

Badania i Rozwój Młodych Naukowców w Polsce

Żywnienie i żywność



www.mlodzinaukowcy.com

Poznań 2021

Redakcja naukowa

dr Jędrzej Nyćkowiak

dr hab. Jacek Leśny, prof. UPWR

Wydawca

Młodzi Naukowcy

www.mlodzinaukowcy.com

wydawnictwo@mlodzinaukowcy.com

ISBN (całość 978-83-66392-91-5)

ISBN (wydanie online 978-83-66743-40-3)

ISBN (wydanie drukowane 978-83-66743-39-7)

Ilość znaków w książce: 350 tys.

Ilość arkuszy wydawniczych: 8.7

Data wydania: maj 2021

Niniejsza pozycja jest monografią naukową. Jej rozdziały zostały wydrukowane zgodnie z przesłanymi tekstami po ich zaakceptowaniu przez recenzentów. Odpowiedzialność za zgodne z prawem wykorzystanie użytych materiałów ponoszą autorzy poszczególnych rozdziałów.

Spis treści

1. Wpływ dodatku mąki sojowej na właściwości organoleptyczne i fizykochemiczne chleba bezglutenowego	7
<i>Anna Gawrońska</i>	
2. Przegląd teorii na temat etiologii zaburzeń odżywiania	15
<i>Grajek Mateusz, Klaudia Alcer, Karolina Sobczyk, Dorota Szałabska, Magdalena Kwarciak, Wiktoria Staśkiewicz, Agnieszka Białek-Dratwa, Łukasz Olszewski</i>	
3. Zachowania żywieniowe osób starszych w Polsce i w Niemczech	22
<i>Grot Martina, Wypych-Ślusarska Agata</i>	
4. Charakterystyka żywności funkcjonalnej	29
<i>Kapusta-Duch Joanna, Barbara Borczak</i>	
5. Projekt diety i zalecenia żywieniowe dla osoby uprawiającej sport wyczynowy na przykładzie zawodnika piłki nożnej	36
<i>Marta Kotuła, Joanna Kapusta-Duch</i>	
6. Nanotechnologia w produkcji żywności	44
<i>Marta Kotuła, Joanna Kapusta-Duch</i>	
7. Bezpieczeństwo stosowania diety roślinnej w różnych okresach życia – korzyści i zagrożenia zdrowotne związane ze stosowaniem diety roślinnej	51
<i>Sandra Kryska, Wiktoria Pietryga</i>	
8. Kurkumina – biodostępność i właściwości prozdrowotne	58
<i>Katarzyna Łupina</i>	
9. Biopolimery jako czynnik poprawy stabilności palmitynianu askorbylu	64
<i>Katarzyna Łupina</i>	
10. Zastosowanie pulsacyjnego pola elektrycznego w przemyśle spożywczym	69
<i>Nowosad Karolina</i>	
11. Zastosowanie pulsacyjnego pola elektrycznego do bioakumulacji jonów metali w biomacie komórkowej drożdży i bakterii	75
<i>Nowosad Karolina</i>	
12. Analiza spożycia produktów będących źródłem tiaminy przez kobiety i mężczyzn w wieku 25-60 lat, mieszkających w województwie wielkopolskim	81
<i>Justyna Piechocka, Krystyna Szymandera-Buszk</i>	
13. Biologicznie aktywne peptydy jako prozdrowotne składniki diety	86
<i>Szafrańska Jagoda, Małcki Jan, Kusio Katarzyna</i>	
14. Wybrane elementy stylu życia w zależności od chronotypu	93
<i>Tańczyk Daniel, Próźna Paula, Jolanta Malinowska-Borowska</i>	

Przedmowa

Szanowni Państwo, wydawnictwo „Młodzi Naukowcy” oddaje do rąk czytelnika kolekcję monografii naukowych dotyczących szerokiego spektrum nauk. Znajdują się tutaj pozycje dotyczące nauk przyrodniczych, nauk technicznych i inżynierskich, nauk medycznych i nauk o zdrowiu, szeroko pojętych nauk humanistycznych i społecznych oraz nauk prawnych i ekonomicznych.

W prezentowanych monografiach poruszany jest bardzo szeroki przekrój zagadnień, jednak każda z osobna składa się z kilkunastu rozdziałów, spójnych tematycznie, dających jednocześnie bardzo dobry przegląd tematyki naukowej jaką zajmują się studenci studiów doktoranckich lub ich najmłodszy absolwenci, którzy uzyskali już stopień doktora.

Czytelnikom życzymy wielu przemyśleń związanych z tematyką zaprezentowanych prac. Uważamy, że doktoranci i młodzi badacze z pasją i bardzo profesjonalnie podchodzą do swojej pracy, a doświadczenie jakie nabierają publikując prace w monografiach wydawnictwa „Młodzi Naukowcy”, pozwoli im udoskonalać swój warsztat pracy. Dzięki temu, z pewnością wielu autorów niniejszych prac, z czasem zacznie publikować prace naukowe w prestiżowych czasopismach. Przyczyni się to zarówno do rozwoju nauki, jak i każdego autora, budując jego potencjał naukowy i osobisty.

Redakcja

1. Wpływ dodatku mąki sojowej na właściwości organoleptyczne i fizykochemiczne chleba bezglutenowego

Effect of adding soy flour on the organoleptic and physicochemical properties of gluten-free bread

Anna Gawrońska

Anna Gawrońska, Katedra Żywienia Człowieka i Dietoterapii, Filia Uniwersytetu Zielonogórskiego w Sulechowie

Gawrońska Anna: a.gawronska@wzs.uz.zgora.pl

Słowa kluczowe: pieczywo, dieta, celiakia

1. Wstęp

Celiakia jest chorobą układu pokarmowego, wywołaną nietolerancją glutenu, złożonego białka zawartego w zbożach: pszenicy, życie, jęczmieniu i owsie. Jediną formą terapii jest bezwzględne stosowanie diety bezglutenowej do końca życia (Ciborowska i Rudnicka 2014; Michałowska i in. 2017; Kaim i Harasym 2017; Konińska i in. 2013; Kuchnatowicz 2018).

Pośród coraz liczniejszych bezglutenowych artykułów spożywczych dostępnych na rynku możemy odnaleźć wiele rodzajów pieczywa. Produkty tego typu są wytwarzane najczęściej z mąk oczyszczonych z glutenu. Zawierają liczne dodatki funkcjonalne, szczególnie te kompensujące nieobecność strukturotwórczych białek glutenowych. Lepszym rozwiązaniem wydaje się wykorzystanie różnorodnych surowców naturalnie bezglutenowych, takich jak mąka gryczana, jaglana, kukurydziana, sojowa, z amarantusa, ciecierzycy, dyni, manioku, fasoli, nasion lnu i chia (Aly i Seleem 2015; Kaim i Harasym 2017; Marchand 2015; Misook i in. 2015; Pastuszka i in. 2012; Różyło i Laskowski 2008). Przeprowadzono prace nad recepturami chlebów bezglutenowych, które gwarantowałyby jednocześnie wysoką wartość odżywczą i atrakcyjne walory smakowo-zapachowe oraz odpowiednią strukturę wyrażaną takimi parametrami jak objętość, twardość, spoistość, porowatość i elastyczność (Capriles i Areas 2014).

Mąka sojowa jest bardzo dobrym źródłem pełnowartościowego białka (ok. 40%), cennych kwasów tłuszczowych, w tym NNKT, oraz minerałów i izoflawonoidów o działaniu prozdrowotnym (Kaim i Harasym 2017; Nowak 2011). Jej dodatek do bezglutenowego pieczywa podnosi wartość odżywczą.

2. Materiał i metody

Materiał badawczy stanowiły chleby bezglutenowe wypieczone według doświadczalnej receptury (Tab.1). W celu uzyskania chleba o wysokiej wartości odżywczej oraz pożądanych cechach organoleptycznych i fizykochemicznych opracowano szereg receptur, których podstawę stanowiły mąki naturalnie bezglutenowe, łączone w różnych stosunkach ilościowych. Receptury uwzględniały też dodatki naturalne, takie jak siemię lniane, nasiona chia, odolejone nasiona wiesiołka czy pestki dyni, które wzbogacały chleb pod względem odżywczym i poprawiały jego walory organoleptyczne. Jako czynnik wzrostu ciasta zastawano drożdże piekarskie. Po poddaniu próbnym wypieków subiektywnej ocenie organoleptycznej, wytypowano trzy rodzaje chleba, które dalej analizowano. Przedmiotem badań były chleby zawierające mąkę gryczaną, skrobię z tapioki, opcjonalnie mąkę sojową, a także mąkę z amarantusa, mielony len złoty odtłuszczony, błonnik z odolejonych nasion wiesiołka, nasiona chia i pestki dyni, a także drożdże piekarskie, olej rzepakowy, cukier i sól. Trzy analizowane warianty chleba różniły się zawartością mąki gryczanej i sojowej. Wariant 0S nie zawierał mąki sojowej, w wariantcie 30S część mąki gryczanej (30g) została zastąpiona mąką sojową i w wariantcie 60S 60g mąki gryczanej zastąpiono mąką sojową.

Produkcję chleba prowadzono metodą bezpośrednią. Proces wyrobu rozpoczęto od przesiania i odważenia mąk. Następnie sporządzono roztwór soli oraz mleczko drożdżowe. i kleik

z siemienia lnianego. Połączono składniki według receptury i wyrobiono ciasto. Kęsy przeniesiono do foremki. Pozostawiono ciasto do fermentacji w komorze fermentacyjnej, w temperaturze 32°C i wilgotności około 70% przez 35 minut. Po upływie tego czasu, wierzch ciasta nawilżono wodą o temperaturze pokojowej oraz posypano nasionami chia. Następnie kęsy w foremkach przeniesiono do nagrzanego pieca i przeprowadzono zaparowanie komory wypiekowej. Produkt wypiekano w temperaturze 200°C przez 40 minut. Po wypieku, chleb pozostawiono w celu ochłodzenia w pomieszczeniu o temperaturze pokojowej.

Otrzymane pieczywo doświadczalne poddano analizie fizykochemicznej, która obejmowała oznaczanie kwasowości, zawartości soli, wilgotności, objętości chleba, popiołu całkowitego, porowatości, ubytku wypiekowego i straty wypiekowej całkowitej, barwy mięksizu i skórki oraz profilową analizę tekstury (TPA) mięksizu.

Tab. 1. Receptura doświadczalnych chlebów bezglutenowych.

Składnik	ilość [g] lub [ml]		
	0S	30S	60S
woda	250	250	250
mąka gryczana	180	150	120
skrobia z tapioki	40	40	40
mąka sojowa	0	30	60
mąka amarantusowa	10	10	10
len mielony złoty odłuszczony	10	10	10
drożdże	10	10	10
cukier	8	8	8
olej rzepakowy	5	5	5
błonnik z odolejonych nasion wiesiołka	4	4	4
sól	1,2	1,2	1,2
nasiona chia	4	4	4
pestki dyni	10	10	10

Oznaczanie kwasowości wykonano metodą szybką techniczną. Polega ona na miareczkowaniu próby zawierającej 100g pieczywa roztworem wodorotlenku sodowego (0,1 mol/l), aż do momentu zobojętnienia. Wynik stanowi ilość mililitrów zasady zużyta do miareczkowania, określająca stopień kwasowości. Za ostateczny wynik przyjęto średnią arytmetyczną z dwóch miareczkowań tej samej próbki, które nie różniły się więcej niż o 0,2 ml. (PN-A-74108:1996).

Oznaczanie zawartości soli polega na miareczkowaniu azotanem srebra zobojętnionego roztworu soli, uzyskanego przez ekstrakcję wodą próbki mięksizu. Zawartość soli kuchennej obliczono w procentach, w przeliczeniu na suchą masę chleba. Za wynik przyjęto średnią arytmetyczną trzech oznaczeń, nie różniących się więcej niż o 0,1% soli (PN-A-74108:1996).

Do ustalenia wilgotności badanego chleba bezglutenowego zastosowano metodę odwoławczą. Polega ona na wagowym oznaczeniu ubytku masy próby pieczywa podczas jej suszenia w temperaturze 130°C. Za wynik przyjęto średnią arytmetyczną wyników dwóch równoległych oznaczeń, nie różniących się od siebie więcej niż o 0,2% (PN-A-74108:1996).

Oznaczanie popiołu całkowitego polega na spalaniu próbki analitycznej w atmosferze tlenowej, w temperaturze 900°C, aż do całkowitego usunięcia substancji organicznych (dwutlenek węgla i woda), a następnie zważeniu pozostałości mineralnych, czyli popiołu. Wydajność popiołu wyrażono w procentach wagowych suchej masy. Za wynik przyjęto średnią arytmetyczną dwóch równoległych oznaczeń (PN-A-74108:1996).

Oznaczanie porowatości mięksiszu metodą Jacobiego wykonuje się usuwając powietrze z określonej ilości mięksiszu (3 cm^3) przez wygniatanie. Następnie wyznacza się ubytek objętości próby i wyraża go w procentach.

Oznaczenie ubytku wypiekowego i straty wypiekowej całkowitej. Upiek jest to różnica między masą kęsa załadowanego do komory wypiekowej i masą wyrobu gotowego, która powstaje w wyniku odparowania wody, a także lotnych kwasów, CO_2 , niewielkich ilości alkoholu i innych substancji. Strata wypiekowa całkowita jest to różnica między masą kęsa ciasta, a masą pieczywa ostudzonego. Obie wartości wyrażono w procentach.

Oznaczono parametry barwy mięksiszu oraz skórki chlebów bezglutenowych za pomocą kolorymetru Konica Minolta model CR-400/410 w systemie CIELAB ($L^*a^*b^*$). Pomiary wykonano w dniu wypieku chlebów bezglutenowych w celu wykazania ewentualnych różnic spowodowanych dodatkiem mąki sojowej. Urządzenie przed wykonaniem oznaczeń kalibrowano na wzorcu bieli.

Profilową analizę tekstury (TPA) mięksiszu wykonywano za pomocą analizatora tekstury CT3 firmy Brookfield. Parametry oznaczano po 24h i 72h przechowywania pieczywa. Próbkę do analizy stanowiły sześciany o wymiarach $2 \times 2 \times 2 \text{ cm}$ i badane były przy prędkości przesuwu głowicy 1 mm/s . Ściskanie przeprowadzano do wysokości 1 cm , czyli 50% wysokości próbki. Określono następujące cechy: twardość, spójność, sprężystość, gumowatość oraz żujność. Dwa ostatnie parametry wyliczano ze wzorów (gumowatość = twardość \times spójność [N]; żujność = gumowatość \times sprężystość [$\text{N} \times \text{m}$]).

Przeprowadzono ocenę sensoryczną otrzymanych próbek chleba bezglutenowego. Wykorzystano metodę punktową wg. PN-A-74108:1996. W zakres badań organoleptycznych wchodziły: ocena wyglądu zewnętrznego pieczywa, ocena skórki, ocena mięksiszu, ocena smaku i zapachu. W badaniu udział wzięli studenci PWSZ w Sulechowie (12 osób). Zostali oni wcześniej poinstruowani o zasadach prawidłowego i obiektywnego badania. Przy ocenie skórki brano pod uwagę jej barwę, wygląd powierzchni, elastyczność, grubość i chrupkość. Ocena mięksiszu polegała na określeniu barwy, porowatości, lepkości, elastyczności oraz wilgoci wyczuwalnej w dotyku. Ocenę smaku i zapachu przeprowadzono natychmiast po przekrojeniu bochenka.

Wartość odżywczą uzyskanych chlebów bezglutenowych ustalono na podstawie informacji zamieszczonych na opakowaniach surowców wykorzystanych do przygotowania prób. W ten sposób, po odpowiednim zsumowaniu, wyznaczono wartość energetyczną, zawartość węglowodanów ogółem i błonnika, tłuszczów oraz białek w analizowanych próbach chleba bezglutenowego. Wartości te porównano jeszcze z analogicznymi parametrami dla zwykłego chleba pszennego i białego chleba bezglutenowego (Pan Blanco, firmy Schär).

3. Wyniki i dyskusja

Wartość odżywczą uzyskanych chlebów bezglutenowych przedstawiono w tabeli 2 i zestawiono z analogicznymi wartościami dla chleba bezglutenowego (produkcja przemysłowa) oraz chleba pszennego. Białko zawarte w pieczywie nie jest wprawdzie pełnowartościowe pod względem odżywczym, ale ze względu na duże spożycie produktów zbożowych, nie można pomijać jego znaczenia w diecie (Grzymisławski i Linke 2012). Bezglutenowe chleby doświadczałne zawierają znacznie więcej białka niż zakupione pieczywo bezglutenowe (A). Szczególnie bogate w ten składnik są chleby z dodatkiem mąki sojowej (30S, 60S). Źródłem protein w badanych chlebach są, przede wszystkim: siemię lniane, mąka gryczana i mąka sojowa. Zaznaczmy, że są to białka, uważane za najbardziej pełnowartościowe w świecie roślin. Nie stwierdzono dużych różnic wartości energetycznych pomiędzy wszystkimi porównywanymi chlebami. Zaobserwowano natomiast, że chleby doświadczałne zawierały znacznie więcej tłuszczu niż tradycyjny chleb pszenny (B) i nieco mniej niż zakupiony chleb bezglutenowy (A). Źródłem tego składnika w badanych próbach były głównie pestki dyni, siemię lniane oraz nasiona chia. Surowce te zawierają cenne i deficytowe w naszej diecie niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe NNKT, w tym także kwasy omega-3, które zapobiegają, między innymi, schorzeniom układu krążenia (Ciborowska i Rudnicka 2014; Gambuś 2005). Chleby doświadczałne zawierają mniej węglowodanów niż zakupione chleby A i B. Dodatkowo widoczna jest w nich wyższa zawartość błonnika pokarmowego, niż w tradycyjnym pieczywie pszennym. Tylko chleb zawierający największą ilość dodatku mąki sojowej (60S) jest

podobnie bogaty w błonnik, jak zakupiony chleb bezglutenowy (A). Włókno pokarmowe to bardzo istotny składnik posiłków, szczególnie dla osób chorych na celiakię, których dieta oparta na eliminacji produktów zbożowych, może być uboga w błonnik.

