (p ≤ 0,01)
	Kd100	4,52 _b ± 0,32	7,00 _a ± 0,29	*** (p ≤ 0,001)
	<i>p-value</i>	*** (p ≤ 0,001)	* (p ≤ 0,05)	
	Kd50-O ₁	4,84 _b ± 0,42	6,65 _a ± 0,40	*** (p ≤ 0,001)
	Kd100-O ₁	5,74 _c ± 0,35	6,95 _a ± 0,50	** (p ≤ 0,01)
	<i>p-value</i>	* (p ≤ 0,05)	N.S. (p > 0,05)	
	Kd50-O ₂	5,83 _c ± 0,28	6,85 _a ± 0,54	** (p ≤ 0,01)
	Kd100-O ₂	6,70 _a ± 0,31	7,06 _a ± 0,49	* (p ≤ 0,05)
	<i>p-value</i>	* (p ≤ 0,05)	N.S. (p > 0,05)	

Objaśnienia jak pod tab. 2

Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że możliwe jest zastosowanie liofilizatu ostropestu plamistego do produkcji ekologicznej kielbasy surowo dojrzewającej z ograniczeniem dodatku azotanu(III) sodu. Sam dodatek roślinny nie wpłynął negatywnie na cechy biofizykochemiczne kielbas podczas 12-tygodniowego dojrzewania, niezależnie od jego stężenia, natomiast poprawił stabilność oksydacyjną wyrobu. Możliwe jest więc do zastosowania, zarówno stężenie wyższe (2 g liofilizatu/kg farszu), jaki niższe (1 g liofilizatu). Zaobserwowane w eksperymencie różnice w stabilności oksydacyjnej czy jakości mikrobiologicznej zależały głównie od dodatku (50 lub 100 mg/kg) NaNO₂. Parametr, który jest ważny w technologii wędlin dojrzewających, to liczba bakterii kwasu mlekowego. We wszystkich próbach była ona wysoka (7,5 – 9,8 log jtk/g) i stabilna, a osiągnięty poziom był nawet wyższy niż zalecany (> 6,0 log jtk/g) do wywołania korzystnego efektu zdrowotnego i trwałości technologicznej surowych kielbas.

Projekt finansowany w ramach programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pod nazwą „Regionalna Inicjatywa Doskonałości” w latach 2019–2022; nr projektu 029/RID/2018/19; kwota finansowania 11 927 330,00 zł.

Literatura

1. Chan D.S.M., Lau R., Aune D., Vieira R., Greenwood D.C. Kampman E., Norat T. Red and Processed Meat and Colorectal Cancer Incidence: Meta-Analysis of Prospective Studies. Plos One. 2011, 6, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0020456>
2. Commission Internationale de l'Eclairage (CIE). Supplement No. 2 to CIE Publication No. 15 Colorimetry. Paris, France: Bureau Central de la CIE 1987.
3. Ferysiuk K., Wójciak K. M., Matersk M. Phytochemical profile of *Silybum marianum* (L.) Gaertn. And *Graminis rhizome* and its influence on the bioactivity and shelf life of industrially produced pate. International Journal of Food Sciences and Technology. 2020. 55: 1586-1598.
4. Flores M., Mora L., Reig M., Toldra F. Risk assessment of chemical substances of safety concern generated in processed meats. Food Science and Human Wellness. 2019, 8(3): 244–251. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.07.003>.
5. Food and Agriculture Organization/World Health Organisation (FAO/WHO). Evaluation of certain food additives. Joint FAO/WHO expert committee on food additives, Geneva. 2002.
6. Giordano M., Luongo G., Davinelli S., Ladhari A., Nappo G.R., Giordano M. *Silybum marianum*: not just silymarin and flavonolignans. Record of Natural Products. 2021, 15(4): 243-253.
7. Hospital X. F., Hierro E., Stringer S., Fernandez M. A study on the toxigenesis by *Clostridium botulinum* in nitrate and nitrite-reduced dry fermented sausages. International Journal of Food Microbiology. 2016, 218: 66–70. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.11.009>.

8. Ko Y.M., Park J.H., Yoon K.S. Nitrite formation from vegetable sources and its use as a preservative in cooked sausage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2017, 97(6): 1774–1783. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7974>.
9. Ledezma-Zamora K., Sanchez-Gutierrez R., Ramírez-Leiva A., Mena-Rivera L. Residual nitrite in processed meat products in Costa Rica: Method validation, long-term survey and intake estimations. *Food Chemistry*. 2021, 361: 130082. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130082>.
10. Lee J. H., Alford L., Kannan G., Kouakou B. Curing properties of sodium nitrite in restructured goat meat (Chevon) jerky. *International Journal of Food Properties*. 2016, 20(3):526–537. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1168833>.
11. Murawa D., Banaszkiewicz T., Majewska E. Błaszczuk B., Sulima J. Zawartość azotanów (III) i (V) w wybranych gatunkach warzyw i ziemniakach dostępnych w handlu w Olsztynie w latach 2003 – 2004. *Bromatologia i chemia toksykologiczna*. 2008. XLI, 1: 67 – 71.
12. Ozaki M.M., Munekata P.E.S., Jacinto-Valderrama J.A., Efraim P., Pateiro M., Lorenzo J.M., Rodrigues Pollonio M.A. Beetroot and radish powders as natural nitrite source for fermented dry sausages. 2021. *Meat Science* 171: 108275. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108275>.
13. Pikul J., Leszczyński D.E., Kummerow, F.A.: Evaluation of three modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1989, 37: 1309–1315.
14. PN ISO 2917:2001. Mięso i przetwory mięsne. Pomiar pH. Metoda odwoławcza.
15. 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*. 2003. <http://data.europa.eu/eli/reg/2003/1831/oj>.
16. U.S. Food & Drug Administration. Foods and Drugs. Code of Federal Regulations, title 21. <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfCFR/CFRSearch.cfm?fr=172.175>. Waga, M., Takeda, S. 2020.
17. Wójciak K.M., Dolatowski Z.J., Kołożyn-Krajewska D. Stabilność oksydacyjna ekologicznej kielbasy surowo dojrzewającej z dodatkiem probiotycznego szczepu *Lactobacillus casei* Łock 0900 i serwatki kwasowej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*. 2014, 2 (93): 93–109. <https://doi.org/10.15193/Zntj/2014/93/093-109>.
18. Yerlikaya S, Şen Arslan H. Antioxidant and chemical effects of propolis, sage (*Salvia officinalis* L.), and lavender (*Lavandula angustifolia* Mill) ethanolic extracts on chicken sausages. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2021;45: e15551. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15551>.

Wpływ wodnych ekstraktów z czystka (*Cistus L.*) na wzrost wybranych drobnoustrojów probiotycznych

Małgorzata Makarewicz, Agata Nykaza

*Katedra Technologii Fermentacji i Mikrobiologii, Wydział Technologii Żywności,
Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie*

Streszczenie

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu wodnych wyciągów z czystka na wzrost mikroflory probiotycznej. W badaniach wykorzystano wodne ekstrakty z czystka albańskiego (suszu z liści i łodyg) oraz tureckiego (suszu pąków kwiatowych) zakupione w punkcie sprzedaży detalicznej w Krakowie. W celu przygotowania naparu 1,5 g suszu zalewano 200 cm³ wrzącej wody i zaparzano pod przykryciem 10 min. Wywar przygotowywano z 1,5 g czystka i 200 cm³ zimnej wody. Próbę doprowadzono do wrzenia i gotowano na małym ogniu pod przykryciem przez 5 min. Po ochłodzeniu, ekstrakty sączono do jałowych butelek i przechowywano w warunkach chłodniczych (4°C, 24 h). Następnym etapem było przygotowanie serii probówek z płynnym podłożem wzrostowym (MRS lub Sabouraud), do których wprowadzano ekstrakty z czystka w malejących stężeniach. Tak przygotowane próby zaszczipiano bakteriami *Lactobacillus casei*, *Bifidobacterium bifidum* lub drożdżami *Saccharomyces boulardii*. Hodowle inkubowano w cieplarni, a pomiary gęstości optycznej (OD) dokonywano kolejno po 0, 24 i 48 h. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono różnorodne działanie analizowanych ekstraktów, zależne od badanego mikroorganizmu, stężenia ekstraktu w podłożu hodowlanym oraz składu morfologicznego suszu. Ekstrakty hamowały wzrost drożdży *Saccharomyces boulardii* oraz bakterii *L. casei*, natomiast stymulowały rozwój bakterii *Bifidobacterium bifidum*.

Słowa kluczowe: czystek, drobnoustroje probiotyczne

Wstęp

Od wieków, w różnych kulturach na całym świecie, tysiące roślin leczniczych pełni rolę tradycyjnych leków, między innymi takie zastosowanie znalazł również czystek (*Cistus sp.*) należący do rodziny *Cistaceae* (Czystkowate). Jest to roślina zielna, obejmujące ponad sto gatunków występujących głównie w basenie Morza Śródziemnego, na niektórych wyspach (Sardynia, Sycylia i Korsyka) oraz na Bliskim Wschodzie. Wszystkie gatunki rodzaju *Cistus* są często stosowane w fitoterapii, przede wszystkim ze względu na ich właściwości przeciwdrobnoustrojowe, przeciwalergiczne, przeciwnowotworowe i przeciwzapalne [Móricz i in. 2018, Lahcen i in. 2020]. W licznych badaniach farmakologicznych potwierdzono, że ekstrakt z liści czystka ma właściwości przeciwdrobnoustrojowe i przeciwgrzybicze wobec wielu bakterii i grzybów odpowiedzialnych za infekcje u ludzi [Danne i in. 1994, Kammoun El Euch i in. 2015, Newerli-Guz i in. 2015, Móricz

i in. 2018], wykazano również przeciwwirusową aktywność czystka w stosunku do wirusa grypy [Kalus i in. 2009, Andrade i in. 2009]. W medycynie ludowej używa się nasion i liści czystka przeciwko przeziębieniu, cukrzycy, biegunkom, wzdęciom i chorobom żołądka [Aronne i Mazzoleni 1989, Lahcen i in. 2020].

Wyniki badań składu chemicznego dowodzą, że rośliny te bogate są głównie w związki flawonoidowe, przede wszystkim kwercetynę [Barrajon-Catalan i in. 2016]. Czystek zawiera również inne przeciwutleniacze, takie jak: katechiny, galokatechiny, terpeny, kwasy tłuszczowe i witaminy [Riehle i in. 2013, Lahcen i in. 2020]. Wysoka aktywność przeciwutleniająca stwarza możliwość opracowania suplementów diety na bazie czystka, znajdujących zastosowanie w profilaktyce chorób przewlekłych takich jak: nadciśnienie, cukrzyca czy choroba Alzheimera. Wyniki badań *in vitro* wskazują, że wodne ekstrakty z ziela *C. incanus* działają rozkurczowo na wyizolowane mięśnie gładkie jelit i aorty. Natomiast w badaniach przeprowadzonych na szczurach wykazano właściwości gastroprotecyjne, przeciw zmianom patologicznym wywołanym przy użyciu kwasu solnego, etanolu i serotoniny [Bouamama i in. 2006, Sayah i in. 2017]. Ponadto czystek, dzięki właściwościom przeciwutleniającym, przyczynia się do zmniejszenia peroksydacji lipidów oraz redukcji stężenia wolnych rodników, co może zostać wykorzystane w profilaktyce chorób związanych ze stresem oksydacyjnym [Kulbacka i in. 2009, Martins i in. 2015, Kubica i in. 2016].

Z wymienionych powyżej względów wykorzystanie prozdrowotne czystka cieszy się obecnie coraz większym zainteresowaniem konsumentów na całym świecie. Często zaleca się spożycie „herbatek” sporządzonych z tej rośliny w stosunkowo dużych ilościach, nawet do trzech szklanek dziennie. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że z organizmem człowieka, a szczególnie z układem pokarmowym, związane są liczne gatunki drobnoustrojów, pełniące szereg istotnych funkcji w zachowaniu zdrowia. Wiadomo, że łączna masa mikrobioty jelitowej wynosi około 2 kg, a liczebność komórek bakteryjnych przekracza liczbę komórek ludzkiego organizmu nawet 10-krotnie. Znaczenie mikrobioty jelitowej jest warunkowane poprzez rolę poszczególnych rodzajów bądź grup bakterii, które są zależne od prowadzonego przez nie metabolizmu. Utrzymanie równowagi mikrobioty przewodu pokarmowego to jedna z funkcji bakterii probiotycznych [Aureli i in. 2011, Reid 2016, Domingo 2017, Martinez i in. 2017]. Najbardziej licznymi probiotycznymi bakteriami w jelicie grubym są bakterie pełniące funkcję ochronną takie jak *Bifidobacterium ssp.*, *Bacteroides ssp.* i *Lactobacillus spp.* [Weichselbaum 2009, Turroni i in. 2011]. Bakterie te uczestniczą w rozkładzie złożonych węglowodanów, endogennych i egzogennych białek, lipidów i innych związków. Na drodze fermentacji wymienione bakterie syntetyzują między innymi kwas mlekowy zakwaszający środowisko jelitowe i utrzymujący korzystne, lekko kwaśne pH, zwalczając jednocześnie bakterie chorobotwórcze. Dodatkowo autochtoniczne bakterie probiotyczne konkurują z patogenami o składniki odżywcze i miejsce adhezji do nabłonka jelitowego, wytwarzają substancje bakteriostatyczne i stymulują odporność organizmu [Dziuba i Tokarska 2001, Kumar i in. 2014, Kuśmierska i Fol 2014, Sarkar i Mandal 2016, Gayathri 2017]. Do bakterii ochronnych zalicza się również *Lactobacillus spp.*

syntetyzujący nadtlenek wodoru (H_2O_2), który aktywnie hamuje rozwój bakterii chorobotwórczych [Donohue i Salminen 1996, Dos Reis i in. 2017]. Ponadto drobnoustrojom probiotycznym przypisuje się rolę immunomodulacyjną, aktywność przeciwutleniającą, zdolność zwalczania uszkodzeń DNA i udział w mechanizmach epigentetycznych [Kirjavainen i in. 2001, Nowak i in. 2010a i 2010b].

Oprócz wspomnianych wyżej bakterii, ważną rolę w mikrobiocie jelitowej odgrywają również drożdże *Saccharomyces boulardii*, stosowane terapeutycznie w leczeniu licznych zaburzeń żołądkowo-jelitowych [Surawicz i in. 1989]. Wymienione drożdże wykorzystywane są w zapobieganiu biegunce związanej z antybiotykoterapią i w leczeniu nawracającej biegunki wynikającej z aktywności *Clostridium difficile* [Atici i in. 2017]. Mechanizm działania tych drożdży był szeroko badany. Zarówno w przypadku eksperymentów na zwierzętach, jak i w badaniach *in vitro*, stwierdzono, że *S. boulardii* wykazują aktywność wobec wielu patogenów jelitowych [Costalos i in. 2003]. Główne korzyści wynikające z obecności *S. boulardii* obejmują hamowanie aktywności bakteryjnych produktów patogennych, działanie troficzne na błonę śluzową jelit, a także modyfikację szlaków sygnałowych gospodarza uczestniczących w stanach zapalnych i niezapalnych chorób jelit. Unieumożliwiają wytwarzanie cytokin prozapalnych poprzez zahamowanie głównych regulatorów stanu zapalnego, w tym czynnika jądrowego i kinaz białkowych. Ponadto przeciwdziałają infekcji bakteryjnej poprzez spowalnianie adhezji bakterii, syntetyzują proteazę serynową, która degradowe toksynę *C. difficile* i pobudza wytwarzanie przeciwciał antytoksycznych. Wykazano także, że drożdże te mogą ingerować w patogenezę choroby zapalnej jelit oddziałując na limfocyty T [Im i Pothoulakis 2010].

U zdrowych osób mikrobiota jest dobrze zrównoważona, a dobroczynne drobnoustroje jelitowe stanowią jej większość, co pozwala na zachowanie homeostazy organizmu. Należy jednak zwrócić uwagę, że stan mikrobioty w układzie pokarmowym w dużej mierze zależy od prowadzonego stylu życia. Stres, palenie, brak ćwiczeń fizycznych i nieodpowiednia dieta mogą zaburzyć tę równowagę, prowadząc do dysbiozy [Marlicz i in. 2013]. Z wymienionych względów celowym wydaje się być określenie wpływu wodnych ekstraktów z czystka na wzrost drobnoustrojów probiotycznych.

Uzasadnieniem podjęcia powyższego tematu był brak szerszych informacji naukowych dotyczących oddziaływania ekstraktów z czystka na aktywność drobnoustrojów probiotycznych.

W przeprowadzonych badaniach podjęto próbę zweryfikowania następujących hipotez badawczych:

1. Ekstrakty wodne z czystka hamują wzrost drobnoustrojów probiotycznych.
2. Stopień oddziaływania wodnych ekstraktów z czystka na wzrost drobnoustrojów probiotycznych zależy od metody sporządzania ekstraktu, jego stężenia i składu morfologicznego suszu.

Material i metody badań

Materiał badawczy w postaci suszu zakupiono w sklepie ze zdrową żywnością w Krakowie (Grupa MTS Tomasz Sychala, Kraków, Polska) - Czystek albański (*Cistus Incanus* L.) suplement diety w formie suszu (liście i łodygi) oraz Czystek turecki (*Cistus Incanus* L.) suplement diety w formie suszu (pąki kwiatowe).

Wykorzystane w doświadczeniach bakterie *Lactobacillus casei* (DSMZ 20244) oraz *Bifidobacterium bifidum* (DSMZ 20215) pochodziły z kolekcji czystych kultur mikroorganizmów Katedry Technologii Fermentacji i Mikrobiologii. Drożdże *Saccharomyces boulardii* pozyskano z preparatu handlowego Enterol 250 firmy BIOCODEX. Zliofilizowane komórki przeniesiono do podłoża Sabouraud (BIOCOP) i inkubowano w temperaturze 37°C przez 48 h. Żywotność namnożonych komórek drożdży oceniono w preparacie przyzyciowym, barwionym błękitem metylenowym.

Pierwszym etapem badań było przygotowanie zawiesiny bakteryjnej lub drożdżowej o gęstości 0,5 MF. W tym celu 24 godzinne hodowle badanych drobnoustrojów rozcieńczano przy użyciu densytometru DEN-1B (Biosan) odpowiednim medium do uzyskania gęstwy o mętności 0,5 jednostki McFarlanda, co odpowiadało liczebności komórek około $1,5 \cdot 10^8$ jtk/cm³.

Badania przeprowadzone z drobnoustrojami *Lactobacillus casei* i *Bifidobacterium bifidum* wykonano na podłożu płynnym de Man–Rogosa Sharpe Broth (MRS) firmy BIO-CORP. Odważoną ilość pożywki rozpuszczono w wodzie destylowanej, a następnie sterylizowano (121°C/15 min) w autoklawie. Po wychłodzeniu, odmierzano odpowiednią objętość medium do jałowej probówki zawierającej ekstrakt z czystka. Ostatnim etapem było zaszczepienie podłoż 1 cm³ zawiesiny odpowiednich drobnoustrojów. Do doświadczenia przeprowadzonego z użyciem drożdży *Saccharomyces boulardii* zastosowano płynne podłoże Sabouraud, firmy BIOCORP. Pozostałe czynności wykonano jak wyżej.

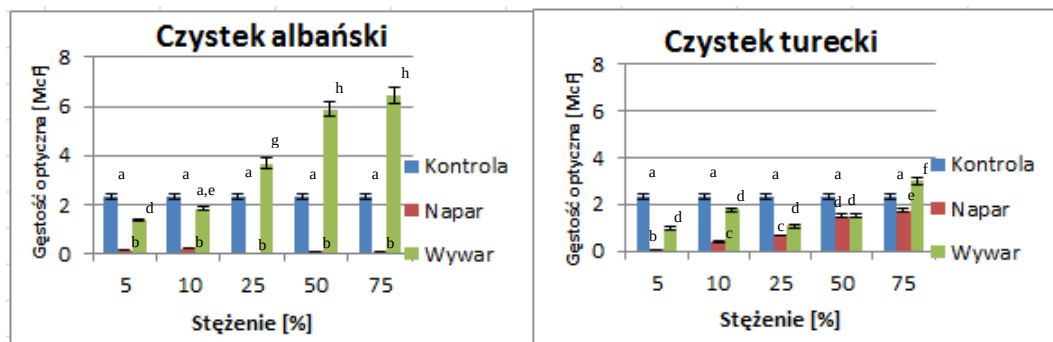
Wodne ekstrakty z czystka przygotowano w postaci naparu lub wywaru. Do przygotowania naparu odważano 1,5 g suszu czystka i zalewano 200 cm³ wrzącej wody destylowanej, zaparzano pod przykryciem przez 10 min. Następnie studzono, sączono do jałowej butelki, i tak przygotowany ekstrakt przechowywano w warunkach chłodniczych (4°C, 24 h). Wywar przygotowano z 1,5 g czystka i 200 cm³ zimnej wody destylowanej. Próbę doprowadzono do wrzenia i gotowano na małym ogniu pod przykryciem przez 5 min. Po ochłodzeniu, ekstrakt sączono do jałowej butelki i przechowywano w warunkach chłodniczych (4°C, 24 h). Ekstrakty dodawano do odpowiedniego podłoża, w takich ilościach, aby uzyskać następujące stężenia wyciągów w medium hodowlanym: 5, 10, 25, 50 i 75%. Próby zaszczepione drobnoustrojami *Lactobacillus casei*, a także *Saccharomyces boulardii* inkubowano w cieplarni o temperaturze 37°C, w warunkach mikroaerofilnych, natomiast próby z *Bifidobacterium bifidum* w inkubatorze z atmosferą CO₂ (37°C i 16,5% CO₂). Pomiar gęstości optycznej w jednostkach McF (densytometr przenośny DEN-1B, Biosan), wykonano bezpośrednio po zaszczepieniu (0h) oraz po 24 h i 48 h hodowli. Negatywne próby kontrolne stanowiły mieszaniny ekstraktów z czystka z podłożem bez dodatku drobnoustrojów. Wartości odczytów mętności po 24 i 48 godzinach inkubacji każdorazowo

odejmowano od uzyskanego wyniku prób badanych, z uwzględnieniem rodzaju i stężenia każdego ekstraktu. Dzięki temu wyeliminowano wpływ ewentualnych zmian barwy medium z dodatkiem danego ekstraktu w zależności od czasu i temperatury hodowli. Wykonano także hodowle podwójnie negatywne – czyste pożywki bez mikroorganizmów i bez ekstraktów, inkubowane w tych samych warunkach, co próby właściwe. W żadnym przypadku nie obserwowano zmian zabarwienia lub mętności, które mogłyby wpłynąć na wynik. Wszystkie doświadczenia wykonano w trzech powtórzeniach. Wyznaczono średnią i odchylenie standardowe. Istotność różnic pomiędzy średnimi oznaczono za pomocą wieloczynnikowej analizy wariancji (ANOVA) z testem *post hoc* Turkeya, wykorzystując program InStat 3 v. 3.01 (GraphPad Software Inc., USA). Wartości średnie oznaczone różnymi literami na poszczególnych wykresach różnią się statystycznie istotnie.

Wyniki

W celu określenia wpływu wodnych ekstraktów z czystka przeprowadzono szereg doświadczeń. Oceniono oddziaływanie naparu i wywaru, z dwóch produktów różniących się składem. Wyniki porównano z próbą kontrolną po 24 i 48 h inkubacji.

Na podstawie uzyskanych wyników (rys. 1) dla bakterii *L. casei* można stwierdzić stymulujące wzrost działanie wyłącznie w przypadku dodatku wywaru z czystka albańskiego, im wyższe stężenie ekstraktu w podłożu hodowlanym, tym wyższa wartość gęstości optycznej. Pozostałe wyniki są niższe niż wartości dla prób kontrolnych. Stymulujące działanie jest zauważalne także w przypadku wywaru z czystka tureckiego, jednak wyłącznie w najwyższym - 75% stężeniu (rys. 1). Pozostałe rezultaty mogą wskazywać, że wzrost omawianej bakterii w pierwszych 24 godzinach hodowli został zahamowany.



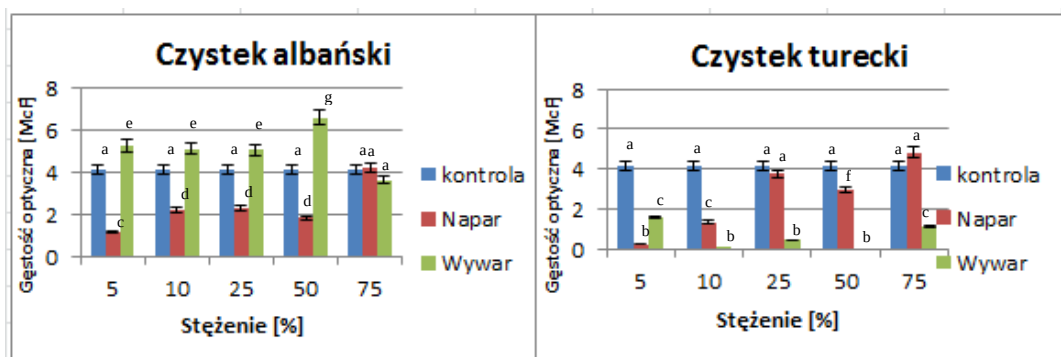
Rysunek 1. Wpływ naparu i wywaru na wzrost bakterii *L. casei* po 24 h inkubacji

Po upływie kolejnych 24 h inkubacji zaobserwować można wzrost gęstości optycznej w przypadku hodowli *Lactobacillus casei* z ekstraktem z czystka albańskiego. Dodatek do podłoża wywaru w ilości od 5% do 50% spowodował znaczną intensyfikację wzrostu badanego drobnoustroju. Należy zwrócić uwagę, że najbardziej skuteczne było zastąpienie 50% podłoża wywarem z badanej rośliny. W przypadku hodowli w obecności naparu sporządzonego, zarówno z czystka albańskiego, jak i tureckiego (rys. 2), po 48 h namnażania

stwierdzono wzrost gęstości optycznej, jednak we wszystkich analizowanych wariantach doświadczenia uzyskane wartości były niższe niż odnotowane dla próby kontrolnej.

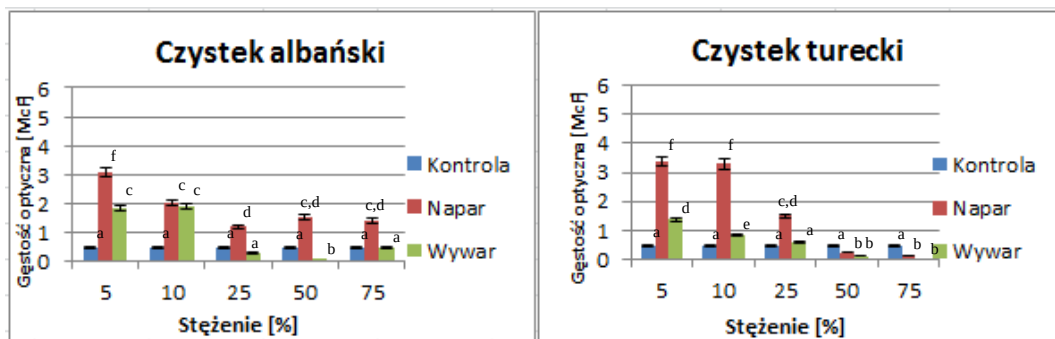
Na uwagę zasługuje fakt, że w przypadku wywaru z czystka tureckiego, po 48 h hodowli uzyskano znaczne zahamowanie wzrostu *L. casei*, zarówno w odniesieniu do próby kontrolnej, jak i do analogicznej hodowli, w obecności wywaru z czystka albańskiego (rys. 1 i 2).

Wyniki uzyskane po 24 h inkubacji bakterii *Bifidobacterium bifidum* (rys. 3) w obecności naparu z czystka albańskiego wskazują na stymulujące działanie tego ekstraktu. Można zauważyć intensywny wzrost liczby komórek, w porównaniu do próby kontrolnej, już od początkowych godzin hodowli, niezależnie od stężenia naparu w podłożu hodowlanym. Podobne zależności zaobserwować można w przypadku naparu z czystka tureckiego, jednak jedynie w niższych zakresach badanych stężeń (od 5 do 25%).



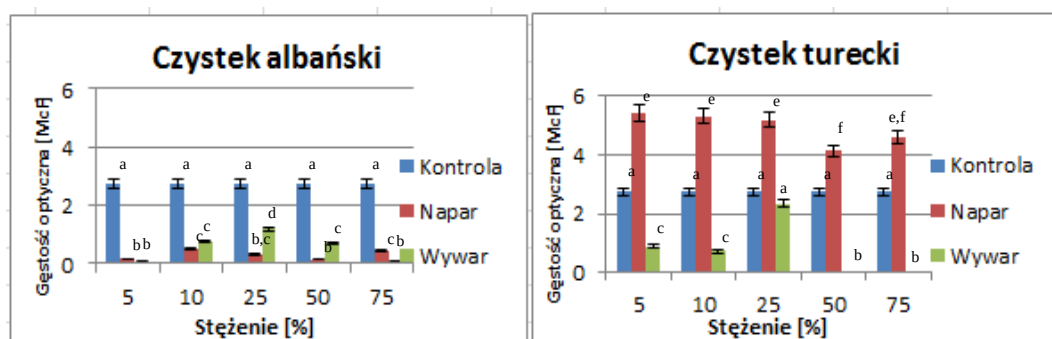
Rysunek 2. Wpływ naparu i wywaru na wzrost bakterii *L. casei* po 48 h inkubacji

Wraz ze wzrostem stężenia naparu w podłożu maleje gęstość optyczna hodowli. Podobną analogię można zauważyć w przypadku wywarów, zarówno z czystka albańskiego, jak i tureckiego (rys. 3), jedynie wartości gęstości optycznej przy stężeniach od 5 do 25% są powyżej wskazań dla prób kontrolnych.



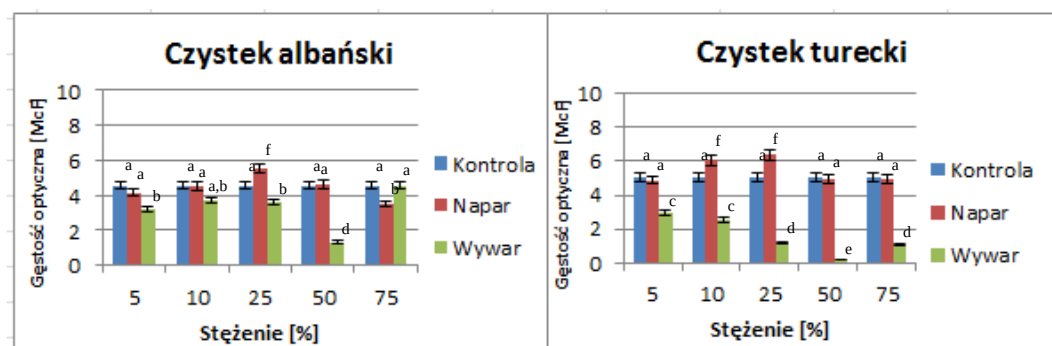
Rysunek 3. Wpływ naparu i wywaru na wzrost bakterii *Bifidobacterium sp.* po 24 h inkubacji

Wyniki uzyskane po 48 godzinach inkubacji w obecności ekstraktów z czystka albańskiego (napar i wywar) (rys. 4) świadczą o zahamowaniu wzrostu *Bifidobacterium bifidum*. W porównaniu do wyników po 24 h hodowli (rys. 3), odnotowano znaczne obniżenie wartości gęstości optycznej. Należy jednak, zwrócić uwagę na zgoła odmienne rezultaty uzyskane w trakcie namnażania wymienionej bakterii w obecności naparu z czystka tureckiego (rys. 4). Niezależnie od zastosowanego stężenia wartości McF utrzymują się na wysokim poziomie, znacznie przewyższającym te uzyskane dla próby kontrolnej.

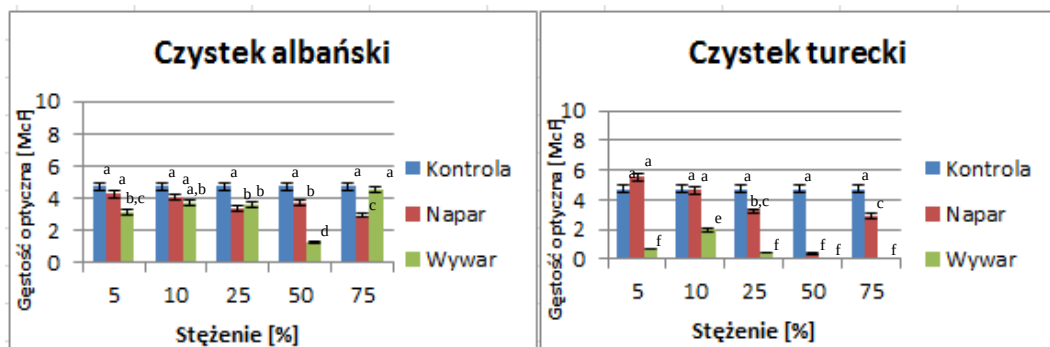


Rysunek 4. Wpływ naparu i wywaru na wzrost bakterii *Bifidobacterium sp.* po 48 h inkubacji

Analizując wyniki uzyskane w przypadku namnażania drożdży probiotycznych w obecności wodnych ekstraktów z czystka (rys. 5 i 6) można stwierdzić, że w większości analizowanych przypadków, napar nie miał istotnego wpływu na wzrost omawianych drobnoustrojów, wyjątkiem są rezultaty otrzymane dla 10 i 25% dodatku naparu z czystka tureckiego (rys. 5). Natomiast silnymi właściwościami hamującymi wzrost *S. boulardii* charakteryzował się wywar, szczególnie otrzymany z czystka tureckiego. Po 48 h hodowli uzyskano niemal całkowite zahamowanie wzrostu tych drobnoustrojów (rys. 6)



Rysunek 5. Wpływ naparu i wywaru na wzrost drożdży *Saccharomyces boulardii* po 24 h inkubacji



Rysunek 6. Wpływ naparu i wywaru na wzrost bakterii *Saccharomyces boulardii* po 48 h inkubacji

Dyskusja

Wzrost zainteresowania konsumentów wpływem naturalnych, antyoksydacyjnych środków leczniczych na funkcjonowanie organizmu skłania do poszukiwań nowych produktów, wykazujących jak najmniejszą szkodliwość, w porównaniu do syntetycznych przeciwutleniaczy. Czystek jest jednym z przykładów rośliny zielnej, znanej w medycynie naturalnej od wieków, o największej zawartości polifenoli oraz silnym działaniu przeciwbakteryjnym i przeciwwirusowym. W postaci odpowiednio przygotowanego produktu może stanowić skuteczną barierę dla patogenów, szczególnie przewodu pokarmowego.

Jak wspomniano już wcześniej, istnieje wiele doniesień, popartych wynikami badań, o skutecznym hamowaniu rozwoju bakterii patogennych przez ekstrakty z czystka. Natomiast, jak do tej pory, nie ma szerszych informacji na temat wpływu wodnych ekstraktów z czystka na mikroflorę probiotyczną organizmu. Dlatego też, w niniejszej pracy podjęto wstępną próbę określenia wpływu dodatku do podłoża hodowlanego naparu lub wywaru z czystka na wzrost wybranych przedstawicieli korzystnej dla funkcjonowania organizmu człowieka mikrobioty jelitowej.

Uzyskane w niniejszej pracy wyniki wskazują jednoznacznie różne oddziaływanie naparu i wywaru na drobnoustroje probiotyczne. Według Hołderner-Kędzi i Kędzi [2012] roślinne preparaty farmaceutyczne można sklasyfikować w trzech grupach: preparaty, które działają jak prebiotyki i wzmagają namnażanie probiotycznych bakterii mlekowych, preparaty obojętne dla badanych bakterii oraz preparaty, które hamują rozwój wybranych bakterii fermentacji mlekowej, tj.: *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* i *Streptococcus*. Preparaty pozytywnie wpływające na wzrost powyższych bakterii zawierały między innymi suszony czosnek, sproszkowany liść pokrzywy, wyciąg z kłącza ostryża długiego i ziela karczocha, wyciąg z korzenia żeń-szenia oraz liści mlecza, ortosyfonu i *Strobilanthes*. Natomiast preparaty hamujące wzrost drobnoustrojów probiotycznych zawierały wyciąg z kłącza ostryża długiego i ziela karczocha, wyciąg z liści szalwii, wyciąg z korzeni omanu wielkiego imydlnicy, porostu islandzkiego, ziela hyzopu i macierzanki [Krzepiłko i in. 2020].

Prawdopodobnie zaobserwowane różnice są wynikiem rozbieżności w rodzaju i ilości ekstrahowanych związków. Zróżnicowany wpływ polifenoli zawartych w ekstraktach roślinnych na aktywność mikrobioty jelitowej, między innymi również probiotycznej został szczegółowo przedstawiony w publikacji zespołu Makarewicz i in. [2021]. Wykazano, że polifenole zawarte w naparach z różnych rodzajów herbat (zielona, czarna i biała) stymulowały wzrost bakterii *Lactobacillus* i *Bifidobacterium*. Podobnie pozytywnym wpływem charakteryzowały się polifenole zawarte w ekstrakcie z jabłek (procyjanidyna B2 i kwas chlorogenowy) i czerwonym winie (szczególnie resweratrol) zwiększając zdolność adhezji bakterii *Lactobacillus casei* do komórek nabłonka w jelitach. W przypadku ekstraktów uzyskanych z pestek winogron obserwowano wpływ bardziej zróżnicowany, na przykład stymulująco na *Bifidobacterium bifidum* działał kwas kumarowy, a na *Bifidobacterium adolescentis* kwasy wanilinowy i kawowy. Hesperydyna i kwercetyna hamowały natomiast ich wzrost. Jedną z możliwych przyczyn zróżnicowanych właściwości przeciwdrobnoustrojowych polifenoli w stosunku do bakterii kwasu mlekowego (LAB) może być różna liczba grup hydroksylowych w pierścieniu B. Myricetyna (zawierająca 3 grupy hydroksylowe) hamowała wzrost LAB izolowanych z przewodu pokarmowego człowieka, natomiast kwercetyna i kemferol (odpowiednio 1 i 2 grupy hydroksylowe) nie miały już negatywnego wpływu [Krzepiło i in. 2020, Makarewicz i in. 2021]. Według Krzepiło i in. [2020] ekstrakty wodne z roślin leczniczych zawierają przede wszystkim taniny, saponiny i terpenoidy. Napar sporządza się poprzez zalanie rozdrobnionego surowca zielarskiego określoną ilością wrzącej wody i przetrzymuje mieszaninę w naczyniu pod przykryciem przez określony czas. Natomiast wywar otrzymuje się przez gotowanie rozdrobnionego surowca zielarskiego, co umożliwia ekstrakcję większej ilości substancji, ale także pozwala na uzyskanie intensywniejszego aromatu. Stwierdzono, że w wielu przypadkach wywar charakteryzuje się niższą zawartością związków fenolowych niż napar [Fotakis i in. 2016]. Według zaleceń wywar powinien być stosowany, kiedy właściwości lecznicze lub aktywność biologiczna rośliny jest bardziej pożądana, niż jej smak czy zapach. Należy również wziąć pod uwagę fakt, że na sam proces ekstrakcji składników mają wpływ takie warunki pracy jak ciśnienie, temperatura i rodzaj rozpuszczalnika [Visht i Chaturvedi 2012, Santos i in. 2017]. Wykazano, że zawartość antyoksydantów w wywarze z czystka jest o wiele wyższa niż w herbacie, soku czy winie. W porównaniu z sokiem z czarnego bzu napar z czystka wykazywał ponad trzykrotnie większą zawartość polifenoli. Co ważne, w tym zakresie, czystek wyprzedził również zieloną herbatę, która przez długi czas była uważana za najzdrowszy napój [Abu-Orabi i in. 2020, Lahcen i in. 2020].

Uzyskane wyniki mogą świadczyć o różnym wpływie związków fenolowych, a także prawdopodobnie innych substancji wyekstrahowanych z czystka na badane drobnoustroje. Na wzrost *Lactobacillus casei* bardziej korzystnie działał wywar, zwłaszcza sporządzony z suszu czystka albańskiego. Być może różnica w przyroście liczby bakterii mogła wynikać z wrażliwości tego drobnoustroju na związki fenolowe, zawarte w większej ilości w naparze.

Odmienne rezultaty obserwowano w przypadkach hodowli *Bifidobacterium* oraz *Saccharomyces boulardii*, gdzie prawdopodobnie tolerancja tych drobnoustrojów na związki fenolowe była wyższa, co prowadziło do uzyskania korzystniejszych wyników w interakcji z naparem. Podobnie zróżnicowane wyniki wpływu różnych ekstraktów z roślin leczniczych na wzrost drożdży probiotycznych zamieszczono w pracy Krzepińko i in. [2020]. Stymulujący wpływ na drożdże *Saccharomyces boulardii* odnotowano w przypadku wykorzystania wyciągu z kory kruszyny, kłącza ostryża długiego i ziela karczocha. Negatywnym wpływem na wzrost wymienionych drobnoustrojów charakteryzowały się natomiast wyciągi z liści pokrzywy, szałwii, korzenia omanu wielkiego i mydlnicy, porostu islandzkiego, ziela hyzopu oraz macierzanki [Krzepińko i in. 2020].

Wpływ na uzyskane rezultaty mogły mieć również substancje zawarte w poszczególnych częściach anatomicznych, z których sporządzono susze. W badaniach laboratoryjnych udowodniono, że liście czystka są bogate w garbniki i antocyjany, natomiast stężenie fenoli i flawonoidów jest najwyższe w pąkach kwiatowych [Kammoun El Euch i in. 2015, Abu-Orabi i in. 2020]. Przeprowadzono również doświadczenia mające na celu określenie profilu związków lotnych, z których ważnym odkryciem była oznaczona duża różnorodność terpenów o aktywności przeciwbakteryjnej [Morales-Soto i in. 2015].

Kolejnym ważnym czynnikiem, który prawdopodobnie miał znaczenie dla uzyskanych wyników mogło być pochodzenie geograficzne czystka. Wiadomo, że warunki wzrostu (gleba, klimat, opady deszczu), zbiory, a także proces przetwarzania wpływają na zawartość związków aktywnych w roślinach [Martins i in. 2015]. Należy zwrócić uwagę, że warunki suszenia (temperatura i czas) mają istotny wpływ na zawartość substancji bioaktywnych. Na przykład, zawartość witaminy C w suszonych liściach stewii (*Stevia rebaudiana*) zmniejszyła się wraz ze wzrostem temperatury suszenia. Proces suszenia w temperaturach od 30 do 50°C spowodował istotny wzrost całkowitej zawartości związków fenolowych i flawonoidów ogółem, osiągając najwyższą wartość w obu przypadkach w liściach suszonych w temperaturze 40°C, ale stężenie kwasu chlorogenowego zmieniało się pod wpływem temperatury suszenia [Krzepińko i in. 2020]. Jak podają w swojej publikacji Krzepińko i in. [2020] zespół Leng i in. [2017] porównał całkowitą zawartość związków fenolowych, zdolność antyoksydacyjną świeżych, suszonych w temperaturze 60°C przez 3h lub suszonych w temperaturze 180°C przez 10 min liści tamaryndowca (*Tamarindus indica* L.). Całkowita zdolność antyoksydacyjna i zawartość związków fenolowych ogółem w ekstrakcie była największa w przypadku liści suszonych w temperaturze 180°C [Leng i in. 2017]. Podobnie, porównując świeże i suszone liście *Moringa oliefera*, stwierdzono, że suszenie nie wpływa na zawartość związków fenolowych ogółem, ale podwyższa stężenie flawonoidów [Vongsak i in. 2013]. Ważnym czynnikiem jest również wstępna obróbka surowca - rozdrobnienie i skład suszu. Wykazano, że stopień rozdrobnienia materiału ma wpływ na wydajność ekstrakcji. Jak podają Krzepińko i in. [2020] rozdrobnienie liści *Anthocleista grandiflora* zwiększało aktywność przeciwdrobnoustrojową ekstraktu, lepsze biostatyczne właściwości uzyskano po 5 min ekstrakcji bardzo drobno zmielonych liści

o średnicy cząstek 10 μm niż po 24 h wstrząsania wstępnie rozdrobnionego materiału [Eloff 1998]. Rozdrobnienie i mała wielkość cząstek zwiększają kontakt powierzchniowy pomiędzy próbą i rozpuszczalnikiem użytym do ekstrakcji. Całkowita zawartość antyoksydantów w wodnych ekstraktach roślin leczniczych zależy od wielkości cząstek i czasu ekstrakcji. W badaniach stwierdzono, że mniejsza wielkość cząstek zwiększała zawartość antyoksydantów w ekstrakcie, w związku z czym autorzy zalecają stosowanie rozdrobnionego materiału o średnicy cząstek 0,2 mm [Gião i in. 2009]. Susz sporządzony z czystka albańskiego zawierał stosunkowo duże fragmenty liści i łodyg tej rośliny, natomiast odmiana turecka prawie wyłącznie mocno rozdrobnione pąki kwiatowe. Tak więc można sądzić, że skład morfologiczny suszu również miał wpływ na wydajność ekstrakcji i skład chemiczny otrzymanych wyciągów.

Dane literaturowe wskazują także różną wrażliwość drobnoustrojów na substancje aktywne zawarte w ekstraktach z czystka. Wykazano, że roślina ta posiada w swoim składzie związki silnie hamujące działanie bakterii Gramdodatnich, a także Gramujemnych. Jako bakterie modelowe zastosowano Gram- *E. coli*, wobec której aktywność hamująca związana była z obecnością galiolowanych flawanoli i niektórych swoistych flawonów, natomiast *S. aureus* (Gram+) reagował na aktywność flawonów i związków polarnych [Tomas-Menor i in. 2013, Móricz i in. 2018]. Ponadto, aktywność przeciwbakteryjną ekstraktów z liści czystka wykazano również w stosunku do mikroorganizmów zaangażowanych w wywoływanie infekcji przez bakterie Gramujemne oraz patogenne grzyby [Bouamama i in. 2006, Móricz i in. 2018].

Dowodzono również, że czystek z uwagi na wysokie zawartości polifenoli i właściwości antybakteryjne, może być stosowany w postaci naparu, w celu zmniejszenia początkowej adhezji bakteryjnej w jamie ustnej. Płukanie ust takim roztworem pomaga zmniejszyć początkową liczbę bakterii przyczyniających się do tworzenia płytki nazębnej, co sprzyja profilaktyce stomatologicznej [Hanning i in. 2008]. Jest to zagadnienie bardzo ważne ze względu na fakt, że jedną z podstawowych cech, którymi powinny charakteryzować się drobnoustroje probiotyczne jest zdolność adhezji do komórek nabłonkowych jelita. Tak więc przy nadmiernym, niekontrolowanym spożyciu ekstraktów z czystka, może nastąpić u drobnoustrojów probiotycznych zmniejszenie zdolności do przylegania, co będzie czynnikiem bardzo niekorzystnym, mogącym prowadzić do wypłukiwania z jelit pożądanej mikroflory. Z drugiej strony, w eksperymentach na szczurach, udowodniono działanie przeciwrzodowe czystka. Zawartość bioflawonoidów skutkowała efektami ochronnymi oraz poprawą skuteczności leczenia przekrwienia śluzówki i wrzodów krwotocznych [Attaguile i in. 1995].

Podsumowanie

Podsumowując dotychczasowe rozważania należy stwierdzić, że wyniki bieżących badań nie pozwalają na jednoznaczne potwierdzenie lub obalenie pierwszej założonej hipotezy o hamującym wpływie wodnych ekstraktów z czystka na wzrost drobnoustrojów probiotycznych. Niemniej jednak wrażliwość badanych drobnoustrojów na obecność

w środowisku hodowlanym ekstraktów z tej rośliny była różna i wymaga dalszych, bardziej szczegółowych analiz.

Natomiast uzyskane rezultaty potwierdzają drugą hipotezę, że stopień oddziaływania wodnych ekstraktów z czystka na wzrost drobnoustrojów probiotycznych zależy od metody sporządzania ekstraktu, jego stężenia oraz składu morfologicznego suszu.

Autorki zdają sobie sprawę, że prezentowane w niniejszej pracy wyniki badań nie wyczerpują złożonej problematyki oddziaływania wodnych ekstraktów z czystka na wzrost wybranych drobnoustrojów probiotycznych, a stanowią jedynie wstęp do dalszych, bardziej szczegółowych analiz. Ciekawe wydaje się przeprowadzenie dalszych badań w kierunku oznaczenia pojedynczych substancji, które bezpośrednio stymulują lub hamują namnażanie mikroorganizmów probiotycznych, gdyż ekstrakty roślinne są zwykle mieszaniną wielu związków bioaktywnych.