Ocenie sensorycznej poddano chleby doświadczalne. Dwunastoosobowy zespół studentów, posługując się skalą punktową ocenił najwyżej chleb niezawierający dodatku mąki sojowej (0S). O wyniku przesądziła jakość skórki, i miękiszu. Elastyczność i porowatość miękiszu chleba z największym dodatkiem mąki sojowej (60S) zostały w badaniu uznane za niewystarczające (0 punktów). Co ciekawe, smak i zapach wszystkich trzech wariantów pieczywa doświadczalnego został oceniony równie wysoko. Główne wnioski z oceny sensorycznej znalazły potwierdzenie w wynikach analizy fizykochemicznej.

Wyniki oceny fizykochemicznej poddano analizie statystycznej. Zastosowano analizę wariancji, wykorzystując test Duncana do określenia grup statystycznie jednorodnych, na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Twardość wyrażana jest w jednostkach siły np. [N]. Parametr ten oznacza siłę nacisku niezbędną do osiągnięcia pożądanej deformacji próby. Produkty żywnościowe można podzielić wg tego kryterium na miękkie, twarde lub zwięzłe.

Zaobserwowano istotny wpływ dodatku mąki sojowej na twardość chlebów bezglutenowych. Dla pieczywa wytworzonego bez udziału soi (0S) twardość wyniosła 9.3 N, zaś chleb najbogatszy w ten dodatek (60S) miał aż 16.4 N twardości. Podobne zależności zaobserwowali autorzy innych badań (Dziki i in. 2010). Dodatkowo wykazano również, że twardość istotnie rośnie wraz z wydłużeniem czasu przechowywania pieczywa.

Spoistość określa stosunek pracy wykonanej w celu ściśnięcia próbki podczas pierwszego i drugiego cyklu kompresyjnego.

W badaniu TPA wykazano, że dodatek mąki sojowej miał nieistotny wpływ na zmiany spoistości miękiszu w badanych chlebach bezglutenowych. W tej wyrównanej grupie największą spoistością cechowało się pieczywo najbogatsze w komponent sojowy (0,53). Zaobserwowano również obniżenie wartości tego parametru w trakcie przechowywania we wszystkich analizowanych próbach. Dziki i współpracownicy również nie stwierdzili istotnego wpływu dodatku mąki sojowej do chleba pszennego na spoistość miękiszu próby (Dziki i in. 2010).

Tab. 2. Wartość energetyczna i odżywcza chlebów doświadczalnych i chlebów porównawczych.

Surowiec [100g]	Wartość energetyczna [kcal]	Białko [g]	Węglowodany [g]	Tłuszcz [g]	Błonnik [g]
chleb biały bezglutenowy (A)*	246	2,5	46	4,3	5,1
chleb pszenny (B)*	257,0	8,5	54,3	1,4	2,7
0S	204,3	5,1	37,1	3,4	2,9
30S	207,2	7,9	35,5	3,4	3,9
60S	210,0	10,5	33,9	3,4	5,0

*wartość energetyczna i odżywcza chleba bezglutenowego (etykieta producenta) i chleba pszennego (Kawka, 2010)

W badaniu TPA sprężystość jest to różnica w wysokości próbki przed i po zakończeniu procesu pierwszego ściskania. Wyraża się ją w jednostkach długości. Biorąc pod uwagę to kryterium, produkty można podzielić na sprężyste i elastyczne. Analiza profilowa miększu wykazała różnice w sprężystości badanych chlebów bezglutenowych. Zwiększenie dodatku mąki sojowej powodowało zmniejszenie sprężystości miększu. Najwyższą sprężystością charakteryzował się chleb bez dodatku mąki sojowej (8,7 mm), a najniższą ten z maksymalnym jej udziałem – 60S (8,3 mm). Wraz z wydłużeniem okresu przechowywania chlebów, stwierdzono obniżenie sprężystości we wszystkich próbach. Najwyższą sprężystością w trzecim dniu przechowywania charakteryzował się wciąż chleb bez dodatku mąki sojowej (8,5 mm) i miał on także najniższą różnicę spadku (o 0,2 mm). Większą różnicę w spadku sprężystości zaobserwowano badając chleby z dodatkiem mąki sojowej, lecz nie wykazano by różnice pomiędzy próbkami 30S i 60S były statystycznie istotne.

Gumowatość jest parametrem wyliczonym. Jest to iloczyn twardości i spójności, wyrażany w jednostkach siły. Gumowatość określa siłę niezbędną do zniszczenia wiązań wewnętrznych badanej próby. Dodatek mąki sojowej do chleba bezglutenowego spowodował wzrost gumowatości miększu. Najwyższe wartości tego parametru zaobserwowano w chlebie wytworzonym z największym udziałem mąki sojowej (7,5N). Najniższą gumowatość miał chleb bez dodatku tej mąki (4,6N). Zaobserwowano również zmiany gumowatości wraz z wydłużeniem okresu przechowywania, przy czym w chlebach zawierających komponent sojowy (30S, 60S) gumowatość obniżała się, zaś w chlebie bez tego dodatku wzrosła. Badania innych autorów potwierdzają istnienie zależności pomiędzy wzrostem udziału dodatku mąki sojowej w chlebie a gumowatością jego miększu (Dziki i in. 2010).

Żujność opisuje pracę niezbędną do zmiążdżenia produktu do stanu jednolitego. Jest to wartość wyliczana (iloczyn gumowatości i sprężystości). Zaobserwowano, że wraz ze zwiększaniem dodatku mąki sojowej do chleba bezglutenowego zwiększyła się wartość parametru żujności. Widoczne jest także obniżenie żujności po trzech dniach przechowywania w próbach 30S i 60S, i przeciwna zależność w próbce bez udziału dodatku sojowego (0S).

W poniższej tabeli zestawiono średnie wartości poszczególnych wyróżników jakości wraz z zaznaczonymi grupami jednorodnymi uzyskanymi w wyniku przeprowadzonego testu – ANOVA, post-hoc, test Duncana (Tab.3).

Tab. 3. Wybrane parametry jakościowe badanych chlebów bezglutenowych.

Rodzaj chleba	K* [°kw]	W* [%]	P* [%]	SP* [%]	O* [cm ³ /10 0g]	ZP* [%]	ZS* [%]
0S	2,5 ^A	54,0 _A	51,8 _A	12,9 ^A	187 ^A	2,61 ^A	0,5 ^A
30S	3,3 ^B	54,0 _A	46,3 _B	11,4 ^B	163 ^B	2,83 ^B	0,5 ^A
60S	3,9 ^C	54,0 _A	40,7 _C	11,4 ^B	147 ^C	3,04 ^C	0,5 ^A

*(Wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$) *K- kwasowość, W- wilgotność, P- porowatość, SP- strata piecowa, O- objętość, ZP- zawartość popiołu, ZS- zawartość soli*

Kwasowość to ważny parametr pieczywa, wpływający na jego cechy smakowo-zapachowe, trwałość i strukturę miększu. Przeprowadzone analiza wykazała wzrost kwasowości badanych chlebów bezglutenowych, wraz ze wzrostem udziału mąki sojowej w ich składzie. Ponieważ brakuje norm opisujących pożądaną wielkość tego parametru dla chleba bezglutenowego, możemy zestawzić otrzymane wartości z danymi dla chleba pszennego, ze względu na podobny sposób wytwarzania. Borkowska i Łagowska piszą, że kwasowość dobrej jakości pieczywa pszennego powinna mieścić

się w zakresie 3-5°. Polska norma PN-A-74105: 1992 dotycząca pieczywa pszennego zwykłego i wyborowego określa pożądaną kwasowość, jako nie większą niż 4° (Borkowska i Łagowska 2014). Można zatem wnioskować, że wszystkie chleby doświadczalne miały akceptowalny poziom kwasowości.

Wilgotność pieczywa zależy od ilości użytej wody, a także od metody wypieku, czy fermentacji. Wszystkie badane próby chlebów bezglutenowych nie różniły się istotnie pod względem wilgotności (54%). Według Świderskiego odpowiednio wypieczone pieczywo powinno mieć wilgotność nie większą niż 52%, przy czym dla pieczywa żytniego jest to przedział 48-52%, a dla pszennego 42-50% (Świdorski 2010). Badane próby miały zatem wyższą wilgotność niż zalecana dla tradycyjnych chlebów zawierających gluten. Tłumaczyć to można koniecznością dodania większej ilości wody do ciasta przy wytwarzaniu pieczywa bezglutenowego. Zmierzone wilgotności chlebów doświadczalnych są zbliżone do zaprezentowanych w pracy Gambuś, dotyczącej wpływu dodatku nasion lnu oleistego na jakość chleba bezglutenowego. Wilgotności w tamtym badaniu mieściły się w przedziale 52,8-53,3% (Gambuś 2005).

Wraz ze zwiększeniem udziału mąki sojowej w badanych chlebach, zaobserwowano istotne obniżenie porowatości oraz objętości miękiszu.

Porowatość w chlebie bez dodatku mąki sojowej jest wyższa aż o 10% w porównaniu z próbą o maksymalnym udziale tej mąki (60S). Ciasto wytworzone ze znaczącym udziałem komponentu sojowego nie ma zdolności zatrzymywania gazów. Podobne obserwacje opisał Dziki i współpracownicy (Dziki i in. 2010). Dziki i Laskowski badali wpływ mąki gryczanej na cechy miękiszu pieczywa pszennego. Przeprowadzone przez nich badania dowiodły, że również mąka gryczana zmniejsza objętość pieczywa pszennego (Dziki i Laskowski 2005).

Popiół stanowi pozostałość po całkowitym spaleniu próbki. Jego zawartość świadczy o obecności substancji mineralnych. Pastuszka i współpracownicy oraz Gambuś w swoich pracach badali wartość odżywczą chlebów bezglutenowych z dodatkiem nasion lnu oleistego (Pastuszka i in. 2012; Gambuś 2005). Zawartość popiołu wahała się w granicach 1,90-2,94%. Uzyskane w badaniu wartości są zbliżone (2,61- 3,04%). Zaobserwowano również sukcesywny i istotny wzrost zawartości związków mineralnych wraz ze zwiększeniem udziału mąki sojowej w recepturze.

Oceniając jasność barwy miękiszu (L^*) badanych chlebów bezglutenowych, nie zaobserwowano istotnych zmian w zależności od zawartości mąki sojowej (tab. 4). Natomiast stwierdzono zwiększenie intensywności komponentu żółtego (b^*) w kolorze miękiszu chleba z większym udziałem maki sojowej (Tab. 4). Podobne obserwacje odnotowali też Dziki i współpracownicy (Dziki i in. 2010).

Tab. 4. Parametry barwy badanych chlebów bezglutenowych.

Wyróżnik	Rodzaj chleba		
	0S	30S	60S
Mięksiz			
L^*	51,35 ^A	49,71 ^A	49,21 ^A
a^*	5,39 ^A	4,58 ^B	5,09 ^A
b^*	11,98 ^A	14,19 ^B	16,14 ^C
Skórka			
L^*	43,92 ^A	37,22 ^B	35,70 ^B
a^*	13,38 ^A	14,08 ^B	14,77 ^C
b^*	24,88 ^A	20,73 ^B	20,28 ^C

(Wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$)

Analiza barwy skórki badanych prób, wykazała istotne statystycznie różnice jasności. Dodatek mąki sojowej wpływał na ciemnienie skórki chleba bezglutenowego. Wzrost udziału tej mąki w recepturze powodował też zwiększenie intensywności komponentu czerwonego (a*), a obniżenie żółtego (b*) w barwie skórki badanych chlebów (tab. 4).

4. Wnioski

Dodatek mąki sojowej do doświadczalnego chleba bezglutenowego zwiększa istotnie jego twardość. Spoistość mięksizu nie ulega istotnej zmianie w wyniku dodania do receptury komponentu sojowego, natomiast wyraźnie obniżona zostaje jego sprężystość. Mięksiz chleba z dodatkiem mąki sojowej ma zwiększoną gumowatość i żujność, parametry negatywnie wpływające na ocenę organoleptyczną produktu. Dodatek soi nie wpływa istotnie na zmianę barwy mięksizu, jednak wykazano, że nieznacznie zwiększa udziału komponentu żółtego. Stwierdzono natomiast obniżenie jasności skórki wraz ze zwiększeniem dodatku mąki sojowej. Wyniki oceny sensorycznej istotnie zależą od dodatku mąki sojowej do chleba bezglutenowego. Większość wyróżników jakości (poza smakiem i zapachem) została oceniona niżej, dla chlebów z większym udziałem tego składnika. Wraz ze zwiększeniem ilości komponentu sojowego, wzrasta wartość odżywcza chleba bezglutenowego, szczególnie zawartość białka oraz błonnika pokarmowego, jednocześnie dodatek ten wpływa niekorzystnie na cechy strukturalne pieczywa, obniżając jego końcową ocenę sensoryczną, pomimo że walory smakowo-zapachowe są wysokie.

5. Literatura

- Aly MMA, Seleem HA (2015) Gluten-Free Flat Bread and Biscuits Production by Cassava, Extruded Soy Protein and Pumpkin Powder. *Food and Nutrition*, 06 (07), 660-674
- Borowska B, Łagowska U (2014) Ocena porównawcza jakości pieczywa tradycyjnego i ekologicznego. *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni*, nr 86, 210-217.
- Capriles VD, Areas JAG (2014) Novel Approaches in Gluten-Free Breadmaking: Interface between Food Science, Nutrition, and Health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 2014, 13 (5), 871-890
- Ciborowska H, Rudnicka A (2014) *Dietetyka. Żywnienie zdrowego i chorego człowieka*. Wydanie IV, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa, 543- 556.
- Dziki D, Laskowski J (2005) Wpływ dodatku mąki gryczanej do mąki pszennej na wybrane cechy ciasta i mięksizu pieczywa. *Acta Agrophysica*, 6(3), 617-624.
- Dziki D, Siastała M, Laskowski J (2010) Zmiany właściwości fizycznych pieczywa pszennego pod wpływem dodatku mąki sojowej. *Acta Agrophysica*, 15(1), 91-100.
- Gambuś H, (2005), *Nasiona lnu oleistego (linum usitatissimum L.) jako źródło składników odżywczych w chlebie bezglutenowym*. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4(45) Supl., 61-74.
- Grzymisławski M, Linke K (2012) *Żywnienie w wybranych chorobach przewodu pokarmowego*. [w:] *Żywnienie człowieka zdrowego i chorego*. (red. Grzymisławski M., Gawęckiego J.), Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 242 – 243.
- Kaim U, Harasym J (2017) *Produkcja chleba bezglutenowego wyzwaniem dla współczesnego piekarnictwa*. *Nauki inżynierskie i technologia*. Wyd. UE we Wrocławiu (4) 27, 41-54
- Kawka A (2010) Współczesne trendy w produkcji piekarskiej – wykorzystanie owsa i jęczmienia jako zbóż niechlebowych. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 3(70), 25-43.
- Konińska G, Marczevska A, Źródłak M (2013) *Celiakia i dieta bezglutenowa. Praktyczny poradnik*. Wydanie IX, Wyd. Polskie Stowarzyszenie Osób z Celiakią, Warszawa, 11-12, 16-17, 40-41, 41-43, 50-51.
- Kuchnatowicz H (2018) *Dieta bezglutenowa – co wybrać?*, PZWL, Warszawa, s. 9–40.
- Marchand B (2015) *Chia (Salvia hispanica L.) Nowa żywność o wysokich walorach odżywczych*. *Przegląd Zbożowo Młynarski*, 11-12.
- Michałowska J, Pastusiak K, Bogdański P (2017) *Kontrowersje wokół glutenu*, *Forum Zaburzeń Metabolicznych*, nr 8, 3, s. 103–111

- Misook K, Yeonkyung Y, Yoonhwa J (2015) Effects of corn, potato, and tapioca starches on the quality of gluten-free rice bread. *Food Science and Biotechnology*, 24 (3), 913-919
- Nowak A (2011) Nasiona soi zwyczajnej – cenny surowiec dietetyczny i leczniczy. Kosmos, Wyd. PTP im. Kopernika, Warszawa, 180-184.
- Pastuszka D, Gambuś H, Sikora M (2012) Wartość odżywcza i dietetyczna pieczywa bezglutenowego z dodatkiem nasion lnu oleistego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 3(82), 155-167.
- PN-A-74108:1996 (1996) Pieczywo. Metody badań.
- Różyło R, Laskowski J (2008) Wpływ dodatku produktów z amarantusa na cechy tekstury miększu pieczywa. *Acta Agrophysica*, 11(2), 499-508.
- Świdwinski F (2010) Towaroznawstwo żywności przetworzonej z elementami technologii. Wydawnictwo SSGW, Warszawa.