Badania zostały sfinansowane z dotacji przyznanej przez MNiSW na działalność dydaktyczną.

Literatura

1. Abu-Orabi S.T., Al-Qudah M. A., Saleh N. R., Bataineh T. T., Obeidat S. M., Al-Sheraideh M. S., Al-Jaber H. I., Tashtoush H. I., Lahham J. N. Antioxidant activity of crude extracts and essential oils from flower buds and leaves of *Cistus creticus* and *Cistus salviifolius*. *Arabian Journal of Chemistry*. 2020, 13, 6256-6266.
2. Andrade D., Gil C., Breitenfeld L., Domingues F., Durate A.P. Bioactive extracts from *Cistus ladanifer* and *Arbutus unedo* L. *Industrial Crops and Products*. 2009, 30, 165-167.
3. Aronne G., Mazzoleni S. The effects of heat exposure on seeds of *Cistus incanus* L. and *Cistus monspeliensis* L. *Giornale Botanico Italiano* 1989, 123, 283-289.
4. Atici S., Soysal A., Cerit K.K., Yilmaz S., Aksu B., Kiyan G., Bakir M. Catheter-related *Saccharomyces cerevisiae* Fungemia Following *Saccharomyces boulardii* Probiotic Treatment: In a child in intensive care unit and review of the literature. *Medical Mycology Case Reports*. 2017, 15, 33-35.
5. Attaguile G., Caruso A., Pennisi G., Savoca F. Gastroprotective effect of aqueous extracts of *Cistus incanus* L. in rats. *Pharmacological Research*. 1995, 31, 29-33.
6. Aureli P., Capurso L., Castellazzi A.M., Clerici M., Giovannini M., Morelli L., Poli A., Pregliasco F., Salvini F., Zuccotti G.V. Probiotics and health: A evidence-based review. *Pharmacological Research*. 2011, 63, 366-376.
7. Barrajon-Catalan E., Tomas-Menor L., Morales-Soto A., Bruna N.M., Lopez D.S., Segura-Carretero A., Micol V. Rockroses (*Cistus* sp.) oils. *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*. 2016, 74, 649-658.
8. Bouamama H., Noel T., Villard J., Benharref A., Jana M. Antimicrobial activities of the leaf extracts of two Moroccan *Cistus* L. species. *Journal of Ethnopharmacology*. 2006, 104, 104-107.

9. Costalos C., Skouteru V., Gounaris A., Sevastiadou S., Triandafilidou., Ekonomidou C., Kontaxaki F., Petrochilou V. Enteral feeding of premature infants with *Saccharomyces boulardii*. Early human development. 2003, 74(2), 89-96.
10. Danne A., Petereit F., Nahrstedt A. Flavan-3-ols, prodelphinidis and further polyphenols from *Cistus salvifolius*. Phytochemistry. 1994, 37(2), 533-538.
11. Domingo J. J. S. Review of the role of probiotics in gastrointestinal diseases in adults. Gastroenterologia y Hepatologia. 2017, 40(6), 417-429.
12. Donohue D.C., Salminen S. Safety of probiotic bacteria. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition. 1996, 5, 25-28.
13. Dos Reis S.A., da Conceicao L.L., Siqueira N.P., Rosa D.D., da Silva L.L., Peluzio M.G. Review of the mechanisms of probiotic actions in the prevention of colorectal cancer. Nutrition Research. 2017, 37, 1-19.
14. Dziuba M., Tokarska G. Wybrane zagadnienia z zakresu działania probiotyków. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. 2001, 39, 11, 81-83.
15. Eloff J.N. Which extractant should be used for the screening and isolation of antimicrobial components from plants? Journal of Ethnopharmacology. 1998, 60, 1-8.
17. Fotakis C., Tsigirmani D., Tsiaka T., Lantzouraki D.Z., Strati I.F., Makris C., Tagkouli D., Proestos C., Sinanoglou V.J., Zoumpoulakis P. Metabolic and antioxidant profiles of herbal infusions and decoction. Food Chemistry. 2016, 311, 963-971.
18. Gayathri D. Mechanism of development of depression and probiotics as adjuvant therapy for its prevention and management. Mental Health and Prevention. 2017, 5, 40-51.
19. Gião M., Pereira C., Fonseca S., Pintado M., Malcata X. Effect of particle size upon the extent of extraction of antioxidant power from the plants *Agrimonia eupatoria*, *Salvia sp.* and *Satureja montana*. Food Chemistry. 2009, 117(3), 412-416.
22. Hanning C., Spitzmuller B., Al-Ahmad A., Hanning M. Effects of Cistus-tea on bacterial colonization and enzyme activities of the *in situ* pellicle. Journal of Dentistry. 2008, 36, 540-545.
23. Hołderna-Kędzia E., Kędzia B. Działanie preparatów pochodzenia roślinnego na drobnoustroje probiotyczne. Postępy Fitoterapii. 2012, 2, 72-77.
24. Im E., Pothoulakis C. Recent advances in *Saccharomyces boulardii* research. Gastroenterologie Clinique et Biologique. 2010, 34, 62-70.
25. Kalus U., Grigorov A., Kadecki O., Jansen J-P., Kiesewetter H., Radtke H. *Cistus incanus* (CYSTUS052) for treating patients with infection of the upper respiratory tract: A prospective, randomized, placebo- controlled clinical study. Antiviral Research. 2009, 84(3), 267-271.

26. Kammoun El Euch S., Bouajila J., Bouzouita N. Chemical composition, biological and cytotoxic activities of *Cistus salviifolius* flower buds and leaves extracts. *Industrial Crops and Products*. 2015, 76, 1100-1105.
27. Kirjavainen P.V., Apostolou E., Salminen S.J., Isolauri E. Nowe aspekty stosowania probiotyków w leczeniu alergii pokarmowej. *Alergia Astma Immunologia*. 2001, 6(1), 1-6.
28. Krzepińko A., Kordowska-Wiater M., Sosnowska B., Pytko M. Oddziaływanie ekstraktów roślinnych na drobnoustroje. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, Lublin 2020, ISBN 978-83-7259-325-2.
29. Kubica P., Ekiert H., Ekiert R.J., Szopa A. Gatunki rodzaju *Cistus* sp. – taksomia, występowanie, skład chemiczny, aplikacje terapeutyczne i badania biotechnologiczne. *Borgis – Postępy Fitoterapii*. 2016, 3, 179-188.
30. Kulbacka J., Saczko J., Chwiłkowska A. Stres oksydacyjny w procesach uszkodzenia komórek. *Polski Merkuriusz Lekarski*. 2009, 27(157), 44-47.
31. Kumar M., Nagpal R., Kumar R. Cholesterol-lowering probiotics as potential biotherapeutics for metabolic diseases. *Experimental Diabetes Research*. 2014, 4, 902-917.
32. Kuśmierska A., Fol M. Właściwości immunomodulacyjne i terapeutyczne drobnoustrojów probiotycznych. *Problemy Higieny i Epidemiologii*. 2014, 95(3), 529-540.
33. Lahcen S. A., El Hattabi L., Benkaddour R., Chahboun N., Ghanmi M., Satrani B., Tabyaoui M., Zarrouk A. Chemical composition, antioxidant, antimicrobial and antifungal activity of Moroccan *Cistus Creticus* leaves. *Chemical Data Collections*. 2020, 26, 100346.
34. Leng L.Y., Nadzri N., Shaari A.R., Norawanis A.R., Khor C.Y. Antioxidant capacity and total phenolic content of fresh, oven-dried and stir-fried tamarind leaves. *Current Research in Nutrition and Food Science*. 2017, 5(3), 282–287.
35. Makarewicz M., Drożdż I., Tarko T., Duda-Chodak A. The interactions between polyphenols and microorganisms, especially gut microbiota. *Antioxidants*. 2021, 10, 188, <https://doi.org/10.3390/antiox10020188>.
36. Marlicz W., Ostrowska L., Łoniewski I. Flora bakteryjna jelit i jej potencjalny związek z otyłością. *Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii*. 2013, 9, 20-28.
37. Martinez M., Calabuig-Tolsa R., Cauli O. The effect of probiotics as a treatment for constipation in elderly people: a systematic review. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 2017, 71, 142-149.
38. Martins N., Barros L., Santos-Buelga C., Silva S., Henriques M., Ferreira I. Decoction, infusion and hydroalcoholic extract of cultivated thyme: Antioxidant and antibacterial activities, and phenolic characterization. *Food Chemistry*. 2015, 167, 131-137.
39. Morales-Soto A., Oruna-Concha A.J., Elmore J.S., Barrajon-Catalan E., Micol V., Roldan C., Segura-Carretero A. Volatile profile of Spanish *Cistus* plants as sources of antimicrobials for industrial applications. *Industrial Crops and Products*. 2015, 74, 425-433.

40. Móricz A. M., Szeremetab D., Knaś M., Długosz E., Otta P. G., Kowalska T., Sajewicz M. Antibacterial potential of the *Cistus incanus* L. phenolics as studied with use of thin-layer chromatography combined with direct bioautography and in situ hydrolysis. *Journal of Chromatography A*. 2018, 1534, 170-178.
41. Newerli-Guz J., Erdman M. Ocena wybranych wyróżników jakościowych czystka (róży skalnej) *Cistus incanus* L. *Problemy Higieny i Epidemiologii*. 2015, 96(3), 693-696.
42. Nowak A., Śliżewska K., Libudzisz Z. Probiotyki- historia i mechanizmy działania. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*. 2010a, 4(71), 5-19.
43. Nowak A., Śliżewska K., Libudzisz Z., Socha J. Probiotyki – efekty zdrowotne. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*. 2010b, 4(71), 20-36.
44. Reid G. Probiotics: definition, scope and mechanisms of action. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*. 2016, 30, 17-25.
45. Riehle P., Vollmer M., Rohn S. Phenolic compounds in *Cistus incanus* herbal infusions — Antioxidant capacity and thermal stability during the brewing process. *Food Research International*. 2013, 53, 891–899.
46. Santos E.S., Balseiro-Romero M., Aberu M.M., Macias F. Bioextracts of *Cistus ladanifer* L. growing in Sao Dominigos mine as source of valuable compounds. *Journal of Geochemical Exploration*. 2017, 174, 84-90.
47. Sarkar A., Mandal S. Bifidobakteria- Insight into clinical outcomes and mechanisms of its probiotics action. *Microbiological Research*. 2016, 192, 159-171.
48. Sayah K., Chemlal L., Mamouzi I., El Jemli M., Cherrah Y., El Abbes Faouzi M. *In vivo* anti-inflammatory and analgesic activities of *Cistus salviifolius* (L.) and *Cistus monspeliensis* (L.) aqueous extracts. *South African Journal of Botany*. 2017, 113, 160-163.
49. Surawicz C.A., Elmer G.W., Speelman P., McFarland L.V., Chinn J., Van Belle G. Prevention of Antibiotic-Associated Diarrhea by *Saccharomyces boulardii*: A Prospective Study. *Gastroenterology*. 1989, 96, 981-988.
50. Tomas-Menor L., Morales-Soto A., Barrajón-Catalán E., Roland-Segura C., Segura-Carretero A., Micol V. Correlation between the antibacterial activity and the composition of extracts derived from various Spanish *Cistus* species. *Food and Chemical Toxicology*. 2013, 55, 313-322.
51. Turroni F., van Sinderen D., Ventura M. Genomics and ecological overview of the genus *Bifidobacterium*. *International Journal of Food Microbiology*. 2011, 149, 37-44.
52. Weichselbaum E. Probiotics and health: A review of the evidence. *Nutrition Bulletin*. 2009, 34(4), 340-373.
53. Visht S., Chaturvedi S. Isolation of Natural Products. *Current Pharma Research*. 2012, 2(3), 584-599.
54. Vongsak B., Sithisarn P., Mangmool S., Thongpraditchote S., Wongkrajang Y. Maximizing total phenolics, total flavonoids contents and antioxidant activity of *Moringa*

oleifera leaf extract by the appropriate extraction method. Industrial Crops and Products. 2013, 44, 566–571.

Heat-induced denaturation and gelation of whey protein-stabilized emulsions: a review

Diana Mańko-Jurkowska, Agata Górka

Department of Chemistry, Institute of Food Sciences, Warsaw University of Life Sciences

Abstract

Heat treatment is used in food manufacturing not only to extend the shelf life of food products, but also to improve their organoleptic properties. Whey proteins are of considerable commercial relevance because of their functional qualities that can be imparted to dairy products by heat-induced aggregation. Heat-induced emulsion gels stabilized by whey protein have a great potential to be used in many innovative applications, e.g. as carriers of functional ingredients in food. The suitability of such systems for specific applications depends on the structure and properties of the gel obtained. The aim of the study was to explain how a three-dimensional gel network is formed under the influence of temperature in whey protein-stabilized emulsions. Particular attention was paid to the influence of factors such as high-pressure homogenization, protein and oil content, as well as pH and ionic strength on the emulsion gels formation.

Keywords: whey protein, denaturation, heat-induced gelation

Introduction

Proteins of plant and animal origin are major components of the human diet and are widely used in various food applications as nutritional supplements or functional food ingredients. Dairy proteins are of particular interest due to their high nutritional value and versatile functional properties [Çakır-Fuller, 2015]. These globular proteins are easily digestible, effectively utilized by humans and contain all the essential amino acids in amounts similar to the body's needs. Their emulsifying, foaming, gelling and water-binding properties are also particularly desirable and commonly used in various types of food products [Dissanayake and Vasiljevic, 2009].

The functional properties of proteins are closely related to their spatial structure. In turn, the spatial arrangement of a protein depends on attractive and repulsive interactions (e.g. hydrophobic, electrostatic, van der Waals) and hydrogen bonding between various groups in the protein, as well as on the interactions of protein groups with molecules of the surrounding solvent. The native state of protein molecule is thermodynamically the most stable at the minimum value of the free energy of the molecule under physiological conditions [Fennema, 1996]. Any interference in its environment, such as a change in temperature, pH or ionic strength, modifies the ordered structure of the protein. The longer and

more intensively the destabilizing factor acts, the greater the changes occur in the secondary and tertiary structure of the protein and in its biological functions. Such changes can be reversible or irreversible, and this is known as denaturation.

During denaturation, the polypeptide chains of the proteins unfold and straighten. In the case of soluble food proteins, which are very sensitive to heat treatment, denaturation usually causes insolubility and loss of some functional properties [Fennema, 1996]. Denaturation of whey proteins by heat is a major processing issue in the dairy industry [Wijayanti, Bansal and Deeth, 2014] and a major obstacle restricting their application in food manufacturing. On the other hand, thermal denaturation is also a prerequisite for heat-induced gelation of food proteins. The gelation is a very important functional property of whey protein affects the food products appearance, texture and water-holding capacity [Rosa *et al.*, 2006]. Nowadays, special attention is paid to emulsion gels, which can be used, among others as carriers for the controlled delivery and release of hydrophobic bio-active compounds in food.

The purpose of the present work was to explain what happens in emulsions stabilized with whey proteins under the influence of temperature and how the gel network is formed. The review compares the gelation in aqueous solutions and emulsions and describes the influence of various factors on the formation of the three-dimensional structure in the system.

Whey proteins

Milk proteins are a heterogeneous mixture in which casein (80%) and whey proteins (20%) fractions can be distinguished. About twenty varieties can be separated in the composition of casein. The composition of whey proteins (WP) is presented in Table 1.

Table 1. The major proteins of whey (based on Edwards, Creamer and Jameson, 2008)

Protein	Content in whey [%]	Number of amino acids	Isoelectric point	Disulfide bonds/thiols
β -lactoglobulin	60	162	5.2	2/1
α -lactalbumin	20	123	4.2 - 4.5	4
Bovine serum albumin (BSA)	3	583	4.7 - 4.9	17/1
Immunoglobulin G (IgG)	10	> 500	5.5 - 6.8	

Whey proteins are highly soluble, globular proteins with three-dimensional structure maintained by intramolecular disulfide bonds between cysteine residues [Śliwiński *et al.*, 2003] and weak, non-covalent interactions (hydrophobic, van der Waals, hydrogen bonding). The reactive non-polar amino acid side chains with sulfhydryl groups are buried in the tertiary structure [Stevenson *et al.*, 1991]. The initial denaturation /conformational change of native protein, caused by environmental conditions, produces the protein molecules in different states of denaturation and therefore have different functional properties.

The main whey protein secreted in the milk of most mammals is β -lactoglobulin (β -Lg) [Fenelon *et al.*, 2019]. It exists as a dimer, under physiological conditions, with two disulfide bridges (-S-S-) and a buried, free and highly reactive thiol group (-SH). β -Lg is characterized by excellent gelling, foaming and emulsifying properties.

α -lactalbumin (α -La), the second most abundant protein in whey, is a monomer at neutral pH with four disulfide bridges but no thiol groups [Dissanayake and Vasiljevic, 2009]. It exhibits good emulsifying properties but poor gelling properties. α -La fraction in isolation does not form heat-induced gels, but in the mixture, it can aggregate through hydrophobic interactions and disulfide exchange with proteins of free sulfhydryl groups.

Bovine serum albumin (BSA) is also a monomer. Its structure is stabilized by seventeen disulfide bridges and one thiol group. This protein presents good emulsifying and the best gelling properties among other WP fractions but has little effect on the physicochemical properties of WP due to its low concentration in milk [Paulsson, Hegg and Castberg, 1986].

Whey proteins isolate (WPI) containing >90% of protein and whey protein concentrate (WPC) with 30-85% of protein are the two main forms of WP used in food products [Jiang *et al.*, 2018].

Whey protein emulsions and emulsion gels

Whey proteins are natural surface-active agents of amphiphilic nature and excellent emulsifying properties. They are commonly used in many processed foods as emulsifiers and stabilizers. During the preparation of the emulsion, the protein molecules diffuse into the newly formed oil-water interface. When globular proteins adsorb at this interface, the molecules partially unfold and rearrange. The hydrophobic amino acid side of protein chains penetrates into the oil phase and the polar amino acids part is directed to the aqueous phase. The adsorbed protein molecules interact with each other forming a cohesive and viscoelastic film around the oil droplets [Dissanayake and Vasiljevic, 2009], which is an electrostatic and steric barrier increasing the stability of the emulsion [Zhou, Sala and Sagis, 2020]. The stability of the oil-in-water emulsion can be improved by converting the emulsion into an emulsion gel.

The oil-in-water emulsion stabilized by whey proteins can be converted into an emulsion-filled protein gel (a type of particle-filled solid) or a protein-stabilized emulsion gel (a type of aggregated particle gel) [Dickinson, 2012; Farjami and Madadlou, 2019]. The emulsion-filled gel is a system with the network of cross-linked biopolymers in which oil droplets are embedded [Dickinson, 2012]. WP can be considered as a gel-able biopolymer. The dispersed phase acts as an active or inactive filler depending on its effect on the gel properties. The active fillers interact with the gel matrix increasing the gel strength, while inactive fillers show low chemical affinity to the gel matrix [Xi *et al.*, 2019]. The emulsion-filled gels are generated by gelling the continuous phase.

The emulsion particulate gel is a system with the three-dimensional network of aggregated particles obtained by controlled clustering of oil droplets [Farjami and Madadlou,

2019]. They are mainly formed by gelling a concentrated emulsion. Depending on the mechanical properties of both the gel matrix and the filler particles, the emulsion droplet concentration and the nature of the filler–matrix interactions, gels of different structure and properties may be formed [Pérez-Huertas *et al.*, 2019; Rosa *et al.*, 2006]. The food emulsion gels, due to their composite structure, are often considered as hybrids fabricated from a combination of the two structuring models described above. Visually, the emulsion gels differ from each other. Low oily gels are usually more fluid. However, as the content of the oil phase increases or under the influence of the gelling agent, the fluidity of the gel decreases. They take a more solid-like form.

The mechanism of whey protein heat-induced gelation

The gelation of whey proteins is associated with their denaturation, progressive aggregation and the formation of the three-dimensional spatial network. It can be induced among others by thermal, acid or enzymatic treatment [Ben-Harb *et al.*, 2018]. The gelling agents can reduce the electrostatic repulsion between proteins or promote covalent cross-linking between them.

Whey proteins are highly sensitive to heat treatment above 70°C [Çakır-Fuller, 2015; Jiménez-Flores, Ye and Singh, 2005] but it should be emphasized that the individual proteins included in the WP mixture have different thermal stability and denaturation as well as gelation temperature. The denaturation temperature of the protein is closely related to its structure. Proteins containing large β -sheet fractions have a higher denaturation temperature (T_D). β -lactoglobulin (51% β -sheet) has the T_D of $\sim 75^\circ\text{C}$, while the T_D of BSA (64% α -helix structure) is around 64°C . The gelation temperature depends, among other factors, on the protein concentration and decreases with increasing protein concentration [Paulsson, Hegg and Castberg, 1986].

Heat-induced aggregation is driven by an increase in surface hydrophobicity [Euston, Finnigan and Hirst, 2000]. On heating, protein polypeptide chains unfold and straighten exposing previously buried hydrophobic groups and causing the reorganization of the interactions in the system. The exposure of highly reactive cysteine residues facilitating polymerization by formation of covalent intermolecular disulfide bonds or sulfhydryl (-SH)/disulfide (S–S) exchange reactions. The non-covalent interactions, such as van der Waals, hydrogen bonding or hydrophobic interactions, as well as covalent, bridge-like bonds are formed between adjacent polypeptide chains, linking many protein molecules. When a three-dimensional network begins to form, the elasticity in the system increases. It is often assumed that the aggregation of whey proteins is driven by β -Lg due to the highest concentration of this protein in the WP-mixture [Wijayanti, Bansal and Deeth, 2014].

Stevenson *et al.* (1991) proposed a three-stage mechanism of thermal gelation in whey protein concentrate dispersion. The authors suggested that in the first step the WPC undergoes reversible denaturation/unfolding. The dimeric form of β -lactoglobulin denatures and dissociates into the monomeric form, and the constituent molecules begin to unfold. The second stage is the initiation of propagation - the monomers interact to form new dimers.

The final stage is the propagation of aggregation. The aggregates react with other dissociated monomers (or other proteins in the WPC system) to form larger clusters. As aggregation progresses, rearrangements occur, and the number of contacts between proteins increases. The propagation stage leads to the formation of biopolymers (homo- and heteropolymeric disulfide-bridged species) and the gelation of the proteins [Wijayanti, Bansal and Deeth, 2014].

Effect of protein and oil on the formation of whey protein emulsion gels

The gelation of proteins in the emulsion differs from that of an aqueous dispersion. The heat-induced gelation of the whey proteins occurs above a critical globular protein concentration, at which the aggregation kinetics is governed by the balance between attractive and repulsive interactions. In the case of emulsions, this concentration may be much lower than in the case of a protein solution, because the emulsified oil droplets can be incorporated into the gel matrix [Çakır-Fuller, 2015; Schmitt *et al.*, 2019]. Therefore, in emulsion systems, not only the protein content, but also the amount of oil significantly affects the gelling ability. As the oil concentration increases, there is a higher number of cross-links between the protein-coated oil droplets and the protein molecules in the aqueous phase, which increases the gel strength [Xi *et al.*, 2019].

Hunt and Dalgleish (1995) obtained gels from oil-in-water emulsion stabilized with 2% of whey protein isolate after heating the prepared emulsion at 90°C for 30 min. The authors emphasized the importance of the size of the protein-coated emulsion droplets in gelation. They claimed that large droplets (>1000 nm) do not form gels, but smaller droplets (around 450 nm) form gels.

Abhyankar, Mulvihill and Auty (2011) investigated the structural breakdown properties of heat-set whey protein gels and emulsion-filled gels containing sunflower oil droplets emulsified with WP as the emulsifier protein. The research results indicate a strong interaction between the interfacial protein layers of WP-emulsified sunflower oil droplets and the protein gel matrix. Moreover, the authors showed that WP-emulsified sunflower oil droplets strengthen the emulsion-filled gel network structure along with the increase in the volume fraction of the oil phase.

Another significant difference between protein gelation in solution and emulsion is the form in which the protein is present in the system. The protein molecules in the solution are distributed at the water-air interface and in a native form in the volume of the solution. However, in the case of emulsion, as already mentioned, they are mainly adsorbed at the oil-water interface. The ratio of the amount of adsorbed to non-adsorbed molecules depends, *inter alia*, on the homogenization conditions. The stronger the homogenization, and thus the smaller the particle size, and the more developed the surface of the oil phase, the more particles adsorbed at the interface. With a large amount of the oil phase and its highly developed surface, almost all of the protein in the system is adsorbed at the oil-water interface. However, it has been confirmed that gelation is more likely when the whey proteins are present in the emulsion in both adsorbed and non-adsorbed forms [Hunt and Dalgleish,

1995]. The non-adsorbed proteins unfold and interact on heating, producing large protein aggregates that act as linkers between the adsorbed protein layers of adjacent oil droplets and thus improve gel formation [Çakır-Fuller, 2015].

Euston, Finnigan and Hirst (2000) observed that removal of the non-adsorbed WPC protein from the oil-in-water emulsion reduced the rate of the aggregation reaction several times. Other authors obtained similar results. Śliwiński *et al.* (2003) prepared heat-induced oil-in-water emulsions stabilized with whey protein isolate containing 1.5 or 3.0% protein. The authors obtained a four times higher content of non-adsorbed protein in emulsions with a higher WPI concentration. They emphasized that the aggregation was more extensive and faster with the increased amount of non-adsorbed protein in the emulsion. They also observed that the increase in heating temperature resulted in an increase in the amount of adsorbed protein in the tested systems.

The form in which the protein is present in the emulsion also depends on whether thermal treatment with the aqueous protein dispersion has been applied. The emulsion made on the basis of the heated protein solution contains microaggregates. Microparticulate whey protein is obtained in two steps. Firstly, protein molecules in solution denature and aggregate under heating. Next, the shear during homogenization breaks up the aggregated protein into microparticles with a stable and non-reactive conformation. Therefore, in such emulsions, very few active sites are available for further aggregation during the heat treatment and they exhibit increased thermal stability [Çakır-Fuller, 2015; Zhou, Sala and Sagis, 2020]. Çakır-Fuller (2015) compared the thermal stability of sunflower oil-in-water emulsions prepared at pH 7.0 and containing standard or microparticulate (MP-WPC) whey protein concentrate. The author showed that MP-WPC improves the thermal stability of the emulsion. Standard WPC-stabilized emulsions were stable to heat treatment up to a protein concentration of 3%, while MP-WPC-stabilized emulsions were stable up to a protein concentration of 11%. At these concentrations also, the flow behaviour of the heated emulsions changed from Newtonian to shear-thinning. The shear-thinning behaviour could be attributed to the disruption of aggregated droplets or the gel network in the emulsion gel.

Effect of high-pressure homogenization treatment on emulsion and gel formation

Emulsion preparation by high-pressure homogenization (HPH) is widely used in food production to reduce the particle size of the dispersed phase, increase product stability and design colloidal structures. In a homogenizer, the coarse emulsion is forced under pressure through a narrow valve [Desrumaux and Marcand, 2002]. The effect of specific homogenization conditions (high or ultra-high pressure, turbulence, shear stress, uncontrolled rise in sample temperature) and the magnitude and duration of the applied pressure on the structure and properties of the protein are still debatable.

Hebishy *et al.* (2015) obtained the oil-in-water emulsions (15% sunflower + 5% olive oils) stabilized by whey protein isolate using ultra high-pressure (100 and 200 MPa) and conventional (15 MPa) homogenization. The authors indicated that ultra-high-pressure homogenization can produce stable submicron emulsions with a narrow size distribution, high

viscosity, stable of creaming and coalescence. They also emphasized the combined effect of homogenization pressure and protein concentration on the particle size of the dispersed phase and determined the pressure level of 152.4 MPa and WP concentration of 3.75% as the optimal conditions to achieve the stable emulsion of low particle size.

On the other hand, it is known that high pressure induces the protein denaturation by altering the balance between the interactions that stabilize the folded conformation of native proteins [Dissanayake and Vasiljevic, 2009]. It mainly affects the intramolecular hydrophobic and electrostatic interactions, and therefore also the tertiary and quaternary structure of WP proteins. Among the whey proteins, β -Lg is the most susceptible to pressure-induced changes due to its relatively inefficient packing and lower number of disulfide bonds. α -La is less susceptible to irreversible structural and functional changes induced by high pressure, because it does not contain free thiol groups in its structure. On the other hand, BSA, despite the unpaired cysteine, is relatively stable to high pressure (even to 800 MPa), because several disulfide bonds hold its structure together [Edwards, Creamer and Jameson, 2008].

Pressure-induced changes in the structure of whey proteins include:

- a) the exposure of β -Lg free cysteine (50 to 100 MPa),
- b) partially reversible disruption to the hydrophobic β -Lg structure and reversible unfolding of α -La to a molten globule state (>200 MPa),
- c) irreversible changes of tertiary and quaternary structure of β -Lg (>300 MPa) and irreversible loss of the native structure of α -La (>400 MPa).

Globular proteins may aggregate as a result of high-pressure homogenization at temperatures lower than the protein denaturation temperature [Mantovani, Cavallieri and Cunha, 2016], but unlike heating during homogenization, intermolecular disulfide-bridged aggregates are formed between β -Lg proteins but not between β -Lg with α -La or BSA [Edwards, Creamer and Jameson, 2008].

Protein conformational changes are related, *inter alia*, to the increase in sample temperature accompanying the high-pressure treatment. Desrumaux and Marcand (2002) observed a linear increase in the temperature of sunflower oil emulsions stabilized by whey proteins at the exit of the valve with pressure. In the pressure range from 50 to 350 MPa, they recorded a temperature increase from 5 to 60°C.

Dissanayake and Vasiljevic (2009) examined the combined effect of heat treatment and high-pressure hydrodynamic shear on WP-stabilized emulsions. Some of the samples were pre-heated at 90°C for 20 min before microfluidization for complete WP denaturation. The results of their research indicated an increase in the emulsifying activity and the amount of adsorbed protein in heat-denatured samples, but a decrease in the solubility of these samples. The combined heat treatment and microfluidization produced microaggregates of WP with enhanced heat stability.

Effect of pH and ionic strength on emulsion and gel formation

The gelation of whey proteins is determined not only by the protein and oil content but also by environmental factors such as temperature, pH and ionic strength [Jiménez-Flores, Ye and Singh, 2005; Pérez-Huertas *et al.*, 2019]. These factors affect the solubility of both adsorbed and non-adsorbed proteins, their charge and spatial arrangement, and the nature of the interactions in the system.

Hunt and Dalgleish (1995) investigated the effect of ionic strength and pH on the thermal stability of oil-in-water emulsions (20% soybean oil; 2.0% whey protein isolate). The obtained emulsions at pH 7 and 3 were stable to heating at 90 and 121°C and destabilized at pH values between 3.5 and 4.0. Both heat treatments resulted in coarse self-supporting gels. Hunt and Dalgleish noted that the addition of potassium chloride, up to 50 mM at pH 3 and 7, did not affect the heat stability of the WPI emulsions at 90°C and 121°C. At pH 7 and 100 mM of KCl, the emulsion was stable to heating at 90°C, but formed a weak gel when heated at 121°C. At the higher KCl concentration (200 mM) and pH 7, smooth, self-supported gels were formed at both temperatures. On the other hand, at pH 3, gel was formed only on heating at 121°C in the presence of 200 mM KCl. The obtained gel was characterized by different appearance than the gels obtained at pH 7. It resembled cottage cheese. The salt presence enhanced the WPC emulsion gel formation, because the electrostatic repulsive forces between the droplets were partially shielded by counter-ions in the salt, thus allowing them to aggregate [Çakır-Fuller, 2015].

The effect of salt addition on the screening of the droplet charge was confirmed by Patel *et al.* (2019). They studied the stability and gelling behaviour of 2, 4, and 5% whey protein isolate (WPI)-stabilized 40% canola oil-in-water nanoemulsions (NEs). WPI NEs without salt were weak gel (2% WPI NE) or liquid-like (4 and 5% WPI NEs). The addition of salt increased the gel strength and converted the weak gel and liquid-like NEs into strong gels. Also, the pH at the protein isoelectric point (pH=5, where the charge on the droplets is neutralized) was used by Patel and co-authors to induce attractive interactions between nanodroplets. The WPI-stabilized nanoemulsion at pH = pI was in the form of a hard, self-standing, and non-flowing attractive gel with a smooth texture.

It should be emphasized that the effect of the addition of salt on the gelling ability of the whey protein emulsions depends on the stage at which the salt is introduced into the system, whether at the homogenization stage or after. The introduction of salt at the homogenization stage affects the surface composition of emulsion droplets stabilized by WP. Hunt and Dalgleish (1995) proved that in the absence of salt, β -Lg and α -La adsorb at the water/oil interface in proportion to their concentrations in the WPI, but the presence of KCl during homogenization decreases the amount of adsorbed β -Lg and increases the number of adsorbed α -La molecules. Such changes in composition affect the gelation and strength of the gel.

Conclusions

In this review, the characteristics of emulsions and heat-induced emulsion gels stabilized with whey proteins were presented. It has been shown that the gel structure formed as a result of thermal denaturation and aggregation of whey proteins in emulsions is influenced by protein and oil content, homogenization treatment, pH and ionic strength. It was also emphasized that the same factor (temperature, pH, ionic strength) may have a completely different effect on the evolution of protein spatial structure in the emulsion, if it is applied to the whey protein dispersion (before adding the oil phase) than when it is applied to the final emulsion. Knowledge of the structure and texture of WP-stabilized emulsion gels is particularly important in term of the possibility to use such systems in many food products as texturing agents or delivery systems for bioactive ingredients.

References

1. Abhyankar A.R., Mulvihill D.M. and Auty M.A.E. Combined microscopic and dynamic rheological methods for studying the structural breakdown properties of whey protein gels and emulsion filled gels. *Food Hydrocolloids*, 2011, 25, 275–282.
2. Ben-Harb S., Panouillé M., Huc-Mathis D., Moulin G., Saint-Eve A., Irlinger F., Bonnarne P., Michon C. and Souchon I. The rheological and microstructural properties of pea, milk, mixed pea/milk gels and gelled emulsions designed by thermal, acid, and enzyme treatments. *Food Hydrocolloids*, 2018, 77, 75–84.
3. Çakır-Fuller E. Enhanced heat stability of high protein emulsion systems provided by microparticulated whey proteins. *Food Hydrocolloids*, 2015, 47, 41–50.
4. Desrumaux A. and Marcand J. Formation of sunflower oil emulsions stabilized by whey proteins with high-pressure homogenization (up to 350 MPa): Effect of pressure on emulsion characteristics. *International Journal of Food Science and Technology*, 2002, 37, 263–269.
5. Dickinson E. Emulsion gels: The structuring of soft solids with protein-stabilized oil droplets. *Food Hydrocolloids*, 2012, 28, 224–241.
6. Dissanayake M. and Vasiljevic T. Functional properties of whey proteins affected by heat treatment and hydrodynamic high-pressure shearing. *Journal of Dairy Science*, 2009, 92, 1387–1397.
7. Edwards P.B., Creamer L.K. and Jameson G.B. Chapter 6 - Structure and stability of whey proteins. Thompson A., Boland M. and Singh H. (eds) *Milk Proteins: From Expression to Food*. Food Science and Technology, 2008, 163–203.
8. Euston S.R, Finnigan S.R. and Hirst R.L. Aggregation kinetics of heated whey protein-stabilized emulsions. *Food Hydrocolloids*, 2000, 14, 155–161.
9. Farjami T. and Madadlou A. An overview on preparation of emulsion-filled gels and emulsion particulate gels. *Trends in Food Science and Technology*, 2019, 86, 85–94.
10. Fennema O.R. *Food Chemistry*, Third Edition, University of Wisconsin Madison, Wisconsin, 1996.

11. Fenelon M.A., Hickey R.M., Buggy A., McCarthy N. and Murphy E.G. Chapter 12 - Whey Proteins in Infant Formula. Deeth H.C. and Bansal N. (eds) *Whey Proteins*. Academic Press, 2019, 439–494.
12. Hebishy E., Buffa M., Guamis B., Blasco-Moreno A. and Trujillo A.-J. Physical and oxidative stability of whey protein oil-in-water emulsions produced by conventional and ultra high-pressure homogenization: Effects of pressure and protein concentration on emulsion characteristics. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2015, 32, 79–90.
13. Hunt J.A. and Dalgleish G. Heat stability of oil-in-water emulsions containing milk proteins: Effect of ionic strength and pH. *Journal of Food Science*, 1995, 60, 1120–1123.
14. Jiang S., Altaf Hussain M., Cheng J., Jiang Z., Geng H., Sun Y., Sun Ch. and Hou J. Effect of heat treatment on physicochemical and emulsifying properties of polymerized whey protein concentrate and polymerized whey protein isolate. *LWT*, 2018, 98, 134–140.
15. Jiménez-Flores R., Ye A. and Singh H. Interactions of whey proteins during heat treatment of oil-in-water emulsions formed with whey protein isolate and hydroxylated lecithin. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2005, 53, 4213–4219.
16. Mantovani R.A., Cavallieri A.L.F. and Cunha R.L. Gelation of oil-in-water emulsions stabilized by whey protein. *Journal of Food Engineering*, 2016, 175, 108–116.
17. Patel A., Longmore N., Mohanan A. and Ghosh S. Salt and pH-induced attractive interactions on the rheology of food protein-stabilized nanoemulsions. *ACS Omega*, 2019, 4, 11791–11800.
18. Paulsson M., Hegg P.-O. and Castberg H.B. Heat-induced gelation of individual whey proteins a dynamic rheological study. *Journal of Food Science*, 1986, 51, 87–90.
19. Pérez-Huertas S., Terpiłowski K., Tomczyńska-Mleko M., Wesołowska-Trojanowska M., Kawecka-Radomska M., Nastaj M. and Mleko S. Surface properties of whey protein gels. *Journal of the Chemical Society of Pakistan*, 2019, 41, 956–965.
20. Rosa P., Sala G., Van Vliet T. and Van De Velde F. Cold gelation of whey protein emulsions. *Journal of Texture Studies*, 2006, 37, 516–537.
21. Schmitt Ch., Silva J.V.C., Amagliani L., Chassenieux Ch. and Nicolai T. Heat-induced and acid-induced gelation of dairy/plant protein dispersions and emulsions. *Current Opinion in Food Science*, 2019, 27, 43–48.
22. Steventon A.J., Gladden L.F. and Fryer P.J. A percolation analysis of the concentration-dependence of the gelation of whey-protein concentrates. *Journal of Texture Studies*, 1991, 22, 201–218.
23. Śliwiński E.L., Roubos P.J., Zoet F.D., van Boekel M.A.J.S., Wouters J.T.M. Effects of heat on physicochemical properties of whey protein-stabilised emulsions. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 2003, 31, 231–242.

24. Wijayanti H.B., Bansal N. and Deeth H.C. Stability of whey proteins during thermal processing: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2014, 13, 1235–1251.
25. Xi Z., Liu W., McClements D. and Zou L. Rheological, structural, and microstructural properties of ethanol induced cold-set whey protein emulsion gels: Effect of oil content. *Food Chemistry*, 2019, 291, 22–29.
26. Zhou X., Sala G. and Sagis L.M.C. Bulk and interfacial properties of milk fat emulsions stabilized by whey protein isolate and whey protein aggregates. *Food Hydrocolloids*, 2020, 109, 106100.

Porównanie właściwości sorpcyjnych wybranych typów kaszek dla dzieci w kontekście szacowania ich stabilności przechowalniczej

Aneta Ociecek, Dominika Mesinger, Dominika Kamińska

*Katedra Zarządzania Jakością, Wydział Zarządzania i Nauk o Jakości,
Uniwersytet Morski w Gdyni*

Streszczenie

Zawartość i aktywność wody są ważnymi wskaźnikami trwałości oraz bezpieczeństwa żywności w proszku. Parametry te w zestawieniu ze składem chemicznym żywności w proszku mogą stanowić istotną informację o jej sorpcyjności warunkującej podatność na przechowywanie. W związku z tym celem pracy była identyfikacja i porównanie wybranych parametrów sorpcyjnych kaszek dla dzieci w kontekście ich trwałości przechowalniczej. W pracy założono, że: 1) Skład chemiczny produktu istotnie różnicuje jego właściwości sorpcyjne a tym samym decyduje o jego trwałości; 2) Użycie matematycznych modeli izoterm sorpcji pozwala na porównywanie podatności produktów w proszku na przechowywanie w określonych warunkach.

Słowa kluczowe: izotermie sorpcji, BET, GAB, kaszki dla dzieci, stabilność przechowalnicza

Wstęp

Od wielu lat dynamicznie rozwija się rynek żywności wygodnej, która stała się popularna ze względu na jej główny atrybut użytkowy jakim jest krótki czas przygotowania do spożycia. Tego rodzaju produkty posiadają zazwyczaj również długi termin przydatności do spożycia pod warunkiem zapewnienia im odpowiednich warunków przechowywania [Barska 2018].

Do żywności wygodnej zaliczane są produkty w proszku jak np. żywność dla niemowląt i małych dzieci w postaci kaszek. Produktom tym stawiane są wysokie wymagania [Kuberska i Suchta 2016a]. Wysokie standardy jakości oczekiwanej od tej żywności i koszty z nią związane sprawiają, że rynek żywności dla niemowląt i małych dzieci jest bardzo hermetyczny i rzadko pojawiają się na nim nowe podmioty a nabywcy zwracają uwagę na markę produktu [Kuberska i Suchta 2016b].

Rynek żywności dla niemowląt i małych dzieci w Polsce należy do najintensywniej rozwijających się co jest związane ze zmianami, o charakterze ekonomicznym i społeczno-kulturowym, takimi jak rosnąca aktywność zawodowa kobiet. Zaangażowanie zawodowe rodziców zawsze limituje czas przeznaczany na samodzielne przygotowywanie posiłków dla dzieci. Z tego powodu żywność gotowa jest dobrym rozwiązaniem dla wielu gospodarstw domowych [Kuberska i Suchta 2016a,b].

Kaszki są bardzo ważnym elementem w żywieniu dziecka, ponieważ na pewnym etapie jego życia mogą stanowić pełnowartościowy posiłek. Wprowadza się je do diety w celu jej rozszerzenia [Szajewska i in. 2014]. Tego rodzaju żywność występuje głównie w postaci proszków, które po wymieszaniu z wodą lub mlekiem stają się gotowe do spożycia. Jest to grupa żywności cechująca się wysokim stopniem przetworzenia, którą cechuje długa trwałość [Barska 2018].

W przypadku zarządzania cyklem życia produktów wstępujących w postaci proszku istotne znaczenie ma znajomość ich inherentnych właściwości, do których należy higroskopijność. Parametr ten decyduje o trwałości i bezpieczeństwie oraz właściwościach użytkowych proszków, będących istotnymi wyróżnikami ich jakości. Zdolność do adsorpcji oraz desorpcji pary wodnej są cechami specyficznymi danego materiału, które zależą od składu chemicznego i struktury fizycznej produktu. Składniki znajdujące się w produkcie mają duży wpływ na stan termodynamiczny współwystępującej z nimi wody. Kaszki to produkty zawierające takie hydrofilowe składniki jak białko lub węglowodany, które wiążąc wodę wpływają na jej aktywność oraz mobilność [Ocieczek 2021].

Trwałość żywności w proszku ma również kluczowe znaczenie w kontekście problemu marnowania żywności [ec.europa.eu] oraz dążenia do realizacji idei zrównoważonego rozwoju [foodfakty.pl].

Celem pracy jest określenie i porównanie właściwości sorpcyjnych wybranych typów kaszek dla dzieci w kontekście ich trwałości przechowalniczej. Dla osiągnięcia celu przeprowadzono badania służące weryfikacji hipotez badawczych zakładających, że:

- 1) Skład chemiczny produktu w proszku decyduje o jego właściwościach sorpcyjnych a tym samym o trwałości.
- 2) Użycie matematycznych modeli izoterm sorpcji pozwala na porównywanie podatności produktów w proszku na przechowywanie w określonych warunkach.

Materiał i metody badań

Badaniom poddano cztery rodzaje kaszek dla dzieci. Trzy zakupione w sklepie KAUFLAND: BoboVita - kaszka zbożowa, o smaku jabłko-śliwka; Nestle - kaszka mleczna ryżowo-kukurydziana, o smaku jabłko-banan-morela; BoboVita - bezglutenowa kaszka mleczno-ryżowa, o smaku bananowym. Natomiast kaszka gryczana firmy Humana została zakupiona w drogerii ROSSMANN.

Tabela 1. Skład chemiczny badanych kaszek deklarowany przez producentów na opakowaniu jednostkowym

Produkt	Parametr	Wartość w 100 g produktu
1 – Humana - kaszka gryczana	Wartość energetyczna [kcal]	381
	Białko [g]	13
	Węglowodany [g]	71,2
	Tłuszcz [g]	3,6
2 – BoboVita - kaszka zbożowa, o smaku jabłko-śliwka	Wartość energetyczna [kcal]	369
	Białko [g]	9,4
	Węglowodany [g]	73
	Tłuszcz [g]	2,1
3 – Nestle - kaszka mleczna ryżowo-kukurydziana, o smaku jabłko-banan-morela	Wartość energetyczna [kcal]	427
	Białko [g]	12,5
	Węglowodany [g]	70
	Tłuszcz [g]	10,5
4 – BoboVita - bezglutenowa kaszka mleczno-ryżowa, o smaku bananowym	Wartość energetyczna [kcal]	407
	Białko [g]	12
	Węglowodany [g]	75
	Tłuszcz [g]	6,2

Porównanie właściwości sorpcyjnych kaszek wykonano wyznaczając i statystycznie porównując położenie izoterm sorpcji, które następnie poddano transformacji z użyciem dwóch matematycznych modeli: BET (Brunauera, Emmetta i Tellera) [1938] i GAB (Guggenheima, Andersona i de Boera) [Bizot 1983]. Wyznaczone parametry pozwoliły na oszacowanie optymalnej, dla zachowania jakości i bezpieczeństwa w czasie przechowywania, zawartości i aktywności wody oraz określenie zróżnicowania badanych kaszek.

Metody analityczne obejmowały oznaczenie zawartości wody, aktywności wody oraz wyznaczenie izoterm sorpcji metodą statyczno-eksykatorową. Oznaczanie zawartości wody wykonano za pomocą wagosuszarki w temperaturze 393 K (120°C) pod normalnym ciśnieniem. Aktywność wody wyznaczono w aparacie AquaLab (Seria 3 model TE firmy Decagon Devices, Inc., Pullman, WA, USA) o dokładności $\pm 0,003$ w temperaturze 293,15 K (20°C). Izotermę sorpcji wyznaczono metodą statyczno-eksykatorową. Wilgotność względną regulowano za pomocą nasyconych roztworów odpowiednich substancji. Zakres badań obejmował aktywność wody od 0,07 do 0,98, a temperatura badania wynosiła 293,15 K (20°C). Czas ustalania równowagi układu wynosił 7 dni od umieszczenia próbek w eksykatorach. Na podstawie początkowej masy próbek poszczególnych kaszek oraz zmian zawartości wody obliczono równowagowe zawartości wody i wykreślono izotermę adsorpcji. Pomiar aktywności wody w próbkach, po 7 dniach od momentu umieszczenia ich w eksykatorach, wykonano za pomocą aparatu AquaLab [Ociecek i in. 2020].

Zróżnicowanie przebiegu izoterm sorpcji w całym zakresie aktywności wody analizowano statystycznie stosując test t-Studenta różnic między średnimi dla par wiązanych,

uznając za statystycznie istotne różnice na poziomie istotności nie przekraczające wartości $P = 0,05$ [Ocieczek i Ruszkowska 2018].

Właściwości sorpcyjne wyznaczono na podstawie danych empirycznych, które poddano transformacji z zastosowaniem dwóch modeli matematycznych: BET i GAB.

Równanie BET:

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

gdzie:

a_w – aktywność wody (–),

v – równowagowa zawartość wody (g H₂O/100 g s.m.),

v_m – zawartość wody w monowarstwie (g H₂O/100 g s.m.),

C – stała energetyczna [Figura i Teixeira 2007].