2. Przegląd teorii na temat etiologii zaburzeń odżywiania

Overview of theory on ethiology of eating disorders

Grajek Mateusz⁽¹⁾, Klaudia Alcer⁽¹⁾, Karolina Sobczyk⁽²⁾, Dorota Szałabska⁽³⁾, Magdalena Kwarciak⁽⁴⁾, Wiktoria Staśkiewicz⁽⁶⁾, Agnieszka Białek-Dratwa⁽⁵⁾, Łukasz Olszewski⁽¹⁾

⁽¹⁾Zakład Zdrowia Publicznego, Katedra Polityki Zdrowia Publicznego, Wydział Nauk o Zdrowiu w Bytomiu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

⁽²⁾Zakład Ekonomiki i Zarządzania w Ochronie Zdrowia, Wydział Nauk o Zdrowiu w Bytomiu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

⁽³⁾Oddział Kliniczny Ginekologii i Położnictwa, Katedra Zdrowia Kobiety, Wydział Nauk o Zdrowiu w Katowicach, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

⁽⁴⁾Studium doktoranckie, Wydział Nauk o Zdrowiu w Bytomiu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

⁽⁵⁾Zakład Technologii i Oceny Jakości Żywności, Katedra Dietetyki, Wydział Nauk o Zdrowiu w Bytomiu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

⁽⁶⁾Zakład Żywienia Człowieka, Katedra Dietetyki, Wydział Nauk o Zdrowiu w Bytomiu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

Grajek Meteusz: mgrajak@sum.edu.pl

Słowa kluczowe: anoreksja, bulimia, etiologia, zaburzenia odżywiania

Streszczenie

Informacje na temat zaburzeń odżywiania powszechne stały się w obecnych czasach za sprawą mass-mediów. Od momentu, w którym zaczęto więcej o nich mówić, rozpoczęły się dyskusje, w których omawia się wiele różnych poglądów i teorii na temat etiologii zaburzeń odżywiania i powiązań z innymi schorzeniami. Wśród powszechnych teorii dotyczących etiologii zjawiska wymienia się wpływ czynników genetycznych, środowiskowych, psychologicznych i kulturowych. Niniejszy rozdział stanowi podsumowanie najbardziej prawdopodobnych koncepcji mówiących o etiologii anoreksji i bulimii.

1. Wprowadzenie

Prawidłowe odżywienie jest jednym z najważniejszych czynników środowiskowych, wpływających na rozwój człowieka i utrzymanie przez niego dobrego stanu zdrowia. Polega ono na całkowitym pokryciu zapotrzebowania organizmu na energię i wszystkie niezbędne składniki pokarmowe. Do tej pory w medycynie klinicznej powiązано wpływ sposobu żywienia na występowanie ponad 80 schorzeń, które nazwano chorobami dietozależnymi lub przewlekłymi schorzeniami niezakaźnymi. Do grupy tych chorób zalicza się choroby sercowo-naczyniowe, metaboliczne, nowotworowe, a także zaburzenia o podłożu psychogennym. W piśmiennictwie takie schorzenia określa się jako zaburzenia odżywiania (ED, ang. eating disorders) i podkreśla się rolę wielu czynników wpływających na ich powstanie, najczęściej wymienia się czynniki biologiczne, psychologiczne, behawioralne czy społeczno-kulturowe. Zaburzenia odżywiania stanowią istotny problem w aspekcie zdrowia publicznego. Dane epidemiologiczne dotyczące zaburzeń odżywiania mogą być niedoceniane ze względu na stosunkową rzadkość tych schorzeń i ich skomplikowaną etiologię mającą swoje źródło w przyczynach klinicznych i psychospołecznych. W obecnych czasach coraz częściej widzimy, że stres jest powszechnie występującym czynnikiem antyzdrowotnym, objawiającym się w nerwowym trybie życia, braku czasu, ciągłym pędem za ideałami. Ludzie nieodporni na stresory przestają sobie z nimi radzić i uciekają w różne działania autodestrukcyjne (samookaleczenia, alkoholizm, narkomania) i swoiste reżimy żywieniowe o podłożu zaburzeń psychicznych (Jablow 2001, Nowogrodzka, Piasecki 2012). Niepokojący jest fakt, iż obniża się wiek osób, które zapadają na choroby związane z zaburzeniami odżywiania. Okresem największej zachorowalności jest wiek dojrzewania, w którym to następują ogromne zmiany

hormonalne mające wpływ na sylwetki nastolatków, a które cierpią w tym czasie na wahania nastrojów, konkurują z rówieśnikami, chcą odnaleźć siebie, miewają niejednokrotnie kłopoty w szkole i w domu rodzinnym. Wszystkie te czynniki sprzyjają wystąpieniu zachorowań na zaburzenia odżywiania, gdyż anoreksja i bulimia stają się m. in. sposobem na odreagowanie stresów, czy chęcią bycia lepszą (Grzywacz 2014).

2. Przegląd teorii dotyczących anoreksji i bulimii

Poszukując przyczyn anoreksji i bulimii niektórzy naukowcy upatrują odpowiedzi w teoriach biologicznych. Inni z kolei zwracają uwagę na czynniki kulturowe, które wydają się mieć szczególnie wpływ na te choroby w obecnych czasach. Są także specjaliści, którzy uważają, iż należy choroby te rozpatrywać wieloczynnikowo, biorąc w ich etiologii pod uwagę czynniki rodzinne, indywidualne, biologiczne oraz społeczno-kulturowe. Poniżej omówione zostały wybrane z koncepcji wyjaśniających powstanie zaburzeń odżywiania.

2.1 Teoria biologiczna (genetyczna)

W głównym z podejść do problemu zaburzeń odżywiania szczególnie zauważa się istnienie biologicznych uwarunkowań tych schorzeń. Rozpoznawanie przyczyn anoreksji dotyczy przede wszystkim, genetycznych predyspozycji do zachorowania i zaburzeń mechanizmu przyjmowania pokarmów (poszukiwania przyczyny w podwzgórzu). Szukając neurologicznej przyczyny anoreksji myśli się głównie o uszkodzeniach podwzgórza, które odpowiedzialne jest za regulowanie przyjmowania pokarmów (głód i sytość). Badacze zauważają, że uczucie sytości po posiłku u osób z zaburzeniami odżywiania pojawia się znacznie później niż u osoby zdrowiej (Niedźwiedzka i in. 2013). Ponadto istnieje teoria, iż czynniki genetyczne mają duży wpływ na wywód choroby – postawiona na podstawie badań nad bliźniętami jednojajowymi, u których częstość współwystępowania anoreksji wynosi nawet do 55% (14% w przypadku bliźniąt dwujajowych). Według zespołu naukowców z różnych stron świata, geny determinujące rozwój anorexia nervosa zlokalizowane są w pierwszym chromosomie (Rzeczpospolita 2002). Badania dowiodły również istnienie genu odpowiedzialnego za anoreksję. Rozpoznawanie przyczyn bulimia nervosa dotyczy najczęściej powiązań tej choroby z chorobami afektywnymi (np. depresją), a także wspomnianego zaburzenia kontroli łaknienia (Brytek-Matera i Spitz 2007).

2.2 Teoria psychodynamiczna

Teoria psychodynamiczna jest związana z psychoanalizą. Teoria ta zwraca uwagę, iż zaburzenia odżywiania dotyczą różnych faz rozwoju osobowości, lecz największy nacisk kładzie na okres adolescencji (wiek młodzieńczy, dojrzewanie). W literaturze psychoanalitycznej nie ma wyraźnego rozróżnienia na organizację osobowości anorektycznej i bulimicznej, jednak wiadomo, iż anorexia nervosa pojawia się głównie na początku dojrzewania i jest rozumiana jako nerwica okresu adolescencji. Cechą tej koncepcji jest wykazanie związku zaburzeń jedzenia z patologicznym rozwojem osobowości w adolescencji (Józefik 1999). Podczas dorastania młody człowiek powraca do przeszłych faz rozwoju emocjonalnego (np. efektu/konfliktu Edypa bądź Elektry). Konflikt ten dotyczy fantazji seksualnych związanych (w przypadku chłopców) z matką, a połączonych z wrogością do ojca, oraz (w przypadku dziewcząt) związanych z ojcem, z jednoczesną wrogością do matki. Powstaje wtedy sytuacja konfliktowa pomiędzy potrzebą rozładowania popędu a świadomością, iż trzeba to zrobić poza obiektami rodzinnymi. Reakcją na ten konflikt jest regresja do wcześniejszych faz rozwojowych. Chora na anoreksję powraca często do fazy latencji i identyfikuje się z matką poprzez uległe jej podporządkowanie. Pragnie zachować matkę, ale i własną autonomię i wtedy odnajduje obszar własnej niezależności, którą jest odmowa jedzenia. Jest ona zarówno buntem, jak i poczuciem własnej autonomii. W okresie tym rośnie zaburzenie obrazu ciała i pogłębia się niskie poczucie wartości. Jeżeli regres dotyczy fazy edypalnej, może być związany z nieświadomym pragnieniem dziecka (nieświadome pragnienie dziecka z własnym ojcem), które gdy jest represjonowane, co wyraża się w symbolizowaniu go w postaci treści żołądkowej (Grajek i in. 2013). Odmowa jedzenia jest wtedy odsuwaniem swych kobiecych pragnień i próbą odzyskania matki. Rozwijająca się seksualność oraz zmiany fizjologiczne, jakie następują w okresie dojrzewania

stanowią dla anorektyczki nasilenie konfliktu edypalnego. Anorektyczka dążąc do wychudzenia, broni się przed konfliktem edypalnym, a więc kieruje agresję na własne ciało, a konsekwencją tego jest takie wyniszczenie, iż dalszy rozwój seksualny jest niemożliwy. Na temat bulimii jest mniej badań i opracowań. Wiadomo jednak, iż bulimia nervosa występuje w późniejszym okresie adolescencji. Pacjentki z bulimią większość okresu dojrzewania przechodzą bez objawów, a więc można mówić, iż mają trwalsze cechy osobowości. Bulimia uaktywnia się najczęściej gdy libido (popęd seksualny) jest przenoszone na obiekt zewnętrzny heteroseksualny. Dla większości chorych na bulimię konflikt edypalny, w którym anorektyczki „uruchamiają” swoje objawy jest mniej istotny. Bulimiczki (tak samo jak chore na anoreksję) widzą w swoim ciele pole do rozładowywania popędów. (Lew-Starowicz 2001). Bulimia bardzo często łączona jest z depresją (bywa również jej pierwszą fazą), która jest reakcją na poczucie winy w momencie powrotu emocjonalnego do 4. miesiąca życia. Wtedy zachowania bulimiczne stają się mechanizmem obronnym znoszącym napięcie wywołane poczuciem winy. Teoria ta dowodzi, iż występowanie zaburzeń typu anoreksja czy bulimia w określonych okresach adolescencji spowodowane jest zaburzeniami w rozwoju osobowości, które w konsekwencji mogą dać zaburzoną osobowość. Trudno powiedzieć, czy wyjaśnia to podłoże ich powstania, gdyż wiele badań potwierdziło u tych chorych normalną osobowość (Grajek i in. 2013). Istnieje tudzież pogląd, iż kobieta może cierpieć jednocześnie na zaburzenia odżywiania i na zaburzenia osobowości.

2.3 Teoria rodzinna (środowiskowa)

W tej koncepcji najbliższa rodzina jest traktowana jako system, który cechuje określona struktura, dynamizm, zróżnicowanie, zdolność rozwoju. Rodzina aby trwać musi się zmieniać. Jej funkcjonalność ocenia się przez to, jak członkowie rodziny radzą sobie ze zmianami wynikającymi z naturalnych procesów rozwojowych rodziny, jak i z nieprzewidywalnymi wydarzeniami losowymi. Jaka jest rodzina, w której wyrasta anorektyczka? Istnieją poglądy, iż obraz jej jest zakorzeniony w rodzinach rodziców, gdyż pewne nastawienia, przekonania oraz wartości są powielane z przeszłości. Dotyczy to lojalności, postawy rezygnacji, kontroli impulsów i wysokich wymagań. Ideologia rezygnacji przejawia się w stwierdzeniach typu: „dawać jest lepiej niż brać” (Kryśka, Grajek, Sobczyk 2012). Kontrola impulsów dotyczy ważnej w tych rodzinach reguły - dążenia do opanowania się i nie pozwalania sobie na przyjemności związane zarówno z jedzeniem, jak i z seksualnością. Rodziny te stawiają swoim członkom wysokie wymagania, są to tzw. rodziny „porządnych obywateli”. W rodzinach tych istnieje silne poczucie sprawiedliwości, które nakazuje równo kochać i troszczyć się o wszystkie dzieci, jednak w praktyce trudno je zrealizować. Często istnieje więc sprzeczność między twierdzeniem rodziców, a ich faktycznym zachowaniem. W rodzinach tych istnieje ogromna spójność, a wtedy problem jednej osoby jest problemem całej rodziny, gdyż nie ma tam wyraźnych granic chroniących jego rozprzestrzenianie się. Funkcjonowanie w sposób zindywidualizowany jest w takiej rodzinie niemożliwe. Intensywne bycie razem prowadzi do braku prywatności. W rodzinach tych widać tendencję do rezygnowania ze swoich indywidualnych potrzeb na rzecz innych członków rodziny, babcia się poświęcała, poświęca się matka, a więc córka anorektyczka także będzie się poświęcała i zadreżala przez konsekwentne i radykalne głodzenie się. Jak wiadomo jądłowstręt psychiczny pojawia się najczęściej w okresie dojrzewania, który jest czasem największych wahań emocjonalnych wśród młodzieży (Grajek i in. 2013). Objawy anoreksji, mogą być spowodowane np. trudną sytuacją rodzinną (rodzina dysfunkcyjna, niepełna, patologie w domu rodzinnym), ale również problemami w środowisku rówieśniczym. Osoba narażona na zaburzenia odżywiania zaczyna ograniczać spożycie pokarmów, co jest wyrazem jej wewnętrzznego buntu. Z czasem dochodzi do tego, iż konflikty te zaczynają się toczyć wokół problemu, jaki powstał z anoreksją dziewczyny (Kryśka i in. 2012). Wymaga to zmian w rodzinie. Jednak w rodzinach anorektycznych ze względu na silną więź i przekonania, zmiany te są bardzo utrudnione, często więc dziewczyna nauczona rezygnacji i poświęcania się dla innych zaczyna się odchudzać, co jest jej sposobem na uniknięcie problemu, jaki powstał za jej przyczyną w jej domu. Jak funkcjonuje rodzina bulimiczna? Istnieją poglądy, iż rodziny bulimiczne wykazują pewne podobieństwa do rodzin anorektycznych. Rodziny te mają zewnętrzną granicę. Duże znaczenie przypisuje się w nich spójności rodziny, ograniczona jest w nich autonomia jednostki; członkowie

rodziny oczekują zaspokojenia potrzeb emocjonalnych w rodzinie, świat zewnętrzny jest dla nich zagrożeniem; relacje rodziców kształtują się według wzoru dominacji/poddania się; duże znaczenie przywiązuje się do słów (Stierlina 1991). Istotne różnice w stosunku do rodzin anorektycznych dotyczą rozwiązywania konfliktów. W rodzinach bulimicznych, konflikty rozwiązuje się otwarcie, często w burzliwy sposób. Dzieci w tych rodzinach są obciążone odpowiedzialnością za rozwiązywanie rodzinnych problemów. Często muszą się opowiadać za jedną ze stron konfliktu. W literaturze znajduje się informacje, iż w rodzinach tych często występuje alkoholizm, skłonność do zachowań impulsywnych, nawet przemoc cielesna. W związku z tym napady jedzenia i wymioty są zachowaniami, które można porównywać do zachowań osób uzależnionych, są przeżywane z poczuciem winy i zawstydzenia. Często bulimia jest ukrywana, tak jak ukrywane jest wiele tajemnic rodziny. W rodzinie bulimicznej zwraca się wielką uwagę na zachowania tudzież na wygląd zewnętrzny, istnieje w niej coś w rodzaju wstydu bycia grubym. Zwraca się tyle uwagi na swoją masę ciała, by być zaakceptowanym przez środowisko. Rozwój bulimii odzwierciedla także trudności związane z uzyskiwaniem niezależności w momencie przejścia z dojrzewania do dorosłości. Nie można zaprzeczyć pogładowi, iż rodzina, jej struktura i panujące w niej relacje muszą być uwzględnione w rozumieniu przyczyn powstawania anoreksji i bulimii (Abraham i Llevelyn-Jones 2001).