Równanie GAB:

$$v = \frac{v_m C K a_w}{(1 - K a_w)(1 - K a_w + C K a_w)}$$

gdzie:

a_w – aktywność wody (–),

v – równowagowa zawartość wody (g H₂O/100 g s.m.),

v_m – zawartość wody w monowarstwie (g H₂O/100 g s.m.),

C – stała energetyczna Guggenheima,

K – stała korygująca właściwości cząsteczek tworzących wielowarstwę w porównaniu do fazy ciekłej [Figura i Teixeira 2007].

Parametry obu równań wyznaczono, stosując regresję nieliniową i algorytm Monte Carlo, a tym samym unikając zatrzymania procesu estymacji przez lokalne minimum. Funkcją celu była minimalizacja sumy kwadratów odchyleń (SKO). Wartości błędów standardowych wyznaczonych parametrów obu równań szacowano przy wykorzystaniu makropolecenia SolverAid bazującego na macierzy Hessego. Przydatność modeli do opisu danych doświadczalnych oceniono na podstawie średniego błędu kwadratowego (RMS) wyrażonego w % [Ocieczek i Schur 2015].

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

gdzie:

N – liczba danych,

v_e – doświadczalna równowagowa zawartość wody (g H₂O/100 g s.m.),

v_o – prognozowana równowagowa zawartość wody (g H₂O/100 g s.m.) [Pałacha i Sas 2016].

Na podstawie wyznaczonej przy użyciu modelu GAB wartości v_m oszacowano powierzchnię właściwą sorpcji a_{sp} jako zależność zachodzącą pomiędzy objętością pary wodnej zaadsorbowanej w temperaturze niższej, od temperatury wrzenia oraz tzw. powierzchnią siadania wody, w oparciu o równanie:

$$a_{sp} = \omega \frac{v_m}{M} N$$

gdzie:

a_{sp} – powierzchnia właściwa sorpcji (m^2/g),

N – liczba Avogadra ($6,023 \cdot 10^{23}$ cząsteczek/mol),

M – masa cząsteczkowa wody (18 g/mol),

ω – powierzchnia siadania wody ($1,05 \cdot 10^{-19} \text{ m}^2/\text{cząsteczkę}$) [Ocieczek i Schur 2015].

Z kolei rozmiary i objętość kapilar badanego materiału wyznaczono dla obszaru kondensacji kapilarnej stosując równanie Kelvina i zakładając cylindryczny kształt kapilar w oparciu o dane po transformacji GAB:

$$\ln a_w = \frac{2\sigma V}{r_k RT}$$

gdzie:

σ – napięcie powierzchniowe cieczy w temperaturze T (N/m),

r_k – promień kapilary (nm),

R – uniwersalna stała gazowa ($\text{kJ/mol} \cdot \text{K}$),

T – temperatura procesu (K),

V – objętość molowa adsorbentu (m^3/mol) [Ocieczek i Schur 2015].

Wyniki i dyskusja

Najczęściej wymienianymi czynnikami, które mają istotne znaczenie podczas przechowywania suchych produktów sypkich są zawartość i aktywność wody, ponieważ decydują one o kierunku oraz dynamice zachodzących w tym czasie procesów. Największą stabilność produkt spożywczy osiąga przy aktywności wody odpowiadającej zawartości wody w monowarstwie [Ocieczek i in. 2020; Ocieczek i Ruszkowska 2018].

Z przeprowadzonych badań wynika, że początkowa zawartość wody w badanych kaszkach była niska i mieściła się w zakresie od 4,35 do 5,17 g H_2O na 100 g s.m.

Tabela 2. Zestawienie średnich zawartości oraz aktywności wody badanych kaszek

Produkt	Zawartość wody [g H_2O /100 g s.m.]	SD [g H_2O /100 g s.m.]	Aktywność wody [-]	SD [-]
1	5,169	0,3340	0,1272	0,0008
2	4,354	0,0700	0,1319	0,0000
3	4,456	0,1464	0,1067	0,0021
4	4,506	0,0164	0,1202	0,0016

Stwierdzono również, że badane próbki kaszek charakteryzowały się niskim (0,11-0,13) poziomem aktywności wody, co decydowało o ich stabilności mikrobiologicznej oraz wskazywało na wysoki stopień związania wody z suchą matrycą kaszek. Wyniki licznych badań [Rahman 2009; Sandle 2016] świadczą, że drobnoustroje wykazują zdolność do namnażania się, jeśli aktywność dostępnej dla nich wody jest wyższa niż 0,6.

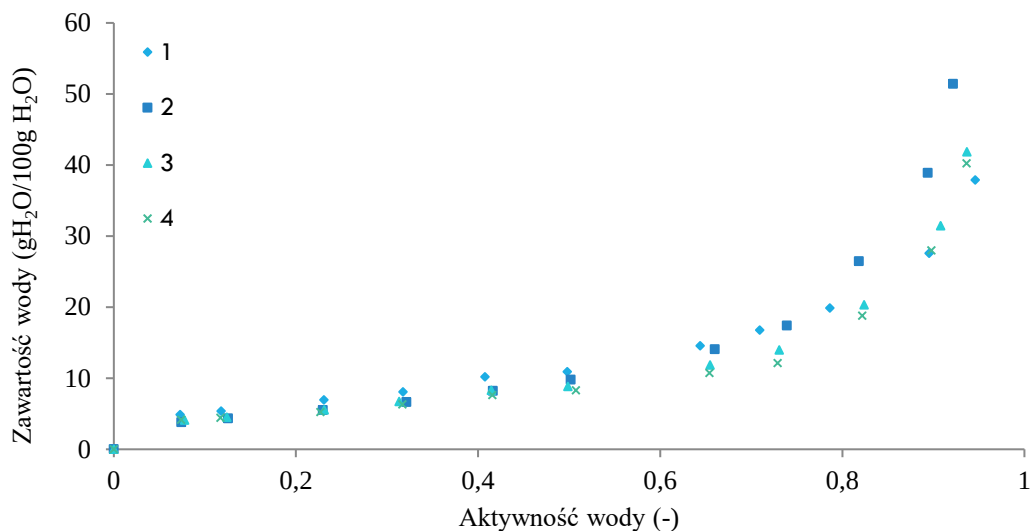
O zdolności matrycy do wiązania wody decyduje przede wszystkim udział substancji o właściwościach hydrofilowych takich jak węglowodany i białka. Według badań Erbas i in. [2005], białka charakteryzują się pięciokrotnie wyższą zdolnością do wiązania wody niż węglowodany. Podkreślić również należy, że obecność tłuszczu może prowadzić do wzmocnienia wiązań wodorowych pomiędzy molekułami wody, co również może przyczynić się do ograniczenia jej aktywności i mobilności [Ocieczek 2021].

Kaszkami o wyższej zawartości tłuszczu były kaszki, w których składzie znajdowało się mleko. Natomiast w kaszkach bezmlecznych zawartość tłuszczu była znacząco niższa. Najwyższą zawartość białka (13 g na 100 g produktu) odnotowano w kaszce numer 1 – Humana - kaszka gryczana. Znacząco niższą (9,4 g na 100 g produktu) tylko w kaszce numer 2 – BoboVita - kaszka zbożowa, o smaku jabłko-śliwka. Kaszką o najwyższej zawartości węglowodanów była kaszka numer 4 - BoboVita-bezglutenowa kaszka mleczno-ryżowa, o smaku bananowym, natomiast o najniższej kaszka 3 – Nestle - kaszka mleczna ryżowo-kukurydziana, o smaku jabłko-banan-morela. Na podstawie powyższych danych można stwierdzić, że stan wody w badanych produktach był wypadkową ich składu chemicznego. Stwierdzenie to wynika z porównania relacji zawartości wody do jej aktywności w poszczególnych kaszkach.

Znajomość kształtu izotermy sorpcji (rys. 1) pozwala na określenie mechanizmu wiązania wody, a także zmian, które mogą wystąpić w czasie przechowywania produktów. Izotermy sorpcji są również podstawą do graficznego oraz statystycznego porównania właściwości sorpcyjnych.

Izotermy sorpcji charakteryzowały się ciągłością przebiegu w całym zakresie a_w , co wskazuje, że w wyniku sorpcji pary wodnej nie następowała zmiana stopnia uporządkowania struktury matrycy. Ponadto cechowały się kształtem typowym dla wielu produktów o dominującym udziale białka oraz skrobi. Wskazywały również na występowanie trzech etapów procesu sorpcji, a mianowicie: ukształtowanie się warstwy monomolekularnej, następnie wielowarstwy oraz ujawnienie się zjawiska kondensacji kapilarnej [Figura i Teixeira 2007].

Różnicowanie właściwości sorpcyjnych poszczególnych kaszek oceniono na podstawie porównania wyników testu t-Studenta dla par wiązanych. Uzyskane wyniki (tab. 3), pozwoliły stwierdzić, że jedynie pomiędzy próbką 1 i 2 oraz 1 i 3 brak jest znaczących różnic w przebiegu izoterm sorpcji.



Rysunek 1. Izotermmy sorpcji badanych kaszek wyznaczone w temperaturze 20°C

Tabela 3. Wyniki testu t-Studenta dla par związanych różnic pomiędzy izotermami

Para izoterm	Obliczona wartość t	Para izoterm	Obliczona wartość t
1-2	1,2560	2-4	2,7726
1-3	0,7098	2-5	2,9610
1-4	2,6790	3-4	3,3875
1-5	2,9760	3-5	4,1688
2-3	2,4681	4-5	2,3974

Zjawiska prowadzące do zmian jakości produktu pod wpływem sorpcji cząsteczek wody cechuje pewna przewidywalność. Toteż dla zapewnienia optymalnych warunków przechowywania takiego produktu można szacować zakresy krytycznych parametrów, czyli temperatury i wilgotności otoczenia, pozwalające na zapewnienie bezpieczeństwa i wysokiej jakości.

Następnym etapem badań było poddanie transformacji danych opisujących izotermmy sorpcji. W pracy zastosowano dwa modele teoretyczne BET i GAB, których parametrom przypisuje się określone cechy fizyczne [Andrade 2011].

Równanie BET pozwala na szacowanie ilości wody, która jest silnie związana przez grupy polarne suchej matrycy, tworząc tym samym monowarstwę (v_m). Aktywność wody odpowiadająca tej ilości charakteryzuje stopień związania molekuł wody z matrycą. Drugim parametrem w tym równaniu jest stała energetyczna (C), określająca różnicę między ciepłem desorpcji z monowarstwy i ciepłem parowania ciekłego adsorbentu. Wyniki oszacowania parametrów modelu BET badanych kaszek zostało przedstawione w tabeli 4.

Tabela 4. Parametry modelu BET badanych kaszek

1			2		
Parametr	Wartość	Błąd	Parametr	Wartość	Błąd
v_m	2,0740	$\pm 0,1528$	v_m	1,6736	$\pm 0,1167$
a_w	0,0311		a_w	0,0328	
C	2,0354	$\pm 0,1032$	C	2,0112	$\pm 0,0962$
SKO	0,0470	$\pm 0,1532$	SKO	0,0273	$\pm 0,1168$
RMS	1,33		RMS	1,67	
3			4		
Parametr	Wartość	Błąd	Parametr	Wartość	Błąd
v_m	1,8436	$\pm 0,0743$	v_m	2,4570	$\pm 0,1276$
a_w	0,0351		a_w	0,0437	
C	1,9183	$\pm 0,0537$	C	1,4995	$\pm 0,0566$
SKO	0,0095	$\pm 0,0689$	SKO	0,0146	$\pm 0,0853$
RMS	0,98		RMS	1,20	

Na podstawie uzyskanych wartości SKO stwierdzono, że model BET dobrze opisywał proces sorpcji pary wodnej. Ponadto uważa się, że modele charakteryzujące się wartością RMS mniejszą niż 10% dobrze odzwierciedlają opisywane wyniki [Pałacha i Sas 2016; Stępień i in. 2020]. Z tego powodu można stwierdzić, że modelowanie z użyciem równania BET przyniosło oczekiwane rezultaty w przypadku wszystkich badanych kaszek.

Pojemność monowarstwy (v_m) służy do określania pojemności sorpcyjnej adsorbentów i jest wskaźnikiem dostępności miejsc polarnych dla pary wodnej, niezależnie od tego, który ze składników jest źródłem grup hydrofilowych [Ociecek i Ruszkowska 2018]. Badane kaszki charakteryzowały się zróżnicowaną (1,67-2,46) wielkością monowarstwy. Wychodząc z założenia, że największą stabilność produkt osiąga przy zawartości wody odpowiadającej wypełnieniu monowarstwy, stwierdzić można, że każdy z badanych produktów powinien być odwadniany do innego poziomu. Woda w ilości odpowiadającej monowarstwie charakteryzuje się małą ruchliwością, nie zamarza nawet w temperaturze -40°C oraz nie jest dostępna jako rozpuszczalnik [Pałacha i Sas 2016; Rahman 2009]. Jest to woda najsilniej związana z matrycą, dlatego jej obecność nie wywołuje zmian hydrolitycznych, ale chroni przed zmianami oksydacyjnymi. Z tego powodu uznaje się, że obecność niewielkiej ilości wody w żywności w proszku jest korzystna pod względem stabilności fizycznej, chemicznej oraz biochemicznej, a jednocześnie niegroźna pod względem mikrobiologicznym, co ma ogromny wpływ na jakość takiej żywności. Ilość wody potrzebnej do uformowania monowarstwy jest zależna od tego, ile na danej powierzchni znajduje się grup

wykazujących właściwości hydrofilowe, a takie właściwości posiadają przede wszystkim białka i węglowodany [Figura i Teixeira 2007].

Badane kaszki dla utrzymania stabilności przechowalniczej wymagają szczelnych opakowań jednostkowych, ponieważ w równowadze dynamicznej pozostawałyby jedynie z atmosferą o bardzo niskiej wilgotności (3,11%-4,37%). Wraz ze wzrostem zawartości wody w żywności w proszku wzrasta dynamika reakcji chemicznych i biochemicznych, poza tym następuje pęcznienie i zmiękczenie substancji, a także rozpuszczanie niektórych składników [Rahman 2009; Ocieczek 2021].

Niskie wartości parametru C wskazują na fizyczny charakter badanego zjawiska (tab. 4). W przypadku adsorpcji chemicznej wartość energii towarzyszącej temu zjawisku znacząco przekracza poziom $20 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ [Atkins 2003].

Model GAB opisuje izotermy w większym zakresie aktywności wody niż model BET i umożliwia przeniesienie otrzymanych wyników do innych temperatur. Równanie GAB pozwala oszacować takie parametry (tab. 5) jak v_m , odpowiadający monowarstwie; C , opisujący stałą energetyczną oraz K , będący stałą proporcjonalności, która określa różnicę standardowego potencjału chemicznego pomiędzy cząsteczkami wody tworzącymi wielowarstwę a tymi, które znajdują się w czystym stanie ciekłym [Andrade 2011].

Według Lewickiego [1997] użyteczność modelu GAB potwierdzają wartości parametru K mieszczące się w zakresie $0,24 \div 1$. Natomiast utrzymanie błędu oszacowania zawartości wody w monowarstwie na poziomie $\pm 15,5\%$ wymaga wartości parametru C większej niż 5,6. Oba warunki zostały spełnione, w każdym z badanych produktów. Poza tym niskie wartości SKO i RMS wskazały, że proces sorpcji pary wodnej przez poszczególne kaszki został opisany za pomocą modelu GAB z dużą dokładnością.

Istotnym parametrem modelu GAB jest wielkość monowarstwy. Uzyskane wyniki wskazują, że znacząco większą monowarstwą charakteryzował się produkt 1 - Humana-kaszka gryczana, natomiast niższą od średniej cechował się produkt 4 - BoboVita-bezglutenowa kaszka mleczno-ryżowa, o smaku bananowym. Wartości a_w odpowiadające zawartości wody tworzącej monowarstwę wskazują na silną zależność pomiędzy zawartością i aktywnością wody.

Według Caurie [2006] wartość $K > 0,5$ wskazuje, że badane zjawisko ma charakter sorpcji wielowarstwowej, a zatem i w tym przypadku przyjąć można, że fizyczny proces sorpcji prowadził do powstawania wielowarstwy na powierzchni cząstek (tab. 5). Tym samym przy odpowiednio wysokim stopniu wysycenia następowała również kondensacja kapilarna, podczas której w pierwszej kolejności wypełnieniu ulegały pory o najmniejszym promieniu kapilar.

Tabela 5. Parametry modelu GAB badanych kaszek

1			2		
Parametr	Wartość	Błąd	Parametr	Wartość	Błąd
v_m	6,7383	$\pm 0,1121$	v_m	4,8035	$\pm 0,0654$
a_w	0,2154		a_w	0,1680	
C	26,0463	$\pm 3,7525$	C	31,7271	$\pm 8,0641$
K	0,8514	$\pm 0,0040$	K	0,9994	$\pm 0,0013$
<i>o.o.k.</i>	126,7		<i>o.o.k.</i>	175,9	
a_{sp}	236,7		a_{sp}	168,8	
r_k	1,61		r_k	1,42	
SKO	0,7010	$\pm 0,2960$	SKO	1,0336	$\pm 0,3594$
RMS	4,39		RMS	7,85	
3			4		
Parametr	Wartość	Błąd	Parametr	Wartość	Błąd
v_m	4,8382	$\pm 0,1092$	v_m	4,2407	$\pm 0,1299$
a_w	0,1589		a_w	0,0884	
C	47,1421	$\pm 17,8080$	C	175,3486	$\pm 278,4936$
K	0,9218	$\pm 0,0038$	K	0,9348	$\pm 0,0049$
<i>o.o.k.</i>	122,3		<i>o.o.k.</i>	112,5	
a_{sp}	170,0		a_{sp}	149,0	
r_k	1,29		r_k	1,16	
SKO	1,2839	$\pm 0,4006$	SKO	2,4478	$\pm 0,5531$
RMS	6,18		RMS	6,92	

Pogłębiona eksploracja wyników pierwotnych pozwoliła również na oszacowanie parametrów charakteryzujących mikrostrukturę powierzchni cząstek badanych proszków takich jak powierzchnia właściwa sorpcji (a_{sp}), ogólna objętość kapilar (*o.o.k.*) ulegających wypełnieniu w wyniku kondensacji kapilarnej oraz promień kapilar, które wypełniają się jako pierwsze na skutek kondensacji (r_k) (tab. 5). Wielkość powierzchni właściwej adsorpcji jest wielkością bardzo różnicującą badane kaszki. Ponadto parametrem różnicującym kaszki pod względem jakości i podatności na przechowywanie była ogólna objętość kapilar. Stąd stwierdzić można, że badane kaszki różniły się pod względem wewnętrznej struktury fizycznej. Wynik ten jest tym bardziej istotny im mniejsza jest zmienność kolejnego

z oszacowanych parametrów badanych kaszek, a mianowicie promień kapilary ulegającej wypełnieniu po zainicjowaniu zjawiska kondensacji kapilarnej. W badanych kaszkach promień kapilary ulegającej wypełnieniu po zainicjowaniu zjawiska kondensacji kapilarnej we wszystkich produktach był zbliżony i mieścił się w zakresie od 1,16 do 1,61. Oznacza to, że cząstki badanych kaszek cechowały się bardzo zróżnicowaną strukturą wewnętrzną.

Badane kaszki znacząco różniły się pod względem właściwości sorpcyjnych, co znalazło wyraz zarówno w opisie graficznym, ale także w wynikach transformacji matematycznych. Uzyskane wyniki wskazują, że zarówno skład chemiczny jak i struktura fizyczna cząstek decydują o właściwościach sorpcyjnych kaszek. Ich stabilność przechowalnicza jest wypadkową tych parametrów.

Podsumowanie

Skład chemiczny badanych produktów różnicował ich właściwości sorpcyjne a tym samym decydował o ich podatności na przechowywanie. Znaczna ilość substancji o właściwościach hydrofilowych takich jak białka oraz węglowodany złożone prowadzi do podwyższenia zdolności koordynowania cząsteczek wody w warstwie powierzchniowej.

Cząsteczki badanych kaszek różniły się pod względem struktury fizycznej co znalazło wyraz w zróżnicowaniu promienia kapilar ulegających wypełnieniu podczas kondensacji oraz wielkości ogólnej objętości tych kapilar.

Użycie matematycznych modeli izoterm sorpcji pozwoliło na porównywanie podatności produktów w proszku na przechowywanie w określonych warunkach.

Zdolność obu równań do opisu procesu sorpcji jest podobna, ale ze względu na szerszy zakres danych pierwotnych wykorzystywany przez równanie GAB należy wskazać je jako bardziej użyteczne.

Badania zostały sfinansowane z WZNJ/2021/PZ/05.

Literatura

1. Andrade R.D., Lemus R.M., Pérez C.C. Models of sorption isotherms for food: uses and limitations. *Vitae, J. Faculty of Pharmaceutical Chemistry*. 2011, 18(3), 325-334.
2. Atkins P.W. *Chemia fizyczna*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2003.
3. Barska A. Millennial consumers in the convenience food market. *Management*. 2018, 22, 1, 251-264.
4. Bizot H. Using the "G.A.B." model to construct sorption isotherms. W: *Physical Properties of Foods* (red. R. Jowitt, F. Escher, B. Hällström, H.F.T. Meffert, W.E.L. Spiess, G. Vos). Applied Science Publishers. New York. 1983. 43-54.
5. Brunauer S., Emmett P.H., Teller E. Adsorption of gases in multimolecular layers. *Journal of the American Chemical Society*. 1938, 60, 2, 309-319.
6. Caurie M. The derivation of the GAB adsorption equation from the BDDT adsorption theory. *International Journal of Food and Technology*. 2006, 41, 173-179.

7. Erbas M., Ertugay M.F. Certel M. Moisture adsorption behaviour of semolina and farina. *Journal of Food Engineering*. 2005, 69, 191-198.
8. Figura L.O. and Teixeira A.A. *Food Physics. Physical Properties, Measurement and Applications*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2007.
9. https://ec.europa.eu/regional_policy/pl/projects/italy/hacking-away-at-the-food-waste-cycle
10. <https://foodfakty.pl/marnotrawstwo-zywnosci-problemem-xxi-wieku>
11. Kuberska D., Suchta K. Zachowania nabywców na rynku certyfikowanej żywności dla niemowląt i małych dzieci. *Zeszyty Naukowe SGGW - Ekonomia i Organizacja Gospodarki Żywnościowej* 2016a, 114, 81-93.
12. Kuberska D., Suchta K. Marka jako determinanta zakupu na rynku certyfikowanej żywności dla niemowląt i małych dzieci. *Marketing i Zarządzanie*. 2016b, 3, 44, 351-360.
13. Lewicki P.P. The applicability of the GAB model to food water sorption isotherms. *International Journal of Food Science & Technology*. 1997, 32(6), 553-557.
14. Ocieczek A. *Podstawy przechowywania żywności dla dietetyków*. Wydawnictwo UMG, Gdynia 2021.
15. Ocieczek A. Ruszkowska M. Porównanie właściwości sorpcyjnych ziarna wybranych odmian komosy ryżowej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*. 2018, 25, 3 (116), 71-88.
16. Ocieczek A., Puksza T., Chilumbo V. Comparison of sorption properties of black pepper of different fineness levels using selected models, *International Agrophysics*. 2020, 34 (2), 161-171.
17. Ocieczek A., Schur J. Ocena wpływu wybranych dodatków na właściwości sorpcyjne miększu pieczywa pszennego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*. 2015, 1 (98), 143-154.
18. Pałacha Z., Sas A. Sorption properties of selected species of rice. *Acta Agrophysica*. 2016, 23 (4), 681-694.
19. Rahman M.S. Food stability beyond water activity and glass transition: macro-micro region concept in the state diagram. *International Journal of Food Properties*. 2009, 12, 726-740.
20. Sandle T. The Important of Water Activity for Risk Assessing Pharmaceutical Products. *Journal of Pharmaceutical Microbiology*. 2016, 2: 1.
21. Stępień A., Witczak M., Witczak T. Moisture sorption characteristics of food powders containing freeze dried avocado, maltodextrin and inulin. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020, 149, 256-261.
22. Szajewska H., Socha P., Horvath A., Rybak A., Dobrzańska A., Borszewska-Kornacka M.K., Chylicka A., Czerwionka-Szaflarska M., Gajewska D., Helwich E., Książyk J., Mojska H., Stolarczyk A., Weker H. *Zasady żywienia zdrowych niemowląt. Zalecenia Polskiego Towarzystwa Gastroenterologii, Hepatologii i Żywienia Dzieci. Standardy medyczne/Pediatrics*. 2014, 11, 321-338.

Badania *in silico* oraz *in vitro* peptydów z hydrolizatów białek żywności w aspekcie profilaktyki zespołu metabolicznego

Monika Pliszka, Małgorzata Darewicz

Katedra Biochemii Żywności, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Streszczenie

Ważną rolę w prawidłowo skomponowanej diecie odgrywa obecnie żywność, która może być stosowana w profilaktyce cywilizacyjnych chorób dietozależnych. Na całym świecie trwają intensywne badania w zakresie identyfikowania i charakteryzowania składników żywności, które regulują funkcjonowanie organizmu człowieka. Należą do nich biologicznie aktywne białka i peptydy pochodzące z żywności. Połączenie metod komputerowych *in silico* i laboratoryjnych *in vitro* może usprawnić procesy pozyskiwania bioaktywnych peptydów z żywności, a także wyeliminować niepożądane cechy gotowych produktów, wpływając na ich jakość, bezpieczeństwo oraz akceptację konsumencką. Celem pracy była charakterystyka hydrolizatów i peptydów z białek żywności pochodzenia roślinnego i zwierzęcego oraz ich aktywności biologicznych, ważnych z punktu widzenia profilaktyki zespołu metabolicznego, oznaczonych z wykorzystaniem metod *in silico* i *in vitro*.

Słowa kluczowe: biologicznie aktywne peptydy, białka żywności, zespół metaboliczny

Wstęp

Białka żywności są niezbędnymi składnikami żywności o szerokim zakresie właściwości odżywczych, funkcjonalnych i biologicznych [Darewicz i in. 2015]. W ciągu ostatnich kilku lat wzrasta zainteresowanie bioaktywnymi peptydami ze względu na ich potencjalną rolę w profilaktyce i wspomaganiu terapii niezakaźnych chorób cywilizacyjnych [Cicero i in. 2017]. Bioaktywne peptydy pochodzące z białek żywności mogą korzystnie wpływać na pracę np. układu sercowo-naczyniowego, trawiennego, hormonalnego, nerwowego czy odpornościowego. Częściowa lub całkowita hydroliza białek przez enzymy proteolityczne może doprowadzić do uwolnienia sekwencji peptydowych o właściwościach biologicznych mających znaczenie w profilaktyce chorób dietozależnych, w tym zespołu metabolicznego [Iwaniak i in 2018].

Występowanie zespołu metabolicznego jest związane z zaburzeniami gospodarki węglowodanowej i lipidowej organizmu oraz z występowaniem stanów prozapalnych i prozakrzepowych sprzyjających rozwojowi m.in. chorób sercowo-naczyniowych, cukrzycy typu 2 i zmian antropometrycznych (otyłości brzusznej). Konsekwencje ryzyka poszczególnych jednostek chorobowych i zaburzeń zespołu metabolicznego ulegają wzajemnemu wzmocnieniu i sumowaniu, przez co zagrożenie niekorzystnymi powikłaniami wzrasta

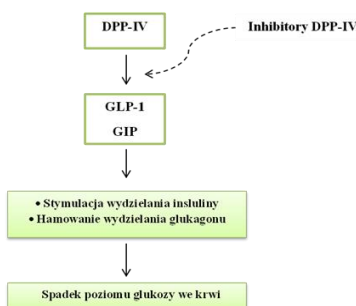
[Miglani i Bains, 2017]. Według danych z ostatnich lat na zespół metaboliczny cierpi w Europie ok. 36% kobiet i ok. 38% mężczyzn [Martin i in. 2015]. Początkowe leczenie i zapobieganie występowaniu zespołu metabolicznego polega przede wszystkim na promocii zdrowego trybu życia z modyfikacją diety oraz zwiększeniem aktywności fizycznej [Iwaniak i in. 2018]. Od kilkunastu lat prowadzone były prace badawcze nad odkryciem nowych bioaktywnych związków o potencjale profilaktycznym w stosunku do syndromu metabolicznego. Takimi związkami mogą być biologicznie aktywne peptydy uwolnione z białek żywności. Do cech charakterystycznych prewencyjnego potencjału biopeptydów z żywności w aspekcie syndromu metabolicznego należy hamowanie enzymów: dipeptydylopeptydazy IV (DPP- IV), α -glukozydazy i konwertazy angiotensyny I (ACE) [Mudgil i in.2020] oraz ich aktywność przeciwutleniająca [Zhao i in. 2020]. Peptydowe inhibitory: DPP IV, α -glukozydazy i ACE oraz peptydy przeciwutleniające regulują odpowiednio stężenie glukozy we krwi, ciśnienie tętnicze krwi oraz równowagę pro- i antyoksydacyjną [Lammi i in. 2019].

Badania z wykorzystaniem metod bioinformatycznych (*in silico*) są coraz powszechniej stosowane do przewidywania i charakterystyki zależności między strukturą, sekwencją a funkcją białek i peptydów żywności [Minkiewicz i in. 2015]. Metody komputerowe wspomagają badania laboratoryjne ograniczając ich czaso- i kosztochłonność. Badania przeprowadzone z wykorzystaniem symulacji komputerowych stanowią coraz częściej pierwszy etap badań w układzie *in silico/in vitro* [Iwaniak i in. 2016].

Peptydowe inhibitory DPP-IV

Ludzka dipeptydylopeptydaza IV (EC.3.4.14.5) jest wielofunkcyjną transbłonową proteazą serynową, znaną przede wszystkim ze względu na zdolność inaktywacji hormonów jelitowych (inkretyn), tj. peptydu glukagonopodobnego (GLP-1) i glukozależnego peptydu insulinotropowego (GIP) [Babji i in. 2014]. Strategią zwiększania aktywności inkretynowej jest dostarczenie z żywnością inhibitorów DPP-IV w celu zapobiegnięcia degradacji hormonów inkretynowych [Drucker i Nauck, 2006]. Ich działanie polega na zwiększeniu wydzielania insuliny z komórek β trzustki do krwioobiegu w zależności od stężenia glukozy [Kim i Egan 2008]. Jednakże ze względu na działanie enzymu DPP-IV, zarówno GIP, jak i GLP-1 mają bardzo krótki okres półtrwania (odpowiednio < 7 i 2 min) [Geloneze i in. 2017]. Inhibitory DPP-IV wydłużają okres półtrwania inkretyn i zwiększają ich stężenie w organizmie [Deacon i Lebovitz, 2016]. W rezultacie zwiększony poziom inkretyn powoduje zahamowanie wytwarzania glukagonu, co z kolei zwiększa wydzielanie insuliny, zmniejsza prędkość opróżniania żołądka i obniża poziom glukozy we krwi. Z tego względu inhibitory DPP-IV mogą wpłynąć na poprawę tolerancji glukozy, u pacjentów z cukrzycą typu 2. Uproszczony schemat działania inhibitorów DPP-IV w kontekście regulacji poziomu glukozy we krwi przedstawiono na rys. 1. W badaniach wykazano, że peptydy powstałe po hydrolizie białek m.in. owsa [Wang i in. 2015], amarantusa [Velarde-Salcedo i in. 2013], kukurydzy [Zhu i in. 2019], mleka krowiego [Nongonierma i in. 2017]

mogą być źródłem inhibitorów DPP-IV. Do chwili obecnej, najbardziej aktywnym inhibitorem DPP-IV, pochodzącym z białek żywności, jest peptyd IPI ($IC_{50} = 1,1 \mu\text{g/ml}$) [Umezawa i in. 1984]. W trypsynowych hydrolizatach globulin owsa zidentyfikowano peptydowe inhibitory DPP IV o sekwencji LQAFEPLR i EFLLAGNNK [Wang i in. 2015]. Di- i pentapeptydy – inhibitory DPP-IV, zidentyfikowano w ekstraktach z dojrzewającej szynki Serrano [Gallego i in. 2014]. Po analizie *in silico* zidentyfikowano cztery peptydy w globulinach amarantusa [f (1-13), f (18-39), f (69-81), f (92-143)], które mogą być odpowiedzialne za działanie hamujące wobec DPP-IV [Velarde-Salcedo i in. 2013].



Rysunek 1. Schemat działania inhibitorów DPP-IV (opracowanie własne)

Peptydowe inhibitory α -glukozydazy

Enzym α -glukozydaza (EC 3.2.1.20) jest kluczowym enzymem, obecnym w obrębie komórek enterocytów w jelicie cienkim, biorącym udział w syntezie i rozkładzie węglowodanów [Yao i in. 2010]. Zhydrolizowane niskocząsteczkowe węglowodany są główną przyczyną podwyższonego poziomu glukozy we krwi [Balan i in. 2017]. Jedną ze strategii naprawczych w cukrzycy typu 2 jest zmniejszenie hiperglikemii poposiłkowej przez zahamowanie działania α -glukozydazy i opóźnienie wchłaniania glukozy w przewodzie pokarmowym (rys. 2). Obecnie stosowane są syntetyczne inhibitory α -glukozydazy, takie jak akarboza, miglitol, woglibose i emiglitat w farmakoterapii cukrzycy i hiperglikemii poposiłkowej. Jednak przewlekłe stosowanie tych doustnych leków może powodować działania niepożądane, takie jak np. wzdęcia, wymioty [Iwaniak i in. 2014]. Dlatego też przeprowadzono wiele badań w celu zidentyfikowania naturalnych źródeł inhibitorów α -glukozydazy. Stwierdzono, że aktywność hamowania α -glukozydazy wykazują peptydy pochodzące m.in. z białek serwatkowych [Babij i in. 2014], czarnej fasoli [Mojica i de Mejia, 2016] czy owsa [Zhang i in. 2015]. Możliwości hamowania α -glukozydazy analizowano także w stosunku do hydrolizatów białek mleka [Iwaniak i in. 2018]. Babij i in. [2014] wykazali, że frakcje peptydów o masie 3-10 kDa otrzymane po hydrolizie białek serwatkowych wykazują zdolność hamowania α -glukozydazy. Z kolei Zambrowicz i in. [2015]

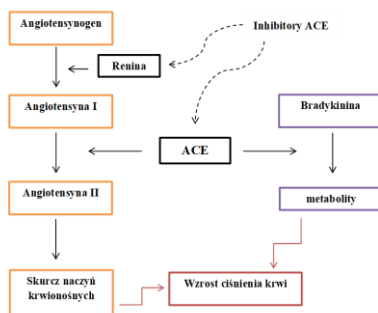
zidentyfikowali peptydowy inhibitor α -glukozydazy o sekwencji LAPSLPGKPKPD w hydrolizacie otrzymanym z białek żółtka jaja kurzego, które stanowiły produkt uboczny po ekstrakcji fosfolipidów za pomocą etanolu.



Rysunek 2. Schemat działania inhibitorów α -glukozydazy (opracowanie własne)

Peptydowe inhibitory ACE

Enzym konwertujący angiotensynę jest karboksypeptydazą dipeptydylową (EC.3.4.15.1). W regulację ciśnienia krwi zaangażowane są dwa układy: tj. renina-angiotensyna-aldosteron (RAA) i kinina-kalikreina (KKS), które przekształcają angiotensynę I w angiotensynę II [Zhang i in. 2018]. Jednak to RAS jest częściej związany z regulacją ciśnienia tętniczego krwi i odgrywa w tym procesie istotną rolę. Angiotensynogen przekształcany jest w angiotensynę I przy udziale reniny, a później angiotensyna I zostaje dodatkowo hydrolizowana do angiotensyny II przez enzym konwertujący angiotensynę, co prowadzi do zwężenia naczyń krwionośnych, a następnie do podwyższenia ciśnienia krwi. Schemat działania ACE przedstawiono na rys. 3. Rolę inhibitorów ACE pełnią leki hipotensyjne (np. captopril, enalapril), które pomimo skuteczności, wywołują niepożądane efekty uboczne [Iwaniak i in. 2014]. Liczne badania dotyczące peptydów obniżających ciśnienie krwi pochodzących z białek żywności wykazały możliwości otrzymania inhibitorów efektywnie hamujących ACE, m.in. z mleka [Ibrahim i in. 2017], mięsa [Ebrahimi i in. 2017] czy ryb [Darewicz i in. 2015]. W przypadku peptydów inhibitorów ACE z białek pochodzenia roślinnego początkowo badania koncentrowały się przede wszystkim na soi [Lee i in. 2018]. Stopniowo badania te rozszerzono włączając do nich białka kukurydzy, pszenicy, ryżu, szpinaku, słonecznika, fasoli, brokułów, ziemniaków czy rzepaku [Garcia-Vaquero i in. 2019]. Hydroliza *in silico* białek owsa z udziałem termolizyny (EC 3.4.24.27) spowodowała uwolnienie inhibitorów ACE, których obecność potwierdzono również po hydrolizie *in vitro* [Cheung i in. 2009].



Rysunek 3. Schemat działania ACE (opracowanie własne)

Peptydy przeciwutleniające

Aktywność przeciwutleniającą białka można zwiększyć przez hydrolizę, ponieważ peptydy mają zwykle większą aktywność przeciwutleniającą niż niehydrolizowane białko [Singh i in. 2013]. Stwierdzono, że w niektórych przypadkach aktywność przeciwutleniająca hydrolizatów białkowych i pojedynczych peptydów pochodzących z zasobów naturalnych jest podobna lub wyższa niż powszechnie stosowanych syntetycznych przeciwutleniaczy [Samaranayaka i Li-Chan, 2008].

Wykazano, że zhydrolizowane białka pochodzenia zwierzęcego i roślinnego mogą charakteryzować się aktywnością przeciwutleniającą. Są to hydrolizaty białek m.in. ryb [Borawska i in. 2016; Toldrá i in. 2020], zbóż i roślin strączkowych [Žilić i in. 2012; Esfandi i in. 2019] czy jaj [Zambrowicz i in. 2015; Benedé i Molina, 2020]. Działanie tych bioaktywnych peptydów można przypisać ich zdolności do wygaszania wolnych rodników, chelatowania jonów metali czy hamowania peroksydacji lipidów [Power-Grant i in. 2013]. Peptydy przeciwutleniające mogą również zwiększać ekspresję białek oraz enzymów zaangażowanych w redukcję stresu oksydacyjnego w ludzkim organizmie [Sohaib i in. 2017]. Zambrowicz i in. [2015] otrzymali peptydy: YINQMPQKSRE, YINQMPQKSREA, VTGRFAGHPAAQ, YIEAVNKVSPRAGQF po działaniu pepsyny na produkty uboczne powstałe po ekstrakcji fosfolipidów z jaja kurzego. Peptydy te charakteryzowały się działaniem multifunkcyjnym, tj. hamowały DPP-IV, α -glukozydazę i ACE a ponadto charakteryzowały się aktywnością przeciwutleniającą. Odnotowania warte są też próby poszukiwania nowych źródeł peptydów przeciwutleniających pochodzenia roślinnego jakim mogą na przykład być hydrolizaty białek kakao [Tovar-Perez i in. 2017].

Metody komputerowe w badaniach białek i peptydów żywności

Coraz częściej w badaniach z zakresu nauki o żywności i żywieniu stosuje się metody i techniki analityczne połączone z technikami komputerowymi [Darewicz i in. 2016]. Metody bioinformatyczne mogą być niedrogi, ale skutecznym sposobem przewidywania obecności, profilowania i selekcji bioaktywnych peptydów z hydrolizatów białkowych [Agyei i in. 2018].

Badania nad peptydami pochodzącymi z białek żywności, w tym identyfikowanie, otrzymywanie i charakterystyka peptydów, jest zadaniem pracochłonnym i czasochłonnym, a zatem może również być nieopłacalne na skalę przemysłową. W celu częściowego usunięcia tych ograniczeń zaczęto stosować metody bioinformatyczne jako element badań wstępnych, mających na celu wskazanie białek z sekwencjami potencjalnie bioaktywnych peptydów oraz enzymów proteolitycznych, których stosowanie zwiększa prawdopodobieństwo uwolnienia bioaktywnych fragmentów [Udenigwe 2014]. Narzędzia *in silico* pozwalają badaczom na skupieniu się na niewielkiej liczbie białek jako źródle peptydów, charakteryzujących się pożądanymi aktywnościami biologicznymi. Metody bioinformatyczne, opierając się na informacjach dostępnych w bazach danych i mając na celu np. określenie częstotliwości występowania bioaktywnych peptydów w białku są przedmiotem coraz większego zainteresowania. Podczas hydrolizy *in silico* wybierane są specyficzne enzymy, które mogą uwolnić z białka macierzystego bioaktywne fragmenty. Strategia ta może zwiększyć wydajność identyfikowania bioaktywnych peptydów pochodzących z białek żywności [Darewicz i in. 2016]. Dodatkowo znajomość niepożądanych atrybutów biologicznych otrzymywanych hydrolizatów (np. alergenicność, cytotoksyczność) jest przydatna, gdy hydrolizaty białek i peptydy mają być składnikiem żywności funkcjonalnej lub suplementem diety [Iwaniak i in. 2018]. Metodami *in silico* można pozyskać wiedzę o peptydach wpływających na smak produktów żywnościowych (np. peptydów nośników goryczki), która jest przydatna przy projektowaniu nowych produktów czy leków doustnych [Iwaniak i in. 2016].

Informacje dotyczące bioaktywnych białek i peptydów a także innych składników żywności są dostępne w internetowych bazach danych [Minkiewicz i in. 2015]. Bazy te zapewniają szybki dostęp do szeregu informacji dotyczących struktury, właściwości białek i ich fragmentów, które mogą odpowiadać za specyficzne funkcje biologiczne. Oprócz danych chemicznych i biochemicznych, bazy danych mogą służyć do przewidywania biologicznej funkcji białek i peptydów. W tabeli 1 przedstawiono bazy bioaktywnych peptydów pochodzących z różnych źródeł, m.in. BIOPEP-UWM, EROP-Moscow.

Jedną z powszechnie używanych baz danych jest baza BIOPEP-UWM, która zawiera cztery zintegrowane ze sobą bazy: białek, biologicznie aktywnych peptydów, peptydów i aminokwasów sensorycznych oraz białek alergennych wraz z epitopami. Baza była wykorzystywana dotąd w badaniach prezentowanych w ponad 500 publikacjach. Baza peptydów zawiera zwięzłe informacje na temat 4311 (dane na dzień 9.06.2021 r.) bioaktywnych sekwencji peptydowych, których aktywność biologiczna została oceniona w warunkach *in vitro/ex vivo/in vivo*. Obecnie BIOPEP-UWM zawiera dane nt. 2245 sekwencji, które mogą odgrywać rolę w profilaktyce zespołu metabolicznego. Są to sekwencje inhibitorów: DPP-IV (427), α -glukozydazy (38), ACE (1052) oraz sekwencje peptydów przeciwtłeniających (728). Większość tych peptydów to sekwencje dwu- i trójaminokwasowe. Po selekcji białek, za pomocą jednej z funkcji w dostępnych bazach danych m.in. w BIOPEP-UWM przeprowadza się hydrolizę *in silico*, która wykorzystuje informacje o miejscach cięcia białek/peptydów przez poszczególne proteazy. To pozwala użytkownikowi wybrać

pojedyncze enzymy lub ich kombinacje, uwzględniając specyficzność enzymów w uwolnieniu peptydów z sekwencji aminokwasowej wybranego białka [Darewicz i in., 2016].

Tabela 1. Przykładowe bazy bioaktywnych peptydów dostępne on-line

Lp.	Nazwa bazy danych	Aktywność biologiczna	Opis bazy danych	Adres strony internetowej
1	ACEpepDB	Przeciwnadciśnieniowa	Peptydy pochodzące z żywności	http://www.cftri.com/pepdb/
2	AHTPDB	Przeciwnadciśnieniowa	Peptydy zebrano na podstawie publikacji i baz danych	http://crdd.osdd.net/raghava/ahtpdb/
3	APD	Wiele aktywności	Peptydy antybakteryjne i antynowotworowe	http://aps.unmc.edu/AP/main.php
4	BACTI-BASE	Antybakteryjna	Bakteriocyny	http://bactibase.pfba-lab-tun.org
5	BAGEL3	Antybakteryjna	Bakteriocyny	http://bagel.molgenrug.nl/
6	BIOPEP-UWM	Wiele aktywności	Peptydy i białka żywności	http://www.uwm.edu.pl/biochemia/
7	CAMP	Antymikrobiologiczna	Białka i peptydy antymikrobiologiczne	http://www.bicnirrh.res.in/antimicrobial/
8	Defensis knowledge-base	Defensyny, antymikrobiologiczna	Peptydy antymikrobiologiczne	http://defensins.bii.astar.edu.sg
9	EROP-Moscow	Wiele aktywności	Endogenne oligopeptydy	http://erop.inbi.ras.ru/
10	Hmrbase	Hormony	Hormony i receptory	http://crdd.osdd.net/raghava/hmrbase/

Podsumowanie

Bioaktywne peptydy i białka można identyfikować za pomocą połączenia metod *in silico* z metodami analitycznymi w tym technikami proteomicznymi/peptydomicznymi obejmującymi spektrometrię mas. W pracy przedstawiono narzędzia i wyniki analiz *in silico*, które w połączeniu z wynikami badań *in vitro* pozwalają na zintegrowane (hybrydowe) ujęcie problemów badawczych dotyczących biopeptydów pochodzących z białek żywności w kontekście syndromu metabolicznego [Iwaniak 2019].

Literatura

1. Agyei D., Tsopmo A., Udenigwe C. C. Bioinformatics and peptidomics approaches to the discovery and analysis of food-derived bioactive peptides. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2018, 410(15), 3463–3472.
2. Babij K., Dąbrowska A., Szołtysik M., Pokora M., Zambrowicz A., Chrzanowska J. The Evaluation of Dipeptidyl Peptidase (DPP)-IV, α -Glucosidase and Angiotensin Converting Enzyme (ACE) Inhibitory Activities of Whey Proteins Hydrolyzed with Serine Protease Isolated from Asian Pumpkin (*Cucurbita ficifolia*). *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, 2014, 20(4), 483–491.
3. Balan K., Rathaa P., Prakash G., Viswanathamurthi P., Adisakwattana S., T. Evaluation of *in vitro* α -amylase and α -glucosidase inhibitory potential of N2O2 schiff base Zn complex. 2017, *Arab J Chem*, 10, 732–738.
4. Benedé S., Molina E. Chicken Egg Proteins and Derived Peptides with Antioxidant Properties. 2020, *Foods*, 9(6): 735.
5. Borawska J., Darewicz M., Vegarud G. E., Minkiewicz, P. Antioxidant properties of carp (*Cyprinus carpio* L.) protein *ex vivo* and *in vitro* hydrolysates. 2016, *Food Chemistry*, 194
6. Cheung I.W.Y, Nakayama S., Hsu M.N.K., Samaranayaka A.G.P., L. E. Angiotensin-I converting enzyme inhibitory activity of hydrolysates from oat (*Avena sativa*) proteins by *in silico* and *in vitro* analyses. *J Agric Food Chem*, 2009, 57(19), 9234–9242.
7. Cicero A. F. G., Fogacci F., Colletti A. Potential role of bioactive peptides in prevention and treatment of chronic diseases: a narrative review. 2017, *British Journal of Pharmacology*, 174(11), 1378–1394.
8. Darewicz M., Borawska J., Minkiewicz P., Iwaniak A., Starowicz P. Biologicznie aktywne peptydy uwalniane z białek żywności. 2015, *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość/Food. Science Technology. Quality*, 22(3), 26–41.
9. Darewicz M., Borawska J., Pliszka M. Carp proteins as a source of bioactive peptides - An *in silico* approach. 2016, *Czech Journal of Food Sciences*, 34(2), 111–117.
10. Deacon C. F., Lebovitz H. E. Comparative review of dipeptidyl peptidase-4 inhibitors and sulphonylureas. 2016, *Diabetes, Obesity and Metabolism*, 18(4), 333–347.
11. Drucker D. J., Nauck M. A. The incretin system: glucagon-like peptide-1 receptor agonists and dipeptidyl peptidase-4 inhibitors in type 2 diabetes. 2006, *Lancet*, 368(9548), 1696–1705.
12. Ebrahimi L., Ai J., Alizadeh A., Shariaty M. Imminent Angiotensin-converting Enzyme Inhibitor from Microbial Source for Cancer Therapy. 2017, *Int J Prev Med.*, 8(80).
13. Esfandi R., Walters M.E., Tsopmo A. Antioxidant properties and potential mechanisms of hydrolyzed proteins and peptides from cereals. 2019, 5(4), e01538.