2.4 Teoria poznawczo-behawioralna (funkcjonalna)

Teoria ta odnosi się do zachowań i poznania, a także do emocji i podłoża somatycznego oraz środowiska chorego. Według niej wiele dziewcząt w okresie adolescencji zaczyna się odchudzać, ale tylko niektóre zapadają na anoreksję. Może to być spowodowane wystąpieniem pozytywnych i negatywnych wzmocnień. Pozytywnym wzmocnieniem będzie np. satysfakcja z powodu kontroli nad własnym ciałem, a negatywnym wzmocnieniem może być obawa przed utratą tej kontroli (Bator i in. 2011). W przypadku pacjentów z bulimią, można spotkać dwa sposoby wyjaśniania rozwoju zaburzenia odżywiania się. Po pierwsze napad bulimii spowodowany jest sprzężeniem zwrotnym między presją środowiska, ograniczeniami żywieniowymi i głodem. Spożywanie pokarmów to naturalna potrzeba, a różne zachowania kompensacyjne służą ograniczeniu niekorzystnych skutków objadania się. W drugim przypadku zwraca się uwagę na to, iż nim nastąpiły objawy bulimii wcześniej pacjenci ci nie mieli prawidłowych wzorców jedzeniowych, a ponadto pojawiał się u nich brak odporności na stres. Spożywanie dużych porcji stało się u nich jednym sposobem na walkę z emocjami (Osińska i in. 2016). W przypadku obu chorób wskazuje się na istnienie dwóch rodzajów myśli, które negatywnie albo pozytywnie wzmacniają chęć ograniczania ilości zjadanego pokarmu. Pozytywne myśli dotyczą przekonania, iż chuda sylwetka jest związana ze szczęściem i sukcesem życiowym, a myśli negatywne zawierają w sobie poglądy typu: „gdy zacznę jeść, nie mogę się powstrzymać”. Tych ostatnich jest zdecydowana większość. Równie ważne są emocje, które według tej teorii są wtórne i podlegają wpływowi zachowań. Teoria ta widzi w zaburzeniach odżywiania się dużą rolę środowiska i struktury biologicznej człowieka. Według niej do tego typu zaburzeń skłaniają warunki biologiczne, a środowisko je wyzwala i utrwała (Kryśka, Grajek, Sobczyk 2015). O teorii tej w kontekście wyjaśniania zaburzeń jedzenia mówi się, iż jest mało precyzyjna i niejednorodna, a także opiera się bardziej na zrozumieniu konkretnego pacjenta i przeprowadzeniu u niego zmiany, niż na tworzeniu teorii etiologicznych. Charakterystyczne jest także to, iż nie ma w niej istotnego różnicowania na zaburzenia anorektyczne, czy bulimiczne.

2.5 Teoria społeczno-kulturowa

Coraz częściej docenia się wpływ czynników kulturowych na powstawanie i rozpowszechnianie się zaburzeń jedzenia. W XX wieku w społeczeństwach zachodnich zmieniał się obraz kobiety, jej wyglądu, zachowania i pełnionej przez nią roli. Często znane osoby stawały się wzorem do naśladowania. Opisy sylwetek kobiet zmieniły się na przestrzeni XX wieku, lata dwudzieste lansowały kobietę o sylwecie kościastej z płaskimi piersiami; lata trzydzieste i czterdzieste zaczęły cenić sylwetki o nieco obfitszych kształtach; natomiast lata pięćdziesiąte ceniły kobiety o pełnych kształtach (Kryśka, Grajek, Sobczyk 2015). Od lat sześćdziesiątych wzorem kobiety stały się kobiety szczupłe, wiotkie z płaskim brzuchem i niewielkim biustem, które miały realizować się zawodowo i pełnić role społeczne na równi z mężczyznami. Zaczęły więc dbać o swoje

wykształcenie, robiły karierę, dbały o sylwetkę, a matkami stawały się w późniejszym wieku (Jabłow 1993). W II połowie XX wieku poglądy dotyczące sposobu odżywiania również zaczęły ulegać zmianie. Szczupła sylwetka stała się symbolem nie tylko piękna i seksu, ale także zdrowia (Strzelecki i in. 2007). W mediach pojawiło się wiele cudownych diet, propagowano żywność niskotłuszczową i o ograniczonej zawartości węglowodanów. Obraz kobiety w ostatnich dziesięcioleciach zaczął zmieniać się także ze względu na relacje między nią a mężczyzną. Częste rozwody i wolne związki, podejmowanie współżycia seksualnego w coraz wcześniejszym wieku stały się normalnym zjawiskiem świadczącym o niezależności kobiety. Kobieta włączała do swojego wizerunku wymagania, jakie stawiane były przez postępujący rozwój nauk technicznych, a które wymagały od człowieka perfekcjonizmu i zaangażowania w pracę zawodową. Tak więc koniec XX wieku stawia przed nami obraz człowieka, którego cechuje solidność, niezawodność i umiejętność samokontroli. Taki człowiek jest obowiązkowo szczupły, schludny i elegancki. Jest sprawny, perfekcyjny, umie zorganizować sobie wolny czas, który najczęściej poświęca na swoje doskonalenie. Taki człowiek dba o swoje zdrowie, uprawia sport, nie pije, nie pali i nie objada się. Wizerunek człowieka XX wieku w związku z równouprawnieniem dotyczy również kobiet. Pragną one pokazać, iż stać je na tyle samo, a nawet więcej. Szczupła sylwetka stała się dla większości młodych dziewcząt ideałem. Ideał ten był rozpowszechniany w czasopiśmie kobiecych, propagowany był przez cudowne środki ułatwiające zrzucanie zbędnych kilogramów, a także przez różne kursy ćwiczeń fizycznych. Ponieważ w okresie adolescencji widoczne jest duże zainteresowanie swoim wyglądem, tak więc młode dziewczęta często w tym okresie stosują dietę i podejmują bardzo wyczerpujące ćwiczenia fizyczne. Nie można zapominać o niezaspokojonych potrzebach emocjonalnych i braku radzenia sobie z takimi hasłami, które to czynniki łącznie mogą być przyczyną występowania anoreksji i bulimii (Ziółkowska 1998). Początkowo uważano, iż anoreksja i bulimia dotyczy dziewcząt ze średnich i wyższych klas społecznych. W środowiskach tych bowiem istnieje większa świadomość znaczenia masy ciała, a także wyższa potrzeba osiągnięć. Dziewczęta pragną sprostać wymaganiom swego otoczenia, a kiedy są niepewne siebie i nisko oceniają swoje możliwości, wtedy próbują wyróżnić się w innej dziedzinie życia. Mimo to, w ostatnich latach zaobserwowano rozprzestrzenianie się tego zjawiska na niższe warstwy społeczne, co świadczyłoby, iż pochodzenie społeczne nie warunkuje tych chorób, a być może jest to potrzeba wysokich osiągnięć. Istnieją poglądy, iż niektóre zawody mogą zwiększać ryzyko zachorowania na zaburzenia odżywiania. Mogą to być zawody, w których wygląd zewnętrzny, czy fizyczna sprawność są potrzebne do osiągnięcia sukcesu (baletnice, modelki, dietetyczki), a także takie, w których przedmiotem zainteresowania jest jedzenie (Funez-Sokoła 2018). Uprawianie tych zawodów w połączeniu z silną potrzebą sukcesu i dążeniem do perfekcjonizmu, może wzmacniać wcześniej istniejące tendencje i stać się przyczyną ich wystąpienia (Melosik 1999). Można stwierdzić, iż główną przyczyną ograniczania spożycia pokarmów jest wysoki poziom samokontroli, który uwypuklony częściej jest poprzez wyższą swobodę kulturową. To powoduje, iż adolescenti stawiają sobie swoje własne, często bardzo silne ograniczenia, które wyrażają się w formie kontroli jedzenia. Na potwierdzenie, iż zaburzenia odżywiania dotyczą krajów zachodnich jest fakt, iż znikome są zachorowania na te choroby w krajach afrykańskich i azjatyckich. Niedostatek pożywienia sprawia, iż szczupła sylwetka nie może być dla tych ludzi ideałem, do którego dążą. W odmiennej sytuacji są przedstawiciele rasy żółtej i czarnej, którzy zaczynają przejmować normy społeczne i kulturowe, emigrując do krajów zachodnich. Problemy te więc przestają być tylko problemami rasy białej. Trudno dyskutować z wyżej opisywanymi założeniami, choć dla niejednej dorosłej, samodzielnej osoby zwłaszcza kulturowe wyjaśnienia przyczyn tych chorób, wydają się zbyt uproszczone. Trzeba jednak pamiętać, iż zachorowania na zaburzenia odżywiania mają miejsce w czasie adolescencji, a ulegające im dziewczęta z dużym entuzjazmem i dosłownie przyjmują wszystkie mody (Kryska, Grajek, Sobczyk 2015).

2.6 Teorie multicyzynnikowe

Jedną z koncepcji, które w sposób wieloczynnikowy podchodzą do wyjaśniania anoreksji jest teoria Slade'a (1982), która uwzględnia parametr czasu i mechanizmy sprzężenia zwrotnego przy określaniu czynników, będących przyczyną omawianych zaburzeń. Według tej koncepcji ważne jest

przeanalizowanie wydarzeń poprzedzających zachorowanie, ale dla zrozumienia dynamiki tych zaburzeń konieczne jest również zanalizowanie konsekwencji zaburzeń na różnych etapach rozwoju choroby, gdyż mogą one podtrzymywać istniejące psychiczne i somatyczne objawy. Model tej teorii zakłada, iż „odchudzanie się i utrata masy są wyzwolone przez specyficzne psychospołeczne czynniki, które stwarzają pewne konieczne warunki do pojawienia się zjawiska. Jeżeli zachowania związane z odchudzaniem się dają poczucie sukcesu, satysfakcji i kontroli, wzmacnia to zarówno te zachowania, jak i nasila lęk przed zmianą, a więc przed jedzeniem i przybraniem na wadze”. Według tej koncepcji istnieją trzy czynniki, które mają znaczenie dla procesu chorobowego: predysponujące, wyzwalające, podtrzymujące. Czynniki predysponujące to głównie: ogólne niezadowolenie własnej osoby, trudności w nauce, zbyt ni perfekcjonizm, epizody molestowania w dzieciństwie. Do czynników wyzwalających zalicza się: krytykowanie wyglądu przez innych i sytuacje życiowe, które mogą obniżyć poczucie własnej wartości. Wśród czynników podtrzymujących wymienia się: dolegliwości ze strony układu pokarmowego np. uczucie ciężkości po posiłku (nawet bardzo niewielkim), poczucie zadowolenia związanego z kontrolą masy ciała, zamykanie się na kontakty międzyludzkie. Model wieloczynnikowy przyczyn bulimii sformułowali: Lacey, Coker, Birchell (L'Abate 1998). Podobnie, jak w opisaney wyżej koncepcji istnieją według tych autorów czynniki predysponujące do wystąpienia choroby, są to m.in.: problemy dotyczące własnej seksualności, problemy w relacjach interpersonalnych (rodzinnych i rówieśniczych), wysokie ambicje. Czynniki wyzwalające są zbliżone do tych, które wyzwalają anoreksję, lecz tzw. głód węglowodanowy jest tutaj źródłem napadów żarłoczości. Rozpoczęty w ten sposób proces chorobowy jest podtrzymywany przez czynniki takie, jak przy anoreksji i te wynikające z dynamiki ataku bulimicznego. Obie teorie ukazują anoreksję i bulimię jako choroby, które podtrzymywane są przez różne czynniki, a które pojawiają się u osób z pewnymi predyspozycjami i w określonych warunkach kulturowo-społecznych.

3. Podsumowanie

Nieprawidłowe relacje względem pożywienia, kompleksy o różnym podłożu czy błędny obraz własnego ciała, w dłuższej perspektywie czasu mogą prowadzić do zaburzeń odżywiania. W skrajnych przypadkach prowadzą one do wyniszczenia organizmu, zarówno fizycznego jak również psychicznego. Podsumowując, przedstawione w artykule teorie wyjaśniające etiologię zaburzeń jedzenia potwierdzają kontrowersje wokół tych chorób. Z całą pewnością można stwierdzić, że żadna z nich w pojedynkę nie jest wystarczająca dla wyjaśnienia przyczyn anoreksji i bulimii. Aktualna wiedza dotycząca zaburzeń odżywiania wskazuje, że teorie te powinno się raczej łączyć ze sobą.

4. Literatura

- Abraham S, Llevelyn-Jones D (2001) *Bulimia i anoreksja*. Warszawa: Prószyński i sp.
- Archiwum.rp.pl (2002) *Anoreksja uwarunkowana genetycznie*. *Rzeczpospolita*, 66, 13-15.
- Bator E i in. (2011) *Anoreksja – przyczyny, przebieg, leczenie*. *Nowiny Lekarskie*, 3, 184–191.
- Brytek-Matera A, Spitz E (2007) *Związek zaburzeń afektywnych z anoreksją – porównania międzykulturowe*. *Nowiny Lekarskie*, 10, 111–115.
- Funez-Sokoła K i in. (2018) *Czynniki predysponujące do zachorowania na jadłowstręt psychiczny ze szczególnym uwzględnieniem zawodów podwyższonego ryzyka*. *Psychiatria po Dyplomie*, 2.
- Grajek M i in. (2013) *Problematyka zaburzeń odżywiania w ocenie adolescentów*. *Nauczyciel i Szkoła*, 2, 187-198.
- Grzywacz R (2014) *Wybrane aspekty występowania nadwagi i otyłości u dzieci i młodzieży szkolnej*. *Nowiny Lekarskie*, 3, 262–264.
- Jablów M (2001) *Anoreksja, bulimia, otyłość*. Gdańsk: Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne.
- Józefik B (1999) *Anoreksja i bulimia psychiczna*. Kraków: UJ.
- Kryska S i in. (2012) *Zaburzenia odżywiania – problem niszczący całą rodzinę. Wychowanie, profilaktyka, terapia. Szanse i zagrożenia*. Kraków: Impuls.

- Kryśka S i in. (2015) Czynniki rodzinne wpływające na kształtowanie nawyków żywieniowych dzieci. *Pielęgniarstwo Polskie*, 2, 212–215.
- L'Abate L (1998) *Family Psychopathology*. New York: The Guilford Press.
- Lew-Starowicz Z (2001) *Encyklopedia erotyki*. Warszawa: Muza.
- Melosik Z (1999) *Ciało i zdrowie w społeczeństwie konsumpcji*. Toruń: Edytor.
- Niedźwiedzka B, Karowicz-Bilińska A (2013) Ocena wartości stężeń neuropeptydu Y, leptyny oraz receptora leptyny u nastolatków chorych na anoreksję. *Ginekologia Polska* 84, 268–276.
- Nowogrodzka A, Piasecki B (2012) Zaburzenie odżywiania – różnice międzypłciowe. *Nowiny Lekarskie*, 4, 381–385.
- Osińska A i in. (2016) Bulimia psychiczna – rozpowszechnienie, objawy i leczenie z uwzględnieniem aspektu stomatologicznego. *Psychiatria i Medycyna Rodzinna*, 3, 276–284.
- Slade P (1982) Towards a functional analysis of anorexia nervosa and bulimia nervosa. *British Journal of Clinical Psychology*, 21, 167-179.
- Strzelecki W i in. (2007) Zmiana wizerunku medialnego kobiety a zaburzenia odżywiania we współczesnym świecie. *Nowiny Lekarskie*, 2, 173–181.
- Ziółkowska B (1998) Dlaczego młodzież się głodzi?. *Edukacja i dialog*, 5, 51-55.

3. Zachowania żywieniowe osób starszych w Polsce i w Niemczech

Nutritional behavior of elderly people in Poland and in Germany

Grot Martina⁽¹⁾, Wypych-Ślusarska Agata⁽²⁾

⁽¹⁾Studenckie Koło Naukowe przy Zakładzie Epidemiologii, Wydział Nauk o Zdrowiu w Bytomiu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

⁽²⁾Zakład Epidemiologii, Wydział Nauk o Zdrowiu w Bytomiu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

Opiekun naukowy: dr n.med. Agata Wypych-Ślusarska

Grot Martina: martinagrot971@gmail.com

Słowa kluczowe: żywienie, seniorzy, populacja polska, populacja niemiecka

Streszczenie

Dietoterapia oraz jakość życia wraz z elementami edukacji prozdrowotnej osób starszych odgrywają znaczącą rolę w terapii polipatologii. Szczególnie uwzględniając przy tym czynniki (m.in. miejsce zamieszkania, poziom wykształcenia, status majątkowy, skalę samoakceptacji, obraz kliniczny, zwyczaje kulturowe) wpływające na modyfikacje w zachowaniach żywieniowych, uwarunkowane podłożem socjo-demograficznym, ekonomicznym, społecznym oraz kulturowym. Analiza jakościowa modelu żywienia niemieckich seniorów wskazuje na wyższy poziom przestrzeganych przez nich zaleceń żywieniowych w porównaniu z populacją polską. Występujące różnice odnoszą się do zwiększonego w planie żywieniowym udziału owoców, warzyw, przetworów mlecznych, fermentowanych, a także czytania etykiet produktów oraz systematycznej konsumpcji posiłków. Na zachodzące różnice przyczyniają się czynniki ekonomiczne, socjo-demograficzne (standardy świadczonej opieki zdrowotnej, poziom wykształcenia), status socjoekonomiczny, zwiększając świadomość z zakresu wiedzy żywieniowej. W obu populacjach seniorów występują niedostateczne i nierównomierne ilości produktów z poszczególnych grup żywnościowych. Liczne błędy w zakresie żywienia osób powyżej 65 r.ż. uwarunkowane są głównie wysoką konsumpcją soli, cukrów prostych, tłuszczów nasyconych - prozapalną żywnością przekraczając dodatni bilans energetyczny.

1. Wstęp

Średnia długość życia populacji ulega systematycznemu wydłużaniu się i zgodnie z prognozami demograficznymi w 2050 r. mediana wieku będzie wynosiła 52 lata, podczas gdy w 2014 r. stanowiła ona 39,4 lat. Rosnące możliwości wczesnego wykrywania chorób, diagnostyki, a także rozwój technologii medycznych i poprawa standardu życia wielu populacji, przyczynia się do wydłużania przeciętnej długości życia, a tym samym do wzrostu liczebności grupy osób w wieku starszym. Przewiduje się, że w Polsce populacja osiemdziesięciolatek będzie wynosiła 3,5 mln. (Iwański 2017). Oznacza to zatem, że możliwa jest tendencja wzrostowa jednostek chorobowych uwarunkowanych postępującymi procesami starzenia się (Iwański 2017; Janiszewska 2017).

Znaczącą rolę w dietoterapii oraz w aspekcie jakości życia i edukacji prozdrowotnej osób starszych odgrywają czynniki wpływające na modyfikacje zachowań żywieniowych. Charakteryzują się one podłożem socjo-demograficznym, ekonomicznym, społecznym oraz kulturowym (Drywień i Kuć 2019; Łacheta 2014).

2. Opis zagadnienia

Preferencje żywieniowe kształtują się już od wczesnego okresu rozwoju biologicznego, natomiast wraz z upływem czasu będą one wpływać ostatecznie na sposób odżywiania. Istotne jest tu oddziaływanie zachowań żywieniowych, określonych wzorów kulturowych na występujący stopień zaawansowania końcowego rezultatu żywieniowego – (wybory konsumencie i profil żywieniowy)

wśród danej populacji (Zalega 2016). Celem niniejszej pracy było porównanie sposobu odżywiania się grup osób w starszym wieku, należących do dwóch populacji zamieszkujących Polskę i Niemcy. Szczególną uwagę zwrócono na różnice w zachowaniach żywieniowych, które mogą być uwarunkowane kulturowo i ekonomicznie oraz równocześnie mogą wpływać na jakość życia, wybory konsumenckie i zachowania prozdrowotne w badanych grupach.

3. Przegląd literatury

3.1 Nawyki żywieniowe seniorów populacji polskiej

W populacji polskiej sytuacja zdrowotna i żywieniowa stanowi poziom niezadowalający. Czynniki determinujące nawyki żywieniowe odgrywają kluczowe znaczenie w świadomości konsumpcji i wyborze żywności. Są one uwarunkowane podłożem ekonomicznym (niski zasób środków finansowych) oraz społecznym (m.in. preferencje do uzyskania najwyższego poziomu wygody). W początkującej fazie starości (powyżej 60 roku życia) następują zmiany dotyczące awersji sensorycznych, dysfunkcji w procesach natury fizjologicznej (czynności połykania, przeżuwania pokarmu, absorpcji składników odżywczych i mineralnych). Ponadto bezsilność oraz zmniejszona skala motywacji ze względu na nieustanną farmakoterapię współistniejących jednostek chorobowych, może powodować znaczną zmianę postawy wobec konsumowanej żywności. Destrukcyjne oddziaływanie znajduje swoje źródło przede wszystkim w mentalności, nieadekwatnym przeświadczeniu z zakresu niedostrzegania prozdrowotnego efektu dietoterapii oraz o przesadnej samoocenie poziomu wiedzy żywieniowej oraz realizacji zasad żywieniowych przez seniorów. Często zasady te traktowane są przez znaczą większość osób starszych jako zbędny, podrzędny element, utrudniający codzienne funkcjonowanie (Zalega 2016; Krzywińska 2013).

Osoby starsze kierują się stworzoną przez lata tradycją w kulturze żywieniowej, która zakłada konsumpcję wielu dań, często ciężkostrawnych, spożywanych najczęściej w gronie rodzinnym, z zachowaniem niewielkiego odstępu czasowego pomiędzy posiłkami, brakiem ich regularności. W efekcie może to prowadzić do wystąpienia m.in. dyskomfortu ze strony przewodu pokarmowego i patologii w metabolizmie (Augustowski i Augustowska 2015). Ocenę poziomu zachowań zdrowotnych z poszczególnymi wskaźnikami np. zachowania żywieniowe, profilaktyka, nastawienie psychiczne, czy praktyki zdrowotne, umożliwia Inwentarz Zachowań Zdrowotnych (IZZ). Badania wskazują, że grupa osób powyżej 60 r.ż. cechuje się przeciętnym poziomem wskaźnika IZZ. Istotną rolę pełnią tu czynniki takie jak: aktywność fizyczna, poziom wykształcenia, czy sprawność intelektualna seniorów (tryb bierny odpowiada pogorszeniu nawyków w odżywianiu się, niższe wykształcenie obniżonej świadomości), które wpływają zarówno na zdrowie fizyczne i psychiczne. Poddane analizie zachowania żywieniowe stanowią poziom wskaźnika IZZ poniżej rekomendacji na tle pozostałych czynników wpływających na funkcjonowanie i długość okresu życia osób starszych (Muszałik i in. 2013).

Wśród osób w podeszłym wieku kwestię niepokojącą i odbiegającą od racjonalnego odżywiania stanowi niski udział owoców, warzyw, nektarów owocowych, produktów z pełnego przemiału, białka pochodzącego z produktów rybnych (działanie przeciwzapalne). W konsekwencji wpływa to na niedobory składników odżywczych, mineralnych szczególnie: białka, wapnia, witaminy D w ustroju. Wśród najczęściej dominujących błędów w terapii żywieniowej seniorów pojawiają się nieurozmaicone pod względem sensorycznym posiłki, nadmierne dojadanie pomiędzy nimi, bądź ograniczanie do minimum ich spożycia, konsumpcja żywności o wysokim stopniu przetworzenia, bazująca na półproduktach i gotowych do spożycia składnikach oraz wysokie spożycie sodu. Przyzwyczajenia i utrwalone preferencje smakowe, które odbierane są przez neurony komórek mózgu na drodze osłojito - mózg jako informacja wywołująca pozytywnie nacechowane odczucia, prowadzą w konsekwencji do powielania złych nawyków żywieniowych (Muszałik i in. 2013).

Analiza jakościowa sposobu żywienia przeprowadzona w latach 2010 – 2015 wśród populacji powyżej 65 r.ż. w Polsce wykazała, że najliczniej w jadłospisie występowały produkty żywieniowe: kasza, płatki, mięso, wyroby piekarnicze. W porównaniu do 2010 r. wzrósł poziom wypijanej wody mineralnej, źródlanej, a zmniejszyło się spożycie tłuszczów pochodzenia zwierzęcego i odzwierzęcego oraz zwiększono udział białka roślinnego. Jednocześnie wzrósł popytu

na tę żywność w badanym okresie, sugeruje korzystne, lecz niewystarczająco zdrowotne modyfikacje w zachowaniach żywieniowych konsumentów populacji polskiej w grupie szczególnego ryzyka (Zalega 2016).

3.2 Nawyki żywieniowe seniorów populacji niemieckiej

Wśród populacji seniorów pochodzących z Niemiec zachowania zdrowotne i żywieniowe są bliższe stworzonym rekomendacjom, ze względu na czynniki ekonomiczne (wzrost zasobu środków materialnych), czynniki socjo-demograficzne (wyższe standardy świadczonej opieki zdrowotnej, poziom wykształcenia) zwiększające świadomość z zakresu wiedzy żywieniowej. Znacznie częściej objawom zespołu metabolicznego towarzyszy otyłość u mężczyzn w wieku 65-69 lat niż u kobiet w wieku 70-74 lat (odpowiednio 74% i 59%). Seniorzy z Niemiec charakteryzują się wysokim poziomem zachowań zdrowotnych m.in. regularne działania profilaktyczne właściwa ilość snu, higiena osobista, jakość żywności, poziom nawodnienia, kontrola masy ciała (destatis.de).

Kultura w zakresie żywieniowym wśród niemieckiej populacji jest zróżnicowana, niejednorodna, gdyż skupia się na konsumpcji posiłków poza domem oraz w warunkach domowych, obejmując głównie dania łatwostrawne: sałatki oraz dania na bazie makaronu. W przedstawionym zakresie wiekowym pojawia się znacząca, zwiększona skłonność do słodczy, a szczególnie do wyrobów cukierniczych m.in. pączków. Znaczący w jadłospisie seniorów tej populacji jest udział warzyw, owoców oraz przetworów mlecznych. Natomiast spośród dań konsumowane są najczęściej sałatki, a przyrządzone posiłki doprawiane przyprawami i zasadzonymi ziołami. Seniorzy wykazują zainteresowanie zasadami odżywiania i poświęcają wolny czas na poszerzanie zagadnień o tematyce żywieniowej i właściwego stylu życia. Prozdrowotne nawyki żywieniowe znajdują odzwierciedlenie w kompetencjach z zakresu edukacji żywieniowej – wyższy poziom wiedzy żywieniowej przyczynia się do właściwych wyborów dotyczących spożywanych produktów (bmel.de).

3.3 Porównanie piramidy żywieniowej obu populacji

Piramida sposobu odżywiania to integralny element promocji zdrowia, przedstawiający standardy właściwego odżywiania. Formuła graficzna piramidy jest zarazem narzędziem edukacyjnym, mającym na celu przekazanie zasad prawidłowego żywienia, które powinny być realizowane każdego dnia, niezależnie od miejsca zamieszkania. Infografika zamieszczona przez Instytut Żywności i Żywienia pt. *Piramida Zdrowego Żywienia i Aktywności Fizycznej dla osób w wieku starszym* przedstawia zasady zbilansowanego sposobu odżywiania pozwalające zachować zdrowie w ujęciu fizycznym i psychicznym (Rys.1).

Piętra przedstawionej piramidy wskazują na priorytetowość realizowanych zaleceń w spożywaniu podanych produktów. Wśród kluczowych reguł, które stanowią składowe codziennej dietoterapii i dietoprofilaktyki istotna jest codzienna realizacja na poziomie umiarkowanym 30 – 45 minutowej aktywności fizycznej. Istotnym elementem jest również stopień nawodnienia wynoszący w postaci spożycia minimum sześć – siedem szklanek wody w ciągu dnia. Konsumpcja owoców i warzyw, szczególnie w postaci surowej gotowanej oraz w formie koktajli będących źródłem bioaktywnych substancji odżywczych, antyoksydantów stanowi również jeden z najważniejszych poziomów piramidy oraz spożycie produktów pochodzących z pełnego przemiału - bogactwo witamin z grupy B, Zn, Mg znajdujących się m.in. w pieczywie i płatkach orkiszowych, kaszy gryczanej. Mleko i przetwory mleczne, szczególnie fermentowane, powinny być spożywane w ilości 3 szklanek dziennie. Cennym źródłem białka roślinnego są rośliny strączkowe, natomiast białko rybne w postaci ryb morskich, powinno być spożywane minimum 2 razy w tygodniu. Zaleca się przy tym ograniczenie konsumpcji mięsa czerwonego na korzyść mięsa białego, chudego, drobiowego oraz zastąpienie tłuszczów zwierzęcych tłuszczami roślinnymi (Jarosz 2020).

Infografiki opracowane przez Bundeszentrum für Ernährung pt. „Ernährungspyramide für Senioren”(piramida żywieniowa dla seniorów) oraz Gensundheit die öffentliches pt. „Ernährungspyramide”(piramida żywieniowa) ukazują piramidę modelu żywienia populacji niemieckiej¹. Istotność poszczególnych jej segmentów jest jednakowa w stosunku do zestawionej polskiej piramidy pod względem rekomendowanej konsumpcji produktów. Zasadniczą różnicę

¹ Infografiki dostępne na stronie: www.bzfe.de oraz www.gesundheit.go.at

stanowi wizualny sposób przekazu informacji w zakresie ilości zalecanych do spożycia składników z poszczególnych grup żywieniowych. Zastosowano trafną i wysoce zrozumiałą metodę prezentującą rekomendowaną konsumpcję za pomocą kwadratów, których liczba na każdym piętrze piramidy, oznacza ilość wskazanego spożycia np. liczba kwadratów prezentujących warzywa jest większa, gdyż stanowi odpowiednio 3 porcje, a owoców 2 porcje. Ponadto, uzupełnieniem piramidy żywieniowej jest graficzne przedstawienie zalecanych ilości w postaci techniki poznanej przez szerokie grono odbiorców – miary domowej, aby jadłospis pod względem ilościowym był na odpowiednim poziomie zbilansowania w obrębie składników odżywczych. Graficzna prezentacja piramidy żywieniowej w Niemczech wydaje się mieć też czytelniejszy przekaz w porównaniu do piramidy populacji polskiej osób w wieku starszym (bzfe.de;gesundheit.go.at).



Rys. 1. Piramida zdrowego żywienia opracowana przez Instytut Żywności i Żywienia (2017r.)

3.4 Częstość spożywanego posiłków oraz ocena ilościowa i jakościowa wybieranych produktów żywieniowych

Czynnikami silnie oddziałującymi na wybór żywności oraz realizację rekomendowanego modelu odżywiania są świadomość z zakresu wiedzy żywieniowej oraz źródło dochodów wraz z różnicującym aspektem socjo-demograficznym grupy osób w podeszłym wieku (Gil i in. 2015).

Osoby w wieku starszym należące do populacji niemieckiej częściej (84%) niż wśród populacji polskiej (73%) wybierają nieprzetworzoną, świeżą żywność. Częściej też czytają informacje na etykietach produktu, uwzględniając skład żywności oraz zawartość substancji dodatkowych (bme1.de;Tańska i in. 2013). Stopień realizowanych racji pokarmowych oraz wskaźnik częstości spożycia produktów żywieniowych nie jest rozłożony w sposób równomierny w obrębie grup produktów w obu populacjach. Dzienny rozkład posiłków wśród seniorów zamieszkujących Polskę stanowi najczęściej zakres 3-4 posiłków wraz z niesystematyczną konsumpcją, nieodpowiednim odstępem czasowym oraz w konsekwencji podjadaniem. Natomiast u seniorów populacji niemieckiej stanowi on 3 posiłki z zachowaniem regularności i zmniejszonego stopnia dojadania (Gacek 2008). W sposobie żywienia osób starszych populacji niemieckiej pod względem

makroskładników dominuje udział tłuszczów nasyconych, jednonienasyconych, wielonienasyconych oraz białka pochodzenia zwierzęcego, natomiast pod względem mikroskładników przeważa poziom Mg, Fe, Ca, niacyny z jednoczesną niską podażą witaminy B₁, B₂, B₆. Natomiast u osób w wieku starszym w populacji polskiej przeważa udział makroskładników w postaci węglowodanów prostych, tłuszczów zwierzęcych, natomiast w udziale mikroskładników: K, Na, P, witamina C, K oraz β -karoten. Powyższą zawartość składników odżywczych i mineralnych potwierdza ocena jakości spożywanej żywności z poszczególnych grup produktów wśród seniorów obydwu populacji. Osoby w wieku podeszłym mieszkające w Niemczech najczęściej spożywają ziemniaki, produkty ziemniaczane, pieczywo z niepełnego przemiału (tzw. rafinowane, jasne). Należy dodać jednak, iż populacja niemiecka odznacza się minimalnie większym spożyciem produktów pełnoziarnistych w porównaniu do seniorów polskich. Poziom konsumpcji produktów będących źródłem węglowodanów pozostaje poniżej zakresu wartości (400–550 g/tydz.) zalecanych przez Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGA). Spożycie białka zwierzęcego w postaci mleka, produktów mlecznych w populacji niemieckiej mieści się w rekomendowanej ilości (250–310 g/d), lecz jest niedostateczne wśród kobiet w starszym wieku. Spożycie białka występującego w mięsie i w produktach mięsnych nie przekracza zaleceń (300–600 g/tydz.). Poniżej rekomendacji (nie przekracza 3 jaja/tydz.) znajduje się również spożycie jaj, natomiast właściwy poziom odnotowano w stosunku do spożycia ryb (150–220 g/tydz.) (Heuer et al. 2015). Tłuszcze i oleje roślinne spożywane są częściej niż zwierzęce, a ogół udziału tłuszczów zarówno roślinnych i zwierzęcych mieści się w ustalonych normach (25–45 g/d). Istotne grupy produktów, do których zaliczane są warzywa i owoce spożywane z zachowaniem odpowiednich proporcji – więcej porcji warzyw, a mniej porcji owoców. Warzywa, grzyby, nasiona roślin strączkowych odpowiadają dwóm porcjom, natomiast owoce - około półtoręj porcji dziennego spożycia. Zatem nie stanowią w pełni rekomendowanego spożycia zgodnie z wytycznymi Ernährungs-pyramide für Senioren. Produkty na bazie owoców, orzechy, nasiona mają niewielki udział, gdyż do 4 g/d, natomiast lody, desery stanowią znacząco mniejszość z wyłączeniem przetworów owocowych w postaci konfitur, musów (wysoki wskaźnik spożycia). Wśród napojów dominuje konsumpcja wody na poziomie 1,2 litrów/dzień, naparów na bazie ekstraktów z herbaty zielonej, ziołowej, owocowej, co świadczy o umiarkowanym poziomie nawodnienia organizmu. Na przestrzeni lat 2005 – 2013 r., według sporządzonych analiz badań wśród populacji niemieckiej, zaobserwowano wraz z postępującymi fazami rozwoju, nieznaczną, lecz istotną tendencję wzrostową spożycia wody mineralnej, kawy, herbaty, błonnika pochodzącego z produktów z pełnego przemiału m.in. kasz gruboziarnistych, płatków owsianych. Natomiast spożycie warzyw, ryb, mięsa i jego przetworów, mleka, przetworów mlecznych niezmiennie utrzymuje się na stałym, prawidłowym poziomie (Heuer et al. 2015; Gose et al. 2016). Zestawiając z tą charakterystyką sposób żywienia populacji seniorów mieszkających w Polsce, widoczne są różnice w mniejszym spożyciu ryb, warzyw, olejów roślinnych, nasion strączkowych, przetworów mlecznych, szczególnie jogurtów, kefirów i większym spożyciu serów twarogowych, natomiast konsumpcja owoców i warzyw jest na podobnym poziomie z pojawiającą się przewagą owoców w stosunku do warzyw. Wskazuje to na niekorzystną ich proporcję oraz udział błonnika wśród modelu żywieniowego seniorów, natomiast podaż płynów w postaci wody mineralnej mieści się w zakresie 1-1,5 litrów (Gacek 2008; Niedźwiedzka i Wądołowska 2010).