14. Gallego M., Aristoy M. C., Toldrá F. (2014). Dipeptidyl peptidase IV inhibitory peptides generated in Spanish dry-cured ham. 2014, *Meat Science*, 96(2), 757–761.
15. Geloneze B., de Lima-Júnior J. C., Velloso L. A. (2017). Glucagon-Like Peptide-1 Receptor Agonists (GLP-1RAs) in the Brain–Adipocyte Axis. 2017, *Drugs*, 77(5), 493–503.
16. Ibrahim M. A., Bester M. J., Neitz A. W. H., Gaspar A. R. M. Structural properties of bioactive peptides with α -glucosidase inhibitory activity. 2018, *Chemical Biology & Drug Design*, 91(2), 370–379.
17. Iwaniak A., Darewicz M., Minkiewicz P. Peptides Derived from Foods as Supportive Diet Components in the Prevention of Metabolic Syndrome. 2018, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(1), 63–81.
18. Iwaniak A., Minkiewicz P., Darewicz M. Food-originating ACE inhibitors, including antihypertensive peptides, as preventive food components in blood pressure reduction. 2014, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(2), 114–134.
19. Iwaniak A., Minkiewicz P., Darewicz M., Hryniewicz M. Food protein-originating peptides as tastants - Physiological, technological, sensory, and bioinformatic approaches. 2016, *Food Research International*, 89, 27–38.
20. Kim W., Egan J. M. The Role of Incretins in Glucose Homeostasis and Diabetes Treatment. 2008, *Pharmacological Reviews*, 60(4), 470–512.
21. Lammi C., Aiello G., Boschini G., Arnoldi A. Multifunctional peptides for the prevention of cardiovascular disease: A new concept in the area of bioactive food-derived peptides. 2019, *J Funct Foods*, 55, 135–145.
22. Martin K. A., Mani M. V., Mani A. New targets to treat obesity and the metabolic syndrome. 2015, *European Journal of Pharmacology*, 763, 64–74.
23. Miglani N., Bains K. Interplay between proteins and metabolic syndrome—A review. 2017, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(12), 2483–2496.
24. Minkiewicz P., Darewicz M., Iwaniak A., Sokołowska J., Starowicz P., Bucholska J., Hryniewicz M. Common amino acid subsequences in a universal proteome-relevance for food science. 2015, *International Journal of Molecular Sciences*, 16(9), 20748–20773.
25. Mojica L., de Mejía E. G. Optimization of enzymatic production of anti-diabetic peptides from black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) proteins, their characterization and biological potential. 2016, *Food and Function*, 7(2), 713–727.
26. Mudgil P., Kilari B.P., Kamal H., Olalere O.A., FitzGerald R.J., Gan C.-Y., Maqsood S. Multifunctional bioactive peptides derived from quinoa protein hydrolysates: Inhibition of α -glucosidase, dipeptidyl peptidase-IV and angiotensin I converting enzymes. 2020, *J Cereal Sci*, 96, 103130.
27. Power-Grant O., Jakeman P., Fitzgerald R. J. Antioxidative peptides: Enzymatic production, *in vitro* and *in vivo* antioxidant activity and potential applications of milk-derived antioxidative peptides. 2013, *Amino Acids*, 44(3), 797–820.

28. Samaranayaka A. G. P., Li-chan E. C. Y. Autolysis-assisted production of fish protein hydrolysates with antioxidant properties from Pacific hake (*Merluccius productus*). *Food Chemistry*. 2008, 107, 768–776.
29. Singh R., De S., Belkheir A. *Avena sativa* (Oat), A Potential Nutraceutical and Therapeutic Agent: An Overview. 2013, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(2), 126–144.
30. Sohaib M., Anjum F. M., Sahar A., Arshad M. S., Rahman U. U., Imran A., Hussain S. Antioxidant proteins and peptides to enhance the oxidative stability of meat and meat products: A comprehensive review. 2017, *International Journal of Food Properties*, 20(11), 2581–2593.
31. Toldrá F., Marta Gallego M., Milagro Reig M., Aristoy M.-C., Mora L. Recent Progress in Enzymatic Release of Peptides in Foods of Animal Origin and Assessment of Bioactivity. 2020, *J. Agric. Food Chem.* 68(46), 12842–12855.
32. Tovar-Pérez E. G., Guerrero-Becerra L., Lugo-Cervantes E. Antioxidant activity of hydrolysates and peptide fractions of glutelin from cocoa (*Theobroma cacao* L.) seed. 2017, *CyTA - Journal of Food*, 15:4, 489–496
33. Udenigwe C. C. (2014). Bioinformatics approaches, prospects and challenges of food bioactive peptide research. *Trends in Food Science and Technology*, 36(2), 137–143.
34. Umezawa H., Takaaki A., Keiji O., Hiroshi N., Masa H., Tomio T. Diprotins a and b, inhibitors of dipeptidyl aminopeptidase iv, produced by bacteria. 1984, *Journal of Antibiotics*, XXXVII (4), 422–25.
35. Velarde-Salcedo A. J., Barrera-Pacheco A., Lara-González S., Montero-Morán G. M., Díaz-Gois A., González De Mejia E., Barba De La Rosa A. P. *In vitro* inhibition of dipeptidyl peptidase IV by peptides derived from the hydrolysis of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.) proteins. 2013, *Food Chemistry*, 136(2), 758–764.
36. Wang F., Yu G., Zhang Y., Zhang B., Fan J. Dipeptidyl Peptidase IV Inhibitory Peptides Derived from Oat (*Avena sativa* L.), Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*), and Highland Barley (*Hordeum vulgare trifurcatum* (L.) Trofim) Proteins. 2015, *J Agric Food Chem.* 63(43), 9543–9549.
37. Yao Y., Sang W., Zhou M., Ren G. Antioxidant and α -glucosidase inhibitory activity of colored grains in China. 2010, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(2), 770–774.
38. Zambrowicz A., Eckert E., Pokora M., Bobak Ł., Dąbrowska A., Szołtysik M., Trziszka T., Chrzanowska J. Antioxidant and antidiabetic activities of peptides isolated from a hydrolysate of an egg-yolk protein by-product prepared with a proteinase from Asian pumpkin (*Cucurbita ficifolia*). 2015, *RSC Advances* 5(14), 10460–10467.
39. Zhang H., Wang J., Liu Y., Sun B. Peptides Derived from Oats Improve Insulin Sensitivity and Lower Blood Glucose in Streptozotocin-Induced Diabetic Mice Abstract. 2015, *Journal of Biomedical Sciences*, 1, 1–7.

40. Zhang Q., Song C., Zhao J., Shi X., Sun M., Liu J., Fu Y., Jin W., Zhu, B. Separation and characterization of antioxidative and angiotensin converting enzyme inhibitory peptide from jellyfish gonad hydrolysate. 2018, *Molecules*, 23(1).
41. Zhao Y., Zhao Q., Lu Q. Purification, structural analysis, and stability of antioxidant peptides from purple wheat bran. 2020, *BMC Chemistry*, 14(58).
42. Zhu B., He H., Hou T. A Comprehensive Review of Corn Protein-derived Bioactive Peptides: Production, Characterization, Bioactivities, and Transport Pathways. 2019, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(1), 329–345
43. Žilić S., Serpen A., Akillioğlu G., Gökmen V., Vančetović J. Phenolic compounds, carotenoids, anthocyanins, and antioxidant capacity of colored maize (*Zea mays* L.) kernels. 2012, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(5), 1224–1231.

Badanie nawyków i zwyczajów żywieniowych wybranej populacji w kontekście ryzyka rozwoju przewlekłych chorób niezakaźnych

Urszula Pomietło, Natalia Imburska, Ewa Piątkowska

*Katedra Żywienia Człowieka i Dietetyki, Wydział Technologii Żywności,
Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie*

Streszczenie

Z roku na rok coraz większy odsetek Polaków umiera z powodu przewlekłych chorób niezakaźnych. Są to przede wszystkim choroby układu sercowo-naczyniowego, otyłość, cukrzyca czy nowotwory. Istotnymi czynnikami zmniejszającym ryzyko rozwoju tych schorzeń jest stosowanie odpowiednio zbilansowanej oraz urozmaiconej diety, aktywność fizyczna i zdrowy styl życia, które bezpośrednio przekładają się na poprawę stanu zdrowia. Świadomość znaczenia podejmowanych wyborów żywieniowych jest więc kluczowa w prewencji przewlekłych chorób niezakaźnych.

Celem pracy była ocena wpływu żywienia w kontekście ryzyka występowania przewlekłych chorób niezakaźnych.

Narzędziem badawczym była ankieta umieszczona w mediach społecznościowych, która uwzględniała styl życia badanych, ocenę częstości spożycia wybranych produktów oraz ocenę świadomości na temat czynników ryzyka przewlekłych chorób niezakaźnych. W badaniu wzięło udział 156 osób (117 kobiet i 39 mężczyzn). Wśród badanych chorujących na przewlekłe choroby niezakaźne zaobserwowano tendencję do wysokiego spożycia tłuszczów zwierzęcych, słodczy i słonych przekąsek, przy jednoczesnym niskim spożyciu warzyw i owoców, pełnoziarnistych produktów zbożowych i tłuszczów roślinnych. Wśród osób chorujących na przewlekłe choroby niezakaźne zauważono częstsze występowanie tych schorzeń w rodzinie. Stwierdzono ciągłą potrzebę edukacji żywieniowej w celu profilaktyki przewlekłych chorób niezakaźnych.

Słowa kluczowe: choroby niezakaźne, wpływ żywienia, styl życia, dieta

Wstęp

Przewlekłe choroby zakaźne obejmują szeroką grupę schorzeń, którą można jednak zawęzić do najczęściej występujących w populacji chorób układu sercowo-naczyniowego, otyłości, cukrzycy czy nowotworów. Coraz szerzej w środowiskach naukowych przewlekłe choroby niezakaźne rozpatrywane są jako ogólnoświatowy problem zdrowotny i ekonomiczny, przekładający się na dobrobyt społeczeństw. Rocznie z powodu tych chorób na świecie umiera około 41 milionów osób, z czego najwięcej zgonów powodują choroby układu sercowo-naczyniowego [WHO 2021]. W obliczu nowych okoliczności związanych z pandemią COVID-19 przewlekłe choroby niezakaźne stały się głównym celem profilak-

tyki. Niedawno przeprowadzony we Włoszech raport ujawnił, że większość (96,2%) pacjentów, którzy zmarli w szpitalu z powodu COVID-19, miała choroby współistniejące, głównie przewlekłe choroby niezakaźne [Deiana i in. 2020]. Najczęściej występującymi NCD (non-communicable diseases) wśród tych pacjentów były: nadciśnienie (69,2%), cukrzyca typu 2 (31,8%), choroba niedokrwienna serca (28%), przewlekła obturacyjna choroba płuc (16,9%) i nowotwory (16,3%) [Deiana i in. 2020]. W Chinach pacjenci, którzy ciężko przeszli COVID-19 oraz osoby, które go nie przeżyły, zazwyczaj miały wysoki wskaźnik BMI ($>25 \text{ kg/m}^2$) [Peng i in. 2020].

Według danych Światowej Organizacji Zdrowia, szacuje się, że w Polsce przewlekłe choroby niezakaźne odpowiadają za 90% wszystkich zgonów w ciągu roku [WHO 2021]. W rozwoju przewlekłych chorób niezakaźnych największe znaczenie ma sześć czynników: wysokie ciśnienie krwi, palenie tytoniu, wysoki poziom glukozy we krwi, brak aktywności fizycznej, nadmierna masa ciała oraz hipercholesterolemia. Czynniki te związane są w sposób pośredni i bezpośredni ze stylem życia. Zwiększone ryzyko tych chorób jest powiązane z globalizacją, urbanizacją, zmianami demograficznymi oraz zmianami stylu życia [Narayan i in. 2010].

Najnowsze zalecenia wydane przez Narodowe Centrum Edukacji Żywnościowej uprościły wizualnie najistotniejsze fragmenty piramidy żywienia, zastępując ją „Talerzem Zdrowego Żywienia”, który ma ułatwić codzienne radzenie sobie z bilansowaniem naszych posiłków. Wskazywane są produkty które należy ograniczyć i zwiększyć w diecie, jednocześnie z uwzględnieniem alternatyw. Podkreślana jest rola aktywności fizycznej w dążeniu do zdrowia. Wszystkie te składowe dają całokształt zdrowego stylu życia, kluczowego dla zmniejszenia ryzyka i powikłań przewlekłych chorób niezakaźnych [NCEŻ 2020].

Cel pracy

Celem pracy była ocena świadomości badanej populacji na temat czynników ryzyka przewlekłych chorób niezakaźnych, poprzez przeprowadzenie badań ankietowych dotyczących sposobu odżywiania, stylu życia oraz świadomości na temat czynników ryzyka przewlekłych chorób niezakaźnych.

Metodyka

W skład grupy badawczej wchodziło 156 osób z różnych części Polski, w tym 117 kobiet oraz 39 mężczyzn w wieku od 18-78 lat. Do analizy i opracowania wyników respondenci zostali dodatkowo podzieleni na dwie grupy wiekowe: poniżej 30 roku życia oraz powyżej 30 roku życia.

Ocenę świadomości na temat czynników ryzyka przewlekłych chorób niezakaźnych przeprowadzono na podstawie ankiety internetowej, zawierającej pytania zamknięte oraz otwarte. Uwzględniono w niej podstawowe pytania identyfikujące ankietowanego, które dotyczyły masy ciała, wzrostu, miejsca zamieszkania czy stopnia wykształcenia. Oceniono także występowanie, rodzaj oraz ilość przewlekłych chorób niezakaźnych u respondentów lub ich najbliższej rodziny czy znajomych. Osoby biorące udział w badaniu otrzymały również pytania dotyczące aktywności fizycznej, świadomości znaczenia diety w kontekście

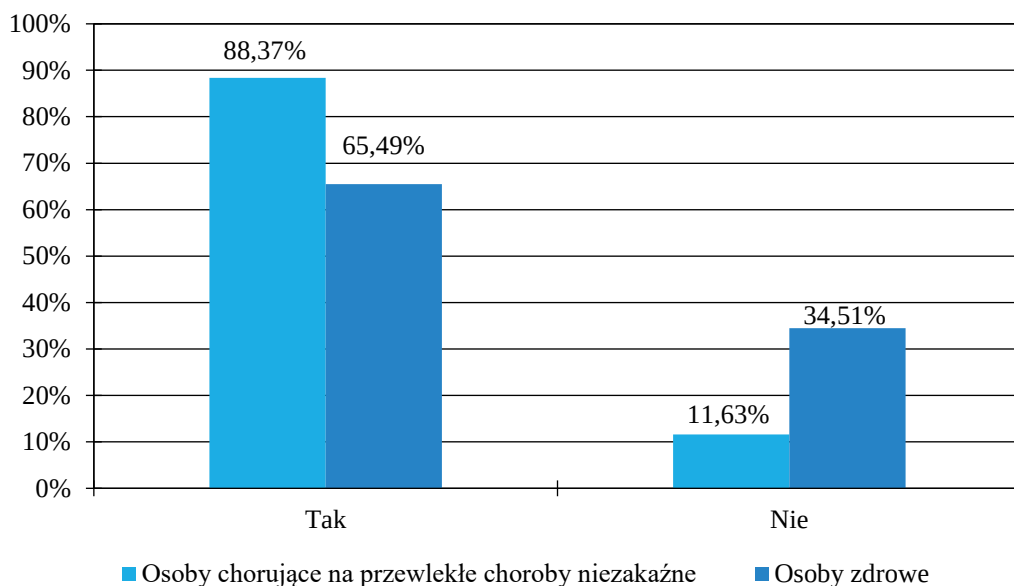
ryzyka wystąpienia przewlekłych chorób niezakaźnych, źródeł wiedzy z których czerpią informacje na temat zdrowego żywienia oraz poproszono ich o ocenę swojego sposobu żywienia. Główna część ankiety skupiała się na częstości spożywania produktów żywnościowych oraz ilości spożywanych posiłków w ciągu dnia.

Wyniki zostały opracowane przy użyciu programu STATISTICA na postawie testu zależności chi kwadrat. Różnice między wynikami były uznawane za istotne statystycznie przy $p < 0,05$.

Wyniki i dyskusja

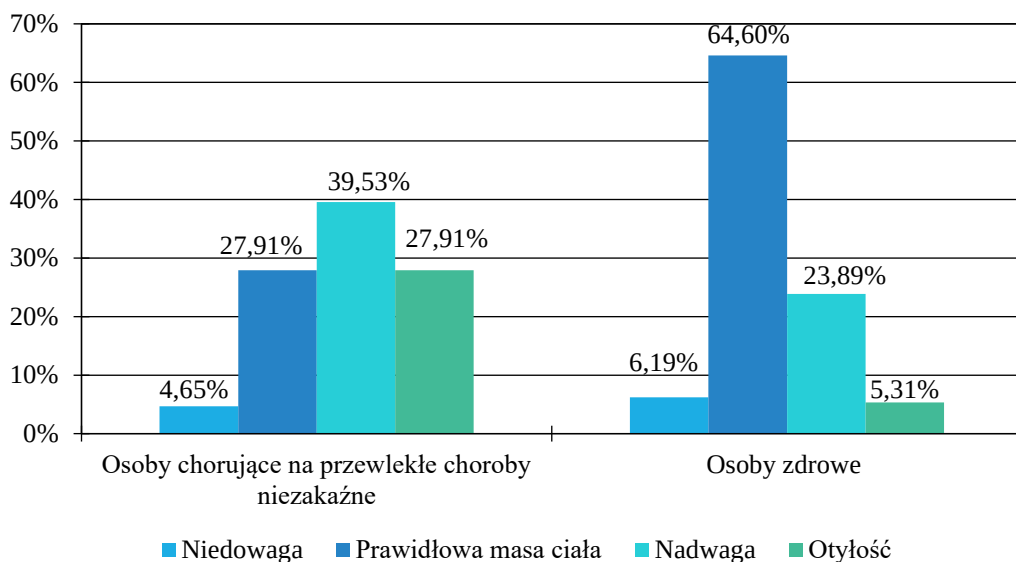
Pytania metryczkowe umożliwiły określenie cech społeczno-demograficznych respondentów, czyli uzyskanie niezbędnych podstawowych informacji o ankietowanym. Pierwszą zasadniczą cechą o jaką pytano, była płeć osoby biorącej udział w ankiecie. Przeważającą część badania stanowiły kobiety (75%), w stosunku do nielicznej grupy mężczyzn (25%). Umożliwiono również wprowadzenie wartości swojej masy ciała oraz wzrostu, z których następnie wyliczono wskaźnik BMI. Podział ze względu na wiek był stosunkowo równomierny, z niewielką przewagą osób powyżej 30 roku życia. Osoby, które wzięły udział w badaniu, zamieszkują różne obszary Polski, dominująca część ankietowanych wskazywała miasto do 100 tys. mieszkańców, następnie wieś oraz miasto powyżej 250 tys. mieszkańców. Sumarycznie przeważała jednak ilość ankietowanych zamieszkujących miasta, w stosunku do tych zamieszkujących wsie. Dodatkowo, ankietowani zostali zapytani o posiadane wykształcenie, gdzie ponad połowa odpowiadała, iż posiada wykształcenie wyższe, blisko 40% respondentów posiada wykształcenie średnie, a resztę stanowiły osoby o wykształceniu zasadniczym zawodowym i gimnazjalnym.

Wśród respondentów blisko 1/3 osób cierpi na przewlekłą chorobę niezakaźną, a ponad 3/4 badanych posiada bliską osobę (wśród rodziny lub znajomych), którzy chorują na jedną lub więcej z tych chorób. Osoby chorujące na przewlekłą chorobę niezakaźną, na pytanie dotyczące wskazania choroby, którą zdiagnozowano najczęściej wymieniały na równi otyłość oraz choroby układu sercowo-naczyniowego, następnie cukrzycę typu 2 i choroby nowotworowe. Jednym z czynników mających znaczny wpływ na zwiększenie ryzyka wystąpienia tych schorzeń są predyspozycje genetyczne. Blisko 88,37% chorujących oraz 65,49% niechorujących ankietowanych odpowiedziało, że w rodzinie występują przewlekłe choroby niezakaźne, a obserwowane różnice między wynikami są istotne statystycznie ($p = 0,0045$). Podobne wyniki wykazało inne badanie, w którym 78% osób chorujących na przewlekłe choroby niezakaźne potwierdziło występowanie tych chorób w rodzinie [Śmidowicz i Reguła 2016]. Świadomość społeczeństwa na temat zdrowego stylu życia i jego działania na zapobieganie chorobom wzrosła w ostatnich latach. Niestety nie zawsze przekłada się to na wybory żywieniowe. Bardzo często w praktyce sposób odżywiania jest niezgodny z zaleceniami [Goryńska-Goldman i Ratajczak 2010].



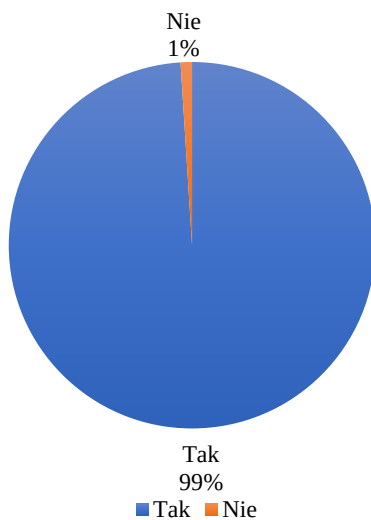
Rysunek 1. Czy ktoś z Twojej rodziny cierpiał lub cierpi z powodu przewlekłej choroby niezakaźnej?

Nadwaga oraz otyłość zwiększają ryzyko powstania przewlekłych chorób niezakaźnych [WHO 2021]. Brak lub zbyt mały wysiłek fizyczny jest czynnikiem rozwoju wyżej wymienionych chorób. Instytut Żywności i Żywienia rekomenduje, aby codziennie poświęcać na aktywność fizyczną co najmniej 30-45 minut. Osoby cierpiące na choroby układu sercowo-naczyniowego (chorobę niedokrwienną serca, nadciśnienie tętnicze, zaburzenia lipidowe) charakteryzowały się małą lub średnią aktywnością fizyczną [Pudło i Respondek 2014]. Najprostszym i najtańszym miernikiem służącym do oceny masy ciała u osób dorosłych jest wskaźnik BMI (Body Mass Index). Ma on jednak swoje ograniczenia, przez co nie może być stosowany odrębnie jako forma oceny ryzyka wystąpienia przewlekłych chorób niezakaźnych. W przypadku leczenia nowotworów często następuje utrata masy ciała, natomiast w wypadku cukrzycy typu II jej wzrost, dlatego ważne jest uwzględnienie innych zmiennych (czynnik WHR, analiza składu ciała) w trakcie procesu leczniczego [Abarca-Gómez i in. 2017]. Na podstawie odpowiedzi na pytania „Masa ciała” oraz „Wzrost” został obliczony wskaźnik BMI dla każdego z ankietowanych. Wyniki ankiety pokazały, że osoby chorujące na przewlekłe choroby niezakaźne najczęściej znajdują się w przedziale BMI wskazującym na nadwagę. Natomiast osoby zdrowe najczęściej posiadają wskaźnik BMI świadczący o prawidłowej masie ciała. Obserwowane różnice między wynikami są istotne statystycznie ($p = 0,00002$).

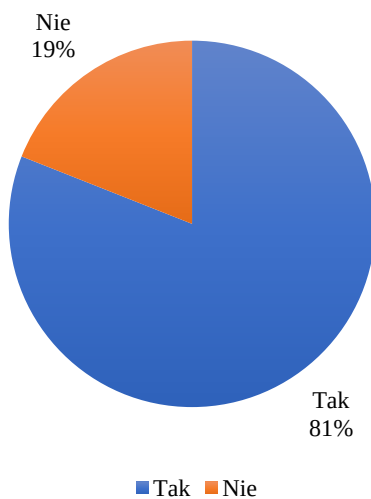


Rysunek 2. Rozkład osób w grupach chorujących i niechorujących na przewlekłe choroby niezakaźne według wskaźnika BMI.

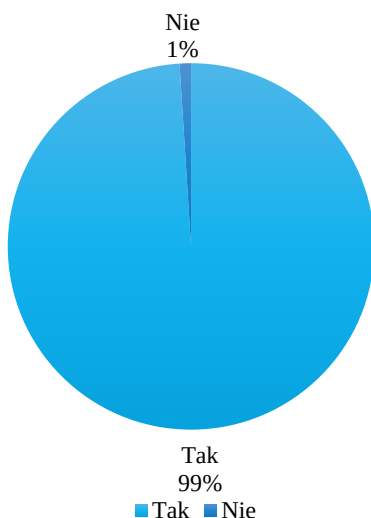
Badania pokazują, że nieprawidłowy sposób odżywiania wraz z niską aktywnością fizyczną oraz stosowaniem używek są głównymi czynnikami rozwoju przewlekłych chorób niezakaźnych [Kłosiewicz-Latoszek 2009]. Wśród ankietowanych zdecydowana większość osób jest świadoma tego, że dieta, aktywność fizyczna oraz stosowanie używek (jak alkohol czy papierosy) ma wpływ na wystąpienie przewlekłych chorób niezakaźnych. Należy jednak zaznaczyć, iż blisko jedna na pięć badanych osób uważa, iż aktywność fizyczna nie ma wpływu na ryzyko wystąpienia wyżej wymienionych schorzeń.



Rysunek 3. Czy uważasz, że nieodpowiedni sposób żywienia może doprowadzić do wystąpienia przewlekłych chorób niezakaźnych?

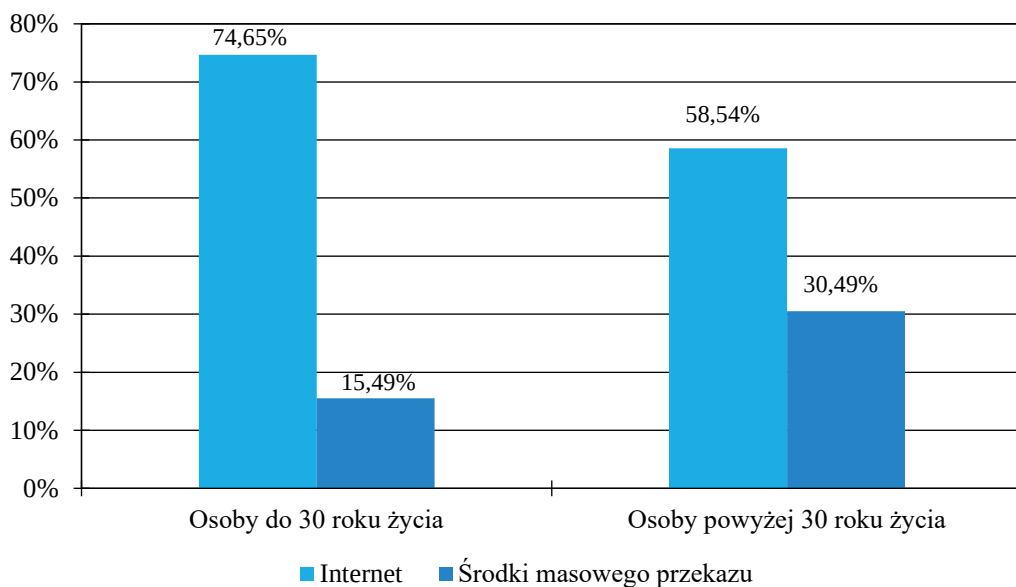


Rysunek 4. Czy uważasz, że aktywność fizyczna może mieć wpływ na występowanie przewlekłych chorób niezakaźnych?



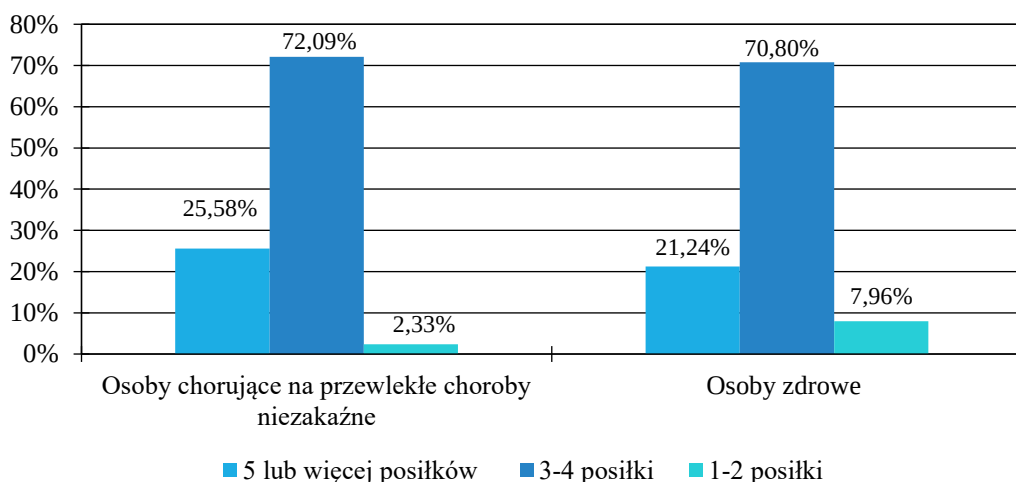
Rysunek 5. Czy uważasz, że stosowanie używek, jak papierosy czy alkohol, może prowadzić do występowania przewlekłych chorób niezakaźnych?

Różnice pokoleniowe przejawiają się w różnych sferach życia, w tym przypadku pokazując rolę Internetu oraz środków masowego przekazu w kreowaniu świadomości żywieniowej badanej grupy Polaków, co pokazuje rys. 6. Na podstawie wyników ankiet można stwierdzić, że osoby do 30 roku życia częściej czerpią wiedzę na temat zdrowego odżywiania z Internetu niż osoby starsze (powyżej 30 roku życia), które jako źródło swojej wiedzy częściej wskazywały środki masowego przekazu. Obserwowane różnice nie były istotne statystycznie (dla odpowiedzi „Internet” $p = 0,35$, dla odpowiedzi „Środki masowego przekazu” $p = 0,29$).



Rysunek 6. Skąd czerpiesz wiedzę na temat zdrowego odżywiania?

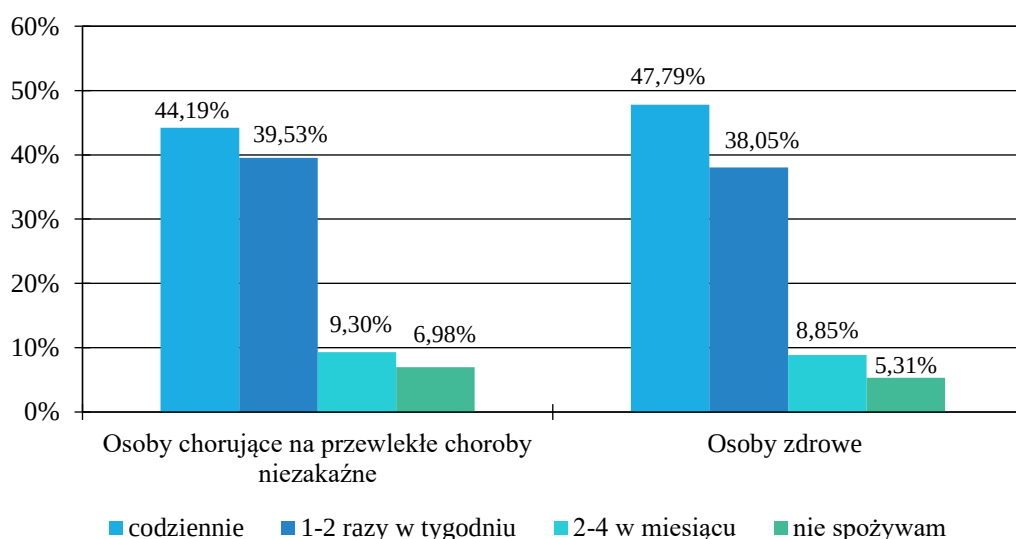
Szereg przewlekłych chorób niezakaźnych ma swoje korzenie w długotrwałych, utrwalanych w czasie oraz świadomości nawykach żywieniowych. Trudności sprawia „przestawienie się” na zdrowe produkty, systematyczność posiłków, czy powstrzymanie się od podjadania. Na pytanie „Ile posiłków spożywasz w ciągu dnia” zarówno wśród osób chorujących na przewlekłe choroby niezakaźne, jak i zdrowych najczęstszą odpowiedzią była odpowiedź 3-4 posiłki. Obserwowane różnice między wynikami nie są istotne statystycznie ($p = 0,40$).



Rysunek 7. Ile posiłków spożywasz w ciągu dnia?

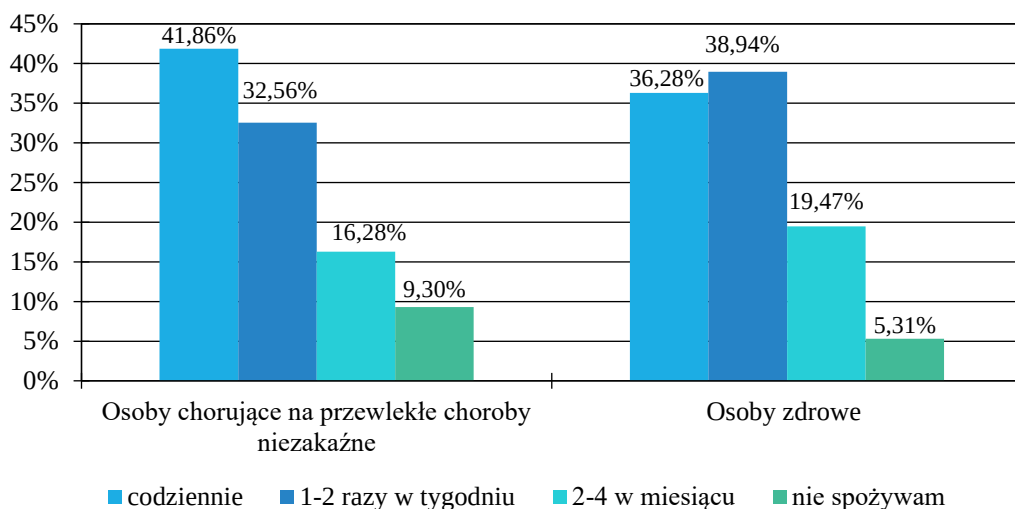
Zalecenia żywieniowe w prewencji chorób przewlekłych wskazują, że w codziennej diecie powinno się zastąpić spożycie tłuszczów pochodzenia zwierzęcego tłuszczami roślinnymi, zwiększyć spożycie ryb do 2 razy w tygodniu, spożycie warzyw i owoców powinno wynosić 400 g dziennie (każde dodatkowe włączenie warzyw i owoców do diety powoduje zmniejszenie ryzyka incydentów sercowo-naczyniowych o 4% oraz udaru mózgu o 5%). Dodatkowo, w diecie każdego dnia powinny znaleźć się produkty, które są źródłem witamin o działaniu przeciwutleniającym, przede wszystkim witaminy C, E, beta-karotenu oraz witamin, które biorą udział w metabolizmie homocysteiny (kwas foliowy, witaminy z grupy B). Warto również zadbać o odpowiednią podaż błonnika, ponieważ jest on ważnym składnikiem w zapobieganiu oraz leczeniu cukrzycy, otyłości, chorób układu sercowo-naczyniowego czy niektórych nowotworów [Kłosiewicz-Latoszek 2009]. Rzeczywistość różni się jednak z teorią, co przedstawiają poniższe dane.

Osoby zdrowe oraz chorujące na przewlekłe choroby niezakaźne najczęściej określały, że spożywają mleko i produkty mleczne codziennie. Obserwowane różnice między wynikami nie są istotne statystycznie ($p = 0,97$).



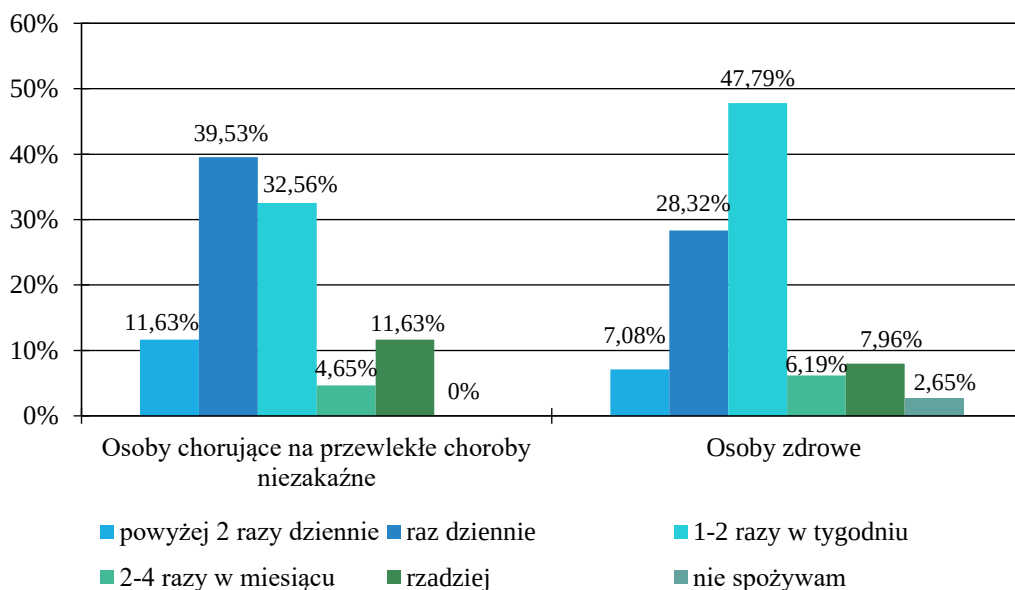
Rysunek 8. Jak często spożywasz mleko i przetwory mleczne?

Na pytanie dotyczące częstości spożycia mięsa osoby chorujące na przewlekłe choroby niezakaźne najczęściej zaznaczały odpowiedź „codziennie”, natomiast osoby zdrowe odpowiedź „1-2 razy w tygodniu”. Obserwowane różnice nie są istotne statystycznie ($p = 0,67$).



Rysunek 9. Jak często spożywasz mięso i jego przetwory?

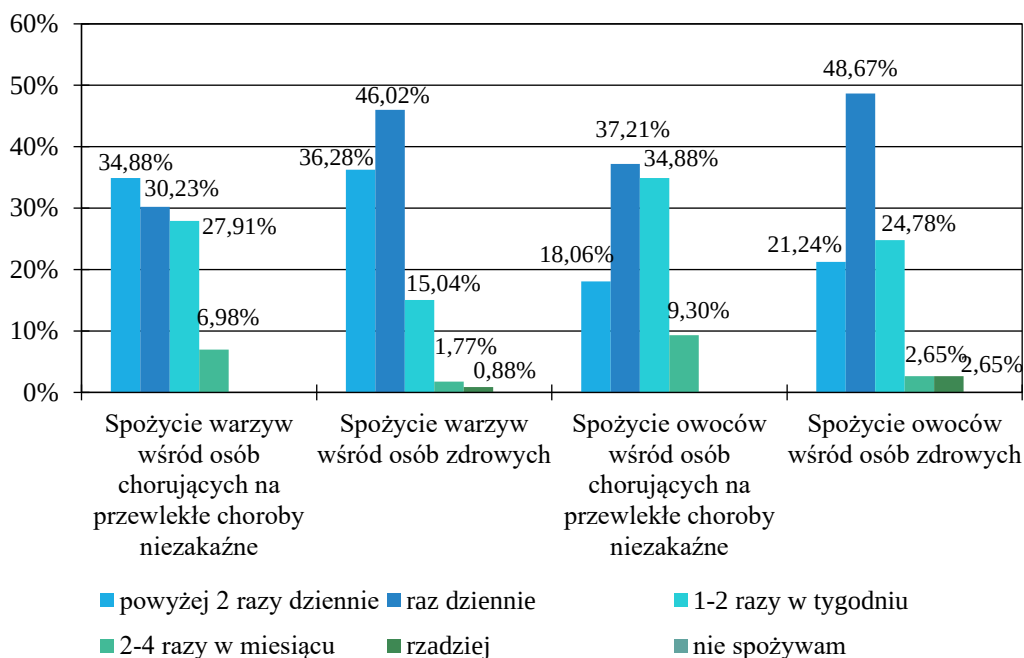
Nadmierne spożywanie przetworzonych produktów zawierających duże ilości cukru sprzyja powstawaniu otyłości i przyczynia się do rozwoju cukrzycy. Na pytanie „jak często spożywasz słodczyce lub słone przekąski?” osoby zdrowe najczęściej odpowiadały „1-2 razy w tygodniu”, natomiast osoby cierpiące na przewlekłe choroby niezakaźne zaznaczały „codziennie”. Obserwowane różnice nie są istotne statystycznie ($p = 0,37$).



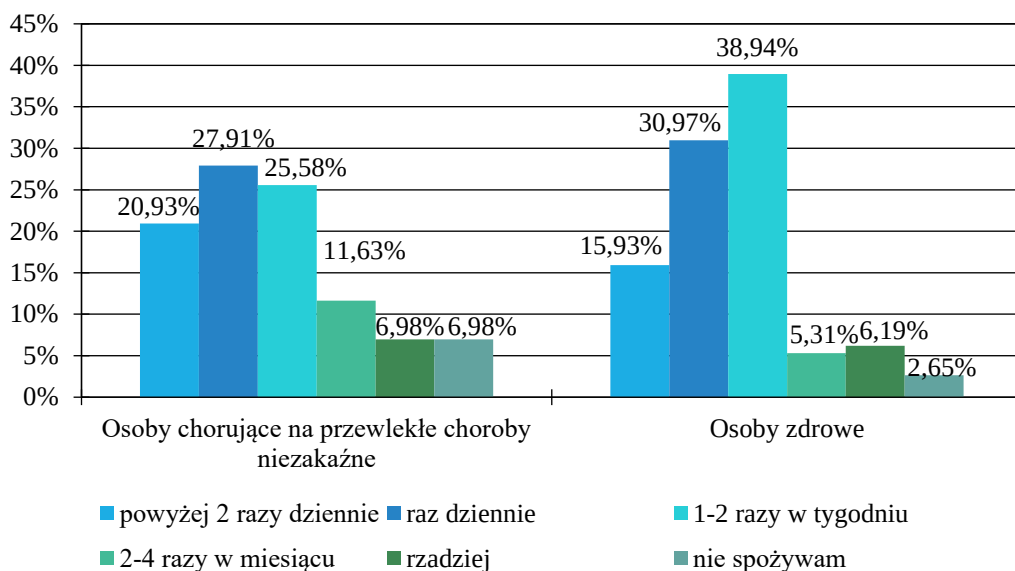
Rysunek 10. Jak często spożywasz słodczyce lub słone przekąski?

Na pytania dotyczące częstości spożycia owoców i warzyw osoby chorujące odpowiadały najczęściej, że warzywa spożywają powyżej 2 razy dziennie, a owoce raz dziennie. Natomiast osoby zdrowe odpowiadały najczęściej, że zarówno warzywa jak i owoce spożywają raz dziennie. Obserwowane różnice nie są istotne statystycznie ($p = 0,1$ w przypadku spożycia warzyw oraz $p = 0,17$ w przypadku spożycia owoców).

W przypadku pytania dotyczącego spożycia pełnoziarnistych produktów zbożowych osoby zdrowe najczęściej deklarowały ich spożycie 1-2 razy w tygodniu, a osoby chorujące na przewlekłe choroby niezakaźne raz dziennie. Obserwowane różnice nie są istotne statystycznie ($p = 0,37$).

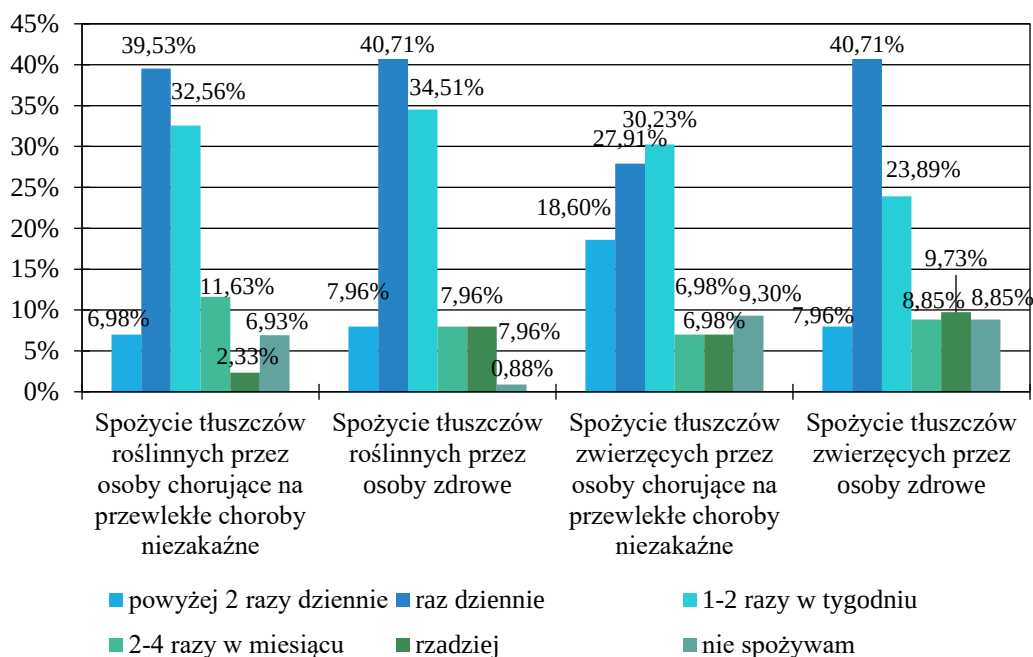


Rysunek 11. Jak często spożywasz warzywa/owoce?



Rysunek 12. Jak często spożywasz pełnoziarniste produkty zbożowe?

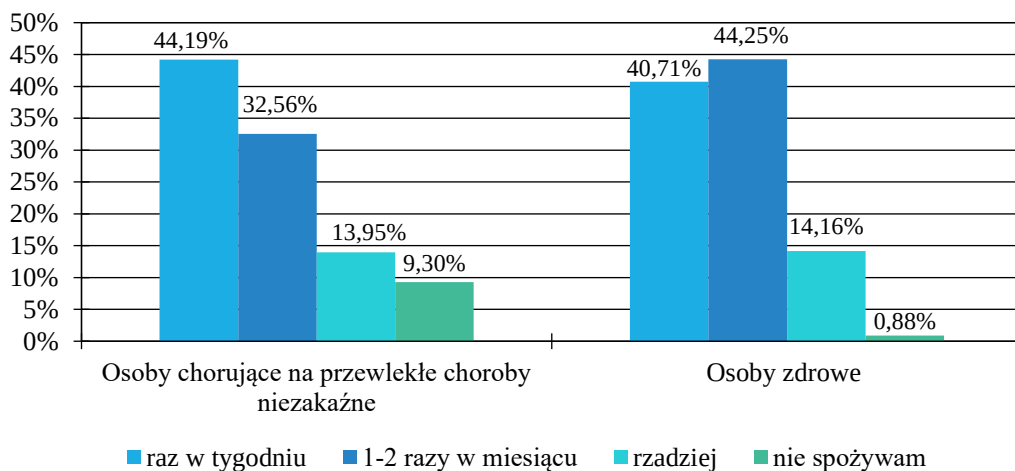
Na pytania dotyczące częstości spożycia tłuszczów roślinnych oraz tłuszczów zwierzęcych osoby chorujące odpowiadały najczęściej, że tłuszcze roślinne spożywają raz dziennie, a tłuszcze zwierzęce 1-2 razy w tygodniu. Natomiast osoby zdrowe odpowiadały najczęściej, że zarówno tłuszcze roślinne i zwierzęce raz dziennie. Obserwowane różnice nie są istotne statystycznie ($p = 0,25$ w przypadku spożycia tłuszczów roślinnych oraz $p = 0,36$ w przypadku spożycia tłuszczów zwierzęcych).



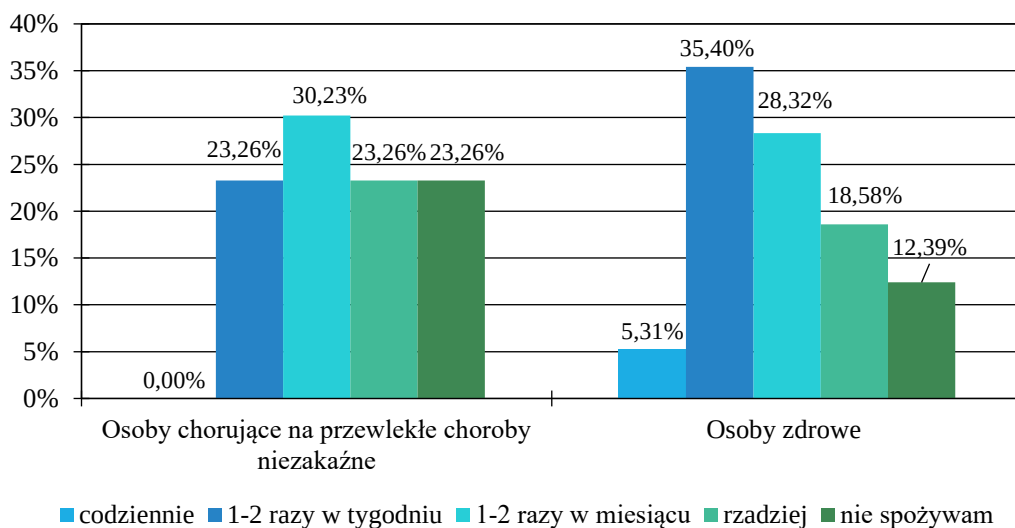
Rysunek 13. Jak często spożywasz tłuszcze roślinne/zwierzęce?

Na pytanie „jak często spożywasz ryby” osoby cierpiące na przewlekłe choroby niezakaźne najczęściej wskazywały odpowiedź „raz w tygodniu”, natomiast osoby zdrowe odpowiedź „1-2 razy w miesiącu”. Obserwowana różnica jest istotna statystycznie ($p = 0,046$).

W przypadku częstości spożycia alkoholu osoby chorujące na przewlekłe choroby niezakaźne najczęściej zaznaczały odpowiedź „1-2 razy w miesiącu”, a osoby zdrowe „1-2 razy w tygodniu”. Obserwowane różnice nie są istotne statystycznie ($p = 0,17$).



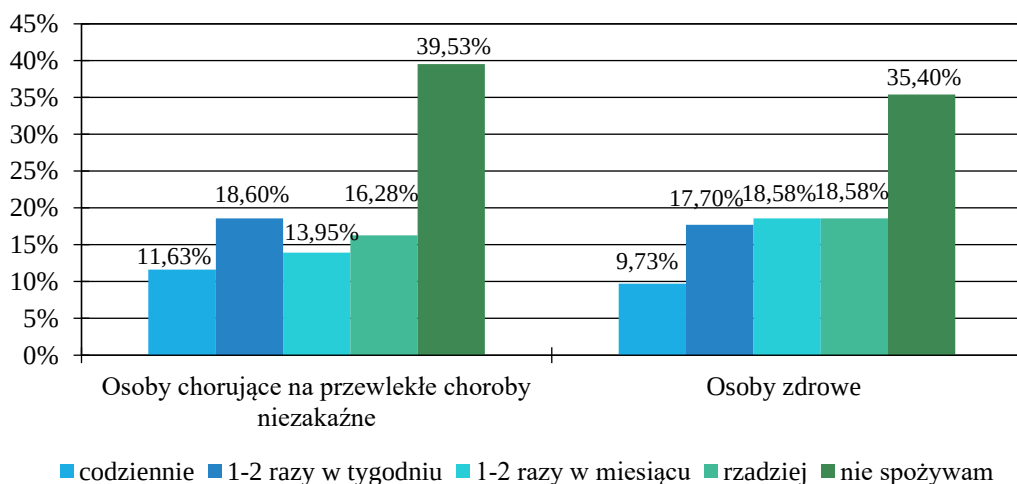
Rysunek 14. Jak często spożywasz ryby?



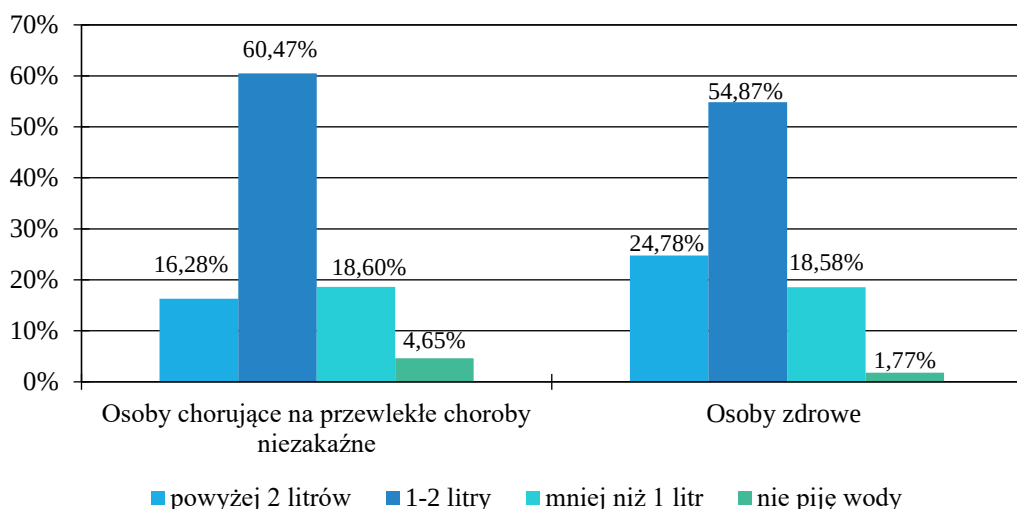
Rysunek 15. Jak często spożywasz alkohol?

Na pytanie „jak często spożywasz słodzone napoje gazowane?” obie grupy najczęściej wskazywały odpowiedź „nie spożywam”. Obserwowane różnice między wynikami nie są istotne statystycznie ($p = 0,95$).

Na pytanie „ile litrów wody wypijasz dziennie?” obie grupy najczęściej wskazywały odpowiedź „1-2 litry”. Obserwowane różnice między wynikami nie są istotne statystycznie ($p = 0,54$).



Rysunek 16. Jak często spożywasz słodzone napoje gazowane?



Rysunek 17. Ile litrów wody spożywasz w ciągu dnia?

Przed okresem pandemii koronawirusa, mianem pandemii określano galopujące ogólnoświatowe przypadki zachorowań na przewlekłe choroby niezakaźne. Skala pogłębiającego się problemu jest zatrważająca. Rocznie z powodu tych chorób na świecie umiera około 41 milionów osób, z czego najwięcej zgonów powodują choroby układu sercowo-naczyniowego. Według danych Światowej Organizacji Zdrowia, szacuje się, że w Polsce przewlekłe choroby niezakaźne odpowiadają za 90% wszystkich zgonów w ciągu roku [WHO 2021]. Schorzenia te dotyczą ludzi obojga płci, z wszystkich krajów i kontynentów, bez podziału na klasy i warstwy społeczne, chociaż zauważa się ich częstsze występowanie w krajach o niskim dochodzie (PKB) [Bielecki 2012]. Choroby sercowo-naczyniowe

(CVD) są najbardziej znaczącymi schorzeniami spośród NCD, które każdego roku odpowiadają za 71% zgonów na całym świecie. Doniesiono o markerach ryzyka CVD nawet u małych dzieci, związanych z czynnikami prenatalnymi, takimi jak dieta matki czy skład ciała. Mechanizmy leżące u podstaw obejmują zmiany epigenetyczne, które mogą zmienić trajektorię ryzyka w ciągu życia danej osoby [Hanson 2019]. Ma to odzwierciedlenie w powyższych wynikach, gdzie jako drugie po otyłości chorzy ankietowani wskazywali choroby układu krążenia. Przewlekłe choroby niezakaźne są powiązane z czynnikami genetycznymi oraz mechanizmami epigenetycznymi, gdzie znaczną rolę odgrywa środowisko życia. W badaniu przeprowadzonym przez Śmidowicz i Regułę [2016], 78% osób chorujących na przewlekłe choroby niezakaźne potwierdziło występowanie tych chorób w rodzinie. Może mieć to podłoże genetyczne, ale jednocześnie środowiskowe – przyzwyczajenia i styl życia grona rodziny, w którym krewni mają podobne nawyki, popełniają zatem podobne błędy żywieniowe, jednocześnie ucząc ich dzieci. Otyłość, podobnie jak inne czynniki prowadzące do przewlekłych chorób niezakaźnych, jest ściśle powiązana z występowaniem chorób układu sercowo-naczyniowego. Tkanka tłuszczowa jako wielozadaniowy gruczoł wydzielania wewnętrznego odpowiada za produkcję i wydzielanie do krwioobiegu hormonów, cytokin prozapalnych oraz tak zwanych substancji wazoaktywnych, wpływających na budowę i funkcję układu krwionośnego [Bogołowska-Stiebllich, Tałała 2014]. Wyniki ankiety pokazały, że osoby chorujące na przewlekłe choroby niezakaźne najczęściej znajdują się w przedziale BMI wskazującym na nadwagę. Natomiast osoby zdrowe najczęściej posiadają wskaźnik BMI świadczący o prawidłowej masie ciała. W tym samym przeglądzie Bogołowska-Stiebllich i Tałała [2014] stwierdzili, że do rozwoju chorób układu krążenia u osób otyłych przyczynia się oddziaływanie adipokin, insulinooporność, przewlekły stan zapalny i zwiększona krzepliwość krwi. Kolejnym czynnikiem, jaki wyszczególnili, jest metaboliczny wpływ tłuszczu trzewnego, szczególnie tkanki tłuszczowej w sąsiedztwie serca i naczyń krwionośnych.

Z badań wynika, iż blisko 20% z ankietowanych nie wiązała niskiej aktywności fizycznej z powstawaniem przewlekłych chorób niezakaźnych. Ministerstwo Sportu i Turystyki od 2014 roku przeprowadza powtarzalne badania poziomu aktywności fizycznej polskiego społeczeństwa. Dane z ostatniego badania pochodzą z roku 2018 i wskazują, że jedynie co piąty Polak w wieku 15-69 lat spełnia normy WHO dotyczące aktywności fizycznej wykonywanej w wolnym czasie [Kantar Polska SA, 2018]. Rozwój cywilizacji umożliwił nam nieograniczony dostęp do pożywienia (z punktu widzenia społeczeństwa, nie jednostki), pracę umysłową niewymagającą aktywności fizycznej oraz zapewnienie małych wydatków energetycznych na termoregulację ciała (ciepłe ubrania, stałe warunki mieszkaniowe) [Stelmach 2010]. To powoduje, że codzienny wydatek energetyczny zmniejsza się, przy jednoczesnym wzroście podaży pożywienia oraz ograniczeniu aktywności fizycznej. Medina i in. [2020] opracowali, na podstawie danych z lat 2006-2012 osób zamieszkujących Meksyk, symulację komputerową rozwoju przewlekłych chorób niezakaźnych, w kontekście obniżającej się ogólnej aktywności fizycznej społeczeństwa. Na

podstawie modeli oszacowano, że 31% wzrost niskiej aktywności fizycznej (PI) spowodował wzrost liczby przypadków cukrzycy, choroby wieńcowej, udaru, zawału mięśnia sercowego, zgonów z powodu udaru mózgu i choroby wieńcowej, czy zgonów z powodu innych chorób serca o dziesiątki tysięcy przypadków w zaledwie 6 lat. Przewiduje się, że hipotetyczne obniżenie PI o 10% (czyli aktywizowanie społeczeństwa) do 2025 roku, w porównaniu z dotychczasowym trendem, zapobiegnie odpowiednio 8400 przypadkom cukrzycy, 4200 przypadkom choroby wieńcowej, 1000 udarom. Daje to nadzieję na walkę z tymi chorobami, pod warunkiem, że zostaną zastosowane przemyślane środki prewencyjne czy ogólnospołeczna edukacja.

Rak jelita grubego stoi na pierwszym miejscu podium, jeśli chodzi o ilość zachorowań na nowotwory złośliwe w Europie. Istnieje dobrze udokumentowany związek między podwyższonymi wartościami wskaźnika BMI, a zwiększonym ryzykiem wystąpienia tego nowotworu [Kaminski i in. 2014]. Tak samo jak w przypadku raka jelita grubego, szeregu przewlekłych chorób niezakaźnych można uniknąć, stosując zrównoważoną i urozmaiconą dietę. W profilaktyce i leczeniu przewlekłych chorób niezakaźnych konieczne wydaje się ograniczenie spożycia tłuszczu ogółem do poziomów poniżej 30% energii. Wspomina się przede wszystkim o redukcji izomerów *trans* kwasów tłuszczowych nienasyconych oraz ograniczeniu nasyconych kwasów tłuszczowych poniżej 10% energii. Chorzy ankietowani częściej wybierali zwierzęce źródła tłuszczu w porównaniu do roślinnych, jednocześnie zjadając się słodkimi oraz słonymi przetworzonymi przekąskami, bogatymi w tłuszcze nasycone oraz tłuszcze *trans*.

Kolejnym żywieniowym problemem było niskie spożycie owoców i warzyw wśród respondentów. Każda dodatkowa porcja warzyw i owoców w codziennej racji pokarmowej zmniejsza ryzyko incydentów sercowo-naczyniowych o 4%, a udaru mózgu o 5% [Kłosiewicz-Latoszek 2009]. Dlatego niezwykle istotnym wydaje się dbanie o odpowiednią podaż tych produktów w diecie.

W badaniu Atherosclerosis Risk in Communities Study (ARIC), w którym udział brało 10 647 osób wykazano, iż zmiana stylu życia wiązała się z redukcją zgonów ogółem o 40% i zgonów sercowo-naczyniowych o 35% [Puska 2008]. Aby móc zmienić styl życia, osoby objęte ryzykiem muszą przede wszystkim o nim wiedzieć i być odpowiednio zmotywowane do działania. W tej sferze edukacja zarówno z środków masowego przekazu, jak i od najmłodszych lat jest kluczowa. Nikt nie chce być straszony, dlatego sposób przekazywania wiedzy musi być dostosowany do odbiorcy i jego nastawienia. Takie postępowanie na szeroką skalę, jeśli właściwie przeprowadzone, przyniesie wielopoziomowe z punktu widzenia państwa, zdrowia społeczeństwa i obciążenia służby zdrowia czy ekonomii rezultaty.

Wnioski

Ankietowane osoby, chorujące na przewlekłe choroby zakaźne, częściej posiadają w swojej rodzinie osoby również cierpiące z powodu tych schorzeń. W grupie osób chorujących na przewlekłe choroby zakaźne częściej występują osoby z nadmierną masą ciała, w porównaniu do grupy osób zdrowych. Zdecydowana większość ankietowanych jest świadoma tego, że styl życia (dieta, aktywność fizyczna, stosowanie używek) ma wpływ na występowanie przewlekłych chorób zakaźnych, ponadto ponad połowa ankietowanych odpowiedziała, że uważa swój sposób żywienia za dobry. Jednak wyniki ankiety pokazały, że zarówno osoby zdrowe oraz chorujące na przewlekłe choroby zakaźne często popełniają podstawowe błędy żywieniowe takie jak: niskie spożycie warzyw i owoców, niskie spożycie pełnoziarnistych produktów zbożowych, wysokie spożycie słodczy i słonych przekąsek, czy niskie spożycie tłuszczów pochodzenia roślinnego, przy jednoczesnym wysokim spożyciu tłuszczów zwierzęcych. Dodatkowo, zauważalne było częste stosowanie używek (alkoholu czy papierosów). Różnice w spożyciu ryb były natomiast istotne statystycznie. Osoby chore spożywały ryby częściej niż osoby zdrowe, co może być przejawem dostosowywania się do zaleceń żywieniowych. Ankieta została przeprowadzona internetowo, co niesie za sobą szereg ograniczeń. Pokazują to odpowiedzi na pytanie dotyczące źródła wiedzy na temat żywienia. W ankiecie częściej brały udział kobiety, większość ankietowanych stanowiły osoby zamieszkujące miasta. Może to wskazywać na wpływ formy przeprowadzenia ankiety na rozkład grupy badanej. Z mediów społecznościowych częściej korzystają kobiety, a osoby zamieszkujące miasta mają lepszy dostęp do Internetu. Badana populacja jest jedynie częścią społeczeństwa i nie odzwierciedla w pełni tendencji w całym społeczeństwie. Rola dietetyków w przeprowadzaniu edukacji żywieniowej może mieć kluczowe znaczenie w zmianie przyzwyczajeń żywieniowych, ponieważ większość badanych osób czerpie swoją wiedzę na temat zdrowego żywienia z Internetu, co może utrwalać niewłaściwe nawyki w świadomości tychże osób.

Literatura

1. Abarca-Gómez, L. i in. "Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128· 9 million children, adolescents, and adults." *The Lancet*, (2017). 390.10113: 2627-2642.
2. Bielecki, W. „Ryzyko zdrowotne w kontekście przewlekłych chorób zakaźnych – od konformizmu przez alternację do patologii społecznych”. *Spoleczne, kulturowe i polityczne uwarunkowania ryzyka zdrowotnego. Biuro Promocji i Wydawnictw Uniwersytetu Medycznego w Łodzi*. (2012).
3. Bogołowska-Stieblich, A., Tałaaj M. „Otyłość a choroby układu sercowo-naczyniowego Obesity and cardio-vascular diseases”. *Postępy Nauk Medycznych*. (2014). t. XXVI, nr 5B,
4. Deiana G, Azara A, Dettori M, Delogu F, Vargiu G, Gessa I, Stroschio F, Tidore M, Steri G, Castiglia P. "Deaths in SARS-Cov-2 Positive Patients in Italy: The Influence

- of Underlying Health Conditions on Lethality.” *International Journal of Environmental Research and Public Health*. (2020). 17(12):4450.
5. Goryńska-Goldman E., Ratajczak P. „Świadomość żywieniowa a zachowania żywieniowe konsumentów”. *Journal of Agribusiness and Rural Development*, (2010). 4 (18): 41-48.
 6. Hanson, M. “The inheritance of cardiovascular disease risk.” *Acta Paediatrica*, (2019). 108.10, 1747-1756.
 7. <https://www.gov.pl/web/sport/aktywnosc-fizyczna-spoleczenstwa>, „Analiza wyników - 2018 r. (Kantar Polska SA, 2018 r.)”. Pobrany 27 października 2021 r., z <https://www.gov.pl/attachment/3b01777f-cd96-40f2-9fe2-10aeb0bcde4e>
 8. Kaminski M.F., Polkowski M., Kraszewska E., Rupinski M., Butruk E., Regula J.: “A score to estimate the likelihood of detecting advanced colorectal neoplasia at colonoscopy.” *Gut*, (2014). 63: 1112-1119
 9. Kłosiewicz-Latoszek, L. „Zalecenia żywieniowe w prewencji chorób przewlekłych”. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, (2009). 90.4, 447-450.
 10. Medina C., Coxson P., Penko J., Janssen I., Bautista-Arredondo S., Barquera S., Bibbins-Domingo K. “Cardiovascular and diabetes burden attributable to physical inactivity in Mexico.” *Cardiovascular Diabetology*, (2020). 19, 1–9
 11. Narayan K.M, Ali M.K., Koplan J.P. “Global Noncommunicable Diseases- Where Worlds Meet.” *The New England Journal of Medicine*, (2010). 363:1196-1198
 12. NCEZ „Nowe Zalecenia Żywieniowe” (2020). Pobrany 26.06.2021 r. z <https://ncez.pl/do-pobrania/infografiki-do-pobrania/nowe-zalecenia-zywieniowe>
 13. Peng YD, Meng K, Guan HQ, Leng L, Zhu RR, Wang BY, He MA, Cheng LX, Huang K, Zeng QT. “Clinical characteristics and outcomes of 112 cardiovascular disease patients infected by 2019-nCoV.” *Zhonghua Xin Xue Guan Bing Za Zhi*. (2020). Jun 24;48(6):450-455.
 14. Pudło H., Respondek M. „Sposób żywienia i nawyki żywieniowe osób ze schorzeniami układu krążenia”. *Pielęgniarstwo Polskie*, (2014). 3 (53): 191-197.
 15. Puska P. “The North Karelia Project: 30 years successfully preventing chronic diseases.” *Diabetes Voice*, (2008). 53: 26-29.
 16. Stelmach, Marian. „Rola aktywności fizycznej w profilaktyce otyłości oraz innych przewlekłych chorób niezakaźnych”. *Człowiek i Zdrowie*, (2010). 1.4, 50-58.
 17. Śmidowicz, A., Reguła, J. „Analiza zachowań żywieniowych predysponujących do rozwoju chorób żywieniowo zależnych u osób po 40 roku życia. Forum Zaburzeń Metabolicznych”. (2016). tom 7, nr 1: 44-50.
 18. WHO. “Noncommunicable diseases.” (2021). Pobrany 27 października 2021r., z <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>.

Jakość zdrowotna bananów

Tomasz Puksza

*Katedra Zarządzania Jakością, Wydział Zarządzania i Nauk o Jakości,
Uniwersytet Morski w Gdyni*

Streszczenie

Celem pracy była ocena jakości zdrowotnej bananów czerwonych oraz zwyczajnych o różnym stopniu dojrzałości, a także weryfikacja hipotezy, zakładającej brak istotnie statystycznej różnicy pomiędzy wartością biologiczną analizowanych bananów.

W materiale badawczym oznaczono zawartość karotenoidów metodą Lichtenthalera, zawartość witaminy C metodą spektrofotometryczną według PN-A-04019:1998, sumę związków polifenolowych metodą Folina-Ciocalteu'a oraz zdolność do redukcji wolnych rodników metodą Yena i Chena z wykorzystaniem syntetycznego rodnika DPPH. Celem obiektywizacji wnioskowania uzyskane wyniki zostały poddane jednoczynnikowej analizie wariancji przy zastosowaniu testu Tukeya. Za statystycznie istotne uznawano zależności przy poziomie $p < 0,05$.

Przeprowadzone badania wykazały, że istotnie statystycznie wyższą jakością zdrowotną charakteryzowały się banany czerwone niż banany zwyczajne. Stwierdzono również brak istotnie statystycznego wpływu stopnia dojrzałości na wartość biologiczną bananów zwyczajnych.

Słowa kluczowe: jakość zdrowotna, wartość biologiczna, banany czerwone, banany zwyczajne

Wstęp

Jakość to ogół cech i właściwości produktu decydujących o jego zdolności zaspokojenia potrzeb konsumentów. Może być ona zarówno parametrem subiektywnym, jak i zależnym między innymi od wymagań konsumenta, kontekstu kulturowego oraz poziomu rozwoju społecznego. W przypadku produktów spożywczych możliwe jest jednak obiektywne określenie wartości biologicznej lub bezpieczeństwa zdrowotnego. Cechy te decydują o zdrowotności, czyli jakości zdrowotnej żywności. Wartość biologiczna określana jest jako przydatność produktu do pokrywania potrzeb organizmu, związanych z przemianami metabolicznymi. Podczas konsumpcji żywności do organizmu dostarczane są, oprócz podstawowych składników budulcowych, inne niezbędne substancje biologicznie aktywne, takie jak witaminy, antyoksydanty, itp. [Woźniak i Kud, 2017].

Podstawowym źródłem związków bioaktywnych są owoce, w tym między innymi banany. Owoce te są bardzo popularne na rynku światowym i spożywane jako podstawowa żywność w wielu krajach. Banany stanowią źródło związków bioaktywnych, a w szczególności fenoli, karotenoidów i fitosteroli, które są wysoce pożądanymi w diecie. Substancje te,

działając przeciwutleniająco skutecznie chroniąc organizm przed stresem oksydacyjnym przez co, korzystnie wpływają na zdrowie i samopoczucie człowieka [Dotto i in., 2018]. Na rynku oferowane są banany różnych odmian i o różnym stopniu dojrzałości. Polski konsument oprócz bananów zwyczajnych, coraz częściej może zakupić banany czerwone.

Celem pracy była ocena jakości zdrowotnej bananów czerwonych oraz zwyczajnych o różnym stopniu dojrzałości, a także weryfikacja hipotezy, zakładającej, że brak jest istotnie statystycznej różnicy pomiędzy wartością biologiczną analizowanych bananów.

Materiał i metody badań

Materiał badawczy stanowiły banany zwyczajne o różnym stopniu dojrzałości oraz banany czerwone (rys. 1). Owoce przeznaczone do badania zakupione zostały w jednym ze sklepów typu dyskont na terenie miasta Gdynia.



Rysunek 1. Wygląd zewnętrzny oraz przekrój poprzeczny badanych bananów (źródło własne)

Jakość zdrowotna bananów stanowiących materiał badawczy oznaczona została w oparciu o analizę zawartości barwników karotenoidowych, witaminy C, związków polifenolowych oraz zdolności do redukcji wolnych rodników.

Oznaczanie zawartości barwników karotenoidowych

Zawartość barwników karotenoidowych oznaczono metodą spektrofotometryczną według Lichtenthalera. Metoda ta polega na ekstrakcji barwników 80% roztworem acetonu oraz odczycie wartości absorbancji przy długościach fal charakterystycznych dla chlorofilu a oraz b i karotenoidów.

Banany stanowiące materiał badawczy pokrojono w plasterki. Proces krojenia prowadzono w pokojowej temperaturze. Przed pobraniem do analizy plasterki dokładnie przemieszano. Odważono 14 g próbki z dokładnością do 0,01 g i zhomogenizowano z 50 cm³ bezwodnego acetonu w czasie 3 minut przy 12000 obr./min. Uzyskany homogenizat prześączono przez sączek karbowany z bibuły. Następnie próbki przemyto 80% acetonem do

objętości 100 cm³. Z powstałego ekstraktu barwników karotenoidowych przygotowano próbki badawcze.

0,75 cm³ 80% roztworu acetonu przeniesiono do kolby miarowej o pojemności 25 cm³ a następnie uzupełniono ekstraktem barwników do żądanej objętości. Przygotowane roztwory zostały umieszczone w miejscu bez dostępu światła, w temperaturze 20°C na 3 godziny. Po określonym czasie zmierzono absorbancję próbek za pomocą spektrofotometru Semco S/Ec przy długości fal 470 nm, 649 nm i 665 nm. Jako odnośnik zastosowano 80% roztwór acetonu.

Zawartość chlorofilu *a* i *b* wyznaczono ze wzorów:

$$C_a = 11,63A_{665} - 2,39A_{649} \text{ (mg/dm}^3\text{)}$$

$$C_b = 20,11A_{649} - 5,19A_{665} \text{ (mg/dm}^3\text{)}$$

Obliczoną zawartość chlorofilu *a* i *b* przeliczono na mg/100 g produktu i zastosowano we wzorze na sumę barwników karotenoidowych w badanych próbach:

$$C_X = \frac{1000 \cdot A_{470} - 1,82 \cdot C_a - 85,02 \cdot C_b}{198}$$

gdzie:

A – absorbancja;

C_a – zawartość chlorofilu *a* (mg/100 g produktu),

C_b – zawartość chlorofilu *b* (mg/100 g produktu),

C_X – zawartość sumy karotenoidów (mg/100 g produktu) [Polak i in., 2009].

Oznaczanie zawartości witaminy C

Zawartość witaminy C oznaczono metodą spektrofotometryczną według PN-A-04019:1998, polegającą na ekstrakcji tej witaminy z badanego produktu kwasem szczawiowym, następnie ilościowym utlenieniu w środowisku kwaśnym kwasu askorbinowego do dehydroaskorbinowego za pomocą nadmiaru 2,6-dichlorofenolindofenolu oraz ekstrakcji nadmiaru barwnika za pomocą ksylenu. Nadmiar barwnika oznaczono przy długości fali $\lambda = 500$ nm spektrofotometrem Semco S/Ec.

Banany, w temperaturze pokojowej, pokrojono w plasterki. Z wymieszanej średniej próbki laboratoryjnej odważono 50 g z dokładnością do 0,01 g i homogenizowano z 125 cm³ 2% kwasu szczawiowego przez 3 minuty przy 12000 obr./min. Podczas homogenizacji kielich homogenizatora zanurzony był w łaźni wodnej o temperaturze 0°C (mieszanina: woda + lód).

Z otrzymanego homogenatu odważono 10 g z dokładnością do 0,01 g i przeniesiono ilościowo do kolby miarowej o pojemności 100 cm³ za pomocą roztworu ekstrakcyjnego. Zawartość kolby uzupełniono roztworem ekstrakcyjnym do kreski, wymieszano i przesączono, odrzucając kilka pierwszych mililitrów przesączu.

Do kolby Erlenmayera ze szlifem o pojemności 50 cm³ odmierzone 5 cm³ przesącza przygotowanej próbki, dodano 5 cm³ roztworu buforowego o pH 4,0, 2 cm³ roztworu 2,6-dichlorofenolindofenolu, wymieszano i dodano 10 cm³ ksylenu. Wyrządzano 10 s. Po rozdzieleniu się warstw, zebrano warstwę ksylenową do kuwet pomiarowych i zmierzono absorbancję. Z krzywej kalibracyjnej odczytano ilość cm³ roztworu 2,6-dichlorofenolindofenolu, która nie weszła w reakcję.

Zawartość witaminy C wyrażoną w mg/100 g, obliczono ze wzoru:

$$K = \frac{(V_0 - V_1) \cdot d}{m' \cdot V_2 \cdot m_0} \cdot 100$$

gdzie:

K – zawartość witaminy C (mg/100 g),

m₀ – naważka materiału badanego (g),

m' – miano roztworu barwnika (cm³/1 mg witaminy C),

V₀ – objętość roztworu 2,6-dichlorofenolindofenolu dodana do oznaczania badanej próbki (cm³),

V₁ – objętość nadmiaru roztworu barwnika, odpowiadająca zmierzonej absorbancji próbki, odczytana z krzywej kalibracyjnej (cm³),

V₂ – objętość przesącza próbki badanej pobrana do oznaczania (cm³),

d – pojemność kolby pomiarowej (cm³) [PN-A-04019:1998].

Oznaczanie sumy związków polifenolowych

Zawartość związków polifenolowych oznaczono metodą Folina-Ciocalteu'a. Metoda ta polega na pomiarze absorbancji kompleksu powstałego w wyniku redukcji soli kwasów fosforowolframomolibdenowych, tzw. odczynnika Folina-Ciocalteu'a. Występujące w badanym produkcie spożywczym związki fenolowe ulegają utlenieniu, a sole kwasów fosfomolibdenowego i fosfowolframowego redukcji w środowisku zasadowym. Wykorzystywana jest zdolność polifenoli do barwnej reakcji z odczynnikiem Folina-Ciocalteu'a [Dmowski i Post, 2018].

Odważone 5 g produktu, rozartego w moździerzu laboratoryjnym w warunkach temperatury pokojowej, zalano 30 cm³ 80% alkoholu etylowego w celu przeprowadzenia ekstrakcji. Próby pozostawiono na jedną godzinę w temperaturze pokojowej, w miejscu chronionym przed dostępem światła. Po określonym czasie ekstrakt poddano procesowi wirowania w temperaturze 18°C przez 20 minut z prędkością 1130/min. Odwirowany ekstrakt przeniesiono do kolby miarowej o pojemności 50 cm³ i uzupełniono 80% alkoholem do żądanej objętości. Uzyskany ekstrakt wykorzystano do oznaczenia zawartości związków polifenolowych oraz zdolności do redukcji wolnych rodników.

Do 0,1 cm³ etanolowego ekstraktu badanych próbek dodano 6 cm³ wody destylowanej, 0,5 cm³ odczynnika Folina-Ciocalteu'a oraz 1,5 cm³ nasyconego roztworu Na₂CO₃. Po 30-sto minutowej inkubacji w 40°C dokonano pomiaru absorbancji roztworu spektrofotometrem Semco S/Ec przy długości fali λ = 765 nm.

Wyniki oznaczeń przedstawiono jako ilość równoważnika kwasu galusowego w 100 g badanego produktu (mg GAE/100 g) [Peri i Pompei, 1971; Singleton i Ross, 1965].

Oznaczanie zdolności do redukcji wolnych rodników

Aktywność antyoksydacyjna oznaczana została jako zdolność wygaszania syntetycznego rodnika DPPH*, wyrażona w procentach inhibicji badanego produktu.

W celu przygotowania rodnika DPPH* o właściwym stężeniu sporządzono roztwór, rozpuszczając 19,71 mg DPPH* w 100 cm³ 96% etanolu. Otrzymany roztwór rozcieńczono tak, aby jego absorbancja przy długości fali $\lambda = 517$ nm wynosiła około 0,9 [Zych i Krzepiło, 2010].

Do 1,5 cm³ etanolowego roztworu DPPH* dodano 0,02 cm³ odpowiednio przygotowanego ekstraktu z badanych produktów. Próbkę inkubowano w temperaturze 30°C przez 30 minut. Po upływie czasu za pomocą spektrofotometru Semco S/EC zmierzono absorbancję przy długości fali $\lambda = 517$ nm wobec etanolu jako próby zerowej. Próbkę kontrolną stanowiła mieszanina 1,5 cm³ roztworu DPPH* i 0,02 cm³ etanolu. Każdy pomiar wykonano trzykrotnie i obliczono średnią wartość absorbancji dla danego roztworu.

Zdolność badanego produktu do przeciwdziałania reakcji utlenienia, wyrażona jako procentowa inhibicja rodnika DPPH*, obliczona została na podstawie zależności:

$$\% \text{ inhibicji} = 100 \cdot \frac{(A_0 - A_{sr.})}{A_0}$$

gdzie:

$A_{sr.}$ – średnia wartość absorbancji badanego roztworu zawierającego antyoksydant,

A_0 – absorbancja próby kontrolnej [Zych i Krzepiło, 2010].

Analiza statystyczna

Wyniki oznaczeń stanowią średnią arytmetyczną z trzech powtórzeń dla każdego produktu. W celu określenia wpływu rodzaju produktu na analizowane parametry jakościowe zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA). Dla sprawdzenia istotności różnic między badanymi produktami przeprowadzono test *post-hoc* (test HSD Tukeya). Za statystycznie istotne uznawano zależności przy poziomie $p < 0,05$. Uzyskane wyniki oceny statystycznej przedstawiono w tabeli z zaznaczeniem przynależności do klas średnich przy pomocy klasyfikacji literowej. Średnie oznaczone tą samą małą literą (w kolumnach) przynależą do tej samej lub wspólnej klasy.

Badanie korelacji między aktywnością antyoksydacyjną a zawartością karotenoidów, witaminy C oraz polifenoli przeprowadzono za pomocą współczynnika korelacji liniowej r-Pearsona. Obliczenia wykonano w programie Microsoft Office Excel 2019 oraz Statistica 13.3.

Wyniki i dyskusja

Jakość zdrowotną produktów pochodzenia roślinnego stanowi wypadkowa zawartości składników bioaktywnych wykazujących właściwości funkcjonalne. Wśród składników tych można wyróżnić barwniki karotenoidowe, witaminę C oraz polifenole [Olędzki, 2012].

Barwniki karotenoidowe pełnią istotną rolę w funkcjonowaniu organizmu człowieka. Wspomagają one między innymi działalność systemu ochronnego przed wolnymi rodnikami. Tym samym zapobiegają procesom starzenia się, rozwojowi przewlekłych chorób niezakaźnych. Ponadto poprzez uczestniczenie w funkcjonowaniu układu immunologicznego, karotenoidy zapobiegają chorobom serca, oczu i skóry [Lempka, 1985].

Zawartość karotenoidów w analizowanych bananach zaprezentowana została w tabeli 1.

Kształtowała się ona na poziomie od 0,26 mg do 1,05 mg/100 g produktu. Najwyższą średnią ilością tych barwników charakteryzowały się banany czerwone, zawierające ponad dwukrotnie więcej karotenoidów niż banany zwyczajne niedojrzałe. Najniższą zawartość barwników karotenoidowych stwierdzono w bananach zwyczajnych z cukrowymi plamami.

Tabela 1. Jakość zdrowotna bananów

Banany	Średnia zawartość karotenoidów [mg/100 g]	Średnia zawartość witaminy C [mg/100 g]	Średnia zawartość polifenole ogółem [mg GAE/100 g]	Średnia aktywność antyoksydacyjna [% inhibicji]
Czerwone	1,05 ± 0,03a	17,24 ± 0,53a	241,12 ± 2,43a	81,98 ± 3,31a
Zwyczajne niedojrzałe	0,50 ± 0,02b	7,37 ± 0,95b	6,16 ± 0,92b	10,60 ± 1,23b
Zwyczajne dojrzałe	0,46 ± 0,01b	5,06 ± 0,61c	5,83 ± 1,40b	6,95 ± 0,74b
Zwyczajne z cukrowymi plamami	0,26 ± 0,01c	3,71 ± 0,31c	4,94 ± 1,41b	6,06 ± 0,67b
ANOVA test	F(3,8) = 1061,58 p < 0,05	F(3,8) = 273,04 p < 0,05	F(3,8) = 1555,99 p < 0,05	F(3,8) = 1228,80 p < 0,05
W	0,05	1,67	4,27	4,79

Objaśnienia: N = 3, W – wartość statystyki testowej (test uczciwie istotnej różnicy)

Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała brak istotnych statystycznie różnic w zawartości karotenoidów jedynie pomiędzy bananami zwyczajnymi niedojrzałymi a bananami dojrzałymi. Różnice w zawartości tych barwników pomiędzy bananami czerwonymi a pozostałymi bananami były istotne.

Wysoka zawartość karotenoidów w bananach czerwonych czyni je bogatym źródłem tych związków dla ludzkiego organizmu, przyczyniając się tym samym do skuteczniejszej ochrony przed wolnymi rodnikami, szybkim starzeniem oraz rozwojem przewlekłych chorób niezakaźnych.

Na banany jako bogate źródło tych związków wskazali również Subagio i in. [1996]. Cytowani autorzy stosując kombinację chromatografii kolumnowej na tlenku glinu i HPLC oznaczyli zawartość karotenoidów na poziomie od 0,30 do 0,40 mg/100 g. Z kolei Beatrice i in. [2015] w siedmiu odmianach bananów oznaczyli od 7,76 do 10,63 mg karotenoidów 100 g świeżego produktu.

Witamina C jest związkiem organicznym wykazującym właściwości, które wykorzystywane są w między innymi w medycynie i kosmetyce. Rozpuszczalna w wodzie jest silnym przeciwutleniaczem, redukując wolne rodniki odpowiada za poprawę kondycji skóry oraz opóźnia pojawienie się zmarszczek. Witamina ta pozytywnie oddziałuje na funkcjonowanie organizmu człowieka. Wzmacnia ona odporność, wpływa na stan dziąseł, zębów naczyń krwionośnych, wspomaga wytwarzanie kolagenu, przyspiesza gojenie się ran, zmniejsza utlenianie cholesterolu oraz zapobiega zmianom miażdżycowym. Kwas L-askorbinowy przyczynia się także do obniżenia zachorowalność na nowotwory. Organizm człowieka nie syntezuje witaminy C, co powoduje, że musi być ona dostarczana wraz z codzienną dietą. Źródłem witaminy C dla organizmu ludzkiego są przede wszystkim warzywa i owoce oraz produkty pochodzenia roślinnego [Janda i in., 2015].

Analiza uzyskanych wyników oznaczeń zawartości witaminy C w materiale badawczym pozwoliła na stwierdzenie, iż najwyższą zawartością kwasu L-askorbinowego odznaczały się banany czerwone. Zawartość witaminy C w tych bananach kształtowała się na średnim poziomie 17,24 mg/100 g produktu. Banany zwyczajne zawierały istotnie mniej witaminy C niż badany czerwony, a jej poziom obniżał się wraz z ich dojrzewaniem. Banany w stanie niedojrzałym zawierały średnio 7,37 mg witaminy C na 100 g produktu natomiast owoce z cukrowymi plamami niecałe 4 mg, przy czym różnice te nie były istotne statystycznie (tab. 1).

Znaczna zawartość kwasu askorbinowego w miąższu bananów wykazana została także przez Kananzawę i Sakakibarę [2000]. W zależności od fazy dojrzewania kształtowała się ona w zakresie od 6,9 do 10 mg/100 g produktu.

Zawartość związków fenolowych w owocach determinuje ich aktywność przeciwnokową, istotną pod względem żywnościowym [Karmańska i in., 2017].

Do związków fenolowych należą między innymi polifenole, które korzystnie wpływają na zdrowie i funkcjonowanie organizmu człowieka. Związki polifenolowe oprócz zróżnicowanej struktury i masy cząsteczkowej, stanowią największą grupę wśród naturalnych przeciwutleniaczy. Powstają z metabolitów pierwotnych w wyniku biosyntezy węglowodanów [Rosicka-Kaczmarek, 2004].

Polifenole chronią komórki organizmu przed uszkodzeniami powodowanymi działaniem wolnych rodników, które mogą doprowadzać do zniszczenia błon komórkowych, ma-

teriału genetycznego, struktur lipidowych i białkowych. Wykazują także właściwości przeciwnowotworowe, przeciwzapalne, antybakteryjne i antywirusowe. Zapobiegają również powstawaniu zakrzepów i miażdżycy naczyń krwionośnych, a także łączą się z kolagenem obniżając w ten sposób ryzyko wystąpienia nietolerancji histaminy [Bartosz 2003].

Miazga bananowa zawiera wiele związków fenolowych związanych ze ścianą komórkową, które są łatwo biodostępne w ludzkim jelicie i mogą być odpowiednim źródłem, oprócz fenoli, innych naturalnych przeciwutleniaczy [Bennett i in., 2010].

W analizowanych bananach stwierdzono istotne statystycznie różnice w zawartości polifenoli ogółem. Banany czerwone zawierały średnio 241,12 mg GAE/100 g produktu, natomiast banany zwykcyjne jedynie od 4,94 mg do 6,16 mg GAE/100 g produktu.

Literatura przedmiotowa prezentuje zróżnicowaną zawartość związków fenolowych w bananach. Według Mattila i in. [2006] całkowita zawartość związków fenolowych w bananach kształtuje się na poziomie 7 mg/100 g natomiast według Balasundrama i in. [2006] waha się od 11,8 do 90,4 mg GAE/100 g świeżej masy.

Uzyskane różnice w oznaczeniach zawartości związków fenolowych, w tym polifenoli, spowodowane mogą być, oprócz rodzaju produktu, również niedoskonałością zastosowanej metody Folina-Ciocalteu'a. Stosowany w tej metodzie odczynnik Folina-Ciocalteu'a reaguje także z cukrami, kwasem askorbinowym, białkami, aminokwasami, jonami miedzi oraz żelaza, co może wywierać wpływ na wielkość uzyskiwanych wyników [Shahidi i Naczk, 2004; Prior i in. 2005].

Zawartość polifenoli w bananach zwykcyjnych nie zależała od stopnia ich dojrzałości (tab. 1), przy czym nieco więcej stwierdzono w bananach zwykcyjnych niedojrzałych, niż przejrzałych, czyli z cukrowymi plamami. Banany niedojrzałe zawierały średnio 6,16 mg GAE/100 g produktu.

Obniżanie się zawartości polifenoli w bananach wraz z dojrzewaniem wykazali również Mura i Tanimura [2003]. Cytowani autorzy wykazali prawie 60% obniżenie się zawartości omawianych związków podczas dojrzewania bananów w temperaturze 20°C, ze 103 mg/100 g w niedojrzałych bananach do 44,2 mg/100 g produktu po 8 dniach dojrzewania.

Aktywność antyoksydacyjną bananów określono na podstawie zdolności do wygaszania syntetycznego rodnika DPPH*. Przeprowadzone badania wykazały istotnie statystycznie różnice w zdolności do inhibicji wolnych rodników pomiędzy bananami czerwonymi a zwykcyjnymi. Etanolowe wyciągi z bananów czerwonych wykazywały średnią zdolność do inhibicji wolnych rodników na poziomie 82% natomiast wyciągi z bananów zwykcyjnych na poziomie od 6% do 11%. Najniższą zdolność do inhibicji wolnych rodników, wśród bananów zwykcyjnych, wykazały banany z cukrowymi plamami, a najwyższą niedojrzałe (tab. 1).

Aktywność antyoksydacyjna owoców w znacznej mierze zależy od zawartości związków polifenolowych. Znalazło to odzwierciedlenie w porównaniu zawartości polifenoli i zdolności do inhibicji reaktywnych form tlenu bananów czerwonych ze zwykcyjnymi.

Banany czerwone zawierające większą ilość polifenoli charakteryzowały się wyższą zdolnością do pochłaniania wolnych rodników niż zwyczajne o niższej zawartości związków polifenolowych. Podobną zależność stwierdzono wśród bananów zwyczajnych o różnym stopniu dojrzałości.

Poza związkami polifenolowymi, na zdolność do redukcji wolnych rodników mogą wpływać także inne związki, np. barwniki oraz witaminy. Mając na uwadze powyższy fakt, analizie poddano zależność pomiędzy zawartością barwników karotenoidowych, witaminy C oraz związków polifenolowych w bananach a ich aktywnością antyoksydacyjną (tab. 2).

Tabela 2. Tabela korelacji

	Aktywność antyoksydacyjna	Zawartość karotenoidów	Zawartość witaminy C	Zawartość polifenoli
Aktywność antyoksydacyjna	1,0000	0,9601	0,9761	0,9977
Zawartość karotenoidów	0,9601	1,0000	0,9794	0,9518
Zawartość witaminy C	0,9761	0,9794	1,0000	0,9655
Zawartość polifenoli	0,9977	0,9518	0,9655	1,0000

Otrzymano wyniki świadczące o dodatniej korelacji między zawartością poszczególnych związków a zdolnością do inhibicji wolnych rodników, a obliczone wartości współczynników korelacji wyniosły, odpowiednio, $r = 0,9601$; $r = 0,9761$; $r = 0,9977$. Pozwalają one na stwierdzenie, że zawartość związków polifenolowych wywiera większy wpływ na aktywność przeciwutleniającą bananów niż zawartość barwników karotenoidowych i witaminy C.

Wnioski

1. Banany czerwone charakteryzowały się wyższą zawartością karotenoidów, witaminy C oraz polifenoli niż banany zwyczajne.
2. Banany zwyczajne wykazywały niższą zdolność do redukcji wolnych rodników niż banany czerwone.
3. Stopień dojrzałości nieistotnie różnicował właściwości antyoksydacyjne bananów zwyczajnych.
4. Jakość zdrowotna bananów czerwonych jest istotnie statystycznie wyższa niż bananów zwyczajnych.

Badania zostały sfinansowane ze środków finansowych przyznawanych wydziałom UMG na działalność badawczą w ramach projektu nr WZNJ/2021/PZ/05.

Literatura

1. Balasundram N., Sundram K., Samman S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, 2006, 99, 191-203.
2. Bartosz G. Druga twarz tlenu. Wolne rodniki w przyrodzie. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2003.
3. Beatrice E., Deborah N., Guy B. Provitamin A carotenoid content of unripe and ripe banana cultivars for potential adoption in eastern Africa. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2015, 43, 1-6.
4. Bennett R. N., Shiga T. M., Hassimotto N. M., Rosa E. A., Lajolo F. M., Cordenunsi B. R. Phenolics and antioxidant properties of fruit pulp and cell wall fractions of post-harvest banana (*Musa acuminata* Juss.) cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, 58, 7991-8003.
5. Dmowski P., Post L. Wpływ krotności parzenia na właściwości przeciwutleniające naparów Yerba Mate. *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni*, 2018, 104, 9-18.
6. Dotto J., Matemu A.O., Ndakidemi P.A. Potential of cooking bananas In addressing food security In East Africa. *International Journal of Biosciences*, 2018, 13(4), 278-294.
7. Janda K., Kasprzak M., Wolska J. Witamina C - budowa, właściwości, funkcje i występowanie. *Pomeranian Journal of Life Sciences*, 2015, 61(4), 419-425.
8. Kanazawa K., Sakakibara H. High content of dopamine, a strong antioxidant, in Cavendish banana. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2000, 48, 844-848.
9. Karmańska A., Florczak J., Karwowski B. Badanie zawartości związków polifenolowych oraz aktywności przeciwutleniającej różnych odmian pieczarek. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2017, 1(L), 48-54.
10. Lempka A. Towaroznawstwo. Produkty spożywcze. Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1985.
11. Mattila P., Hellström J., Törrönen R. Phenolic acids in berries, fruits, and beverages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2006, 54, 7193-7199.
12. Mura K., Tanimura W. Change of Polyphenol Compounds in Banana Pulp during Ripening. *Food Preservation Science*, 2003, 29(6), 347-351.
13. Olędzki R. Potencjał antyoksydacyjny owoców i warzyw oraz jego wpływ na zdrowie człowieka. *Nauki Inżynierskie i Technologie*, 2012, 1(4), 44-54.
14. Peri C., Pompei C. An assay of different phenolic fractions in wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 1971, 22(2), 55-58.
15. PN-A-04019:1998. Produkty spożywcze. Oznaczanie zawartości witaminy C, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 1998.
16. Polak R., Krzykowski A., Kluza F. Ocena degradacji barwników chlorofilowych i karotenoidowych w liofilizowanych liściach lubczyka ogrodowego. *Chłodnictwo*, 2009, nr 4(44), 50-53.