Reasumując, istotną różnicą w żywieniu niemieckich seniorów jest wyższa podaż ryb i produktów rybnych oraz mleka i fermentowanych produktów mlecznych w porównaniu z grupą polskich seniorów. Obie populacje łączy podwyższona proporcja konsumowanej żywności pochodzenia zwierzęcego w stosunku do utrzymującego się niskiego poziomu spożycia żywności pochodzenia roślinnego. Czynniki silnie oddziałującymi na występujące zróżnicowanie w modelu żywienia obu populacji są różnice w statusie socjoekonomicznym (*SES - socio-economic status*), realizacji zachowań prozdrowotnych oraz świadomość znaczenia zachowań na ogólny stan zdrowia organizmu. W stosunku do rekomendacji i realizacji założeń terapeutycznych oraz profilaktycznych, na wyższym poziomie pojawiają się one w populacji niemieckiej (Zalega 2016; Niedźwiedzka i Wądołowska 2010; Heuer et al. 2015; Gose et al. 2016).

3.5 Sposób odżywiania a obraz kliniczny seniorów

Zachodzące wśród populacji w wieku starszym postępujące zmiany fizjologiczne obejmują najczęściej patologię układów narządów takich jak: układ hormonalny, nerwowy, pokarmowy, sercowo-naczyniowy, kostno-szkieletowy i wydalniczy. Zmiany patologiczne w obrębie tych układów stanowią predyspozycje do rozwoju nadczynności przytarczyc, nadciśnienia tętniczego, choroby niedokrwiennej mięśnia sercowego, hipercholesterolemii, nadmiernego przerostu bakterii w jelicie cienkim (dysbioza jelitowa), nietolerancji i awersji pokarmowych, dyspepsji, uczucia dyskomfortu, pełności w żołądku, niewłaściwej absorpcji składników odżywczych, mineralnych w enterocytach, hiperfosfatemii, choroby Alzheimera, Parkinsona oraz zaburzeń immunologicznych. Według badań przeprowadzonych wśród osób w przedziale wiekowym 65-90 lat, stan kliniczny zdiagnozowany na podstawie skal oceniających stan oraz uwzględniających patomechanizm polipatologii i farmakoterapii, wskazuje na występujące z niższą częstością niedożywienie, natomiast znacznie częściej pojawiające się zagrożenie niedożywieniem, narastające z upływem lat. Wśród czynników ryzyka znajduje się płeć (wyższe ryzyko wśród kobiet), kategoria wskaźnika masy ciała (zwiększone ryzyko przy $BMI \leq 18,5 \text{ kg/m}^2$ oraz w zakresie $18,5-24,9 \text{ kg/m}^2$) oraz status społeczno-prawny określający nie zawarcie bądź zawarcie związku małżeńskiego (status wolny zwiększa czynnik ryzyka niedożywienia). W grupie szczególnego ryzyka diagnozowana jest nadwaga i otyłość oraz związana z ubytkiem tkanki mięśniowej-sarkopenia, stanowiące konsekwencję nie realizowania sposobu żywienia opierającego się na zaleceniach żywieniowych (Wysokiński i in. 2019).

Prewencja chorób dietozależnych polega m.in. na realizowaniu modelu żywieniowego, który jest jednolity dla populacji polskiej i niemieckiej. Zakłada on uzyskanie dziennego zapotrzebowania energetycznego z zachowaniem umiarkowanego bilansu energetycznego na poziomie 1500–1950 kcal z uwzględnieniem czynników: poziom aktywności fizycznej, podstawowa przemiana materii, termogeneza poposiłkowa oraz płeć (Tańska i in. 2013).

4. Podsumowanie

Wśród osób starszych kluczowym elementem jest prewencja chorób o podłożu żywieniowym, często pojawia się ona dopiero w momencie diagnozy choroby. W Niemczech i w Polsce występuje tendencja wzrostowa zaburzeń prozapalnych i metabolicznych. Wskaźnik występujących powikłań i zgonów spowodowanych chorobami dietozależnymi jest mniejszy w Niemczech, gdyż występuje tam wyższy poziom zapobiegania im od pierwotnej fazy wystąpienia zmian patologicznych, uwarunkowania socjo- demograficzne oraz zaawansowane wykorzystanie technologii informatycznych przez seniorów (56% Niemców i 21% Polaków w wieku starszym korzysta z Internetu) w porównaniu z Polską. Pozytywnym aspektem jest chęć zmiany nawyków obu populacji poprzez zainteresowanie żywnością funkcjonalną, uczestniczenie w edukacji z zakresu dietoprofilaktyki. Niezbędna jest realizacja programów edukacyjnych o wymiarze długofalowym, celem poznania i usystematyzowania zagadnień dotyczących racjonalnego odżywiania, przeciwdziałając konsekwencjom zdrowotnym oraz uświadomienie dodatkowo patomechanizmu przyczynowo - skutkowego zachodzącego w ich organizmie.

5. Literatura

- Augustowski K, Augustowska M (2015) Świadomość osób starszych na temat właściwego odżywiania: Zagadnienia poruszane przez Młodych Naukowców 1: 218-223.
- Bundesamt für Sicherheit im Gesundheitswesen (2010) Die Österreichische Ernährungspyramide.
- Bundesministerin für Ernährung und Landwirtschaft (2019) Deutschland, wie es isst: Der BMEL-Ernährungsreport: 4-30.
- Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung (2019) Die Ernährungspyramide im Unterricht.
- Drywień M, Kuć A (2019) Specyfika zachowań żywieniowych osób starszych pochodzących ze środowiska wiejskiego: Kosmos Problemy Nauk Biologicznych 2(323): 303-310.
- Gacek M (2008) Zachowania żywieniowe grupy osób starszych zamieszkałych w Polsce i Niemczech: Probl Hig Epidemiol 89(3): 401- 406.

- Gil Á, Martinez de Victoria E, Olza J (2015) Indicators for the evaluation of diet quality: *Nutr Hosp* 31(Suppl 3): 128-144.
- Gose M, Krems C, Heuer T et al. (2016) Trends in Food Consumption and Nutrient Intake in Germany Between 2006 and 2012 - Results of the German National Nutrition Monitoring (NEMONIT): *Br J Nutr* 115(8): 1498-1507.
- Heuer T, Krems C, Moon K et al. (2015) Food consumption of adults in Germany, Results of the German National Nutrition Survey II based on diet history interviews: *Br J Nutr*. 113(10): 1603-1614.
- Iwański R (2017) Nowe oblicza starości z perspektywy dalszego starzenia się populacji: Uniwersytet Szczeciński, Wydział Humanistyczny, Instytut Pedagogiki, no.11: 113-128.
- Janiszewska A (2017) Zróżnicowanie przestrzenne starzenia się ludności na świecie: *Folia Oeconomica Acta Universitatis Lodzianensis*, 5(331): 91-113.
- Jarosz M (2020) Normy żywienia dla populacji Polski i ich zastosowanie: NIZP-PZH: 1-465.
- Krzywińska J (2013) Kultura kulinarna we współczesnej Polsce, Źródła, przeobrażenia, zróżnicowania: Wydział Nauk Społecznych, Instytut Socjologii: 4-130.
- Łacheta B (2014) Zrozumienie starości: Wydawnictwo Naukowe UPJPII: 265–278.
- Muszalik M, Zielińska-Więczkowska H, Kędziora-Kornatowska K i in. (2013) Ocena wybranych zachowań sprzyjających zdrowiu wśród osób starszych w oparciu Inwentarz Zachowań Zdrowotnych Juczyńskiego w aspekcie czynników socjo-demograficznych: *Probl Hig Epidemiol* 94(3): 509-513.
- Niedźwiedzka E, Wądołowska L (2010) Analiza urozmaicenia spożycia żywności w kontekście statusu socjoekonomicznego polskich osób starszych: *Probl Hig Epidemiol* 91(4): 576- 584.
- Statistisches Bundesamt, Wiesbaden (2016) Ältere menschen in Deutschland und der EU: Destatis wissen nutzen: 6-99.
- Tańska M, Babicz-Zielińska E, Przysławski J (2013) Postawy osób starszych wobec zdrowia i żywności o działaniu prozdrowotnym: *Probl Hig Epidemiol* 94(4): 915-918.
- Wysokiński M, Fidecki W, Olejarz M i in. (2019) Ocena stanu odżywienia osób w wieku podeszłym: *Akademia Medycyny, Geriatria* 13: 20-27.
- Zalega T (2016) Segment osób w wieku 65+ w Polsce, Jakość życia – Konsumpcja – Zachowania konsumenckie: Wydawnictwo Naukowe Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego: 9-268.

4. Charakterystyka żywności funkcjonalnej

Characteristics of the functional food

Kapusta-Duch Joanna, Barbara Borczak

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

Kapusta-Duch Joanna: joanna.kapusta-duch@urk.edu.pl

Słowa kluczowe: substancje bioaktywne; żywność funkcjonalna

Streszczenie

Przewlekłe choroby niezakaźne, takie jak choroby układu krążenia, rak, przewlekłe choroby układu oddechowego i cukrzyca, stanowią główną przyczynę niepełnosprawności, problemów zdrowotnych, rent inwalidzkich i przedwczesnych zgonów w UE, co wiąże się ze znacznymi kosztami społecznymi i gospodarczymi. Z tych właśnie powodów ludzie coraz częściej zaczynają się interesować tematyką zdrowego odżywiania i poprawy stanu swojego zdrowia naturalnymi metodami. W niniejszej pracy scharakteryzowano wybrane składniki bioaktywne zawarte w żywności funkcjonalnej, ich budowę, właściwości fizykochemiczne, a także ich pozytywny wpływ na funkcjonowanie ludzkiego organizmu.

1. Wstęp

Tematyka żywności funkcjonalnej została poruszona po raz pierwszy w Japonii w połowie lat 80-tych XX wieku. Od tamtej pory rynek produktów funkcjonalnych rozwija się nieustannie na całym świecie, oferując konsumentom coraz ciekawsze produkty żywnościowe o rozmaitych właściwościach zdrowotnych (Goduła i in. 2019; Borowy i in. 2012).

Ważną częścią nowego pojęcia prawidłowego odżywiania „Healthy Eating Concept” jest produkcja żywności, która spełnia oprócz żywieniowej, inne ważne dla życia człowieka funkcje, takie jak: biochemiczne, fizjologiczne, czy nawet psychofizyczne (Chmielewska i in. 2018).

W Europie tematyka dotycząca żywności funkcjonalnej, została dokładniej poruszona w 1996 r. wraz z rozpoczęciem programu badawczego FUFOS (ang. Functional Food Science in Europe), finansowanego przez Komisję Europejską. Program ten miał na celu ukierunkowanie wdrażania tejże żywności na rynek europejski (Olędzka 2007).

W literaturze nie ma podanej jednoznacznej definicji żywności funkcjonalnej, jednak najczęściej przytaczaną jest ustalona w końcowym dokumencie FUFOS w 1999 r., brzmiąca następująco:

- a) „Żywność może być uznana za funkcjonalną, jeśli udowodniono jej korzystny wpływ na jedną lub więcej funkcji organizmu ponad efekt odżywczy, który to wpływ polega na poprawie stanu zdrowia oraz samopoczucia i/lub zmniejszeniu ryzyka chorób”,
- b) „Żywność funkcjonalna musi przypominać postacią żywność konwencjonalną i wykazywać korzystne oddziaływanie w ilościach, które oczekuje się, że będą normalnie spożywane z dietą - nie są to tabletki ani kapsułki, ale część składowa prawidłowej diety” (Ciborowska i Rudnicka 2014).

Ponadto żywność funkcjonalna powinna być składową codziennej diety, czyli mieć formę zwykłych produktów spożywczych, a jej korzystne działanie zdrowotne musi być udokumentowane szeregiem badań klinicznych, polegających na wprowadzeniu badanego produktu do diety odpowiednio dużej grupy osób, na wystarczająco długi czas, dla uzyskania wiarygodnych rezultatów. Tylko spełnienie tych wymogów pozwala na uznanie produktu za żywność funkcjonalną (Świdorski 2006; Achremowicz i Łukasiewicz 2007).

2. Opis zagadnienia

Podział żywności funkcjonalnej

Ponieważ pojęcie żywności funkcjonalnej jest bardzo obszerne, można przyjąć różne kryteria jej podziału.

Ze względu na specyficzny skład wyróżniamy żywność:

- wzbogaconą,
- niskoenergetyczną,
- wysokobłonnikową,
- probiotyczną,
- niskosodową,
- niskocholesterolową,
- energetyzującą (Goldberg 1994; Mazza 1998; Górecka 2007).

Ze względu na specyficzne potrzeby organizmu:

- zmniejszające ryzyko chorób krążenia,
- zmniejszające ryzyko chorób nowotworowych,
- zmniejszające ryzyko osteoporozy,
- dla osób obciążonych stresem,
- hamująca procesy starzenia,
- dietetyczna dla osób z zaburzeniami metabolizmu i trawienia,
- dla sportowców,
- dla osób w podeszłym wieku,
- dla kobiet w ciąży i karmiących,
- dla niemowląt,
- dla młodzieży w fazie intensywnego wzrostu,
- wpływającą na nastrój i wydolność psychofizyczną (Goldberg 1994; Mazza 1998; Górecka 2007).

Ze względu na zaspokajanie określonych potrzeb:

- zmniejszająca ryzyko chorób i zaburzeń,
- przeznaczona dla osób o określonych potrzebach fizjologicznych (Chmielewska i in. 2018; Świdorski 2006).

Ze względu na sposób otrzymywania:

- w postaci konwencjonalnej,
- w postaci modyfikowanej technologicznie (Ciborowska i Rudnicka 2014).

3. Przegląd literatury

3.1 Naturalne składniki bioaktywne zawarte w żywności funkcjonalnej

Błonnik pokarmowy

Błonnik pokarmowy to związki, takie jak: roślinne wielocukry i ligniny, charakteryzujące się opornością na działanie enzymów trawiennych przewodu pokarmowego człowieka, które wytwarzane są przy pomocy roślinnych błon komórkowych, z tego powodu nazywany jest także włóknem pokarmowym. W jego składzie można również znaleźć substancje takie jak: beta-glukany, agar, śluzę roślinną, gumy, woski oraz niewystępującą w naturze skrobię oporną, która traci właściwości żelujące i staje się oporna na działanie enzymów trawiennych na drodze ogrzewania skrobi w niewystarczającej ilości wody (Ciborowska i Rudnicka 2014; Gertig i Przysławski 2015).

Fracje błonnika za względu na charakterystyczne właściwości fizykochemiczne możemy podzielić na nierozpuszczalne i rozpuszczalne w wodzie, pełniące różne funkcje w naszym organizmie.

Błonnik nierozpuszczalny w wodzie - tzw. włókno surowe, do tej grupy zalicza się celulozy, hemicelulozy i ligniny. Pobudzają one funkcję żucia oraz wydzielania śliny i soków trawiennych, charakteryzują się zdolnością wiązania wody, co przyczynia się do szybszego uczucia sytości, zwiększenia wypełnienia jelit oraz pobudzenia ich ukrwienia i perystaltyki, posiadają zdolności buforujące i wiążące nadmiar kwasu solnego w żołądku, chronią przed zaparciami, uchyłkowatością jelit, polipami czy żylakami odbytu. Wysoką zawartością błonnika nierozpuszczalnego charakteryzują się przede wszystkim produkty zbożowe z pełnego przemiału, np. otręby pszenne (Gawęcki (red.) 2017; Gertig i Przysławski 2015).

Błonnik rozpuszczalny w wodzie - do grupy tej zaliczamy pektyny, gumy, śluzy roślinne oraz niektóre hemicelulozy, czyli substancje częściowo przyswajalne, które mogą być degradowane w jelitach do związków wchłanianych i metabolizowanych w organizmie. Błonnik rozpuszczalny charakteryzuje się funkcjami odmiennymi niż „włókno surowe”. Głównie są to:

- zapobieganie wchłaniania się toksycznych związków w jelicie poprzez wylapywanie ich, dzięki czemu działa odtruwająco,
- zwolnienie wchłaniania się glukozy,
- branie udziału w zwalczaniu zaburzeń gospodarki lipidowej polegające na zmniejszeniu stężenia cholesterolu, wiązaniu sporych ilości kwasów żółciowych, opóźnieniu wchłaniania trójglicerydów, zwiększeniu wydalania tłuszczów ze stolcem (Ciborowska i Rudnicka 2014).

Błonnik ten ulega także degradacji bakteryjnej w jelicie grubym, powodując tym samym rozluźnienie masy kałowej. Produktami zawierającymi błonnik rozpuszczalny w wodzie są m.in. suche nasiona roślin strączkowych (działanie hipocholesterolemiczne), owoce i warzywa (np. czarne i czerwone porzeczki, maliny, aronie, marchew, buraki) (Gertig i Przysławski 2015; Gawęcki (red.) 2017).