17. Rosicka-Kaczmarek J. Polifenole jako naturalne antyoksydanty w żywności. Przegląd Piekarski i Cukierniczy, 2004, 6, 12-16.
18. Singleton V.L., Rossi J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 1965, 16, 144-158.
19. Subagio A., Morita N., Sawada S. Carotenoids and their fatty-acid esters in banana peel. Journal of Nutritional Science and Vitaminology, 1996, 42, 553-566.
20. Woźniak L., Kud K. Jakość biologiczna i zdrowotna żywności jako podstawowa wartość dla konsumenta. Journal of Management and Finance, 2017, 15(2/1), 329-341.
21. Zych I., Krzepiło A. Pomiar całkowitej zdolności antyoksydacyjnej wybranych antyoksydantów i naparów metodą redukcji rodnika DPPH. Chemia. Dydaktyka. Ekologia. Metrologia, 2010, 1(15), 51-54.

Analiza składu chemicznego wybranych produktów bezglutenowych

Tomasz Ratajczak, Joanna Skoczylas, Kinga Dziadek, Aneta Kopec

*Katedra Żywnienie Człowieka i Dietetyki, Wydział Technologii Żywności,
Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie*

Streszczenie

Celem pracy było porównanie podstawowego składu chemicznego, zawartości polifenoli ogółem oraz aktywności przeciwutleniającej wybranych produktów bezglutenowych. Materiał badany stanowiły: chleb tostowy, chleb bez cukru, koncentraty: chleba gryczanego, ciasta drożdżowego i biszkoptowego oraz wypieczone z każdego z nich produkty. Wszystkie artykuły zakupiono na terenie Krakowa. W zliofilizowanym materiale oznaczono suchą masę, białko ogółem metodą Kjeldahla, tłuszcz metodą Soxhleta, popiół, a także wyliczono zawartość węglowodanów ogółem. Oznaczono, ilość polifenoli ogółem oraz aktywność przeciwutleniającą metodą FRAP i DPPH^{•+}. Przy użyciu programu Statistica przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji, a istotność różnic obliczono za pomocą testu Duncana przy poziomie istotności $p \leq 0,05$.

Spośród chlebów bezglutenowych istotnie statystycznie najwyższą zawartością białka i tłuszczu charakteryzował się chleb bez cukru. Najwyższą istotnie statystycznie zawartość białka oznaczono w cieście biszkoptowym, a największą ilość tłuszczu i popiołu w cieście drożdżowym. Spośród wybranych ciast bezglutenowych koncentrat ciasta drożdżowego zawierał istotnie statystycznie najwięcej węglowodanów ogółem. Istotnie statystycznie najwyższą zawartością polifenoli, wśród badanych produktów, charakteryzował się chleb bez cukru. Na podstawie przeprowadzonych analiz można stwierdzić, iż oceniane produkty bezglutenowe mogą być źródłem naturalnych substancji przeciwutleniających.

Słowa kluczowe: produkty bezglutenowe, celiakia, składniki odżywcze, polifenole

Wstęp

Gluten jest ważnym składnikiem produktów piekarskich i cukierniczych. W trakcie przygotowania ciasta, po zmieszaniu mąki z wodą, białka glutenowe tworzą specyficzną siatkę micelarno-białkową. Proces ten sprawia, iż ciasto charakteryzuje się dobrą plastycznością, elastycznością i lepkością. Dzięki utworzonej siatce glutenowej dochodzi do zatrzymania gazów w cieście, powstałych podczas fermentacji, co z kolei nadaje końcową porowatą i sprężystą strukturę wypieku [Darewicz i Jaszczak 2012]. Gluten jest mieszaniną białek, głównie prolamin i glutenin znajdujących się w nasionach zbóż takich jak pszenica (gliadyny), żyto (sekaliny), jęczmień (hordeiny), owies (aweniny), i kukurydza (zeiny) [Szczeklik i Gajewski 2014]. Białka glutenowe pochodzące z owsa zdecydowanie różnią się składem aminokwasowym od innych prolamin znajdujących się w pszenicy, życie

i jęczmieniu. Na immunoreaktywność awenin bardzo mocno wpływa stopień zanieczyszczenia ziaren owsa prolaminami pochodzącymi z innych zbóż. Nasiona o wysokiej czystości są często dobrze tolerowane przez osoby chore na celiakię [La Vieille i in. 2016]. Skuteczną terapię chorób glutenezależnych przedstawiono dopiero w latach 40. XX wieku, a była nią dieta bezglutenowa [Aziz i in. 2015]. W ostatnie lata wzrosła popularność stosowania diety bezglutenowej, czego powodem była zarówno zwiększająca się ilość zdiagnozowanych osób cierpiących na choroby glutenezależne, a także moda kreowana przez znane osoby (celebryci, sportowcy) oraz media. Część ekspertów sugeruje, iż zastosowanie diety eliminującej gluten może korzystnie wpłynąć na wyciszenie objawów zespołu jelita wrażliwego, autoimmunologiczne choroby tarczycy, chorobę Addisona, cukrzycę typu 1 oraz wybrane choroby o podłożu neurologicznym [Dittfeld i in. 2018]. Pomimo znacznie lepszej, wystandaryzowanej diagnostyki celiakii, choroba ta jest nadal często niediagnozowana. Od dłuższego czasu szczyt zachorowań na celiakię przypada u pacjentów powyżej 40 roku życia [Husby i in. 2012]. Ocenia się, że występuje ona u 1% populacji rasy kaukaskiej. W Polsce szacuje się, że problem dotyczy powyżej 40 tys. osób. Wraz ze wzrostem liczby osób borykających się z chorobami glutenezależnymi wzrasta również zapotrzebowanie na żywność bezglutenową. Aktualnie obserwuje się bardzo dynamiczny rozwój rynku produktów pozbawionych glutenu, który w Polsce obejmuje już takie obszary produkcji jak: pieczywo, mąki, produkty specjalistyczne, wędliny i wyroby mięsne, nabiał, dania gotowe, konserwy, przetwory, słodczyce, przekąski oraz napoje (włącznie z napojami alkoholowymi). Wraz ze świadomością, iż wartość odżywcza i zawartość związków korzystnie oddziałujących na stan zdrowia nie jest zadowalająca, producenci coraz częściej kładą nacisk na produkcję żywności bezglutenowej o wysokiej jakości.

Celem niniejszej pracy było oznaczenie składu chemicznego, zawartości polifenoli ogółem oraz aktywności przeciwutleniającej wybranych chlebów oraz koncentratów i wypieczonych z nich chleba i ciast bezglutenowych, powszechnie spożywanych przez osoby cierpiące na choroby glutenezależne.

Materiał i metody badań

Materiał badany stanowiły koncentraty, wypieki oraz gotowe chleby bezglutenowe dostępne w jednej z sieci handlowych na terenie Krakowa. Do badań wybrano następujące produkty:

1. chleb biały – produkt gotowy
2. chleb tostowy – produkt gotowy
3. chleb bez cukru – produkt gotowy
4. koncentrat na chleb gryczany
5. koncentrat na ciasto drożdżowe
6. koncentrat na ciasto biszkoptowe
7. chleb gryczany - wypieczony
8. ciasto drożdżowe - wypieczone

9. ciasto biszkoptowe – wypieczone

Chleby i ciasta z koncentratów zostały wypieczone zgodnie z informacjami podanymi na opakowaniach. W celu przeprowadzenia wybranych analiz chleby, wypieczone z koncentratów produkty poddano procesowi liofilizacji. Nie suszono sublimacyjnie koncentratów. W materiale badanym oznaczono zawartość suchej masy [Juszczak 2018a], białka ogółem metodą Kjeldahla [Juszczak 2018b], tłuszczu metodą Soxhleta [Fortuna 2018] oraz popiołu [Juszczak 2018c], wyliczono ilość węglowodanów ogółem [Metzger i Nielsen 2017]. Wykonano także analizę zawartości polifenoli ogółem [Swain i Hillis 1959] oraz aktywności przeciwutleniającej metodami FRAP [Benzie i Strain, 1996] i DPPH⁺ [Pekkarinen i in. 1999].

Oznaczenia wykonano w trzech równoległych powtórzeniach. Wyniki poddano jednoczynnikowej analizie wariancji (ANOVA) przy użyciu program Statistica 13.1 w celu określenia istotności różnic wybranych składników pomiędzy produktami gotowymi, koncentratami oraz wypiekami. Istotność różnic obliczono za pomocą testu Duncana, przy poziomie istotności $p \leq 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Osoby z zaburzeniami związanymi z nietolerowaniem białek glutenowych na co dzień zmagają się z wyborem dogodnych dla siebie produktów spożywczych. Skład produktów pozbawionych glutenu oparty jest głównie na skrobiach bezglutenowych (pszenna, kukurydziana, ziemniaczana) oraz na mąkach bezglutenowych (ryżowa, gryczana kukurydziana, jaglana, kokosowa). W ostatniej dekadzie XXI w. rynek produktów bezglutenowych bardzo się poszerzył. Nowe technologie oraz dostępność wielu preparatów wspomagających produkcję doprowadziły do produkcji wyrobów wysokiej jakości, zarówno pod względem wartości odżywczej, jak i cech sensorycznych.

Najmniej białka ogółem oznaczono w chlebie białym – 4,78 g/100 g s.m. oraz w chlebie tostowym 5,88 g/100 g s.m. Największą jego ilość wykazano w chlebie bez cukru, tj. 11,79 g/100 g s.m. Koncentrat chleba gryczanego oraz wypieczony produkt charakteryzowały się zbliżoną zawartością białka na poziomie ok 10,2 g/100 g s.m. (tab. 1). Głównym składnikiem chleba białego i tostowego była mąka kukurydziana. Kulczak i in. [2014] uzyskali zawartość białka ogółem w chlebie bezglutenowym z dodatkiem mąki grochowej (10%) i gryczanej (20%) na poziomie 10,4 g/100 g s.m. Białka gryki wykazują wysoką wartość biologiczną, ponieważ są dobrym źródłem aminokwasów egzogennych: metioniny i lizyny. Według Pisulewskiej i in. [2001] dzienne zapotrzebowanie na ww. aminokwasy może być pokryte przy spożyciu 100 g kaszy gryczanej.

Zawartość tłuszczu we wszystkich chlebach była istotnie statystycznie różna ($p \leq 0,05$). W chlebie bez cukru oznaczono najwyższy poziom tłuszczu – 11,18 g/100 g s.m., natomiast w koncentracie chleba gryczanego najniższy – 0,40 g/100 g s.m. Zwiększona zawartość tłuszczu w chlebie gryczanym (1,24 g/100 g s.m) w stosunku do koncentratu (0,40 g/100 g s.m.) mogła wynikać z przeniknięcia tłuszczu z foremki wypiekowej do

wnętrza ciasta (tab. 1). Analizy Bilgiçli [2009] dotyczące podstawowego składu chemicznego mąki gryczanej wskazują ilość tłuszczu na poziomie 2,9 g/100 g s.m. Wykazano istotne statystycznie różnice w zawartości popiołu całkowitego pomiędzy chlebami białym i tostowym a chlebami bez cukru i gryczanym. Najwięcej popiołu stwierdzono w koncentracie chleba gryczanego (ok 3,5 g/100 g s.m.), a najmniejsza jego ilość znajdowała się w chlebie białym (2,02 g/100 g s.m.). Pomijając chleb bez cukru, nie wykazano istotnych statystycznie różnic w zawartości węglowodanów ogółem w pozostałych chlebach. Poziom omawianego składnika wahał się w przedziale od 73,88 g/100 g s.m. w przypadku chleba białego do 86,14 g/100 g s.m. w chlebie tostowym (tab. 1). Węglowodany w chlebie białym, koncentracie i w chlebie gryczanym stanowiły ok 85% składu podstawowego. Kulczak i in. [2014] wykazali, że zawartość węglowodanów ogółem w pieczywie gryczanym wynosiła od 74,6 do 78,6%.

Tabela 1. Skład podstawowy wybranych chlebów bezglutenowych [g/100 g s.m.]

Próbka	Białko [g]	Tłuszcz [g]	Popiół [g]	Węglowodany ogółem [g]
chleb biały	4,78 ± 0,06a	8,06 ± 0,36d	2,02 ± 0,06a	85,13 ± 0,48b
chleb tostowy	5,88 ± 0,31b	5,55 ± 0,69c	2,43 ± 0,01a	86,14 ± 0,98b
chleb bez cukru	11,79 ± 0,25d	11,18 ± 0,45e	3,15 ± 0,02b	73,88 ± 0,68a
chleb gryczany (koncentrat)	10,19 ± 0,60c	0,40 ± 0,08a	3,68 ± 0,21b	85,73 ± 0,73b
chleb gryczany (wypiek)	10,26 ± 0,34c	1,24 ± 0,03b	3,30 ± 0,06b	85,21 ± 0,43b

Objaśnienia: ± SD – odchylenie standardowe; Wartości oznaczone różnymi literami w kolumnach różnią się istotnie statystycznie przy $p < 0,05$.

Spośród koncentratów i wypieczonych ciast bezglutenowych największą ilością białka ogółem charakteryzowało się ciasto biszkoptowe (16,71 g/100 g s.m.). Najniższy poziom białka oznaczono w przypadku koncentratu ciasta drożdżowego (tab. 2). Wysoka zawartość białka ogółem w koncentracie i chlebie gryczanym spowodowana była obecnością w ich składzie bogatej w białko mąki gryczanej (13,1 g/100 g produktu, wg Kunachowicz i in. 2015). Różnica w zawartości białka w koncentraty (ciasto drożdżowe, ciasto biszkoptowe) oraz gotowych produktów spowodowana była dodatkiem całych jaj kurzych podczas przygotowania ciast, co było zgodne z przepisem na opakowaniu ww. półproduktów. W obu przypadkach zabieg ten podniósł poziom białka w wypiekach. Kopeć i in. [2014] wykazali niższą zawartość białka w bezglutenowym biszkopie kukurydzianym na poziomie 6,72 g/100 g s.m.

Na podstawie analiz stwierdzono istotne statystycznie różnice w zawartości tłuszczu we wszystkich wybranych ciastach bezglutenowych. Najwięcej lipidów zawierało ciasto

drożdżowe (20,48 g/100 g s.m.), a najmniejszą ich ilość wykazał koncentrat ciasta drożdżowego – 3,78 g/100 g s.m. (tab. 2). Receptura bezglutenowego ciasta drożdżowego zawierała dodatek tłuszczu mlecznego (masła). Dodatkowo, wysoka ilość tłuszczu w cieście drożdżowym spowodowana była obecnością w składzie mąki kokosowej (tłuszcz – 15,0 g/100 g s.m. wg Kunachowicz, 2015). Dierick i in. [2002], sugerują, że obecność w mące kokosowej średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych może korzystnie wpływać na odbudowę enterocytów w jelicie cienkim, co jest bardzo istotne zwłaszcza u pacjentów zaraz po zdiagnozowaniu celiakii. Wyniki badań dotyczące zawartości tłuszczu w biszkopcie bezglutenowym, w niniejszej pracy, są niższe od danych opublikowanych przez Kopeć i in. [2014]. Autorzy Ci oznaczyli wyższą zawartość lipidów w biszkoptach przygotowanych z mąki kukurydzianej i gryczanej.

W niniejszej pracy wykazano różnice istotne statystycznie w zawartości węglowodanów ogółem w przypadku wszystkich badanych produktów. Największą ilością omawianego składnika charakteryzował się koncentrat ciasta drożdżowego 85,42 g/100 g s.m.), zaś najmniejszą gotowy produkt (66,35 g/100 g s.m.). W innych produktach bezglutenowych węglowodany stanowiły 66,35% (ciasto drożdżowe) – 86,14% (chleb tostowy) (tab. 1). Kopeć i in., [2014] uzyskali podobną ilość węglowodanów ogółem w bezglutenowym biszkopcie kukurydzianym (65,11 g/100 g s.m. Wyższy poziom omawianego składnika (87,6 – 92,5%) oznaczyli w mąkach kukurydzianych Sandhu i in. (2007).

Największą zawartość związków mineralnych w postaci popiołu wykazano w koncentratkach chleba gryczanego i ciasta biszkoptowego odpowiednio 3,68 i 3,59 g/100 g s.m. (tab. 1,2). Najniższą wartość popiołu zaobserwowano w cieście drożdżowym. Zdecydowanie niższy poziom popiołu oznaczyli Kopeć i in. [2014] w biszkopcie kukurydzianym (0,9 g/100 g s.m.). Ci sami autorzy oznaczyli również popiół w ciastkach gryczanych w ilości 1,09 g/100 g s.m. Wronkowska i Soral-Śmietana [2008] w badaniu składu podstawowego mąki gryczanej uzyskali poziom popiołu równy 2,42% s.m.

Tabela 2. Skład podstawowy wybranych ciast bezglutenowych [g/100 g s.m.]

Próbka	Białko [g]	Tłuszcz [g]	Popiół [g]	Węglowodany ogółem [g]
ciasto biszkoptowe (koncentrat)	9,18 ± 0,72a	7,21 ± 0,04b	3,59 ± 0,56b	80,02 ± 1,25c
ciasto biszkoptowe (wypiek)	16,71 ± 0,02c	9,18 ± 0,62c	2,10 ± 0,02a	72,01 ± 0,66b
ciasto drożdżowe (koncentrat)	8,40 ± 0,00a	3,78 ± 0,07a	2,40 ± 0,21a	85,42 ± 0,14d
ciasto drożdżowe (wypiek)	11,63 ± 0,36b	20,48 ± 0,19d	1,54 ± 0,03c	66,35 ± 0,53a

Objaśnienia jak pod tab. 1

Najwyższą zawartością polifenoli ogółem charakteryzował się chleb bez cukru oraz koncentrat chleba gryczanego (odpowiednio – 327,50 mg/100 g i 258,47 mg/100 g produktu). Najwyższą zdolność wygaszania wolnych rodników (DPPH) wykazano w przypadku chleba bez cukru – 6,69 $\mu\text{mol Troloxu/1 g s.m.}$, a najniższą w chlebie białym i tostowy (około 2,7 $\mu\text{mol Troloxu/1 g s.m.}$). Największą aktywnością przeciwutleniającą mierzoną przy pomocy metody FRAP charakteryzował się chleb bez cukru – 38,27 $\mu\text{mol Troloxu/1 g s.m.}$, natomiast najmniejszą chleb biały i tostowy (tab. 3). Pomijając chleb biały i tostowy, wszystkie badane produkty różniły się istotnie statystycznie pod względem aktywności przeciwutleniającej.

W niniejszej pracy oznaczono ogólną zawartość polifenoli oraz aktywność przeciwutleniającą chleba białego, tostowego i bez cukru oraz koncentratów i wypieczonych z nich chlebów i ciast bezglutenowych. Parametry te były zróżnicowane w poszczególnych produktach. Najwięcej polifenoli ogółem oznaczono w chlebie bez cukru (327,5 mg/100 g s.m.) oraz produktach gryczanych (ok. 240 mg/100 g s.m.), co świadczy o ich dużym potencjale przeciwutleniającym. Hęś i in. [2015] dowiedli, iż w gryce siewnej najwyższa zawartość polifenoli znajduje się w łusce ziarna (140 mg/g s.m.), natomiast w otrębach gryczanych autorzy uzyskali 3-krotnie niższą zawartość omawianego składnika. Jeszka i in. [2010] zaznaczają, że głównymi wyizolowanymi z gryki przeciwutleniaczami są rutyna, witeksyna, orientyna oraz kwercetyna. O prozdrowotnych właściwościach gryki świadczy również obecność dużej ilości błonnika pokarmowego. Chleby białe i tostowe miały ok. 2-krotnie niższą zawartość polifenoli, w porównaniu do ww. produktów co wiąże się z użyciem do ich wypieku innego rodzaju mąk (m.in. brak mąki gryczanej w składzie).

Tabela 3. Właściwości antyoksydacyjne wybranych chlebów bezglutenowych

Próbka	Polifenole ogółem [mg/100 g produktu]	FRAP [$\mu\text{mol Troloxu/1 g s.m.}$]	DPPH [$\mu\text{mol Troloxu/1 g s.m.}$]
chleb biały	170,25 $\pm$ 0,69f	11,93 $\pm$ 0,94b	2,67 $\pm$ 0,06c
chleb tostowy	143,16 $\pm$ 0,32e	11,84 $\pm$ 0,73b	2,68 $\pm$ 0,05c
chleb bez cukru	327,50 $\pm$ 0,78h	38,27 $\pm$ 1,55e	6,69 $\pm$ 0,21e
chleb gryczany (wypiek)	230,70 $\pm$ 0,93g	25,17 $\pm$ 0,90c	4,79 $\pm$ 0,08d
chleb gryczany (koncentrat)	258,47 $\pm$ 0,08g	33,11 $\pm$ 0,98d	4,82 $\pm$ 0,23d

Objaśnienia jak pod tab. 1

Najniższą aktywność przeciwutleniającą biorąc pod uwagę metodę FRAP wykazano w przypadku koncentratów ciasta drożdżowego i biszkoptowego, odpowiednio 3,65 i 3,94 $\mu\text{mol Troloxu/1 g s.m.}$ Aktywność przeciwutleniająca była najwyższa w przypadku wypieku ciasta drożdżowego (tab. 4). Kopec i in. [2014] badając zawartość polifenoli ogółem w biszkopcie kukurydzianym otrzymali wynik 59 mg/100 g s.m., który koresponduje z ilością polifenoli w cieście biszkoptowym oznaczonym w niniejszej pracy.

Tabela 4. Właściwości przeciwutleniające wybranych ciast bezglutenowych

Próbka	Polifenole ogółem [mg/100 g produktu]	FRAP [μmol Troloxu/1 g]	DPPH [μmol Troloxu/1 g]
ciasto biszkoptowe (wypiek)	63,50 ± 0,28c	4,33 ± 0,15a	0,93 ± 0,04a
ciasto biszkoptowe (koncentrat)	51,26 ± 0,15b	3,94 ± 0,09a	0,86 ± 0,03a
ciasto drożdżowe (wypiek)	85,88 ± 0,49d	4,43 ± 0,28a	1,25 ± 0,06b
ciasto drożdżowe (koncentrat)	43,10 ± 0,66a	3,65 ± 0,12a	0,81 ± 0,04a

Objaśnienia jak pod tab. 1

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań składu podstawowego wybranych produktów bezglutenowych można stwierdzić, że wyroby te wbrew opiniom mogą dostarczać składniki odżywcze oraz substancje przeciwutleniające. Porównanie składów wyrobów pozbawionych glutenu świadczy, iż osoby z zaburzeniami glutenozależnymi mają coraz szerszy wybór w doborze odpowiednich dla siebie produktów piekarskich. Skład zbożowych produktów bezglutenowych oparty jest głównie na skrobiach bezglutenowych, jednak coraz częściej producenci sięgają po surowce, które naturalnie nie zawierają białek glutenowych (mąka kokosowa, mąka jaglana, mąka gryczana) ale są źródłem innych cennych składników odżywczych i nie odżywczych.

Literatura

1. Aziz I., Branchi F., Sanders D.S. The rise and fall of gluten! Proceedings of the Nutrition Society. 2015, 74, 221-226.
2. Bilgiçli N. Effect of buckwheat flour on chemical and functional properties of tarhana. 2009. Food Science and Technology. 42, 514-518.
3. Benzie I.F.F., Strain J.J. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. 1996. Analytical Biochemistry. 239 (1). 70-76.
4. Darewicz M., Jaszczak L. Oznakowanie produktów stosowanych w diecie osób chorych na celiakię. 2012. Przegląd Piekarski i Cukierniczy 3, 10-12.
5. Dierick N, Decuyper J, Molly K, Beek E Van, Vanderbeke E. The combined use of triacylglycerols containing medium-chain fatty acids and exogenous lipolytic enzymes as an alternative for nutritional antibiotics in piglets nutrition. I. In vitro screening of release of MCFAs from selected fat source by selected exogenous lipolytic enzymes under simulated pig gastric conditions and their effects on the gut flora of piglets. 2002. Livestock Production Science, 76, 1-16.
6. Dittfeld A., Gwizdek K., Parol D., Michalski M. Dieta bezglutenowa – charakterystyka grup docelowych. 2018. Postępy Hig Med Dosw. 72, 227-239.

7. Fortuna T., Oznaczanie zawartości i jakości tłuszczów. W: Podstawy analizy i oceny jakości żywności. Skrypt do ćwiczeń pod redakcją Teresy Fortuny. 2018a. Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. str. 153-172.
8. Hęś M., Górecka D., Dziedzic K., Kobus-Cisowska J., Korczak J. Właściwości przeciwutleniające ekstraktów z ziarniaków gryki i produktów otrzymanych w procesie ich przerobu. 2015. Nauka, Technologia, Jakość. 1, 98, 102-115
9. Husby S., Koletzko S., Korponay-Szabo R., Mearin M.L., Phillips A., Shamir R., Troncone R., Giersiepen K., Branski D., Catassi C., Lelgeman M., Mäki M., Ribes-Koninck C., Ventura A., Zimmer K.P. For the ESPGHAN Working Group on Coeliac Disease Diagnosis, on behalf of the ESPGHAN Gastroenterology Committee: European Society for Pediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition. Guidelines for the Diagnosis of Coeliac Disease. 2012. 54.
10. Jeszka M., Flaczyk E., Kobus-Cisowska j., Dziedzic K. Związki fenolowe – charakterystyka i znaczenie w technologii żywności. 2010. Nauka Przyroda Technologie. 4, 2, 1-13.
11. Juszcak L. Oznaczanie zawartości wody. W: Podstawy analizy i oceny jakości żywności. Skrypt do ćwiczeń pod redakcją Teresy Fortuny. 2018a. Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. str. 117-128.
12. Juszcak L. Oznaczanie zawartości białka. W: Podstawy analizy i oceny jakości żywności. Skrypt do ćwiczeń pod redakcją Teresy Fortuny. 2018b. Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. str. 141-152.
13. Juszcak L. Oznaczanie zawartości popiołu i składników mineralnych. W: Podstawy analizy i oceny jakości żywności. Skrypt do ćwiczeń pod redakcją Teresy Fortuny. 2018c. Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. str. 211-230.
14. Kopeć A., Syska A., Leszczyńska T., Piątkowska E. Skład chemiczny i aktywność biszkoptów i ciastek bezglutenowych. Właściwości produktów i surowców żywnościowych. 2014. Wybrane zagadnienia. Polskie Towarzystwo Technologów Żywności – Oddział Małopolski. str. 153-163.
15. Kulczak M., Błasińska I., Łuczak H., Brzozowska M. Wartość odżywcza i jakość sensoryczna chleba bezglutenowego z udziałem preparowanej mąki grochowej i przetworów gryczanych. 2014. Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, XLVII, 3, 556-562.
16. Kunachowicz H., Nadolna I., Iwanow K., Przygoda B. Wartość odżywcza wybranych produktów spożywczych i typowych potraw. 2015. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa
17. La Vieille S., Pulido O.M., Abbott M., Koerner T.B., Godefroy S. Celiac disease and gluten-free oats: a Canadian position based on review. 2016. Canadian Journal of Gastroenterology and Hepatology.
18. Metzger, L.E., Nielsen, S.S. Nutrition labeling in food analysis. In Nielsen SS (ed). Food Analysis, 5th edn. Springer. Cham, Switzerland 2017, str. 35-43.

19. Pekkarinen S.S., Stockmann H., Schwarz K., Heinonen I.M., Hopia A.I. Antioxidant activity and partitioning of phenolic acids in bulk and emulsified methyl linoleate. 1999. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47. 8. 3036-3043.
20. Pisulewska E, Szymczyk B, Zając T. Ocena składu chemicznego i wartości odżywczej białka orzeszków polskich odmian w świetle współczesnych kryteriów żywieniowych. 2001. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie*, 392, 95-101.
21. Swain. T. & Hillis W.E. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. 1959. The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 10. 63-68.
22. Szczeklik A., Gajewski P.: *Interna Szczeklika*. 2014. MP, Kraków.
23. Wronkowska M., Soral-Smietana M. Buckwheat flour - a valuable component of gluten-free formulations. 2008. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 58, 1, 59-63.

Chia czy siemię lniane – opinie i zachowania rynkowe konsumentów

Agnieszka Rybowska

*Katedra Zarządzania Jakością, Wydział Zarządzania i Nauk o Jakości,
Uniwersytet Morski w Gdyni*

Streszczenie

Zainteresowanie konsumentów zdrowym żywieniem wpłynęło na zmianę ich zachowań żywieniowych i wprowadzanie do jadłospisów produktów uważanych za szczególnie wartościowe. Do takich zalicza się nasiona chia i siemię lniane. Duże zainteresowanie konsumentów pierwszym z tych produktów i obserwowalne mniejsze drugim stanowiło podstawę do przeprowadzenia badania, którego celem było poznanie opinii konsumentów na temat nasion szalwii hiszpańskiej oraz lnu zwyczajnego i ich zachowań na rynku tych produktów. Badanie przeprowadzono metodą ankietową w grupie 190 konsumentów nasion. Wykazano, że konsumenci często spożywają wymienione nasiona, stosując je w różnych potrawach i jako samodzielne danie, ale ich wiedza na temat tych produktów jest niepełna. Dokonując zakupu obu produktów, konsumenci kierują się różnymi czynnikami. Inne są także miejsca zakupu nasion. Wyniki pokazują, że ważne jest uświadamianie konsumentów, co do wartości odżywczej i walorów prozdrowotnych produktów oraz promowanie rodzimego produktu.

Słowa kluczowe: szalwia hiszpańska, len, zachowania konsumenta, nowa żywność

Wstęp

Nasiona szalwii hiszpańskiej, zwane popularnie Chia, zyskały w ostatnich latach wielu zwolenników wśród polskich konsumentów. Sprzyjało temu wiele czynników: rosnąca świadomość żywieniowa konsumentów, wzrost zainteresowania prozdrowotnym stylem życia, większa dbałość o prawidłowe żywienie i towarzysząca temu otwartość konsumenta na nowe, nie znane do tej pory produkty żywnościowe (*novel food*). Dodatkowym czynnikiem są procesy globalizacyjne oraz otwarcie się krajów UE na produkty pochodzące z innych regionów świata i dopuszczenie ich do spożycia w Europie. Do produktów takich należały również nasiona szalwii hiszpańskiej. Rosnąca popularność tego produktu wywołała dyskusje na temat jego wyższości nad podobnym produktem rodzimym, czyli nasionami lnu zwyczajnego. Produkty te są bardzo podobne pod względem cech sensorycznych (wygląd, smak) oraz wartości odżywczych, a mimo tego konsumenci chętniej sięgają po nasiona chia. W związku z tym nasuwa się kilka pytań:

- dlaczego konsumenci wolą chia od siemienia lnianego?
- jaką mają wiedzę na temat tych produktów?
- jakie czynniki wpływają na ich zachowania przy podejmowaniu decyzji o ich nabyciu?

Zagadnienia te stały się podstawą do przeprowadzenia badania ankietowego, którego celem było poznanie opinii konsumentów na temat nasion szałwii hiszpańskiej oraz lnu zwyczajnego i ich zachowań na rynku tych produktów.

Szałwia hiszpańska i len zwyczajny – charakterystyka roślin

Szałwia hiszpańska (łac. *Salvia hispanica* L.) jest jednoroczną rośliną zielną należącą do rodziny jasnowatych (*Lamiaceae*) i nadgromady roślin nasiennych. Roślina pochodzi z Ameryki Środkowej, gdzie dziko rośnie w Meksyku i Gwatemali. Współcześnie występuje także w południowo-wschodniej części Stanów Zjednoczonych. W warunkach naturalnych roślina dorasta do około 1 m wysokości, ma długie i szerokie liście, fioletowe lub białe kwiaty umieszczone na szczytach pędów [Ali i in. 2012]. Użytkową jej częścią są ukryte w owocach rośliny nasiona. Są one małe (od 1 do 2 mm), owalne i występują w białym, brązowym, szarym lub czarnym kolorze [Ali i in. 2012], przy czym pierwsze z nich są rzadko spotykane, co wpływa na ich wartość i wysoką cenę na rynku [Bennett 2014]. Gładka zewnętrzna osłona nasiona stanowi higroskopijny płaszcz, który absorbuje wodę i sprawia, że nasionko pęcznieje i staje się kilkukrotnie większe. Nasiona chia były wysoko cenione i wykorzystywane już przez przedstawicieli pierwszych cywilizacji amerykańskich, głównie przez Azteków i Majów. W społecznościach tych stosowano je jako żywność, środki lecznicze oraz jako bazę pod malowidła na skórze w rytuałach kulturowych [Szopa i in. 2018].

Współcześnie szałwia hiszpańska to roślina nie tylko dziko rosnąca, ale coraz częściej występuje jako roślina uprawna. Na skalę przemysłową, poza Ameryką Środkową i Południową, uprawia się ją w Australii, Afryce i Azji Wschodniej. Ziarna chia najczęściej uprawiane są ekologicznie, nie są modyfikowane genetycznie (bez GMO) [Olivos- Lugo i in. 2010]. Nasiona szałwii hiszpańskiej są doceniane na całym świecie i stanowią produkt eksportowy. Na rynek europejski, w tym polski, nasiona chia importowane są głównie z Paragwaju, Argentyny, Boliwii, Peru i Meksyku, w mniejszych ilościach także z Australii, Nikaragui i Ekwadoru [Alberto i in. 2016]. Konsumpcja nasion chia w krajach, w których roślina występuje na stanowiskach naturalnych jest ograniczona. Powodem tego jest mała wiedza mieszkańców tych terenów na temat właściwości chia, względnie wysoka ich ceny oraz aktualne nawyki żywieniowe.

Podobne do chia cechy posiadają nasiona lnu zwyczajnego (*Linum usitatissimum* L.). Roślina należy do rodziny Inowatych. Len zwyczajny jest rośliną jednoroczną. Osiąga do 70 cm wysokości, ma prostą łodygę, lekko ulistnioną lancetowatymi liśćmi, a pojawiające się na początku lata kwiaty mają niebiesko-fioletową, chabrową barwę [Wielgosz 2008]. Len znany i stosowany jest od czasów neolitu, kiedy to wykorzystywany był jako surowiec spożywczy. Dopiero później dostrzeżono możliwości jego stosowania w innych dziedzinach działalności człowieka. Już w czasach starożytnych wykorzystywano włókna lnu do produkcji tkanin lnianych. Współcześnie produkty otrzymywane z lnu (spożywcze, tekstylne, kosmetyczne) są bardzo doceniane przez konsumentów, co wpływa na zaintereso-

wanie plantatorów tą rośliną, a szczególnie jej oleistymi odmianami. Len pochodzi z Bliższego Wschodu, ale obecnie uprawiany jest na całym świecie w ponad 50 krajach świata. Największy udział w jego produkcji mają Kanada (31% światowej produkcji w 2017 roku) i Chiny (ponad 17%), a następnie Rosja, Kazachstan i Indie [Popis i in. 2015]. Roślina ta uprawiana jest również w Polsce, ale areal uprawy jest stosunkowo niewielki (ok. 7000 ha w 2017 r.), plony nie pokrywają zapotrzebowania polskich producentów, w związku z czym konieczny jest import tego surowca. Len zwyczajny uprawiany jest w zależności od warunków klimatycznych w dwóch formach użytkowych: oleistej oraz włóknistej - uprawianej w chłodniejszych rejonach świata [Zajac i in. 2010] Len znalazł zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu, między innymi w przemyśle spożywczym, farmaceutycznym, tekstylnym, chemicznym, papierniczym i paszowym [Popis i in. 2015]. O znaczeniu rośliny dla przemysłu decyduje to, iż len jest surowcem wykorzystywanym w całości i bezodpadowo. Włókno lniane wykorzystywane jest do produkcji odzieży, pościeli, artykułów dekoracyjnych, sznurków, celulozy i kompozytów. Paździerz stosowane są do wytwarzania płyt oraz jako ściółka dla zwierząt gospodarskich i hobbystycznych. Nasiona lnu wykorzystywane są w przemyśle spożywczym i farmaceutycznym. Mogą być spożywane w postaci siemienia lnianego (siemie lniane złociste lub brązowe) lub jako olej lniany. Poza tym stosowane są do produkcji dodatków piekarniczych, suplementów diety, olejów technicznych, pasz.

Wartość odżywcza i właściwości prozdrowotne nasion chia i siemienia lnianego

Nasiona szalwii hiszpańskiej oraz lnu zwyczajnego zaliczono do tzw. superfoods, gdyż mają bardzo duży potencjał prozdrowotny, związany z ich wartością odżywczą. Ich charakterystykę przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wartość odżywcza nasion chia i siemienia lnianego (w 100 g)

Zmienna	Nasiona chia	Siemie lniane
Wartość energetyczna	486 kcal	477 kcal
Białka	16,5 g	24,5 g
Tłuszcze	31,0 g	31,0 g
Kwasy tłuszczowe omega - 3	18,0 g	16,6 g
Kwasy tłuszczowe omega - 6	6,0 g	4,8 g
Węglowodany	42,0 g	35,0 g
Woda	6,0 g	6,0 g
Błonnik	34,4 g	27,0 g
Makroelementy	Fosfor, Wapń, Potas, Magnez	Potas, Fosfor, Magnez, Wapń
Mikroelementy	Żelazo, Sód, Cynk	Żelazo, Mangan, Cynk, Miedź, Sód
Witaminy	A, E, B1, B3, C	E, B1, B2, B3, B6

Źródło: opracowanie własne na podstawie Kargulewicz i in. 2016 oraz Kunachowicz i in. 2017

Jak wynika z analizy danych przedstawionych w powyższej tabeli, nasiona chia i lnu zwyczajnego charakteryzują się podobnym składem chemicznym i wartością odżywczą. Najważniejszą ich cechą jest duża zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych omega - 3 i omega - 6. Stanowią też dobre źródło składników mineralnych (szczególnie potasu, fosforu, wapnia oraz żelaza) oraz niektórych witamin (szczególnie E oraz z grupy B). Ważnym składnikiem nasion jest, występujący w nich w dużych ilościach, błonnik. Ponadto nasiona te wolne są od glutenu. Taki skład stanowi o znaczeniu nasion obu roślin, decyduje o ich prozdrowotnym potencjale i znaczącym wpływie na prawidłowe funkcjonowanie organizmu człowieka. Nasiona stanowią cenne uzupełnienie diet i zalecane są w profilaktyce oraz leczeniu różnych chorób. Wykazano przeciwpalające, przeciwutleniające, przeciwzakrzepowe, przeczyszczające, przeciwdepresyjne, przeciwłękowe, przeciwbólowe, poprawiające wzrok i odporność działanie nasion chia [Marchand 2015]. Nasiona chia są potencjalnym źródłem przeciwutleniaczy, które mają działanie przeciwstarzeniowe i antykancerogenne. Ważne są w profilaktyce chorób układu krążenia. Ze względu na dużą zawartość błonnika wpływają na funkcjonowanie układu pokarmowego. Spożywanie chia zalecane jest w przypadku różnych chorób, np. cukrzycy, dyslipidemii czy nadciśnienia [Ali i in. 2012, Ullah i in. 2016].

Podobne działanie przypisywane jest nasionom lnu zwyczajnego, które stosowane są jako produkt spożywczy, ale też jako środek leczniczy. Siemię lniane może być spożywane jako samodzielny produkt, danie wykonane z niego lub jako dodatek do wielu produktów i potraw. Jako produkt leczniczy jest ono stosowane w profilaktyce i leczeniu wielu chorób [Wawryka i in. 2017]. Siemię lniane może być stosowane wewnętrznie i na zewnątrz (w chorobach skóry) [Ekiert i Dochniak 2015]. Stosowanie nasion lnu w diecie wpływa na zmniejszenie stężenia cholesterolu całkowitego i LDL, a więc ma pozytywny wpływ na prewencję chorób sercowo-naczyniowych. Wpływa na obniżenie ciśnienia tętniczego [Khalesi i in. 2015]. Dzięki zawartości lignin siemię lniane ma działanie regulujące gospodarkę hormonalną u kobiet, dlatego jego stosowanie zalecane jest w trakcie menstruacji oraz w okresie menopauzy. Spożycie nasion lnu wpływa także na rozwój masy kostnej. Siemię lniane może być stosowane jako środek zapobiegający zaparciom oraz biegunkom [Pan i in. 2009, Ganorkar i Jain 2013]. Może być wykorzystywane w dietach redukujących masę ciała. Ma także właściwości przeciwnowotworowe i przeciwzakrzepowe. Odwar z nasion lnu to tradycyjny środek powlekający, stosowany w chorobach przewodu pokarmowego [Silska 2016].

Mimo pozytywnego wpływu na zdrowie, oba rodzaje nasion mogą być spożywane w ograniczonej ilości (do 40 g (trzy łyżki) na dobę), gdyż większe ich spożycie może powodować negatywne skutki dla organizmu [Kołodziejska 2020].

Takie właściwości nasion szalwii hiszpańskiej i lnu zwyczajnego spowodowały zainteresowanie nimi bardziej świadomego konsumenta i coraz większą ich konsumpcję.

Opinie konsumentów na temat nasion chia i siemienia lnianego – badanie własne

Metodyka badań

Badanie mające na celu poznanie opinii i zachowań konsumentów nasion chia i siemienia lnianego przeprowadzono metodą ankiety bezpośredniej i internetowej, wykorzystując autorski kwestionariusz ankiety. Zawarto w nim 10 pytań, w tym 8 pytań zamkniętych i półzamkniętych z kafeterią dysjunktywną i koniunktywną. W pozostałych dwóch pytaniach wykorzystano skale. Pierwsza z nich to 3 stopniowa skala pozycyjna do badania determinantów wyboru produktu, gdzie w skali porządkowej zastosowano określenia „nie biorę pod uwagę”, „jest mi to obojętne, „biorę pod uwagę”. Druga to skala Likerta do badania wiedzy na temat właściwości nasion szalwii hiszpańskiej i lnu zwyczajnego oraz ich działania na organizm człowieka. W skali tej zastosowano 5 stopniową skalę porządkową z określeniami werbalnymi od „zdecydowanie się zgadzam” do „zdecydowanie nie zgadzam się”, z miejscem neutralnym „nie mam zdania”. Wyniki badań przedstawiono jako odsetek odpowiedzi.

Badaną populację stanowiło 190 osób, w tym 100 kobiet oraz 90 mężczyzn. Były to osoby w wieku 19 - 70 lat, o różnym stopniu wykształcenia, zamieszkujące województwo pomorskie. Dokonano celowego doboru próby. W badaniu udział wzięły osoby, które deklarowały spożycie nasion szalwii hiszpańskiej i/lub lnu zwyczajnego. Szczegółową charakterystykę badanych zaprezentowano w tabeli 2.

Tabela 2. Charakterystyka badanej populacji

Zmienna		n	%
Płeć	Kobieta	100	53
	Mężczyzna	90	47
Wiek	19 - 35 lat	70	37
	36 - 55 lat	67	35
	Powyżej 55 lat	53	28
Wykształcenie	Zawodowe	42	22
	Średnie	67	25
	Wyższe	81	43

W badanej grupie, 89% stanowiły osoby, które w swojej diecie stosowały oba rodzaje nasion: chia i siemię lniane. W pozostałej grupie, 8% badanych to konsumenci, którzy nigdy nie jedli nasion chia, a pozostali nie spożywali siemienia lnianego.

Wyniki badań

Respondentów zapytano o częstotliwość spożycia (tab. 3) i wielkość porcji nasion chia i lnu zwyczajnego.

Tabela 3. Częstość spożycia nasion chia i siemienia lnianego (%)

Częstość	Chia			Siemię lniane		
	Ogółem	Kobiety	Mężczyźni	Ogółem	Kobiety	Mężczyźni
Codziennie	17,0	25,1	9,0	6,0	7,0	5,0
Kilka razy w tygodniu	35,1	34,4	35,8	25,4	28,3	22,5
Kilka razy w miesiącu	31,6	26,5	36,7	41,6	41,5	41,7
Kilka razy w roku	13,1	12,2	14,0	22,9	16,8	29,0
Rzadziej niż raz w roku	3,4	3,7	3,1	4,1	6,4	1,8

Osoby biorące udział w badaniu deklarowały częstsze spożycie nasion chia niż lnu. Były one spożywane kilka razy w tygodniu lub kilka razy w miesiącu. Codziennie spożywało je 17% pytanych, w większości kobiet. Mężczyźni deklarowali ich spożywanie kilka razy w tygodniu lub podobnie wielu z nich- kilka razy w miesiącu. Siemię lniane nie było tak często spożywane. Nasiona te konsumowane były przez respondentów kilka razy w miesiącu, na co wskazała taka sama liczba kobiet i mężczyzn. Codziennie spożywało je zaledwie 6% pytanych. Większy odsetek kobiet deklarował spożycie nasion chia codziennie i kilka razy w tygodniu. Mężczyźni sięgali po nie kilka razy w roku lub kilka razy w tygodniu. Nie stwierdzono różnic w wielkości jednorazowych porcji nasion chia i siemienia lnianego. Kobiety deklarowały jednorazowe spożycie 3 łyżeczek nasion (55%), więcej niż 3 łyżeczki - 34%, 8% respondentek stosowało 2 łyżeczki, natomiast pozostałe nie zwracały uwagi na wielkość porcji. Mężczyźni deklarowali inne spożycie nasion. Jednorazowo, 2 łyżeczki nasion spożywało 44% pytanych, 3 łyżeczki - 47%, więcej niż 3 łyżeczki - 7% a 2% nie potrafiło wskazać, ile łyżeczek nasion stanowiła jedna spożywana przez nich porcja.

Większość respondentów (62% w przypadku chia i 72% przy nasionach lnu) uważała, że nie ma ograniczeń w spożyciu nasion. Płeć nie wpłynęła na odpowiedzi badanych, gdyż zarówno kobiety, jak i mężczyźni mieli podobne zdanie na ten temat. Wskazuje to na nieodpowiednią wiedzę konsumentów, którzy mogą spożywać zbyt dużą ilość produktu, przekraczającą 40 g dziennie.

Respondenci stosują nasiona jako samodzielne danie lub dodatek do różnych potraw i produktów. Nasiona chia stosowano jako dodatek do potraw, co zadeklarowało 100% respondentów. Poza tym nasiona te dodawane były do różnego rodzaju koktajli (owocowych, warzywnych, mlecznych), co praktykowało 86% odpowiadających, do deserów - 41%, do pieczywa - 22% oraz innych potraw - 6%. Nikt nie spożywał ich jako samodzielnego posiłku. Inaczej było w przypadku siemienia lnianego. Zaparzone ciepłą wodą nasiona lnu spożywało 72% pytanych, a jako dodatek do potraw 89% z nich. Siemię lniane stosowano przede wszystkim jako dodatek do wypiekanego pieczywa, na co wskazało 86%

respondentów, dodatek do koktajli - 26%, do sałatek i surówek - 22%, jako składnik deseru - 5%. Na inne wykorzystania wskazało 2% respondentów. Nie stwierdzono różnicowania w opiniach kobiet i mężczyzn.

Respondenci wskazywali na różne pobudki sięgania po nasiona chia i lnu zwyczajnego (tab. 4). Badani mogli wskazać kilka odpowiedzi.

Tabela 4. Deklarowane pobudki sięgania po nasiona chia i siemię lniane (%)

Czynnik	Chia			Siemię lniane		
	Ogółem	Kobiety	Mężczyźni	Ogółem	Kobiety	Mężczyźni
Odchudzanie	19,1	35,2	3,0	18,8	27,2	10,4
Są zdrowe	71,3	81,2	61,4	85,0	86,0	84,0
Zalecenie dietetyka/lekarza	36,0	56,0	16,0	42,0	54,0	30,0
Smak potraw	18,0	19,0	16,0	11,0	14,0	10,0
Są trendy	28,0	38,0	18,0	14,8	15,0	13,8
Są pomocne w trawieniu	21,5	26,5	16,5	53,2	39,3	65,1
To superfood	22,0	33,0	11,0	17,0	25,6	8,4
Inne	-	-	-	-	-	-

Główną przyczyną sięgania po nasiona (zarówno chia, jak i lnu) jest przekonanie badanych o zdrowotnych walorach tych produktów, przy czym w przypadku chia takie przekonanie kobiet było większe niż mężczyzn. Nasiona szalwii hiszpańskiej stosowane były po zaleceniach dietetyka, ale także ponieważ są modne i uznawane za superfood. Nasiona lnu zwyczajnego również używane były przez badanych w wyniku zaleceń dietetyka lub lekarza (w przypadku, kiedy pomocne są w dolegliwościach dotyczących pytań). Takie czynniki jak postrzeganie tych nasion jako superfood, czy jako produktu modnego w mniejszym stopniu niż w przypadku chia, wpływały na wprowadzanie ich do diety respondentów. Pokazuje to, że popularność rodzimego produktu jest bardziej wynikiem przekonania o jego prozdrowotnych i leczniczych właściwościach niż efektem obowiązujących trendów żywieniowych.

Przekonanie to nie zawsze zgodne są z wiedzą badanych, na co wskazują wyniki kolejnego pytania. Respondentów poproszono o wskazanie właściwości nasion chia i lnu zwyczajnego i ich wpływu na organizm człowieka (tab. 5).

Tabela 5. Właściwości nasion chia i lnu zwyczajnego i ich wpływ na organizm człowieka w opinii badanych (%)

Stwierdzenie	1	2	3	4	5
Nasiona chia nie zawierają glutenu, a siemię lniane zawiera go.	41,1	26,3	21,6	9,0	2,0
Chia są mniej kaloryczne niż siemię lniane.	57,2	21,4	11,2	5,1	5,0
Nasiona są dobrym źródłem błonnika.	61,0	25,8	13,2	-	-
Chia są bogatszym niż siemię lniane źródłem witamin oraz mikro- i makroelementów.	47,6	22,1	3,2	16,1	11,0
Siemię lniane stosowane jest w chorobach układu krążenia.	16,6	22,2	34,5	14,4	12,3
Siemię lniane stosowane jest w chorobach układu pokarmowego.	100,0	-	-	-	-
Nasiona chia mają działanie antynowotworowe.	34,4	13,1	40,4	12,1	-
Chia mają działanie przeciwzakrzepowe.	23,1	21,9	34,7	15,3	5,0
Dziennie można spożywać do trzech łyżek nasion.	26,6	28,0	36,1	6,2	3,1
Chia są smaczniejsze niż siemię lniane.	37,3	24,5	2,1	22,0	14,1

gdzie: 1 - zdecydowanie się zgadzam, 2 - zgadzam się, 3- nie mam zdania, 4 - nie zgadzam się, 5 - zdecydowanie nie zgadzam się

Wiedza badanych na temat nasion chia i lnu zwyczajnego była niepełna. Badani ustosunkowując się do podanych stwierdzeń udzielili wielu odpowiedzi nie zgodnych z aktualną wiedzą. Mają oni przekonanie, że nasiona chia są mniej kaloryczne niż nasiona lnu i że w przeciwieństwie do nich nie zawierają glutenu, co nie jest zgodne z prawdą [Kargulewicz i in. 2016, Kunachowicz i in. 2017]. Wyżej oceniana była wartość odżywcza nasion chia, szczególnie zawartość witamin oraz mikro- i makroelementów. Również wiedza na temat wpływu nasion na zdrowie była nie duża. Wszyscy badani zdecydowanie zgadzali się, że nasiona lnu mają pozytywny wpływ na układ pokarmowy, ale zdecydowanie mniej z nich miała świadomość takiego wpływu na układ krążenia. Wiedza dotycząca znaczenia nasion szatwii hiszpańskiej była bardzo zróżnicowana. Znaczenie chia w profilaktyce antynowotworowej znane było dla około 47% pytanych, a podobna liczba nie miała zdania na ten temat. Podobny odsetek respondentów (45%) posiadał wiedzę o przeciwzakrzepowym działaniu chia, a prawie 35% nie miało zdania. Respondenci nie byli świadomi ograniczenia spożywania nasion do 3 łyżek dziennie [Kołodziejska 2020]. Wiedzę taką posiadało niespełna 55%, a pozostali nie mieli zdania na ten temat lub nie zgadzali się z tym stwierdzeniem. Ponad 60% badanych stwierdziło, że nasiona chia były smaczniejsze niż siemię lniane, a 36% nie zgadzało się z tym stwierdzeniem.

Wiedza pytanych na temat właściwości i znaczenia nasion chia i lnu zwyczajnego pozyskiwana była z różnych źródeł (tab. 6).

Tabela 6. Źródła wiedzy o nasionach chia i siemieniu lnianym (%)

Źródło wiedzy	Chia			Siemię lniane		
	Ogółem	Kobiety	Mężczyźni	Ogółem	Kobiety	Mężczyźni
Czasopisma naukowe	4,6	6,8	2,4	2,0	2,1	1,9
Czasopisma popularne	18,5	26,1	11,0	18,3	20,0	16,6
Internet	89,0	92,1	86,0	89,1	90,0	88,1
Książki	6,3	10,0	2,6	18,0	28,6	7,4
Rodzina	74,0	53,0	85,0	72,5	65,0	80,0
Telewizja	21,8	26,2	17,4	21,6	25,0	18,2
Znajomi	42,2	44,0	40,4	42,4	39,1	45,7

Głównym źródłem wiedzy pytanych o nasionach chia i lnu był Internet, na co w obu przypadkach wskazało po 89% respondentów. Ważną rolę w procesie informacyjnym odgrywały rodzina i znajomi, a na kolejnych pozycjach znalazły się telewizja i materiały drukowane (czasopisma popularne, książki oraz czasopisma naukowe). Badani wiedzę o siemieniu lnianym czerpali częściej z książek niż z czasopism naukowych, a przewaga ta była zdecydowanie większa niż w przypadku pozyskiwania wiedzy o nasionach chia z tych samych źródeł. Kobiety zdobywały swoją wiedzę ze źródeł drukowanych, natomiast mężczyźni od rodziny i znajomych.

W kolejnych pytaniach skupiono się na zachowaniach zakupowych konsumentów nasion chia i siemienia lnianego. Konsumentci ci przy ich zakupie kierowali się różnymi czynnikami (tab. 7).

Tabela 7. Czynniki wpływające na zakup nasion chia i siemienia lnianego (%)

Czynnik wyboru	Chia			Siemię lniane		
	Nie biorę pod uwagę	Jest mi to obojętne	Biorę pod uwagę	Nie biorę pod uwagę	Jest mi to obojętne	Biorę pod uwagę
Cena	17,0	28,2	54,8	49,8	37,2	13,0
Dostępność	34,8	13,1	52,1	24,3	11,2	64,5
Marka	47,1	18,2	34,7	57,0	38,3	4,7
Promocja	41,0	5,6	53,4	87,0	10,9	2,1
Reklama	30,5	35,1	24,4	91,0	9,0	-
Rodzaj opakowania	11,9	38,8	49,3	11,9	27,8	60,3
Wielkość opakowania	25,6	27,1	47,3	9,5	34,1	56,4

Przy zakupie nasion chia pytani zwracali uwagę na cenę, promocję oraz dostępność. Na kolejnych miejscach znalazły się czynniki związane z opakowaniem: jego rodzajem oraz wielkością. Najmniej istotne były marka oraz reklama, które nie były brane pod uwagę

przy wyborze tego produktu. Przy wyborze siemienia lnianego ważkość czynników była inna. W tym przypadku pod uwagę brane były przede wszystkim dostępność oraz cechy opakowania, a w następnej kolejności cena. Do czynników wymienianych jako nie brane pod uwagę zaliczono reklamę, promocje oraz markę i cenę. Marka, cena i cechy opakowania były to też czynniki, które dla wielu respondentów były obojętne w trakcie podejmowania decyzji o zakupie tych nasion.

Ostatnie pytanie dotyczyło miejsca zakupu nasion (tab. 8).

Tabela 8. Miejsce zakupu nasion chia i siemienia lnianego (%)

Miejsce zakupu	Chia			Siemię lniane		
	Ogółem	Kobiety	Mężczyźni	Ogółem	Kobiety	Mężczyźni
Apteka	2,0	2,0	-	5,5	6,5	4,5
Ekskluzywne delikatesy	13,0	11,0	15,0	11,2	8,4	16,0
Internet	47,4	35,1	59,7	32,0	24,1	39,9
Sklepy ze zdrową żywnością	57,1	60,1	54,1	54,2	63,1	45,3
Sklepy zielarskie	32,2	34,1	30,3	38,9	41,3	36,5
Sprowadzam z zagranicy	2,1	1,0	1,2	-	-	-
Markety i supermarkety	62,3	60,2	64,4	55,1	52,1	58,1
Sklepy osiedlowe	42,1	43,2	41,0	13,4	12,1	14,7
Inne miejsca	-	-	-	2,3	3,6	1,0

Zarówno nasiona chia, jak i siemię lniane najczęściej kupowane były w marketach i supermarketach, sklepach ze zdrową żywnością. Kolejnym wskazywanym przez konsumentów miejscem były sklepy zielarskie oraz sklepy osiedlowe, w których częściej nabywane były nasiona szalwii hiszpańskiej. Popularnym miejscem zakupu nasion chia był Internet. Niewielka grupa respondentów ten rodzaj nasion sprowadzała z zagranicy lub kupowała w aptece. Apteka częściej była wskazywana jako miejsce zakupu nasion lnu. Żadna z pytaných osób nie sprowadzała tego produktu z innych państw. Zauważono różnice w miejscach zakupu nasion w grupie kobiet i mężczyzn. Ci ostatni częściej dokonywali takich zakupów w Internecie, ekskluzywnych delikatesach oraz w marketach i supermarketach. Mężczyźni także częściej byli nabywcami nasion lnu niż chia. Kobiety jako miejsce zakupu nasion wskazywały bardziej popularne i dostępne miejsca, takie jak apteka i sklepy specjalistyczne: ze zdrową żywnością oraz zielarskie.

Podsumowanie

Przeprowadzone badanie pozwoliło na realizację założonego celu i udzielenie odpowiedzi na postawione pytania. Konsumenci spożywali zarówno nasiona chia, jak i siemę lniane. Dokonując zakupu kierowali się różnymi czynnikami. O wyborze nasion chia decydowały cena, promocja i dostępność, natomiast w przypadku siemienia lnianego były to dostępność i opakowanie. Najpopularniejszymi miejscami zakupu były markety i supermarkety, sklepy ze zdrową żywnością i zielarskie. Nasiona chia nabywane były przez Internet, natomiast siemę częściej kupowane były w aptece. Wiedza respondentów na temat nasion była niepełna i niezgodna z aktualnym stanem wiedzy. Najczęściej respondenci pozyskiwali ją z Internetu oraz od rodzin i znajomych. Zdecydowanie rzadziej jej źródłem były książki i czasopisma naukowe. Przedkładanie chia nad siemę lniane wynikało z kilku przekonań respondentów. Uważali oni, że nasiona szalwii hiszpańskiej są mniej kaloryczne, nie zawierają glutenu, mają większą wartość odżywczą, mają lepszy smak, a przy tym są trendy. Siemę lniane jest uznawane przez konsumentów jako produkt leczniczy i dodatek do żywności, a ich wiedza na temat tego produktu nie była duża. Takie opinie badanych wskazały na konieczność poszerzania wiedzy na temat obu rodzajów nasion i ich znaczenia oraz promowanie produktu rodzimego, jako równie dobrego w porównaniu do produktu obcego pochodzenia.

Badania zostały sfinansowane z dotacji przyznanej przez MNiSW na działalność statutową.

Literatura

1. Alberto M.J., Imelda P.M., Clarenc A., Susana P., Edgar S. i Bernarda G. Pharmacological and phytochemical potential study of plants collected in Amecameca, State of Mexico, Mexico. *Indian Journal of Traditional Knowledge*. 2016, 15: 62.
2. Ali N.M., Yeap S.K., Ho W.Y., Beh B.K., Tan S.W. i Tan S.G. The Promising Future of Chia *Salvia hispanica* L. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*. 2012: 1-9. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3518271/> [dostęp 10.07.2021]).
3. Bennett B.L. Odkrywamy nasiona chia. Szalwia hiszpańska - starożytny superpokarm. Wydawnictwo: Źródła Życia, Mszczonów, 2014.
4. Ekiert K. i Dochniak M. Superfoods - idealne uzupełnienie diety czy zbędny dodatek? *Pielęgniarstwo i Zdrowie Publiczne*. 2015, 5(4): 401-408.
5. Ganorkar P.M. i Jain R.K. Flaxseed - a nutritional punch. *International Food Research Journal*. 2013, 20(2): 519-525.
6. Kargulewicz A., Swora-Cwynar E., Marcinkowska E. i Grzymisławski M. Ziarna chia jako wartościowy produkt racjonalnej diety - zastosowanie w profilaktyce chorób metabolicznych. *Pielęgniarstwo Polskie*. 2016, 59(1): 87-90.
7. Khalesi S., Irwin C. i Schubert M. Flaxseed consumption may reduce blood pressure: a systematic review and metaanalysis of controlled trials. *The Journal of Nutrition*. 2015, 145(4): 758-765.

8. Kołodziejska E. Siemię lniane czy nasiona chia? Narodowe Centrum Edukacji Żywnościowej (<https://ncez.pzh.gov.pl/abc-zywienia/siemie-lniane-czy-nasiona-chia/> [dostęp 10.07.2021]).
9. Kunachowicz H., Przygoda B., Nadolna I. i Iwanow K. Tabele składu i wartości odżywczej żywności. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL. 2017, s. 678.
10. Marchand B. Chia (*Salvia hispanica* L.). Nowa żywność o wysokich walorach odżywczych. Przegląd Żywność-Młynarski. 2015,59: 11-12.
11. Olivos-Lugo B.L., Valdivia-López M.A. i Tecante A. Thermal and physicochemical properties and nutritional value of the protein fraction of mexican chia seed (*Salvia hispanica* L.). Food Science and Technology International, 2010, 2: 1-8.
12. Pan A., Yu D., Demark-Wahnefried W., Franco O.H. i Lin X. Meta-analysis of the effects of flaxseed interventions on blood lipids. American Journal of Clinical Nutrition. 2009, 90(2): 288-297.
13. Popis E., Ratusz K., Przybysz M., Krygier K., Sakowska A. i Konarska M. Światowa oraz polska produkcja lnu oleistego i oleju lnianego. Problemy Rolnictwa Światowego. 2015, 15(30): 2.
14. Silska G. Polska kolekcja lnu - źródłem nasion o terapeutycznym działaniu. Zagadnienia Doradztwa Rolniczego. 2016, 4(86): 73-81.
15. Szopa A., Koc K. i Ekiert H. Chia- szalwia inna niż wszystkie. Fitoterpia, Lek w Polsce. 2018, 17(318): 30-34.
16. Ullah R., Nadeem M., Khalique A., Imran M., Mehmood S., Javid A. i Hussain J. Nutritional and therapeutic perspectives of Chia (*Salvia hispanica* L.): a review. Journal of Food Science and Technology. 2016, 53: 1750-1758.
17. Wawryka J., Teodorczyk A. i Zdrojewicz Z. Zastosowanie lecznicze siemienia lnianego. Medycyna Rodzinna. 2017, 20(1): 41-47.
18. Wielgosz T. Wielka księga ziół polskich. Poznań: Publicat S.A. 2008.
19. Zając T., Oleksy A., Kulig B. i Klimek A. Uwarunkowania plonowania formy oleistej lnu zwyczajnego (*Linum ussitatissimum* L.) oraz jej znaczenie żywieniowe i lecznicze. Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura, 2010, 9(2): 47-63.
20. Zettl V. i Hitzmann V. B. Applications of chia (*Salvia hispanica* L.) in food products. Trends in Food Science & Technology. 2018, 80: 43-50.

Ocena akceptacji placek z dodatkiem mąki z mącznika młynarka (*T. molitor*)

Magdalena Skotnicka

*Zakład Towaroznawstwa Żywności, Wydział Nauk o Zdrowiu,
Gdański Uniwersytet Medyczny*

Streszczenie

Celem pracy była ocena uwarunkowań akceptacji produktów z dodatkiem mąki z liofilizowanych owadów, prezentowana na podstawie sensorycznej oceny konsumenckiej. Materiał badawczy stanowiły placki pszenne z dodatkiem 5%(MT1), 10%(MT2), 20%(MT3) mąki z liofilizowanego mącznika młynarka *Tenebrio molitor* L. Najwyższe średnie wartości oceny konsumenckiej otrzymały placki z dodatkiem MT5% mąki z mącznika. Tylko nieznacznie słabiej oceniono próbki MT2, natomiast najniższe średnie oceny otrzymał produkt MT3 z największym udziałem mąki z owadów jadalnych. Wśród cech najbardziej istotnych w ogólnej ocenie okazał się smak, tekstura i zapach. Kobiety nieznacznie niżej oceniły wszystkie wyróżniki sensoryczne. Statystyczne różnice występowały w przypadku tekstury ($p = 0,003$) i smaku ($p = 0,017$), przy czym najczęściej smak określano jako: rybi, orzechowy i leśny, a strukturę jako kleistą i gumistą. Wyniki sensorycznej oceny konsumenckiej stały się również podstawą do oszacowania zależności pomiędzy wybranymi wyróżnikami jakości a poziomem ich akceptacji. W przypadku analizy placek z dodatkiem mącznika młynarka stwierdzono, że poziom akceptacji przez probantów uzależniony był od wzajemnych oddziaływań parametrów krytycznych, takich jak: tekstura i smak.

Słowa kluczowe: owady jadalne, mącznik młynarek, żywność funkcjonalna

Wstęp

Na całym świecie duża część populacji spożywa owady w ramach swojej diety [Feng i in., 2018; Müller 2019; Raheem i in., 2019]. Jednak w regionach świata, gdzie dominującą jest kultura zachodnia spożywanie owadów postrzegane jest jako zjawisko negatywne. Do dziś perspektywa spożywania owadów uważana jest za nowe zjawisko, szczególnie dla europejskich konsumentów [Vantomme 2013]. Jeszcze kilka lat temu w większości krajów zachodnich można było znaleźć tylko kilka przykładów wykorzystania owadów w diecie, głównie za sprawą łączenia ich z innymi potrawami. Tego typu podejście uważano bardziej za nowość, niż za potrzebę lub realny popyt, ponieważ produkty te powstały tylko na określone wydarzenia lub okazje, aby wzbudzić ciekawość wśród ludzi [Payne i in., 2016; Sogari i in., 2018]. Z drugiej strony, wobec rosnącej światowej populacji, coraz bardziej wymagających konsumentów i kurczącej się dostępności obszarów rolnych istnieje silna potrzeba poszukiwania alternatywy dla konwencjonalnych źródeł białka. Tym bardziej, że

produkcja zwierzęca jest jedną z głównych przyczyn zmian klimatycznych. Wpisując się w ramy zrównoważonego rozwoju, zasadne byłoby rozważenie wprowadzenia do codziennej diety Europejczyka produktów na bazie owadów.

Owady stanowią znaczący zasób biologiczny, który wciąż nie jest w pełni wykorzystywany, szczególnie w Europie. Istnieje wiele gatunków owadów, które mogłyby stanowić cenny i bezpieczny składnik żywności. Ciała owadów są bogate w białko, aminokwasy, tłuszcz, węglowodany, różne witaminy i pierwiastki śladowe. W ostatnich latach w krajach zachodnich oferuje się znacznie większą różnorodność produktów na bazie owadów. Rośnie zainteresowanie przedsiębiorców tym nowym składnikiem żywności, w postaci chipów, batonów energetycznych i innej żywności funkcjonalnej [Skotnicka i in., 2021].

W krajach z wieloletnią tradycją spożywania owadów funkcjonują odpowiednie regulacje prawne, pozwalające na produkcję. Jednak w państwach, gdzie entomofagia jest nowym kierunkiem, brakuje odpowiednich przepisów, co hamuje rozwój tego rynku [Dobermann i in., 2017]. Do 2018 roku w europejskim porządku prawnym nie funkcjonowało pojęcie owadów jadalnych jako środka spożywczego. Ich spożycie nie było też zakazane przez przepisy europejskie, tak więc każdy kraj mógł samodzielnie decydować w tej kwestii. Produkcja owadów do celów konsumpcyjnych była możliwa na ogólnych zasadach prawa żywnościowego (Rozporządzenie (WE) Nr 178/2002). Aktualnie tylko suszone i zmielone larwy mącznika młynarka zostały zatwierdzone na początku 2021 roku przez EFSA jako produkt bezpieczny i przeznaczony do spożycia przez ludzi. W związku z tą decyzją, celem pracy była ocena akceptacji placków z dodatkiem mąki z mącznika młynarka (*Tenebrio molitor* L.), w kontekście podstawowych wyróżników jakości.

Material i metody badań

Do badań wykorzystano placki pszenne z dodatkiem 5%, 10% i 20% mąki z liofilizowanych owadów *Tenebrio molitor* L. Charakterystykę produktów wykorzystanych w doświadczeniu przedstawiono w tabeli 1. Wartość energetyczna mąki z *T. Molitor* wynosi 550 kcal w 100 g.

Tabela 1. Zawartość podstawowych składników w 100 g liofilizowanego mącznika młynarka

Składnik	Zawartość [g]	Składnik	Zawartość [g]
Białko	45,10	Błonnik	6,50
Tłuszcz	37,30	Sól	0,37
Węglowodany	5,40		

Owady pochodziły z holenderskiej hodowli laboratoryjnej i były karmione mąką pszenną oraz różnymi owocami lub warzywami, odpowiednimi dla mączników. Owady uśmiercono przez zamrożenie. Wcześniej były głodzone przez 24 godziny, aby upewnić się, że wydziły cały kał. Ta procedura pozwoliła mieć pewność, że nie pozostały żadne

toksyczne cząsteczki i że otrzymany produkt jest bezpieczny do spożycia przez ludzi. Następnie owady poddano liofilizacji i rozdrobnieniu na mąkę. Tak przygotowany produkt został wykorzystany w badaniu.

Placki zostały przygotowane w oparciu o tradycyjną recepturę. Ciasto na placki składało się z podstawowych produktów spożywczych: mąki pszennej, mleka krowiego 2%, jaj i oleju rzepakowego oraz soli. Placki z dodatkiem mąki z owadów zostały upieczone w piekarniku w temperaturze 180°C przez 15 min.

Na podstawie przeglądu dostępnych metod do oceny sensorycznej tradycyjnych produktów spożywczych, zaadoptowano odpowiedni wariant do oceny cech sensorycznych owadów jadalnych. Czynniki sensoryczne (zapach, smak, wygląd i właściwości tekstury) są nieodłącznie związane z percepcją i chęcią spróbowania jedzenia owadów [Mishyna i in., 2020], dlatego właśnie te wyróżniki sensoryczne zostały poddane ocenie.

W badaniu udział wzięło 69 uczestników ($n = 40$ kobiet i $n = 29$ mężczyzn). Badania prowadzono w marcu i kwietniu 2021 roku na terenie Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego. Wszelkie analizy prowadzono za zgodną Niezależnej Komisji Bioetycznej NKBBN/346/2021. Dla osiągnięcia tak sformułowanego celu przeprowadzono badania zakładając, że czynnikami istotnie wpływającymi na cechy organoleptyczne analizowanych produktów, a tym samym kształtującymi poziom akceptacji tych placków są: smak, zapach, wygląd i tekstura.

Przed przystąpieniem do badań probanci zostali poinstruowani, w jaki sposób należy wypełnić kartę oceny. Zadaniem każdego z uczestników było określenie akceptacji placków z dodatkiem mącznika młynarka, wyrażającej się poprzez ocenę jakości ogólnej tych produktów oraz dokonanie oceny akceptacji wybranych wyróżników organoleptycznych, takich jak: wygląd, smak, zapach i tekstura będących wypadkową odpowiedzią organizmu na stymulację właściwych receptorów. Akceptacja wyrażona została poprzez oznaczenie na niestrukturowanej skali o długości 100 mm i oznaczeniach brzegowych „nie odpowiada mi” i „odpowiada mi”.

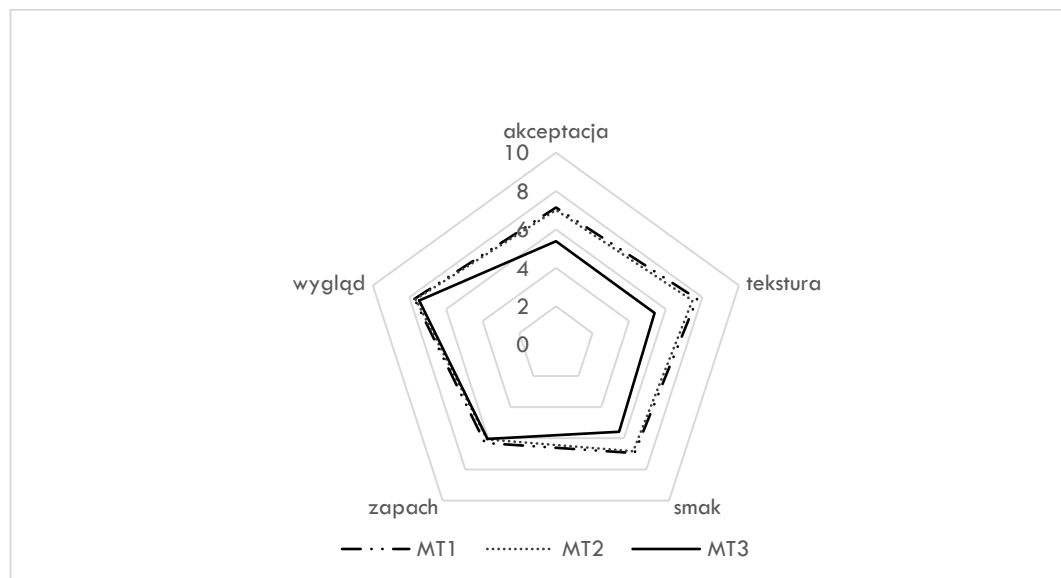
W badaniach dotyczących akceptacji organoleptycznej placków na bazie owadów wykorzystano regresję wieloraką, która jest narzędziem służącym do ilościowego ujęcia związków pomiędzy wieloma zmiennymi. Pozwoliło to na określenie siły i kierunku wpływu poszczególnych wyróżników jakości na akceptację żywności z owadów.

Do obliczeń wykorzystano program PQstat i Excel. Do porównania różnic między grupami zastosowano wariancję jednoczynnikową testu ANOVA przy $p = 0,05$.

Wyniki i dyskusja

W badaniu podjęto próbę oceny akceptacji organoleptycznej wybranych wariantów placków z dodatkiem mącznika młynarka. Weryfikowano, czy wszystkie spośród branych pod uwagę wyróżników jakości organoleptycznej związane były z poziomem akceptacji analizowanych produktów. W związku z tym, sformułowano hipotezę, że akceptacja produktów na bazie owadów jest wypadkową smaku, zapachu, wyglądu i tekstury. Do senso-

rycznej oceny konsumentckiej przystąpiło 69 osób. Na rysunku 1 przedstawiono profilogram dla każdego z trzech analizowanych wariantów. Wartość ocen nadanych poszczególnym wyróżnikom jakości badani oznaczali na 10 punktowej nieustrukturalizowanej skali. Analiza średnich wartości ocen jakości ogólnej badanych wariantów wykazała, że najwyższym poziomem akceptacji charakteryzował się produkt 5% (MT1), ale tylko nieznacznie niżej oceniono produkt 10% (MT2), natomiast najniżej oceniony został produkt o najwyższym udziale mąki z mącznika młynarka (MT3). Produkt MT1 okazał się produktem najwyżej ocenianym pod względem akceptacji wszystkich cech krytycznych.



Rysunek 1. Akceptacja placków z dodatkiem mąki z owadów oraz wyróżników ich jakości organoleptycznej: MT1 – dodatek 5% proszku z owada, MT2 – dodatek 10% proszku z owada, MT3 – dodatek 20% proszku z owada

Analizując różnice wynikające z płci, należy podkreślić, że kobiety nieznacznie niżej oceniły testowane warianty MT1, MT2, MT3, nadając niższe średnie wartości ocen niż mężczyźni (tab. 3). W przypadku analizy akceptacji cech sensorycznych, statystycznie istotne różnice wystąpiły w przypadku tekstury ($p = 0,003$) i smaku ($p = 0,017$) badanych próbek. W przypadku pozostałych wyróżników jakości nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic, dla których czynnikiem różnicującym była płeć.

Tabela 2. Średnie wartości akceptacji wyróżników jakości organoleptycznej placków z różnym dodatkiem mącznika młynarka ($X_{sr} \pm SD$)

Próbka	Deskrytory				
	A p	A t	A s	A z	A w
MT1(5%)	7,14±2,27	7,71±2,10	6,95±2,31	6,29±2,40	7,73±2,12
MT2 (10%)	6,91±2,33	7,45±2,28	6,78±2,75	6,28±2,24	7,66±3,03
MT3 (20%)	5,56±2,87	5,61±2,55	5,09±2,25	6,14±2,43	7,47±2,92

Objaśnienia: A p – akceptacja produktu, A t – akceptacja tekstury, A s – akceptacja smaku, A z – akceptacja zapachu, A w – akceptacja wyglądu

Tabela 3. Średnie wartości akceptacji wyróżników jakości organoleptycznej placków z różnym dodatkiem mącznika młynarka ($X_{sr} \pm SD$) uwzględniając płeć badanych

Deskryp- tory	MT1	MT2	MT3	MT1	MT2	MT3	p*
	kobiety			mężczyźni			
A p	6,81±2,43	6,70±2,65	5,40±2,85	7,3±2,06	7,0±2,15	5,60±2,89	0,003
A t	7,53±2,84	7,01±2,21	5,59±2,69	7,9±1,98	7,6±2,45	5,62±3,10	0,003
A s	6,81±2,65	6,70±3,15	5,02±2,45	6,9±2,08	6,8±2,48	5,13±2,13	0,017
A z	6,30±2,44	6,21±2,06	6,20±2,15	6,2±2,31	6,3±2,38	6,18±2,74	0,279
A w	7,76±2,01	7,62±2,81	7,48±2,65	7,6±2,26	7,6±3,21	7,42±2,86	0,120

Objaśnienia: * p = 0,05; A p – akceptacja produktu, A t – akceptacja tekstury, A s – akceptacja smaku, A z – akceptacja zapachu, A w – akceptacja wyglądu

W celu oszacowania wpływu poszczególnych zmiennych na ocenę akceptacji placków na bazie owadów zastosowano analizę regresji wielorakiej. Model okazał się statystycznie istotny dla wszystkich trzech wariantów próbek, zaś predyktory wyjaśniały w przypadku MT1 82% zmienności zmiennej zależnej ($R^2 = 0,82$), 84% dla MT2 zmienności zmiennej zależnej ($R^2 = 0,84$) i 78% zmienności zmiennej zależnej dla wariantu z dodatkiem 20% mąki z owadów MT3. Istotny wpływ na akceptację próbki MT1 miały 3 spośród 4 uwzględnionych w modelu zmiennych niezależnych, a mianowicie tekstury p = 0,002, smaku p = 0,003, a także zapachu p = 0,000. Podobnie w przypadku MT2 (tekstura p = 0,045, smak p = 0,000, zapach p = 0,016) i MT3 (tekstura p = 0,037, smak p = 0,008, zapach p = 0,0020). Po wyeliminowaniu predyktora uznanego za nieistotny statystycznie (wygląd) równania, w zależności od wariantu, przybrały następującą postać:

$$A_{MT1} = 1.05 + 0.61 \times A \text{ tekstura} + 0.07 \times A \text{ smaku} + 0.12 \times A \text{ zapachu}$$

gdzie A_{MT1} – akceptacja wariantu z dodatkiem 5% mąki z mącznika młynarka;

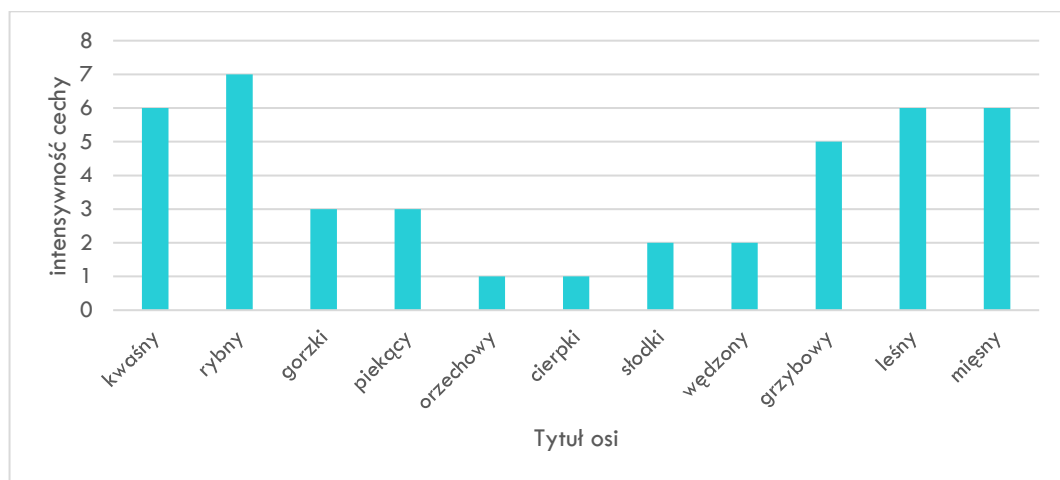
$$A_{MT2} = 1.98 + 0.58 \times A \text{ tekstura} - 0.07 \times A \text{ smaku} + 0.17 \times A \text{ zapachu}$$

gdzie A_{MT2} – akceptacja wariantu z dodatkiem 10% mąki z mącznika młynarka;

$$A_{MT3} = 4.35 - 0.08 \times A \text{ tekstura} + 0.13 \times A \text{ smaku} + 0.16 \times A \text{ zapachu}$$

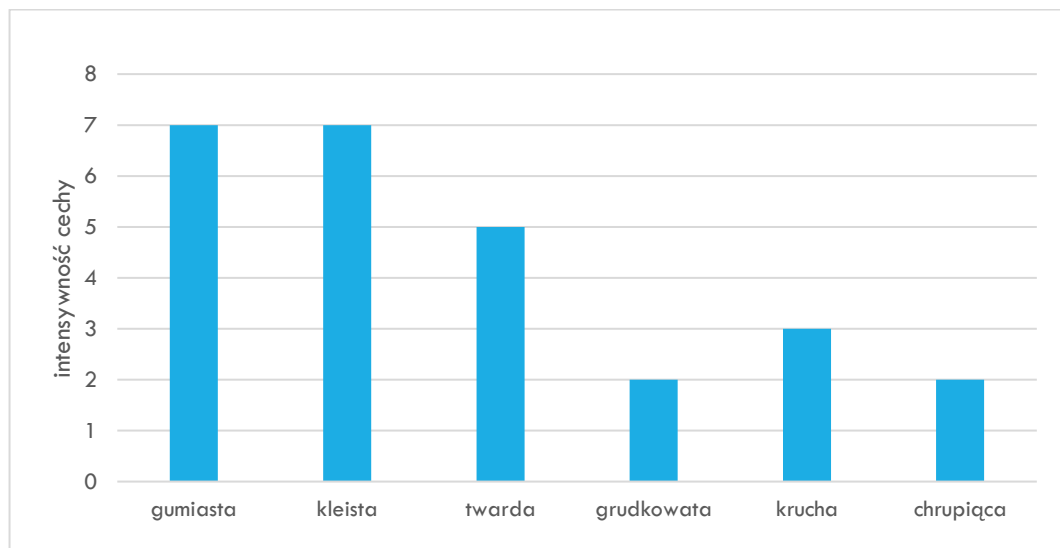
gdzie A_{MT3} – akceptacja wariantu z dodatkiem 20% mąki z mącznika młynarka.

Wyniki dotyczące współczynników determinacji R^2 , opisujących równania regresji wielorakiej pod kątem wpływu wybranych wyróżników jakości na ogólny poziom akceptacji organoleptycznej placek na bazie owadów wskazują, że najwyższa wartość tego współczynnika osiągnięto w przypadku opisu modeli MT1, MT2, co oznacza, że model opisujący zależność pomiędzy akceptacją placek z udziałem 5% i 10% mąki z larw mącznika żółtego w największym stopniu wiązał zmienne niezależne (akceptacja smaku, zapachu, wyglądu i tekstury). Oszacowane modele zależności pomiędzy akceptacją a wybranymi sensorycznymi wyróżnikami jakości pozwoliły stwierdzić, że poziom akceptacji badanych wariantów uwarunkowany był istotnym wpływem wyróżników jakości, które określono jako krytyczne, czyli smak, teksturę i zapach.



Rysunek 2. Deskryptory smaku identyfikowane dla produktów z mącznikiem

Produkty pszenne z dodatkiem 5% i 10% mąki z mącznika młynarka niewiele odbiegały od tradycyjnego wyglądu placek, determinowanych głównie barwą. Zapachem dominującym we wszystkich wariantach był aromat typowy dla placek pszennych. Dopiero ekspozycja na wrażenia orosensoryczne pozwoliła na wskazanie dominującego smaku. W badaniu zaproponowano 11 smaków najczęściej identyfikujących smak mącznika młynarka [Mishyna i in. 2020]. Na podstawie uzyskanych danych należy stwierdzić, że wśród zaproponowanych smaków konsumenci najwcześniej wskazywali dominację smaku rybnego, kwaśnego, grzybowego i mięsnego (rys. 2). Natomiast tekstura głównie była opisywana jako kleista i gumista, co obrazuje rysunek 3. Wraz ze wzrostem dodatku proszku z owadów tekstura opisywana była jako niecharakterystyczna, tym samym wpływając na ogólną ocenę i akceptację placek pszennych wzbogaconych mąką z żółtego mącznika młynarka. Być może obniżona ocena konsumencka była efektem niewłaściwej dopasowanej receptury i sposobu wypiekania placek pszennych.



Rysunek 3. Deskryptory tekstury identyfikowane dla produktów z mącznikiem

Neofobia żywieniowa występuje jako ewolucyjna adaptacja mająca na celu uniknięcie potencjalnych zagrożeń wynikających ze spożywania nowej żywności. Taka sytuacja wpływa na różne aspekty zachowań żywieniowych ludzi, w tym preferencje i wybory żywieniowe [Alley i Potter 2011]. Stosunek do jadalnych owadów jest szczególnie negatywny dla konsumentów w krajach, w których nie ma tradycji spożycia owadów. Owady budzą w nich odrazę i niechęć [Mishyna i in. 2020]. Decyzja o włączeniu owadów do diety, szczególnie w Europie związana jest ze zrozumieniem szerszego kontekstu; o charakterze społecznym, ekonomicznym i ekologicznym.

W grupie najbardziej obiecujących gatunków owadów przeznaczonych do spożycia przez ludzi oraz zwierzęta znajduje się mącznik młynarek *Tenebrio molitor* L. (rzód *Co-leoptera*, rodzina *Tenebrionidae*) w formie mąki. Spowodowane jest to wygodną formą produktu, która umożliwia jego precyzyjne dawkowanie, a także brak znaczącego wpływu na właściwości reologiczne produktu końcowego.

Aguilar-Miranda i in. [2002] przeprowadzili w Meksyku analizę tortilli kukurydzianej z dodatkiem proszku z larw mącznika (1 g na 14 g mąki kukurydzianej). W badaniu uczestniczyło $n = 18$, których zadaniem była ocena smaku oraz tekstury. Zastosowany dodatek spowodował wysoką akceptacją przez respondentów, ponieważ charakteryzował się lepszą strukturą oraz smakiem niż próba kontrolna (wyłącznie z mąki kukurydzianej). Proszek uzyskiwany z larw mącznika, żywionych otrębami zbożowymi lub mąką, przyjmuje barwę od jasnego do średniego brązu, co jest bardzo korzystną cechą wyróżniającą go spośród innych owadów jadalnych. Większość stosowanych proszków z innych owadów, ma kolor szary lub grafitowy, co często jest przyczyną negatywnej oceny konsumenckiej [Kim i in. 2021].

W przypadku analizowanych placków z dodatkiem mącznika, ocena struktury i wyglądu nie była aż tak pozytywna, ale być może o tym fakcie zadecydowała receptura i proces technologiczny, który należałoby zmodyfikować, mając na uwadze dodatek mąki owada. Sam mącznik młynarek charakteryzuje się słodkim i niemal orzechowym smakiem oraz orzechowym/kakaowym zapachem [Kouřimská i Adámková 2016; Biasato i in., 2018]. W przypadku naszego doświadczenia to nie zostało potwierdzone, ponieważ najczęściej deklarowanym smakiem był leśny, mięsny i rybny. Jednak badania Wendin i in. [2019] uwiaryściły, że smak orzechowy można wzmocnić poprzez dodatek soli, prawdopodobnie za sprawą polarności chlorku sodu. Wówczas smak produktów spożywczych wytrawnych jest łagodniejszy i lepiej akceptowalny [Dupont i Fiebelkorn 2020], co niewątpliwie należy wziąć pod uwagę przy projektowaniu żywności funkcjonalnej na bazie owadów jadalnych.

Bardzo ważnym wyróżnikiem jakości owadów jest tekstura zarówno całych owadów jak i proszku jako dodatku, który determinuje cechy reologiczne gotowego wyrobu. Tekstura owadów waha się od chrupiącej do miękkiej [Ruby i in. 2015]. Część z nich jest bardzo twarda i posiada nierównomierną strukturę, co może znacznie ograniczać wprowadzenie na rynek i akceptację konsumentów. Owady posiadające egzoszkielet są bardziej chrupiące ze względu na obecność chityny. Z kolei, larwy i gąsienice wykazują delikatniejszą strukturę. W badaniu wykorzystano liofilizowane larwy mącznika młynarka, które wpłynęły na strukturę, ale nie dodały plackom chrupkości, tylko spowodowały bardziej gumistą konsystencję. Podczas wzbogacania mąki pszennej proszkiem z owadów jadalnych zaobserwowano różnice w cechach reologicznych gotowych wyrobów. Mąka z owadów jest doskonałym źródłem białka i błonnika, co wpłynęło prawdopodobnie na większą absorpcję wody. Lepsza zdolność wchłaniania wody w przypadku mąki z owadów, spowodowała wyżej wspomniane zmiany w konsystencji, objętości i strukturze, co potwierdzają również badania [Çabuk 2021].

Analiza preferencji konsumentów europejskich względem owadów, w tym mącznika młynarka była przedmiotem wielu badań. Cicatiello i in. [2020] analizowali smakowość *T. molitor* w całości i w postaci proszku jako dodatek do chipsów i batonów. Zdecydowanie konsumenci wyrazili większą akceptację w stosunku do proszku z owadów. Produkty te uzyskały bardzo wysoką ocenę (6,95) w 7-stopniowej skali Likerta. Badania dotyczące akceptacji żywności wzbogacanej w *T. Molitor* było celem dwóch badań [Roncolini i in. 2019; García-Segovia, Igual, and Martínez-Monzó 2020]. W obydwu przypadkach poddano modyfikacji chleb. W pierwszym badaniu dodano 5%, 10% proszku z owada. Oba warianty zostały ocenione niżej wobec próby kontrolnej, ale poziom akceptacji był na tyle wysoki, że pozwala myśleć optymistycznie o wprowadzeniu owadów do produkcji piekarsko-cukierniczej. W drugim przypadku do chleba dodano mąkę *T. Molitor* i *A. Domesticus*. Ocena chleba z dodatkiem mącznika była wyższa od larw chrząszcza bawolego. Najsmaczniejszy okazał się wariant z dodatkiem 10% proszku z mącznika. Obydwa badania były

zbieżne z wynikami naszych badań. Należy stwierdzić, że zastosowanie proszku z mącznika młynarka w przemyśle spożywczym może uzyskać pozytywną akceptację konsumentów.

Niniejsze badanie dostarcza niezwykle cennych wyników na temat możliwej akceptacji entomofagii w naszych populacjach zachodnich, ale potrzebne są dalsze badania, aby poprawić nasze zrozumienie neofobii owadów i poznać prawdziwe oczekiwania populacji i konsumentów jutra.

Akceptacja konsumentów jest jednym z najważniejszych wyzwań żywności [Jensen i Lieberoth 2019]. Przyszłe badania powinny się koncentrować na znalezieniu optymalnych warunków hodowli, przetwarzania owadów na różne formy o pożądanych właściwościach funkcjonalnych i akceptowalnych cechach sensorycznych przy jednocześnie dodatnim bilansie ekonomicznym i trwałości środowiskowej. Jednym z najważniejszych wyzwań jest bezpieczeństwo konsumpcji. To wymusza stworzenie precyzyjnych przepisów legislacyjnych, dotyczących zarówno produkcji, dystrybucji, sprzedaży i bezpieczeństwa zdrowotnego.

Wnioski

1. Poziom akceptacji owadów jadalnych na przykładzie mącznika młynarka przez konsumentów uwarunkowany był wzajemnym oddziaływaniem parametrów krytycznych, którymi były: smak, tekstura i zapach.
2. Najwyższy stopień akceptacji przez konsumentów uzyskała próbka z dodatkiem 5% mąki *T. Molitor* L. Zbyt duży udział mąki z owadów mógł negatywnie wpływać na akceptację produktów spożywczych.
3. Kobiety nieznacznie niżej oceniły wszystkie 3 warianty próbek zaproponowanych w badaniu w stosunku do mężczyzn. Statystyczne różnice dotyczyły smaku i tekstury.

Badania zostały sfinansowane z dotacji przyznanej przez MNiSW na działalność statutową 02 0123/07/317.

Literatura

1. Aguilar-Miranda E. D., Lopez M. G., Escamilla-Santana C., Barba de la Rosa A. P. Characteristics of maize flour tortilla supplemented with ground *Tenebrio molitor* larvae. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2002, 50(1), 192–195.
2. Alley T. R., Potter K. A. Food Neophobia and Sensation Seeking. In *Handbook of Behavior, Food and Nutrition*, 2011, 707–724.
3. Biasato I., Gasco L., D Marco M., Renna M., Rotolo L., Dabbou S., ... Schiavone A. Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) inclusion in diets for male broiler chickens: Effects on growth performance, gut morphology, and histological findings. *Poultry Science*, 2018, 97(2), 540–548.
4. Çabuk B. Influence of grasshopper (*Locusta Migratoria*) and mealworm (*Tenebrio Molitor*) powders on the quality characteristics of protein rich muffins: nutritional,

- physicochemical, textural and sensory aspects. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 2021,1–11.
5. Cicatiello C., Vitali A., Lacetera N. How does it taste? Appreciation of insect-based snacks and its determinants. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 2020, 21, 100211.
 6. Dobermann D., Swift J. A., Field L. M. Opportunities and hurdles of edible insects for food and feed. *Nutrition Bulletin*, 2017, 42(4), 293–308.
 7. Dupont J., Fiebelkorn F. Attitudes and acceptance of young people toward the consumption of insects and cultured meat in Germany. *Food Quality and Preference*, 2020, 85, 103983.
 8. Feng Y., Chen X.-M., Zhao M., He Z., Sun L., Wang C.Y., Ding W.F. Edible insects in China: Utilization and prospects. *Insect Science*, 2018, 25(2), 184–198.
 9. García-Segovia P., Igual M., Martínez-Monzó J. Physicochemical Properties and Consumer Acceptance of Bread Enriched with Alternative Proteins. *Foods*, 2020, 9(7), 933.
 10. Jensen N. H., Lieberoth A. We will eat disgusting foods together – Evidence of the normative basis of Western entomophagy-disgust from an insect tasting. *Food Quality and Preference*, 2019, 72, 109–115.
 11. Kim T.K., Yong H.I., Jung S., Sung J.M., Jang H.W., Choi Y.S. Physicochemical and textural properties of emulsions prepared from the larvae of the edible insects *Tenebrio molitor*, *Allomyrina dichotoma*, and *Protaetia brevitarsis seoulensis*. *J Anim Sci Technol*. 2021, 63(2), 417-425.
 12. Kouřimská L., Adamkova A. Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal*, 2016, 4, 22-26.
 13. Mishyna M., Chen J., Benjamin O. Sensory attributes of edible insects and insect-based foods – Future outlooks for enhancing consumer appeal. *Trends in Food Science and Technology*, 2020, 95, 141–148.
 14. Müller A. Insects as Food in Laos and Thailand: A Case of “Westernisation”? *Asian Journal of Social Science*, 2019, 47(2), 204–223.
 15. Payne C. L. R., Scarborough P., Rayner M., Nonaka K. A systematic review of nutrient composition data available for twelve commercially available edible insects, and comparison with reference values. *Trends in Food Science and Technology*, 2016, 47, 69–77.
 16. Raheem D., Carrascosa C., Oluwole O. B., Nieuwland M., Saraiva A., Millán R., Raposo, A. Traditional consumption of and rearing edible insects in Africa, Asia and Europe. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2019, 59,2169–2188.
 17. Roncolini A., Milanović V., Cardinali F., Osimani A., Garofalo C., Sabbatini R., Aquilanti L. Protein fortification with mealworm (*Tenebrio molitor* L.) powder: Effect on textural, microbiological, nutritional and sensory features of bread. *PLOS ONE*, 2019, 14(2), e0211747.