Oligosacharydy

Oligosacharydy należą do cukrów złożonych, mających stosunkowo małą masę cząsteczkową, składających się z kilku cząsteczek monosacharydów, które łączą się ze sobą poprzez tlen, wydzielając cząsteczkę wody (wiązanie glikozydowe). Większość z nich charakteryzuje słodki smak i dobra rozpuszczalność w wodzie. Oligosacharydy, będące prebiotykami, muszą zawierać fruktozę (inulina, laktuloza, oligofruktoza) albo galaktozę lub jej pochodne (rafinoza, stachioza, oligogalaktoza). Prebiotyki nie mogą być podatne na trawienie i wchłanianie w jelicie, powinny wybiórczo stymulować wzrost ilości bakterii o korzystnym działaniu zdrowotnym, a produkty powstające podczas ich rozpadu mają powodować wzrost kwasowości treści jelitowej. Ich działanie polega głównie na stymulowaniu wzrostu pozytywnej mikroflory jelitowej, przez co przyczyniają się do zwiększenia odporności organizmu, ochrony przed bakteriami chorobotwórczymi, zaparciami, polepszają prace jelit i mają duże znaczenie w profilaktyce chorób układu krążenia i nowotworów (Gawęcki i Mossor 2004; Ciborowska i Rudnicka 2009).

Poliole

Poliole to alkohole wielowodorotlenowe które powstają z cukrów prostych. Dzięki swoim właściwościom mają zastosowanie jako środki słodzące przez co są dodawane do produktów spożywczych zastępując sacharozę. Chronią przed próchnicą zębów oraz są przydatne w profilaktyce otyłości, cukrzycy i chorób układu krążenia (Gawęcki i Mossor 2004).

Aminokwasy, peptydy, białka

Białka są to substancje organiczne, wielocząsteczkowe, o bardzo skomplikowanej budowie, stanowiące ok. 20% masy ludzkiego ciała. Nazywane również proteinami (gr. *protos* – pierwszy, najważniejszy) są najważniejszym składnikiem strukturalnym wszystkich organizmów. Głównymi pierwiastkami wchodzącymi w ich skład są: węgiel (50-55%), tlen (20-23%), azot (16%), wodór (6-7%), siarka (1%). Białka dzielimy na proste (zbudowane wyłącznie z aminokwasów) i złożone (oprócz aminokwasów w ich składzie znajdują się również kwasy nukleinowe, barwniki, lipidy, atomy metali ciężkich oraz węglowodany) (Ciborowska i Rudnicka 2014; Gawęcki (red.) 2017).

Białka zwierzęce zbudowane są z różnych aminokwasów. Są to pochodne kwasów tłuszczowych, składających się z atomu węgla oraz przyłączonych do niego: grupy aminowej (-NH₂), grupy karboksylowej (-COOH), atomu wodoru i łańcucha bocznego oznaczanego jako R (w różnych aminokwasach może mieć różną budowę). Białka w zależności od ilości połączonych ze sobą aminokwasów mogą tworzyć kolejno: dipeptyd - połączenie dwóch aminokwasów, tripeptyd - połączenie trzech aminokwasów, oligopeptyd - połączenie czterech do dziesięciu aminokwasów, polipeptyd - połączenie dziesięciu i więcej aminokwasów (Gawęcki i Mossor 2004, Ciborowska i Rudnicka 2014).

Większość białek jest polipeptydami zbudowanymi z kilkudziesięciu lub nawet kilkuset aminokwasów, ułożonych w charakterystycznej dla danego białka sekwencji. Mogą to być

aminokwasy endogenne, czyli wytwarzane samodzielnie przez organizm (glicyna, alanina, arginina, kwas asparaginowy, kwas glutaminowy, prolina, hydroksypolina, seryna), egzogenne, które muszą być dostarczane do ustroju w postaci gotowej (lizyna, metionina, treonina, leucyna, izoleucyna, walina, tryptofan, fenyloalanina) oraz półegzogenne, czyli względnie niezbędne, które mogą być wytworzone przez organizm z aminokwasów egzogennych (tyrozyna, cystyna, cysteina, histydyna). Najważniejszymi funkcjami białek są przede wszystkim:

- funkcja budulcowa,
- funkcja transportowa,
- funkcja regulatorowa,
- funkcja odpornościowa,
- funkcja lokomotoryczna (Gawęcki i Mossor 2004; Ciborowska i Rudnicka 2014).

Wielonienasycone kwasy tłuszczowe

Kwasy tłuszczowe są związkami organicznymi zbudowanymi z łańcucha węglowego o długości 4-26 atomów węgla, mającego na dwóch przeciwległych końcach grupę metylową $-CH_3$ oraz grupę kwasową $-COOH$. Kwasy te dzielimy na: krótkołańcuchowe - mające do 10 atomów węgla w łańcuchu węglowym i pozostałe nazywane długołańcuchowymi. Łańcuch węglowy może być zbudowany z wiązań pojedynczych (kwasy tłuszczowe nasycone) lub podwójnych (kwasy tłuszczowe nienasycone). W zależności od ilości podwójnych wiązań wyróżnia się kwasy jednonienasycone (inaczej monoenowe, posiadające jedno wiązanie podwójne) i wielonienasycone (posiadające 2-6 wiązań podwójnych). Poszczególne kwasy można rozróżnić na podstawie długości łańcucha oraz ilości i położenia wiązań podwójnych (Gawęcki (red.) 2017; Ciborowska i Rudnicka 2014).

Kwasy z grupy omega-3: linolenowy, eikozapentaenowy (EPA) i dokozaheksaenowy (DHA), należą do NNKT czyli niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych. Są to kwasy długołańcuchowe wielonienasycone i oznaczane są jako PUFA. Pozostałymi kwasami należącymi do NNKT są kwasy z rodziny omega-6 czyli: linolowy, γ -linolenowy, arachidonowy i dokozaheksaenowy (Gawęcki (red.) 2017; Ciborowska i Rudnicka 2014).

Wielonienasycone kwasy tłuszczowe pełnią w organizmie ludzkim wiele ważnych funkcji. Kwasy z rodziny omega-6 mają zdolność zmniejszania zawartości cholesterolu całkowitego oraz frakcji LDL lipoprotein we krwi. Kwasy omega-3 mogą prowadzić do zmniejszenia stężenia triglicerydów, hamować proces powstawania zakrzepów zarówno w naczyniach wieńcowych jak i mózgowych, obniżać ciśnienie krwi oraz zapobiegać arytmii serca. Kwasy n-3 i n-6 mogą również zapobiegać miażdżycy, zawałom i udarom mózgu poprzez zwiększenie przepływu krwi przez naczynia wieńcowe. Mają duże znaczenie podczas okresu dorastania, jak również w wieku dorosłym. Kwasy te są niezbędnym składnikiem budowy błon komórkowych, zapewniając również ich prawidłowe funkcjonowanie opierające się na transporcie i dystrybucji lipidów. C_{20} wielonienasycone kwasy służą także jako materiał do budowy eikozanoidów. Eikozanoidy są biologicznie czynnymi związkami, pełniącymi rolę hormonów tkankowych, do których należą: prostaglandyny, prostacykliny, tromboksany, leukotrieny, lipoksyny. Eikozanoidy odpowiadają za wiele funkcji tkanek i narządów m.in. regulację czynności układu sercowo-naczyniowego, regulację krzepnięcia krwi i ciśnienia tętniczego, funkcje układu nerwowego, pokarmowego i oddechowego, nerek i narządów rozrodczych. Wpływają także na odpowiedź immunologiczną i procesy zapalne oraz odczuwanie bólu (Gawęcki (red.) 2017; Ciborowska i Rudnicka 2014).

Witaminy

Witaminy są to „substancje organiczne, których niewielkie ilości są niezbędne dla prawidłowego przebiegu różnych procesów które zachodzą w organizmie żywym”. Organizm nie może sam syntetyzować tych związków, lub wytwarza je w niewielkich, niewystarczających ilościach. Pomimo, że zapotrzebowanie na witaminy nie jest duże, to ich brak może powodować groźne skutki. Możemy podzielić je na dwie grupy (Gawęcki (red.) 2017; Ciborowska i Rudnicka 2014):

- Rozpuszczalne w wodzie: są to witaminy z grupy B (B₁, B₂, B₆, B₁₂, PP, biotyna, kwas pantotenowy, foliany) i witamina C. Ich preparaty mają krystaliczną strukturę i postać proszku. Nie są magazynowane przez organizm, który wydalą ich nadmiar z moczem. Powinny być dostarczane codziennie z pożywieniem.
- Rozpuszczalne w tłuszczach: są to witaminy A, D, E i K. Pełnią pozakoenzymatyczne funkcje regulacyjne. Są magazynowane w wątrobie i tkance tłuszczowej (Gertig i Przysławski 2015; Ciborowska i Rudnicka 2014).

Charakterystyka witamin stosowanych w żywności funkcjonalnej

Witaminy z grupy B odpowiadają m.in. za przemiany energetyczne organizmu, co wiąże się ze zwiększonym zapotrzebowaniem na te substancje u osób, które prowadzą bardzo aktywny tryb życia oraz u sportowców.

- Witamina B₁ wpływa na proces wzrostu, sprawność umysłową i nastrój. Występującą jako krystaliczny chlorowoderek, można wzbogacać nią produkty zbożowe, takie jak: płatki śniadaniowe, makarony czy pieczywo, odżywki dla dzieci oraz sportowców, koncentraty obiadowe, napoje owocowe i mleczne jak również słodycze.
- Witamina B₂ ma m.in. wpływ na proces wzrostu i rozrodczość. W celu wzbogacania stosuje się ją razem z tiaminą.
- Witamina B₆ wpływa na metabolizm wielu substancji, m.in. białek, aminokwasów, cholesterolu, wielonienasyconych kwasów tłuszczowych i hormonów sterydowych. Jako chlorowoderek pirydoksołu służy do wzbogacania m.in. produktów zbożowych, mięsnych, mleczarskich, owocowo-warzywnych oraz specjalistycznych środków dla sportowców i dietetycznych.
- Kwas foliowy wpływa na właściwą pracę wszystkich komórek organizmu oraz zapobiega powstawaniu wad wrodzonych u nienarodzonych dzieci. Można nim wzbogacać m.in. odżywki, płatki zbożowe, produkty owocowo-warzywne, produkty przeznaczone dla kobiet ciężarnych.
- Witamina B₁₂ bierze udział w procesach metabolizmu węglowodanów, tłuszczów i aminokwasów oraz wytwarzaniu erytrocytów. Poprawia pamięć i działanie układu nerwowego. Do wzbogacania żywności używana jak kwas foliowy.
- Niacyna jako składnik koenzymów NAD (dinukleotyd nikotynamidoadeninowy) i NADP (fosforan dinukleotydu nikotynamidoadeninowego), bierze udział w metabolizmie aminokwasów, tłuszczów i węglowodanów. Usprawnia funkcjonowanie układu nerwowego, wpływa na syntezę hormonów płciowych, kortyzolu, insuliny i tyroksyny. Ma również zdolność do obniżania ciśnienia krwi oraz może hamować kancerogenezę.
- Biotyna wpływa na metabolizm aminokwasów i tłuszczów.
- Kwas pantotenowy wpływa na budowę komórek, układ nerwowy oraz metabolizm węglowodanów i tłuszczów (Gawęcki (red.) 2017; Gertig i Przysławski 2015; Ciborowska i Rudnicka 2014).

Witamina D jest odpowiedzialna za transport wapnia oraz wchłanianie wapnia i fosforu. Reguluje prawidłową budowę kości i zębów. Wpływa na wydzielanie parathormonu oraz wzmacnia system immunologiczny. Do wzbogacania stosuje się formy krystaliczne i olejowe. Wzbogaca się m.in. produkty, takie jak: margaryny, odżywki dla dzieci oraz produkty mleczne (Gawęcki (red.) 2017; Gertig i Przysławski 2015; Ciborowska i Rudnicka 2014).

Witaminy antyoksydacyjne są ważną grupą związków. Należą do nich witamina A, C i E:

- Witamina A jest bardzo ważna dla prawidłowego funkcjonowania organizmu. Ma znaczący wpływ na proces widzenia, ponieważ tworzy rodopsynę (światłoczuły barwnik w siatkówce oka). Ma duże znaczenie dla prawidłowego wzrostu (reguluje procesy tworzenia się nowych komórek) Zapewnia prawidłowe funkcjonowanie tkanki nabłonkowej skóry oraz błon śluzowych. Dzięki niej następuje również zwiększenie ilości produkowanych ciał odpornościowych we krwi.
- Witamina C m.in. wzmacnia odporność organizmu, ma korzystny wpływ na proces gojenia ran, uszczelnia naczynia krwionośne, powoduje redukcję żelaza z Fe²⁺ na Fe³⁺, co ułatwia

przyswajanie go w przewodzie pokarmowym. Jako witamina antyoksydacyjna chroni organizm oraz DNA przed niekorzystnym działaniem wolnych rodników oraz nadtlenków lipidowych. W witaminę C wzbogaca się głównie przetwory, soki i napoje owocowe oraz odżywki dla dzieci i dla sportowców.

- Witaminę E tworzy osiem związków, które różnią się ilością grup metylowych. Hamuje ona hemolizę krwinek czerwonych, zapobiega stłuszczeniu wątroby, wpływa na funkcjonowanie gruczołów wewnątrzwydzielniczych, reguluje procesy rozrodcze, działa antyoksydacyjnie. Wzbogaca się w nią produkty takie jak: margaryny, odżywki dla dzieci, żywność dietetyczną i inne (Gawęcki (red.) 2017; Świdorski 2006; Dudek-Makuch i Gawron-Gzella 2007; Ciborowska i Rudnicka 2014).

3.2 Składniki mineralne

Składniki mineralne są grupą związków egzogennych, czyli niezbędnych, które człowiek musi dostarczać codziennie wraz z pożywieniem. W zależności od wieku i typu budowy, mogą stanowić nawet ok 4% masy ludzkiego ciała. Wśród nich 99% to makroelementy, które są ważnym składnikiem budującym kości i inne tkanki (wapń, fosfor, magnez, siarka) oraz znajdują się w elektrolitach ustrojowych (sód, potas, chlor). Zapotrzebowanie dzienne na te składniki przekracza 100 mg/osobę. Pozostałe 1%, stanowią mikroelementy, pełniące funkcje regulujące, znajdujące się w hormonach, enzymach i witaminach (żelazo, miedź, cynk, mangan, fluor, jod, selen, kobalt, molibden i chlor). Głównym źródłem składników mineralnych są dla człowieka produkty spożywcze (pochodzenia zwierzęcego i roślinnego), woda, sól kuchenna oraz preparaty farmaceutyczne. Żywność wzbogacać można w pojedyncze składniki mineralne lub mieszanki (mogące zawierać równocześnie witaminy) (Gawęcki (red.) 2017; Świdorski 2006; Ciborowska i Rudnicka 2014).

3.3 Cholina i lecytyna

Cholina należy do witamin z grupy B. Wchodzi w skład najpopularniejszego fosfolipidu, czyli lecytyny. Ma działanie emulgujące, jest obecna podczas przemian tłuszczów i cholesterolu, zapobiega odkładaniu go w ścianach tętnic. Cholina ma wpływ na procesy zapamiętywania i sprawność pamięci, hamuje depresję i demencję starczą. Do wzbogacania produktów stosowana jest w postaci czystej, chlorku, cytrynianu lub dwuwinianu (Marcræ i in. 1993; Świdorski 2006).

Lecytyna, będąca nośnikiem choliny, pełni wiele ważnych funkcji w organizmie. Przyjmowana regularnie obniża poziom cholesterolu i trójglicerydów we krwi, poprzez zmniejszenie poziomu frakcji LDL i podwyższenie ilości frakcji HDL cholesterolu. Dzięki temu zmniejsza ryzyko choroby niedokrwiennej serca. Ma właściwości ułatwiające trawienie tłuszczów oraz zapobiega stłuszczeniu wątroby. Wspomaga działanie witamin antyoksydacyjnych oraz może zmniejszać toksyczność wielu leków oraz toksyn. Posiada także doskonałe właściwości emulgujące, przeciwutleniające i stabilizujące. Z tego właśnie powodu jest bardzo powszechnie używana w produkcji żywności (Świdorski 2006).

3.4 Bakterie fermentacji mlekowej (tzw. probiotyki)

Bakterie fermentacji mlekowej pozwalają na uzyskanie wielu specyficznych produktów, m.in. jogurtów, kefirów, serów oraz kiszonek. Najlepszymi właściwościami probiotycznymi charakteryzują się bakterie z rodziny *Lactobacillus* i *Bifidobacterium*. Probiotyki przede wszystkim ochraniają przewód pokarmowy przed szkodliwą działalnością bakterii gnilnych i chorobotwórczych. Do innych ich funkcji należą, stymulowanie układu odpornościowego oraz poprawa perystaltyki i sekrecji jelit (Chajęcka-Wierzchowska i in. 2019; Trafalska i Grzybowska 2004; Świdorski 2006).

3.5 Substancje fitochemiczne

Pomimo, że substancje fitochemiczne należą do grupy związków nieodżywczych, wiele z nich odgrywa istotną rolę w funkcjonowaniu organizmu. Są to substancje pochodzenia roślinnego, mogące wykazywać również działanie toksyczne (izoprenoidy – np. terpeny, sterole i karotenoidy; glikozydy – np. flawonoidy, kofeina). Właściwości tych substancji są wciąż poznane w zbyt małym stopniu, dlatego niewiele z nich jest wykorzystywanych do wzbogacania żywności (Kostecka i in. 2017; Świdorski 2006).

4. Podsumowanie

Żywność funkcjonalna od lat jest ważnym elementem rynku żywnościowego na świecie, ale od niedawna nastąpił intensywny wzrost zainteresowania tą tematyką również w Polsce. Pomimo, iż niewiele osób zna termin „żywność funkcjonalna”, ludzie poprawnie kojarzą go z produktami prozdrowotnymi i sięgają po nie coraz częściej, mając świadomość korzyści płynących dla ich zdrowia. Obecnie najpowszechniejszym sposobem otrzymywania tego typu produktów jest wzbogacanie w substancje bioaktywne lub ich kompozycje. Przewiduje się, że w przyszłości produkcja opierać się będzie na wykorzystaniu modyfikacji genetycznych, aby zawierała ona mniejszą ilość składników niekorzystnie działających na zdrowie, a większą – prozdrowotnych.