18. Ruby M. B., Rozin P., Chan C. Determinants of willingness to eat insects in the USA and India. *Journal of Insects as Food and Feed*, 2015, 1(3), 215–225.
19. Skotnicka M., Karwowska K., Kłobukowski F., Borkowska A., Pieszko M. Possibilities of the Development of Edible Insect-Based Foods in Europe. *Foods*, 2021, 10(4), 766.
20. Sogari G., Liu A., Li J. Understanding Edible Insects as Food in Western and Eastern Societies. *Igi-Global.Com*, 2018, 166–181.
21. Vantomme A. Edible insects. Future prospects for food and feed security. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013, 171, 1–201.
22. Wendin K., Olsson V., Langton M. Mealworms as food ingredient-sensory investigation of a model system. *Foods*, 2019, 8(8), 319.

Jakość lodów produkowanych w skali przemysłowej i rzemieślniczej

Joanna Sobolewska-Zielińska, Dorota Gałkowska, Katarzyna Blitek, Alicja Klag

*Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności, Wydział Technologii Żywności,
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie*

Streszczenie

Celem niniejszej pracy było porównanie jakości fizykochemicznej wybranych lodów: mlecznych śmietankowych i sorbetowych truskawkowych, produkowanych w skali przemysłowej i w skali rzemieślniczej. Wyniki badania składu chemicznego wykazały, że lody śmietankowe rzemieślnicze zawierały mniej tłuszczu niż lody śmietankowe produkowane w skali przemysłowej. Stwierdzono, że na wysoką zawartość ekstraktu w sorbetach przemysłowych wpływała głównie wysoka zawartość sacharozy – większa niż w sorbetach rzemieślniczych. Podobnie, lody mleczne przemysłowe zawierały istotnie więcej sacharozy niż produkty rzemieślnicze. Nie wykazano istotnych różnic w kwasowości aktywnej i potencjalnej lodów śmietankowych produkowanych w skali przemysłowej. Z kolei kwasowość potencjalna sorbetów rzemieślniczych była mniejsza niż sorbetów przemysłowych. Wyniki badań cech fizycznych deserów wskazały na większą puszystość lodów sorbetowych rzemieślniczych niż przemysłowych i odwrotną relację tej cechy w odniesieniu do lodów śmietankowych. Twardość analizowanych produktów, z wyjątkiem lodów przemysłowych sprzedawanych w sklepie dyskontowym, osiągała niecałe 9 N i 30 N, odpowiednio dla lodów mlecznych i sorbetów, i była ujemnie skorelowana z ich puszystością. Zarówno lody mleczne, jak i sorbetowe istotnie różniły się między sobą topliwością, przy czym lody przemysłowe pochodzące od wiodącego na rynku producenta wyraźnie odróżniały się od pozostałych dużą tendencją do roztopiania. Barwa określana parametrami L^* , a^* i b^* była podobna w przypadku sorbetów, a zróżnicowana w przypadku lodów mlecznych.

Słowa kluczowe: lody mleczne, sorbety, lody rzemieślnicze, tekstura

Wstęp

Do bogatego asortymentu deserów, czyli słodkich potraw stanowiących uzupełnienie wartości energetycznej i odżywczej spożywanego dziennego posiłku, należą lody. Produkty te wytwarza się poprzez zamrażanie masy składającej się z produktów mlecznych bądź wody z dodatkami smakowymi (uzyskuje się wówczas odpowiednio lody mleczne i lody wodne) lub w wyniku zamrażania masy złożonej z owoców, cukru i wody – powstają wtedy sorbety. Spożycie lodów przez przeciętnego polskiego konsumenta wynosi ok. 4-5 litrów rocznie, zatem jest niewielkie w porównaniu do rynku amerykańskiego czy skandynawskiego, gdzie notuje się roczne spożycie na osobę wynoszące odpowiednio ok. 20 i 14

litrów [Palka i in. 2016]. Powyższe dane oznaczają jednak, że istnieje duży potencjał wzrostu spożycia lodów w Polsce. W ostatnim czasie, w związku z sytuacją pandemii i wprowadzanymi obostrzeniami, nastąpiły zmiany zachowań konsumenckich na rynku lodów, polegające na tym, że coraz częściej produkty te traktuje się jak deser serwowany nie tylko w sezonie letnim. Notuje się także zmianę struktury sprzedaży w segmencie lodów przemysłowych – zamiast formatów impulsowych, konsumenci sięgają po większe opakowania lodów rodzinnych. Równolegle obserwuje się stale rosnące zainteresowanie konsumentów lodami rzemieślniczymi, tj. lodami wytwarzanymi w niewielkich manufakturach lub w kawiarniach, wg sprawdzonych receptur. Obecnie lody tego typu produkowane są już nie tylko sezonowo. Interesującym kierunkiem rozwoju branży lodowej wyznaczanym przez wymagających konsumentów jest tworzenie nowych połączeń smakowych, np. lodów słonych, kwaśnych czy wytrawnych, jak również trend prozdrowotny, obejmujący lody bez laktozy, wegańskie lub bio. Niemniej, polscy klienci najczęściej wybierają tradycyjne smaki lodów: śmietankowy, waniliowy, czekoladowy i truskawkowy [Palka 2017]. Jednocześnie zwracają oni uwagę na jakość składników wykorzystywanych w produkcji. Zdaniem Palki [2015] lody śmietankowe są postrzegane przez konsumentów jako naturalne, najmniej przetworzone, niezawierające dodatków chemicznych, w tym sztucznych barwników. Warto dodać, iż o ile trendy dotyczące preferencji smaków lodów mlecznych uległy niewielkim zmianom w 2013 r. względem 2008 r., to popularność sorbetów w 2013 r. zdecydowanie przekroczyła tą notowaną pięć lat wcześniej, osiągając poziom wyższy od tego odnoszącego się do lodów mlecznych truskawkowych [Palka 2015].

Mając na uwadze omówione powyższej trendy zakupowe dotyczące lodów, celem niniejszej pracy było porównanie jakości fizykochemicznej wybranych lodów: mlecznych śmietankowych i sorbetowych truskawkowych, produkowanych w skali przemysłowej i w skali rzemieślniczej.

Materiał i metody badań

Materiał badany stanowiły zakupione na rynku krakowskim lody produkowane w skali przemysłowej: mleczne śmietankowe (jedne wytwarzane przez wiodącego polskiego producenta lodów, drugie produkowane dla dużej sieci handlowej) oraz sorbetowe truskawkowe (wybrane wg tych samych kryteriów jak wyżej), jak i lody produkowane w skali rzemieślniczej: mleczne śmietankowe oraz sorbetowe truskawkowe (oba wytwarzane przez dwóch lokalnych producentów, o większym i mniejszym zasięgu sprzedaży). W niniejszej pracy badane próbki lodów zakodowano następująco: PM-A, PM-B, PS-A, PS-B, RM-C, RM-D, RS-C, RS-D, gdzie P oznacza lody wyprodukowane w skali przemysłowej, R – lody wyprodukowane w skali rzemieślniczej, M – lody mleczne, S – lody sorbetowe, A, B, C, D wskazuje producenta. Lody poddano następującym analizom:

- oznaczanie zawartości suchej masy (PN-A-86431:1999),
- oznaczanie kwasowości czynnej i ogólnej (PN-EN 12147:2000, PN-A-86122:1968),
- oznaczanie zawartości ekstraktu ogólnego (PN-A-75101-02:1990) (dot. sorbetów),
- oznaczanie zawartości białka (PN-EN ISO 8968-1:2014-03),

- oznaczanie zawartości tłuszczu ogółem (PN-A-79011-4:1998) po uprzedniej hydrolizie kwasowej (dot. lodów mlecznych),
- oznaczanie zawartości cukrów bezpośrednio redukujących i ogółem (PN-A-79011-5:1998),
- oznaczanie puszystości (PN-A-86431:1999),
- badanie twardości techniką instrumentalną,
- badanie topliwości (Soukoulis i in. 2008),
- badanie barwy techniką instrumentalną w systemie CIELab.

Wszystkie pomiary wykonano w trzech powtórzeniach. Dane eksperymentalne poddano analizie statystycznej: obliczono wartości średnie, odchylenia standardowe, a także przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji, w której zmienną niezależną (w obrębie danego rodzaju lodów) był rodzaj producenta. W celu określenia istotności różnic między średnimi przeprowadzono test Tukeya ($p < 0,05$).

Wyniki i dyskusja

Zawartość suchej masy w lodach zależy od ilości i jakości składników w mieszance lodowej, czyli bezpośrednio od receptury, która najczęściej jest tajemnicą firmy produkcyjnej. Zgodnie z wymaganiami stawianymi lodom mlecznym, określonymi w PN-A-86431:1999, zawartość suchej masy w lodach śmietankowych nie powinna wynosić mniej niż 30%. Z kolei wg Polak [2010] zawartość suchej masy w takich produktach może osiągać maksymalnie 42%. Produkt o zbyt niskiej zawartości suchej masy jest w odczuciu dostupnym wodnisty i charakteryzuje się mało intensywnym smakiem, natomiast zbyt wysoka wartość omawianego parametru powoduje, że produkt daje wrażenie piaszczystego. Można zatem stwierdzić, że wszystkie z badanych lodów mlecznych miały odpowiednią zawartość składników stanowiących suchą masę (tab. 1). Najwyższą zawartość suchej masy oznaczono w produkcie handlowym znanego polskiego producenta lodów (PM-A), a najniższą – w produkcie z małej lokalnej wytwórni, produkującej lody sezonowo (RM-D). Wyniki przeprowadzonych przez Mituniewicz-Małek i in. [2009] badań lodów *Delicja* o smakach truskawkowym, czekoladowym i waniliowym wykazały, że produkty te charakteryzowały się zawartością suchej masy od 32,2% do 43,4%, przy czym ta wyższa wartość dotyczyła lodów czekoladowych. Z kolei Król i in. [2018] stwierdzili, że lody tradycyjne charakteryzują się większą zawartością suchej masy niż lody rzemieślnicze. Zależności takiej nie potwierdzono w niniejszej pracy. Wytyczne normatywne [1999] wskazują, iż zawartość suchej masy w lodach nie zawierających zarówno tłuszczu, jak i białka (w lodach wodnych) powinna wynosić nie mniej niż 20% (m/m). Wobec powyższego, wszystkie badane lody sorbetowe spełniały niniejszy wymóg (tab. 2).

Tabela 1. Skład chemiczny i kwasowość lodów mlecznych śmietankowych

	PM-A	PM-B	RM-C	RM-D
Zawartość suchej masy (%)	41,96 ^d ± 0,29	35,86 ^b ± 0,38	38,10 ^c ± 0,49	34,58 ^a ± 0,34
Kwasowość czynna (pH)	6,45 ^{ab} ± 0,05	6,39 ^{ab} ± 0,01	6,36 ^a ± 0,01	6,47 ^b ± 0,01
Kwasowość ogólna (°SH)	7,6 ^a ± 0,3	7,4 ^a ± 0,4	7,5 ^a ± 0,4	8,5 ^b ± 0,4
Zawartość białka* (g/100 g)	4,14 ^b ± 0,24	2,69 ^a ± 0,24	4,73 ^c ± 0,08	4,23 ^b ± 0,07
Zawartość tłuszczu ogółem (g/100 g)	14,3 ^d ± 0,1	10,6 ^c ± 0,2	9,7 ^b ± 0,2	7,0 ^a ± 0,1
Zawartość cukrów bezpośrednio redukujących (g/100 g)	5,6 ^a ± 0,1	7,6 ^b ± 0,1	7,4 ^b ± 0,1	9,7 ^c ± 0,1
Zawartość sacharozy (g/100 g)	16,3 ^c ± 0,2	16,7 ^c ± 0,2	11,8 ^a ± 0,2	14,3 ^b ± 0,2

Objaśnienia: Przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe. Wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p < 0,05$. * Zastosowano mnożnik białkowy 6,38.

Istotnym wyróżnikiem jakości produktów spożywczych jest ich kwasowość. Badane lody mleczne nie różniły się statystycznie istotnie między sobą kwasowością czynną (pH), z wyjątkiem lodów rzemieślniczych RM-D, których wartość pH w niewielkim stopniu przewyższała wartość tego parametru określoną w lodach rzemieślniczych RM-C (tab. 1). Kwasowość czynna analizowanych lodów była zgodna z danymi literaturowymi: pH lodów waniliowych badanych przez Mituniewicz-Malek i in. [2009] wynosiło 6,08-6,37, a w badaniach przeprowadzonych przez Chudy i Pikul [2002] przyjmowało wartości 6,3-6,6. Jak podano w PN-A-86431:1999, kwasowość ogólna lodów mlecznych nie powinna być wyższa niż 9°SH. Badane lody mleczne spełniały zatem powyższy wymóg (tab. 1). Lody przemysłowe i lody rzemieślnicze RM-C cechowały się jednakową kwasowością ogólną, natomiast lody rzemieślnicze zakupione w małej lodziarni (RM-D) wykazywały nieco wyższą kwasowość. Wartość omawianego parametru na poziomie 6-8°SH jest wartością typową dla lodów tradycyjnych, niskotłuszczowych oraz jednocześnie niskotłuszczowych i niskocukrowych [Chudy i Pikul 2002], a także dla lodów zawierających w swoim składzie preparaty białkowe i białkowo-tłuszczowe [Jasińska i in. 2012]. Kwasowość czynna lodów sorbetowych wynosiła od pH 3,31 do pH 3,69, przy czym nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w wartościach tego parametru w przypadku lodów PS-B i RS-C (tab. 2). Badane przez Przybylskiego i in. [2020] sorbety truskawkowe własnej produkcji odznaczały się kwasowością na poziomie pH 3,03-3,04, zaś pH trzech sorbetów truskawkowych powszechnie dostępnych na polskim rynku badanych przez Palkę i Karczmarczyk [2017] wynosiło 3,37-3,52. Analizowane w ramach niniejszej pracy sorbety różniły się między

sobą kwasowością ogólną wyrażoną w stopniach kwasowości. Lody sorbetowe przemysłowe odznaczały się znacznie wyższą kwasowością ogólną aniżeli lody sorbetowe rzemieślnicze. Mogło to wynikać z faktu obecności w lodach przemysłowych składników o charakterze kwasowym, tj. regulatora kwasowości – kwasu cytrynowego lub koncentratu soku z cytryny, których dodatek deklarowali odpowiednio producent lodów PS-A i PS-B. Z uwagi na brak informacji nt. składu recepturowego lodów rzemieślniczych można przypuszczać, iż lody RS-C i RS-D nie zawierały ww. składników, bądź zostały one użyte przez wytwórców w mniejszych ilościach.

Tabela 2. Skład chemiczny i kwasowość sorbetów truskawkowych

	PS-A	PS-B	RS-C	RS-D
Zawartość suchej masy (%)	37,04 ^c ± 0,36	29,32 ^b ± 0,62	25,29 ^a ± 0,09	29,76 ^b ± 0,11
Kwasowość czynna (pH)	3,31 ^a ± 0,05	3,41 ^b ± 0,05	3,48 ^b ± 0,02	3,69 ^c ± 0,02
Kwasowość ogólna (°kwasowości)	8,9 ^c ± 0,1	9,6 ^d ± 0,2	7,6 ^b ± 0,4	6,0 ^a ± 0,1
Zawartość ekstraktu ogólnego (g/100 g)	37,0 ^d ± 0,1	28,1 ^c ± 0,1	23,6 ^b ± 0,1	15,3 ^a ± 0,2
Zawartość białka* (g/100 g)	0,25 ^a ± 0,01	0,38 ^c ± 0,01	0,28 ^b ± 0,02	0,29 ^b ± 0,00
Zawartość cukrów bezpośrednio redukujących (g/100 g)	5,5 ^b ± 0,1	9,8 ^d ± 0,1	8,0 ^c ± 0,1	3,2 ^a ± 0,1
Zawartość sacharozy (g/100 g)	27,0 ^d ± 0,2	16,6 ^c ± 0,2	15,3 ^b ± 0,2	13,8 ^a ± 0,2

Objaśnienia: Przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe. Wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p < 0,05$. * Zastosowano mnożnik białkowy 5,3.

Głównym składnikiem lodów PM, zgodnie z informacjami podanymi na etykietach opakowań, było odtworzone mleko odtłuszczone. Producent lodów PM-A wskazał, że do wytworzenia produktu użył również śmietankę 20% i mleko odtłuszczone w proszku. Z kolei w skład lodów PM-B wchodziły także śmietanka 7,5%, serwatka w proszku (z mleka) oraz odtłuszczone mleko w proszku. Autorkom pracy nieznana jest natomiast receptura lodów rzemieślniczych. Zdecydowanie najmniej białka stwierdzono w lodach PM-B, natomiast najwięcej w lodach rzemieślniczych śmietankowych RM-C (tab. 1). Uzyskane wyniki oznaczeń zawartości białka w lodach przemysłowych są zgodne z deklaracjami producentów. Warto także dodać, iż wytwórcy wszystkich badanych produktów mlecznych spełnili zalecenia normy [1999], zgodnie z którymi w mieszance lodowej nie powinno być mniej niż 2,5% białka.

Oznaczona w lodach sorbetowych zawartość białka nie przekraczała 0,5% (tab. 2). Najwyższą zawartością składników białkowych cechowały się lody PS-B, przy czym producent deklarował wyższą zawartość białka (0,6 g/100 g). Najmniejszą ilość białka oznaczono w lodach PS-A i była ona zgodna z deklaracją producenta wynoszącą 0,2 g/100 g. Można sądzić, iż różnice w zawartości oznaczanego składnika w porównywanych lodach wynikały głównie z odmiennego w nich udziału surowca owocowego, a w mniejszym stopniu z różnic w składzie jakościowym tego ostatniego.

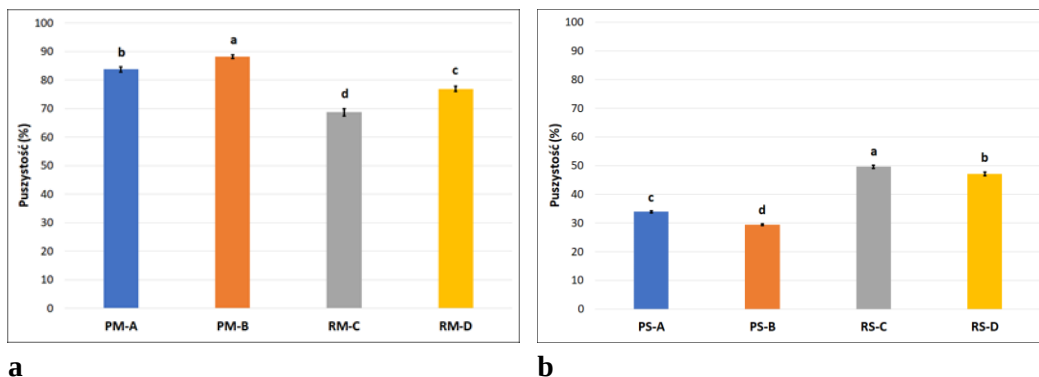
Lody mleczne, w odróżnieniu do lodów sorbetowych, są źródłem tłuszczu. Jego obecność wynika z użytych składników recepturowych. W analizowanych lodach głównymi składnikami decydującymi o ilości tłuszczu były surowce mleczne (mleko i śmietanka, a w lodach PM-A dodatkowo masło), a w przypadku lodów PM-B również surowce roślinne: tłuszcz kokosowy i olej słonecznikowy. Ponadto, stosowane w technologii lodów mono- i diglicerydy kwasów tłuszczowych, pełniące funkcje emulgatorów, również wchodzi w pulę ilości tłuszczu surowego oznaczanego metodą Soxhleta. Warto dodać, iż na zawartość tłuszczu w lodach wpływa także rodzaj i ilość dodatku smakowego. Mituniewicz-Małek i in. [2009] oznaczyli zawartość tłuszczu w lodach mlecznych waniliowych badanych bezpośrednio po wyprodukowaniu na poziomie 9,50%, w lodach mlecznych truskawkowych w ilości 9,13%, a w lodach mlecznych czekoladowych – 10,25%. Cytowane autorki podkreślają, że w tych ostatnich zawartość tłuszczu była niższa od wymaganej normatywnie (tj. wynoszącej nie mniej niż 14%). Z kolei wyniki badań przeprowadzonych przez Jasińską [2012] dowiodły, że lody wytworzone z udziałem różnych preparatów koncentratów białek serwatkowych i serwatkowo-tłuszczowych użytych jako zamienniki mleka w proszku w mieszance lodowej charakteryzowały się bardzo zróżnicowaną zawartością tłuszczu, wynoszącą od 4,25% do 11,58%. Z przeprowadzonych w ramach niniejszej pracy badań wynika, że lody mleczne produkowane na skalę przemysłową charakteryzowały się wyższą zawartością tłuszczu ogółem niż lody rzemieślnicze (tab. 1). Zależność taką stwierdzili również Król i in. [2018]. Warto przy tym dodać, iż zawartość tłuszczu oznaczona w lodach produkowanych na skalę przemysłową była zbliżona do tej deklarowanej przez producentów. Wyrób rzemieślniczy RM-C, który jest sprzedawany w wielu punktach handlowych na terenie Krakowa, zawierał istotnie więcej tłuszczu ogółem niż wyrób RM-D, sprzedawany tylko w jednym lokalu gastronomicznym. Należy podkreślić, iż zgodnie z wytycznymi normy [1999] dolna granica zawartości tłuszczu w lodach mlecznych wynosi 8,5%, w związku z czym ilość omawianego składnika w produkcie RM-D była za mała. Tłuszcz mleczny w lodach pełni różne role. To, że krystalizuje on w niskiej temperaturze wpływa na konsystencję produktu, czyniąc ją miękką, kremistą i delikatną, jednocześnie umożliwiającą porcjowanie go, np. na gałki. Tłuszcz mleczny jest ponadto nośnikiem smaku [Goff, 2008]. W badaniach sensorycznych lodów przeprowadzonych przez Chudy i Pikul [2002] lodom niskotłuszczowym przypisano niższe noty niż lodom tradycyjnym.

Stwierdzono statystycznie istotne zróżnicowanie lodów sorbetowych pod względem zawartości ekstraktu oznaczanego refraktometrycznie (tab. 2), o której decydowała

w głównej mierze zawartość sacharozy w tych produktach. Lody przemysłowe cechowały się znacznie wyższą zawartością ekstraktu niż lody rzemieślnicze. Wyniki omawianych oznaczeń korespondują z wynikami oznaczeń zawartości sacharozy (tab. 2). Lody przemysłowe producenta A zawierały niemal dwukrotnie więcej tego cukru niż lody rzemieślnicze wytwórcy C.

Lody są produktem zawierającym w swoim składzie węglowodany. Jak wskazują deklaracje producentów badanych lodów mlecznych, w recepturze lodów przemysłowych zastosowano sacharozę, syrop glukozowo-fruktozowy oraz glukozę. Zadaniem tych składników jest nie tylko nadanie produktom smaku słodkiego, który wynika też z obecnej w mleku laktozy, ale również nadanie lodom odpowiedniej puszystości [Szymko 2011]. Obecność węglowodanów powoduje zwiększenie lepkości mieszanki lodowej, a także obniżenie punktu jej zamarzania, co w konsekwencji umożliwia uzyskanie produktu o miękkiej konsystencji w niskich temperaturach. Warto przy tym dodać, iż wraz z omawianymi składnikami, na odpowiednią strukturę lodów mlecznych wpływają emulgatory i stabilizatory [Postolski 2006].

W niniejszej pracy najwyższą zawartość cukrów bezpośrednio redukujących stwierdzono w lodach rzemieślniczych RM-D, a najniższą – w lodach PM-A (tab. 1). Z kolei największy dodatek sacharozy stwierdzono w obu próbkach lodów produkowanych na skalę przemysłową. Zgodnie z wymogami określonymi w PN-A-86331:1999 ilość cukru w mieszance lodowej nie powinna być niższa niż 13 g/100 g. A zatem wszystkie z badanych lodów zawierały wystarczającą ilość tego składnika. Udział sacharozy w łącznej masie cukrów zawartych w lodach mlecznych śmietankowych wynosił 74%, 69%, 61% i 60% odpowiednio w PM-A, PM-B, RM-C i RM-D. W przypadku lodów sorbetowych PS-A suma zawartości cukrów bezpośrednio redukujących (tj. cukrów prostych pochodzących z owoców oraz z dodanego syropu glukozowego) i sacharozy (wprowadzonej z półproduktem owocowym i dodanej jako składnik recepturowy) wyniosła 32,5 g/100 g, zatem istotnie przekroczyła deklarowaną przez producenta sumę cukrów, wynoszącą 24,7 g/100 g. Biorąc pod uwagę przeciętny skład truskawek i uwzględniając udział masowy tego surowca w ocenianych sorbetach można uznać, iż ok. 27% oznaczonej ilości cukrów prostych pochodziło z owoców. Suma zawartości cukrów bezpośrednio redukujących (tj. cukrów prostych pochodzących z owoców oraz z wyszczególnionego w składzie syropu glukozowo-fruktozowego) i sacharozy w drugich badanych sorbetach przemysłowych (PS-B) wyniosła 26,4 g/100 g, a zatem w niewielkim stopniu przekroczyła deklarowaną przez producenta sumę cukrów, wynoszącą 25 g/100 g. Na podstawie założeń analogicznych do przedstawionych powyżej można uznać, iż ok. 25% oznaczonej ilości cukrów prostych miało swoje źródło w owocach. Łączna ilość cukrów bezpośrednio redukujących i sacharozy w 100 g lodów sorbetowych rzemieślniczych wynosiła 23,3 g oraz 17,0 g, odpowiednio w produktach RS-C i RS-D. Wyniki te oznaczają, że sorbety rzemieślnicze były mniej słodkie od sorbetów przemysłowych. Warto jednak zauważyć, iż udział sacharozy w łącznej ilości cukrów w lodach RS-D oraz PS-A wynosił odpowiednio ok. 81% i 83%, podczas gdy w lodach RS-C i PS-B – odpowiednio ok. 66% i 63%.

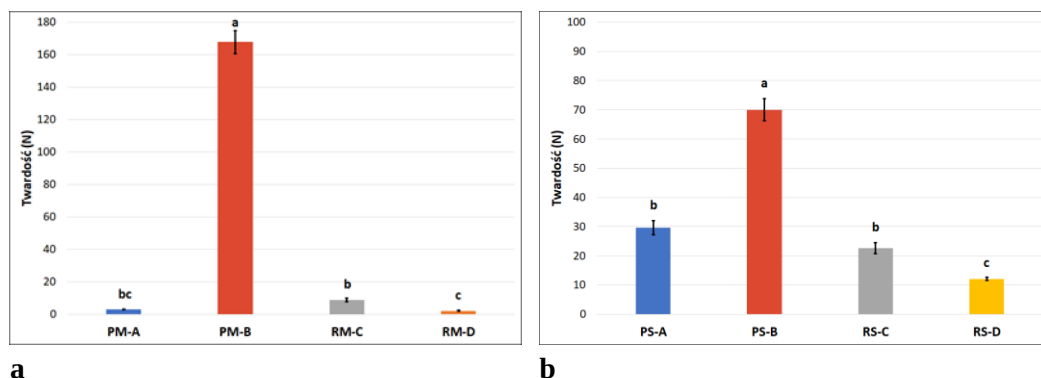


a **b**
Rysunek 1. Puszystość lodów mlecznych (a) i sorbetów (b); Objasnienia: Przedstawiono wartości srednie (w postaci słupków) i odchylenia standardowe (w postaci odcińków). Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p < 0,05$.

Puszystość lodów, inaczej zwana napowietrzeniem, jest charakterystyczną właściwością lodów. Napowietrzanie zachodzi podczas mieszania i zamrażania mieszanki lodowej w stanie półpłynnym we frezerach [Polak 2010, Szymko 2011, Kobyłko 2013]. Odpowiednie napowietrzenie tego półproduktu warunkuje właściwe przenikanie ciepła lub zimna do jego wnętrza, a następnie określoną teksturę lodów. Zbyt duże napowietrzenie mieszanki lodowej skutkuje zbyt dużą puszystością lodów, a w konsekwencji szybkim ich topnieniem, natomiast niski stopień napowietrzenia wiąże się z uzyskaniem twardego produktu finalnego. Wpływ na omawianą cechę lodów mają zarówno parametry procesu przetwórczego, jak i kompozycja mieszanki lodowej, a zwłaszcza rodzaj i ilość składników suchej masy, szczególnie tłuszczu [Florowska i in. 2013]. Wykazano także, że podczas przechowywania lodów, ich puszystość maleje [Mituniewicz-Małek i in. 2009]. Jak podano w PN-A-86331:1999, puszystość lodów nie powinna przekraczać 130%. Wyniki przeprowadzonych w ramach niniejszej pracy badań wykazały, że wszystkie produkty spełniały powyższy wymóg (rys. 1). Stwierdzono przy tym, iż stopień napowietrzenia lodów mlecznych śmietankowych przemysłowych był wyższy niż lodów rzemieślniczych. Obserwacje te są zgodne z wnioskami wysuniętymi przez Król i in. [2018]. Puszystość sorbetów truskawkowych okazała się zdecydowanie mniejsza (29,4-49,6%) niż puszystość lodów mlecznych (68,7-88,2%). Można przypuszczać, iż przyczyną tego zjawiska była nieobecność tłuszczu mlecznego w lodach sorbetowych. W tej kategorii produktów, te wyprodukowane rzemieślniczo cechowały się wyższym stopniem napowietrzenia niż te wytworzone w skali przemysłowej. Jest prawdopodobnym, że mniejsza ilość cukrów w tych pierwszych wpłynęła korzystnie na wtłaczanie powietrza do mieszanki lodowej.

Twardość lodów uwarunkowana jest warunkami procesowymi zamrażania mieszanki lodowej, a zwłaszcza szybkością mrożenia, determinującą wielkość powstających kryształków lodu [Palka i Palich 2008]. Istotne znaczenie w kształtowaniu twardości produktu

finalnego ma stopień napowietrzenia mieszanki lodowej [Sady i in. 2016]. Spośród wszystkich badanych produktów zdecydowanie największą twardością charakteryzowały się produkty producenta B, wytwarzane dla jednej sieci handlowej (rys. 2). Przypuszczalnie przyczyną nadmiernej twardości tych lodów były warunki ich przechowywania zamrażalniczego – produkty PM-B i PS-B były zakupione w jednym punkcie handlowym, w tym samym czasie. Twardości pozostałych analizowanych produktów kształtowały się w zakresie 1,9-29,6 N. Stwierdzono przy tym, iż lody mleczne charakteryzowały się mniejszą twardością niż lody sorbetowe. Wartości omawianego parametru wyznaczone przez Jasińską i in. [2012] w lodach z dodatkiem preparatów białkowych i białkowo-tłuszczowych wynosiły od 1,3 N do 4,4 N. Z kolei w badaniach prowadzonych przez Florkowską i in. [2013] twardość lodów mlecznych z preparatami błonnikowymi przyjmowała wartości 3,2-7,1 N. Twardość badanych w ramach niniejszej pracy lodów mlecznych i sorbetowych, z wyjątkiem produktów producenta B, była ujemnie skorelowana z ich puszystością ($r = -0,919$).



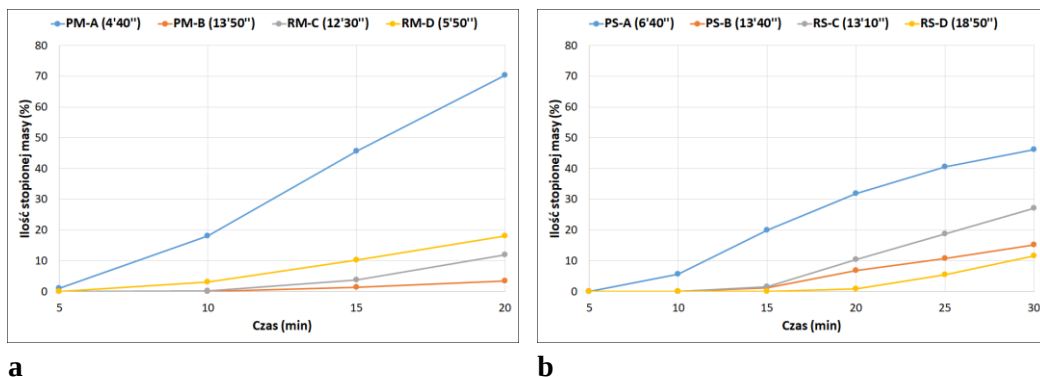
Rysunek 2. Twardość lodów mlecznych (a) i sorbetów (b); Objasnienia jak pod rys. 1

Topliwość jest kolejnym ważnym wyróżnikiem charakteryzującym jakość lodów. Zarówno zbyt szybkie, jak i zbyt wolne topnienie lodów może być spowodowane niewłaściwie skomponowaną jakościowo i ilościowo mieszanką lodową. Szczególnie nadmiar substancji stabilizująco-emulgujących skutkuje zdecydowanym ograniczeniem topliwości lodów. Ponadto, kluczową rolę w tym aspekcie odgrywa technologia produkcji lodów. Lody dobrej jakości powinny zaczynać topnieć po 10–15 minutach [Polak 2010]. Wyniki badania topliwości lodów, mierzonej ilością stopionej masy w czasie odniesionej do początkowej masy zamrożonej próbki, zostały zaprezentowane na rysunku 3. Spośród lodów mlecznych zdecydowanie najszybciej topniały lody PM-A (pierwsze krople stopionej masy produktu pojawiły się ok. piątej minuty przetrzymywania go w temperaturze pokojowej), a najwolniej – PM-B (pierwsza kropla pojawiła się w ok. czternastej minucie pomiaru). Topnienie lodów rzemieślniczych RM-C i RM-D przebiegało z podobną, względnie małą intensywnością (rys. 3a). Jak wskazali producenci produktów mlecznych przemysłowych, zawierały one w swoim składzie zarówno mączkę chleba świętojańskiego, jak i gumę guar.

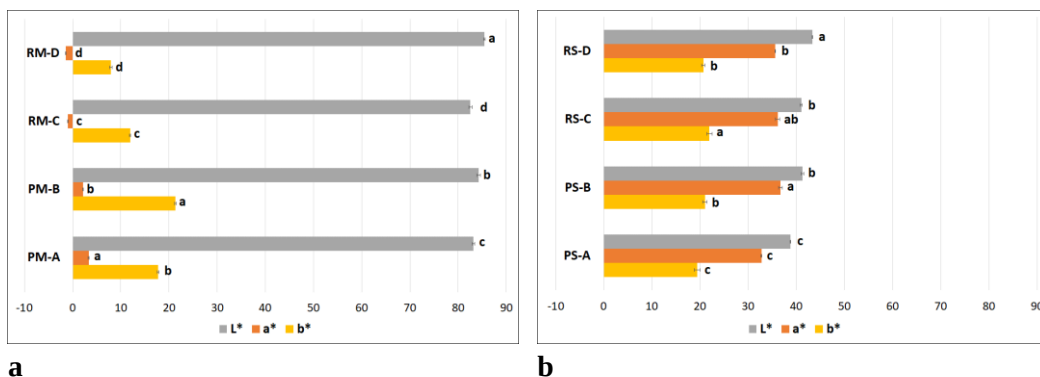
Składnikom tym przypisuje się rolę ograniczania topliwości, a zatem kluczowa wydaje się ich koncentracja w omawianych produktach. Z uwagi na fakt, iż lody sorbetowe topniały mniej intensywnie niż lody mleczne, test pomiarowy topliwości sorbetów trwał o dziesięć minut dłużej niż w przypadku lodów mlecznych. Stwierdzono zróżnicowanie sorbetów truskawkowych pod względem ich topliwości (rys. 3b). Pierwsze krople stopionej masy sorbetu PS-A pojawiły się już w siódmej minucie, natomiast w przypadku produktów PS-B i RS-C w trzynastej minucie. Najwolniej topniały lody RS-D – pierwszą kroplę cieczy odnotowano dopiero w dziewiętnastej minucie testu. W trzydziestej minucie pomiaru masa odcieku sorbetów RS-D stanowiła ok. 10% masy próbki zamrożonych lodów, podczas gdy w tym samym czasie przeszło 45% masy początkowej produktu PS-A uległo stopnieniu. Warto dodać, iż konsystencja tych ostatnich lodów była dość ciągliwa i lepka, co prawdopodobnie wynikało z obecności w ich składzie hydrokoloidów: mączki chleba świętojańskiego, gumy guar, gumy celulozowej oraz karagenu [Dłużewska i in. 2003]. Stosunkowo umiarkowanym tempem topnienia charakteryzowały się lody PS-B. Niniejsze wyniki mogą oznaczać, iż lody PS-B i RS-D zawierały w swoim składzie stabilizatory, tj. substancje dodatkowe odpowiedzialne m.in. za redukcję stopnia topnienia lodów [Kobyłko 2013]. Przypuszczenie to jest zgodne z faktem, iż producent lodów PS-B zadeklarował obecność pektyny w ich składzie.

Cechą decydującą o jakości deserów jest również ich barwa. Pozostaje ona w związku z rodzajem smakowym lodów, a zatem może mieć istotny wpływ na decyzje zakupowe konsumentów. Przykładowo, od lodów mlecznych śmietankowych oczekuje się barwy jasnej i lekko kremowej. Na podstawie wyników przeprowadzonych badań można uznać, iż badane lody mleczne spełniały te oczekiwania – wartość parametru L^* , opisującego jasność barwy, przyjmowała wysokie wartości, od 82,6 do 85,5 (rys. 4a). Dodatkowo, aczkolwiek niewysokie wartości parametru a^* barwy lodów RM-A i RM-B, wskazujące na niewielki udział odcienia czerwonego w barwie, najprawdopodobniej wynikały z obecności w tych produktach barwników, odpowiednio, annato i koncentratu soku z marchwi. W spektrum barwy wszystkich badanych lodów mlecznych wchodziły również odcienie żółte, o czym świadczą dodatnie wartości parametru b^* . Stwierdzono przy tym, iż ich udział był większy w lodach produkowanych w skali rzemieślniczej.

Zgodnie z oczekiwaniami, jasność barwy lodów sorbetowych była istotnie mniejsza niż jasność barwy lodów mlecznych. Najjaśniejszymi okazały się lody RS-D, a najciemniejszymi – PS-A (rys. 4b). Czerwona barwa omawianych produktów została opisana wartościami parametru a^* , które wynosiły od 32,8 (PS-A) do 36,7 (PS-B) i zdecydowanie przewyższały te wyznaczone dla barwy lodów mlecznych śmietankowych. Niewątpliwie odmiennosc udziału odcienia czerwonego w barwie sorbetów wynikała z różnic w jakości i ilości surowca owocowego, z którego sporządzono niniejsze produkty. Z informacji podanych na etykietach produktów przemysłowych wynika, iż lody PS-A sporządzono z mniejszej ilości truskawek niż lody PS-B. Stwierdzono natomiast niewielkie zróżnicowanie sorbetów pod względem udziału odcienia żółtego w barwie: najwyższą wartość parametru b^* oznaczono w przypadku sorbetu RS-C, a najniższą w produkcie PS-A.



Rysunek 3. Topliwość lodów mlecznych (a) i sorbetów (b); Objasnienie: W nawiasach podano przyblizony czas pojawienia sie pierwszej kropli stopionej masy (w minutach i w sekundach).



Rysunek 4. Parametry barwy lodów mlecznych (a) i sorbetów (b); Objasnienia jak pod rys. 1

Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonych badan nie pozwalaja na jednoznaczne wskazanie przewagi jakoosciowej lodów mlecznych smietankowych lub sorbetów truskawkowych produkowanych w skali przemyslowej nad tymi produkowanymi w skali rzemieslniczej lub odwrotnie. Mleczne lody smietankowe wytwarzane w skali przemyslowej odznaczaly sie wyzszą zawartoscia wysokokalorycznego (9 kcal/g) tluszczu niz lody smietankowe rzemieslnicze, ktora determinowala ich wyzszą wartosc energetyczna. Podobnie, lody sorbetowe truskawkowe przemyslowe, z uwagi na wyzszą zawartosc cukrow niz w lodach rzemieslnicznych, charakteryzowaly sie większą kalorycznoscia. Wykazano, ze lody mleczne smietankowe byly w większym stopniu napowietrzone niz lody sorbetowe truskawkowe. Ponadto stwierdzono większą puszystosc lodów sorbetowych rzemieslnicznych niz przemyslowych i odwrotną relacje tego parametru w odniesieniu do lodów smietankowych. Badane lody istotnie różniły sie między sobą twardoscia, przy czym wyniki pomiarów nie pozwolily na określenie zaleznosci wartosci tego parametru od skali produkcji lodów. Biorac pod uwage

współczesne trendy produkcyjne i konsumenckie w branży lodowej można przypuszczać, iż tematyka badań lodów mlecznych i sorbetowych będzie nadal podejmowana przez wielu naukowców.

Badania zostały częściowo sfinansowane z dotacji przyznanej przez MNiSW na działalność statutową.

Literatura

1. Chudy S., Pikul J. Charakterystyka lodów z zamiennikami tłuszczu i cukrów. *Żywność*. 2002, 3(32) Supl., 18-26.
2. Dłużewska E., Gazda B., Leszczyńska K., Wpływ wybranych hydrokoloidów polisacharydowych na jakość koncentratów lodów owocowych. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*. 2003, 2(1), 97-107.
3. Florkowska A. Wójcik E., Florowski T., Dłużewska E. Wpływ dodatków preparatów błonnikowych na wybrane wyróżniki jakości lodów. *Zeszyty Problemowe Nauk Rolniczych*. 2013, 574, 11-18.
4. Goff H. D. 65 Years of ice cream science. a review. *International Dairy Journal*. 2008, 18, 754-758.
5. Jasińska M., Trzeciński J., Dmytrów I. Mituniewicz-Małek A. Koncentraty białek serwatkowych i preparaty serwatkowo-tłuszczowe jako zamienniki mleka w proszku w lodach nisko zamrożonych. *Acta Agrophysica*. 2012, 19(1), 37-50.
6. Kobyłko E. Uwarunkowania technologiczne i techniczne produkcji lodów spożywczych. *Acta Scientiarum Polonorum, Technica Agraria*. 2013, 12(3-4), 27-37.
7. Król J., Karasińska A., Brodziak A., Barłowska J., Kędzierska-Matysek M. Jakość fizykochemiczna i mikrobiologiczna lodów oferowanych na rynku. *Przemysł Spożywczy*. 2018, 72, 18-22
8. Mituniewicz-Małek A., Dmytrów I., Pilarczyk R., Bodnar J. Ocena wybranych cech jakościowych lodów Delicja w czasie przechowywania. *Chłodnictwo*. 2009, XLIV, 12, 40-46.
9. Palka A. Zmiany w preferencjach konsumentów na rynku lodów. *Handel Wewnętrzny*. 2015, 2(355), 308-319.
10. Palka A. Making purchase decisions on ice cream market. *Marketing i Zarządzanie*. 2017, 2(48), 53-62.
11. Palka A., Karczmarczyk P. Quality assessment of the strawberry sorbets available in Polish market. *Towaroznawcze Problemy Jakości*. 2017, 4(53), 54-60.
12. Palka A. Newerli-Guz J., Wilczyńska A., Rybowska A. Innovations in Ice Cream Production in Baltic Sea Region. *Proceedings of the 11th European Conference on Innovation and Entrepreneurship*. 2016, 543-551.
13. Palka A., Palich P. Wpływ flokulacji temperatury przechowywania na wybrane cechy jakościowe lodów. *Acta Agrophysica*. 2008, 12(3), 755-765.

14. PN-A-75101-02:1990. Przetwory owocowe i warzywne. Przygotowanie próbek i metody badań fizykochemicznych. Oznaczanie zawartości ekstraktu ogólnego.
15. PN-A-79011-4:1998. Koncentraty spożywcze. Metody badań. Oznaczanie zawartości tłuszczu.
16. PN-A-79011-5:1998. Koncentraty spożywcze. Metody badań. Oznaczanie zawartości cukrów.
17. PN-A-86122:1968. Mleko. Metody badań.
18. PN-A-86431:1999. Mleko i przetwory mleczne. Lody. Wymagania i badania.
19. PN-EN 12147:2000. Soki owocowe i warzywne. Oznaczanie kwasowości miareczkowej.
20. PN-EN ISO 8968-1:2014-03. Mleko i przetwory mleczne. Oznaczanie zawartości azotu. Część 1: Zasada Kjeldahla i obliczanie białka surowego.
21. Polak E. Podstawowe parametry określające jakość lodów. Przegląd Piekarski i Cukierniczy. 2010, 58(12), 108-109.
22. Postolski J. Mrożona żywność wygodna. Cz. 4. Technika chłodnicza i klimatyzacyjna. 2006, 9, 355-360.
23. Przybylski W., Sionek B., Jaworska D., Spychalska A, Rupińska M. Wpływ dodatku inuliny na jakość sorbetów owocowych I warzywnych. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. 2020, 27, 3 (124), 66-76.
24. Sady M., Domagała J., Najgebauer-Lejko D., Bonczar G. Właściwości organoleptyczne i fizykochemiczne lodów kefirowych. W: Tarko T., Iwona Drożdż I., Najgebauer-Lejko D., Duda-Chodak A. (red.). Innowacyjne rozwiązania w technologii żywności i żywieniu człowieka. 2016, Oddział Małopolski Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, Kraków, 205-214.
25. Soukoulis C., Chandrinou I., Tzia C. Study of the functionality of selected hydrocolloids and their blends with κ -carrageenan on storage quality of vanilla ice cream. LWT – Food Science and Technology. 2008, 41, 1816-1827.
26. Szymko Z. Wady lodów. Przegląd Piekarski i Cukierniczy. 2011, 59(5), 100-102.

Indeks autorów

- Areczuk, A., 127
Baryga, A., 6
Benešova, L., 20
Benešová, L., 151
Berski, W., 27
Blitek, K., 351
Błaszczuk, U., 38
Borczak, B., 49, 59
Čapla, J., 20
Cholewa-Wójcik, A., 68
Danowska-Oziewicz, M., 110, 218
Darewicz, M., 278
Dziadek, K., 319
Dziubyna, T., 83
Ferysiuk, K., 184
Gałkowska, D., 351
Gientka, I., 99
Glica, J., 110
Golian, J., 20, 151
Górska, A., 255
Gumul, D., 127
Gut, J., 137
Imburska, N., 289
Jakabová, S., 20, 151
Kamińska, D., 266
Kapusta-Duch, J., 49, 59, 160
Kawecka, A., 68
Kęska, P., 173, 184, 198
Klag, A., 351
Knop, P., 160
Kopeć, A., 319
Kowalska, G., 208
Kowalski, R., 208
Krzywonos, M., 137
Kubas, W., 59
Kurp, L., 218
Kutyła-Kupidura, E. M., 27
Latoch, A., 228
Lechocká, M., 20
Libera, J., 228
Łatwińska, N., 198
Makarewicz, M., 239
Malitka, M., 99
Mańko-Jurkowska, D., 255
Mazurek, A., 208
Mesinger, D., 266
Morawiec, W., 49
Nykaza, A., 239
Ocieczek, A., 266
Ondruš, L., 20
Pankiewicz, U., 208
Piątkowska, E., 83, 289
Piekara, A., 137
Pliszka, M., 278
Połec, B., 6
Pomietło, U., 289
Puksza, T., 308
Ratajczak, T., 319
Rybowska, A., 328
Sabat, R., 127
Sikora, E., 218
Sikora, M., 27, 49, 59
Skoczylas, J., 319
Skotnicka, M., 340
Sobol, W., 99
Sobolewska-Zielińska, J., 351
Stadnik, J., 173, 198
Stasiewicz, A., 184
Sujka, M., 208
Szary-Sworst, K., 127
Włodarczyk-Stasiak, M., 208
Wójciak, K., 198
Wójciak, K. M., 184
Wyrostek, J., 208
Wywrocka-Gurgul, A., 127
Zajác, P., 151
Zawojek, K., 110
Zielińska, E., 208