5. Literatura

- Achremowicz B, Łukasiewicz M (2007) Czy żywność funkcjonalna poprawi nasze zdrowie? *Zdrowa Żywność - Zdrowy Styl Życia* 1(75): 4-6.
- Bartnikowska E (1997) Włókno pokarmowe w żywieniu człowieka. *Przemysł Spożywczy* 5: 43-44; 6: 14-16.
- Borowy T, Kubiak SM, Grała R (2012) Dodatki funkcjonalne w nowoczesnej produkcji. *Magazyn Przemysłu Mięsnego* 1: 16-18.
- Chajęcka-Wierzchowska W, Zadernowska A (2019) Bakterie fermentacji mlekowej w tym szczepy probiotyczne jako rezerwuár genów oporności na antybiotyki. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 3(120): 22-35.
- Chmielewska M, Tys J, Petkowicz J, Petkowicz B (2018) Żywność-po pierwsze nie szkodzić. *Acta Agrophysica* 25(1): 17-34.
- Ciborowska H, Rudnicka A (2014) *Dietetyka, żywienie zdrowego i chorego człowieka*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa.
- Detlaff G, Samaszko-Fiertek J, Madaj J, Dmochowska B (2020) Kofeina: właściwości i przykłady wykorzystania. *Wiadomości Chemiczne* 74(7-8): 527-543.
- Dudek-Makuch M, Gawron-Gzella A (2007) Naturalne antyoksydanty w profilaktyce chorób cywilizacyjnych. *Herba Polonica* 53(2): 143-144.
- Florkowska K, Duchnik W, Muzykiewicz A, i in. (2017) Flawonoidy w profilaktyce i leczeniu miażdżycy. *Problemy Higieny i Epidemiologii* 98(3): 217-25.
- Gawęcki J (red.) (2017) *Żywienie człowieka. Podstawy Nauki o Żywieniu*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa
- Gertig H, Przysławski J (2006) *Bromatologia. Zarys nauki o żywności i żywieniu*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa.
- Goduła K, Czerniejewska-Surma B, Dmytrów I, i in. (2019) Możliwości zastosowania błonnika pokarmowego do produkcji żywności funkcjonalnej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2(119): 5-17.
- Goldberg I (1994) *Functional Foods: Designer Foods, Pharmafoods, Nutraceuticals*. Ed. Chapman & Hall, New York.
- Górecka D (2007) Nowe kierunki produkcji żywności funkcjonalnej i instrumenty jej promocji. *Przemysł Spożywczy* 6: 20-25.
- Kostecka M, Czernecki T, Szot P (2017) Nutraceutyki - szansa dla zdrowia współczesnych konsumentów. *Przemysł Spożywczy* 71(2): 36-40.
- Marcrae R, Robinson RK, Sadler HJ (1993). *Encyclopaedia of Food Science, Food Technology, and Nutrition*. Ed. Academic press, London.
- Mazza G (1998) *Functional food, biochemical and processing aspects*. Ed. Technomic, Lancaster
- Oleńdzka R (2007) Nutraceutyki, żywność funkcjonalna. Rola i bezpieczeństwo stosowania. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna* 40(1): 1-8.
- Świdorski F (2006) *Żywność wygodna i żywność funkcjonalna*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- Trafalska E, Grzybowska K (2004) Probiotyki - alternatywa dla antybiotyków. *Wiadomości Lekarskie* 57(9-10): 491-498.

5. Projekt diety i zalecenia żywieniowe dla osoby uprawiającej sport wyczynowy na przykładzie zawodnika piłki nożnej

Project of diet and dietary recommendations for a person practicing professional sport on the example of a football player

Marta Kotuła, Joanna Kapusta-Duch

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

Opiekun naukowy: dr hab. inż. Joanna Kapusta-Duch prof. UR

Marta Kotuła: marta.kotula@student.urk.edu.pl

Słowa kluczowe: mecz, piłkarz, węglowodany, glikogen, żywienie

Streszczenie

Piłka nożna stanowi najpopularniejszą dyscyplinę sportu na świecie. Wraz z rozwojem jej popularności oraz wzrostem wymagań względem zawodników zwrócono uwagę na strategię żywieniową, która ma istotne znaczenie w kwestii polepszenia wyników sportowych i zwiększenia wydolności fizycznej. Rola dietetyka opiera się na dobraniu odpowiednich zaleceń żywieniowych oraz skomponowaniu diety, które pozwolą na odbudowę i zwiększenie zasobów glikogenu, utrzymanie względnie niskiego poziomu tkanki tłuszczowej i właściwego nawodnienia, zmniejszenia ryzyka infekcji, wspomagania procesu regeneracji oraz, co najważniejsze, edukacji żywieniowej sportowców. Długi okres startowy w porównaniu z innymi dyscyplinami sportowymi, spora liczba rozgrywanych meczów, wymaganie ciągłej gotowości, celnych podań, szybkości podejmowania decyzji oraz orientacji przestrzennej stanowi duże wyzwanie dla zawodników. Towarzyszący temu stres psychiczny oraz częste podróże przyczyniają się do zmniejszonego tempa regeneracji, zwiększenia ryzyka infekcji, osiągania gorszych wyników oraz zmęczenia zarówno fizycznego, jak i psychicznego, czy problemów jelitowych. Dlatego tak ważne jest wprowadzenie odpowiedniego żywienia, które przyczynia się do zniwelowania powyższych trudności oraz polepszenia wyników sportowych i zwiększenia wydolności fizycznej. Celem pracy było przygotowanie projektu diety wraz z zaleceniami żywieniowymi dla osoby uprawiającej profesjonalnie piłkę nożną. Plan żywieniowy został opracowany zgodnie z normami żywieniowymi Instytutu Żywności i Żywienia, z uwzględnionymi modyfikacjami względem składników pokarmowych dostosowanych do cyklu sportowego.

1. Wstęp

Piłką nożną stała się najpopularniejszą dyscypliną sportu na świecie. Szacuje się, że 250 milionów ludzi stanowią zawodnicy, przy czym około 1,4 miliarda osób interesuje się tym sportem (Giulianotti i Robertson 2004). Wraz z rozwojem jej popularności oraz wzrostem wymagań względem zawodników zwrócono uwagę na strategię żywieniową, które mają istotne znaczenie w kwestii polepszenia wyników sportowych i zwiększenia wydolności fizycznej. Rola dietetyka opiera się na dobraniu odpowiednich zaleceń żywieniowych oraz skomponowaniu diety, które pozwolą na odbudowę i zwiększenie zasobów glikogenu, utrzymanie względnie niskiego poziomu tkanki tłuszczowej i właściwego nawodnienia, zmniejszenia ryzyka infekcji, wspomagania procesu regeneracji oraz, co najważniejsze, edukacji żywieniowej sportowców (Gleeson 2013). Aktualnie stosowana jest filozofia „food first”, co oznacza kładzenie nacisku na odżywianie, a dopiero później na stosowaniu suplementacji (Collins i in. 2020).

Długi okres startowy w porównaniu z innymi dyscyplinami sportowymi, spora liczba rozgrywanych meczów, wymaganie ciągłej gotowości, celnych podań, szybkości podejmowania decyzji oraz orientacji przestrzennej stanowi duże wyzwanie dla zawodników. Towarzyszący temu stres psychiczny oraz częste podróże przyczyniają się do zmniejszonego tempa regeneracji, zwiększenia ryzyka infekcji, osiągania gorszych wyników oraz zmęczenia zarówno fizycznego, jak i psychicznego, czy problemów jelitowych. Dlatego tak ważne jest wprowadzenie odpowiedniej diety

i suplementacji oraz zatrudnienie wykwalifikowanego zespołu, rozumiejącego ideę interdyscyplinarnej współpracy w celu osiągnięcia najlepszej regeneracji oraz jak najwyższych wyników u sportowców (Oliveira 2017).

W sporcie tym wyróżnia się trzy okresy: przygotowawczy będący pomiędzy rundami zasadniczymi (styczeń-luty), startowy trwający od lutego do połowy maja i od lipca do grudnia oraz przejściowy, stanowiący czas aktywnego wypoczynku. Dodatkowo, schemat pracy zawodnika może zostać podzielony na 7-dniowe mikrocykle, które w głównej mierze uzależnione są od odbywających się meczów i ich liczby. Pomagają one w rozplanowaniu strategii żywieniowej i treningowej, która jest odmienna w każdy dzień (Frączek i in. 2019).

W ostatnim czasie zawodnicy oprócz wysiłku wytrzymałościowego, zdefiniowanego przez dystans pokonywany podczas meczu, powinni wykazywać się także zdolnością do wysiłków o wysokiej intensywności oraz wykonywania sprintów. Powyższe założenia mają wpływ na wybór rodzaju treningu, który przekłada się na ilość spalanej energii i dobór optymalnej kaloryczności diety. Dodatkowo, przy wyborze odpowiedniego zapotrzebowania należy zwrócić uwagę na utrzymanie względnie niskiego poziomu tkanki tłuszczowej przez zawodników. Kaloryczność diety według ogólnych rekomendacji powinna wynosić 45 kcal na kilogram beztłuszczowej masy ciała, przy czym do jej ustalenia powinno brać się pod uwagę rodzaj, czas trwania i intensywność treningu oraz stosować periodyzację w zależności od jego ciężkości. Ustalanie niższej podaży energii niż 30 kcal na kilogram beztłuszczowej masy ciała może wiązać się ze zwiększoną możliwością kontuzji mięśniowych, ryzykiem infekcji górnych dróg oddechowych, przemęczeniem, zmniejszeniem wydolności fizycznej oraz słabszym działaniem układu immunologicznego. Obciążenie treningowe podczas okresu przygotowawczego może stanowić od 100 do 200% metabolizmu podstawowego, gdzie w okresie startowym wysiłek osiągany podczas meczu to wartości rzędu 1100-2000 kcal (Frączek i in. 2019). Zawodnicy podczas 90 minutowego biegu pokonują średnio 9-12 km, w zależności od ich podstawowego zapotrzebowania kalorycznego, pozycji na boisku i wynikających z niej zadań taktycznych. Wykonują wysiłek o średniej intensywności, w który wchodzi około 1350 rodzajów różnej aktywności, jak chodzenie, trucht, sprint czy bieg tyłem (Nédélec i in. 2012). W czasie tym inne treningi są ograniczone do minimum ze względu na wymagające wysiłkowo mecze oraz ryzyko kontuzji, które przy przetrenowaniach jest stosunkowo wyższe.

Główne źródło energii podczas treningu o średniej intensywności stanowi glikogen mięśniowy i wątrobowy, którego ilość w organizmie jest ograniczona. Jego zapasy zależą od zawartości masy mięśniowej oraz tempa resyntezy i mogą zostać zwiększone poprzez odpowiednią podaż węglowodanów, dlatego podczas mikrocyklu można stosować periodyzację dostępności tego makroskładnika (Tab.1). Wykorzystuje się zwiększoną podaż węglowodanów przed meczem w celu uzupełnienia zapasów glikogenu, a także po meczu – w celu resyntezy tego składnika. Ważną kwestią jest także ich dostarczenie podczas meczu, które służy utrzymaniu intensywności wysiłku w całym trakcie jego trwania (Anderson i in. 2016). Wyczerpanie glikogenu wiąże się z objawami zmęczenia, odwodnieniem, zwiększoną liczbą kontuzji oraz ogólną, gorszą zdolnością wysiłkową zawodnika, co można zmniejszyć poprzez odpowiednie przygotowanie żywieniowe (Bangsbo i in. 2006).

Tab.1. Periodyzacja podaży węglowodanów z podziałem na dni tygodnia uwarunkowanego odbywającym się meczem.

poniedziałek	wtorek	środa	czwartek	piątek	sobota MECZ	niedziela
3 g kg mc ⁻¹	4-5 g kg mc ⁻¹	4-5 g kg mc ⁻¹	7-8 g kg mc ⁻¹	7-10 g kg mc ⁻¹	7-10 g kg mc ⁻¹	3-5 g kg mc ⁻¹

W dniu meczowym białko w żywieniu zawodnika nie jest tak istotnym parametrem jak węglowodany, ponieważ przez stosunkowo krótki czas trwania meczu (mniej niż 3 godziny) nie przynosi ono aż tak pozytywnych korzyści z jego stosowania. Natomiast jego zapotrzebowanie wzrasta wraz z intensywnością treningów oraz w okresie regeneracyjnym po odbytym meczu. Dzielne zapotrzebowanie na ten makroskładnik według the American College of Sports Medicine,

the Academy of Nutrition and Dietetics i Dietitians of Canada mieści się w przedziałach od 1,2 do 2 gramów na kilogram masy ciała (Thomas i in. 2016).

Rekomendacje odnośnie spożycia tłuszczów są takie same jak dla reszty populacji i wynoszą od 20 do 35% (Collins i in. 2020). Kluczową kwestię stanowią źródła pochodzenia tego makroskładnika. Zaleca się dostarczenie nienasyconych kwasów tłuszczowych, szczególnie z rodziny omega-3 z uwagi na ich działanie przeciwzapalne, które może minimalizować stres oksydacyjny powstający u piłkarzy podczas nadmiernego wysiłku (Simopoulos 2007).

Ilość płynów, które zawodnik powinien przyjąć w ciągu całego dnia, wynosi 30-60 ml na kilogram masy ciała. Jednak jest to zależne od długości trwania i intensywności treningu lub meczu, a najefektywniejszymi wskaźnikami określającymi poziom nawodnienia okazują się być różnice w pomiarze masy ciała oraz monitorowanie koloru moczu. Picie płynów powinno być rozłożone proporcjonalnie w ciągu dnia, w szczególności w czasie treningów oraz meczów, aby nie doprowadzić do 2% strat masy ciała, które powodują pogorszenie sprawności fizycznej oraz funkcji poznawczych, w tym także sprintu o wysokiej intensywności i dryblingu, co dla zawodników jest kluczowe podczas zawodów (Russell i Pennock 2011; Oliveira 2017).

Tab. 2 przedstawia zebrane rekomendacje podanych wyżej składników pokarmowych dla zawodnika trenującego piłkę nożną w dniu meczu.

Tab.2. Rekomendacje w rozkładzie makroskładników zawodnika w dniu meczu.

DZIENNE ZAPOTRZEBOWANIE	energia	45 kcal kg beztłuszczowej masy ciała ⁻¹
	węglowodany	3-12 g kg mc ⁻¹ dzień ⁻¹
	białko	1,2-2 g kg mc ⁻¹ dzień ⁻¹
	tłuszcze	20% - 35%
PRZED MECZEM	nawodnienie	30-60 ml kg mc ⁻¹ dzień ⁻¹
	węglowodany	1-3 g kg mc ⁻¹
	białko	0,25-0,4 g kg mc ⁻¹
W TRAKCIE MECZU	nawodnienie	5-7 ml kg mc ⁻¹ 4 godziny przed oraz 3-5 ml kg mc ⁻¹ 2 godziny przed
	węglowodany	1-1,5 g kg mc ⁻¹
BEZPOŚREDNIO PO MECZU	nawodnienie	około 500 ml
	węglowodany	1-1,2 g kg mc ⁻¹ h ⁻¹
	białko	porcja 15-25 gramów
	nawodnienie	150-200% utraconej masy ciała

Zawodnicy oprócz wyboru odpowiedniego rodzaju treningu oraz strategii żywieniowej powinni zwracać także uwagę na kwestie takie jak: pory posiłków, optymalna higiena i długość snu, organizacja czasu i dobra logistyka, regeneracja organizmu oraz złagodzenie występującego stresu psychicznego (Collins i in. 2020). Żywienie uważa się za najpopularniejszą i najbardziej dostępną metodę przyspieszającą proces regeneracji. Jednakże kluby sportowe stosują dodatkowe, rozmaite zabiegi, takie jak masaże, kąpiele w zimnej wodzie, stymulacja elektryczna czy odzież kompresyjna. Natomiast odpowiednie żywienie oraz regeneracja powinny stanowić kluczową i najważniejszą rolę w sytuacjach, gdy rozgrywanych jest wiele meczów lub występują problemy logistyczne, na które składają się dalekie podróże, latanie samolotem czy pokonywanie dużej liczby kilometrów (Frączek i in. 2019).

U profesjonalnych zawodników istotną kwestię stanowi także suplementacja. Urozmaicona i dobrze zbilansowana dieta nie wymaga dostarczenia dodatkowych składników żywieniowych. Jednak duża liczba i intensywność treningów może wpłynąć na pogorszenie zdrowia, zdolności wysiłkowych oraz regeneracyjnych. Według badań włączenie następujących suplementów wykazuje pozytywne korzyści dla piłkarzy nożnych: sok z buraka, odżywki węglowodanowe, białkowe i węglowodanowo-białkowe, magnez, potas, kofeina, β-alanina, kreatyna, leucyna, witamina D₃ oraz kwasy tłuszczowe n-3 (Tscholl i in. 2008).

Żywnienie stanowi istotny element życia zawodowego sportowca, przyczyniające się do polepszenia jego wyników sportowych, zwiększenia wydolności fizycznej, utrzymania równowagi psychicznej oraz ogólnego stanu zdrowia podczas tak długiego sezonu. Coraz częściej można zaobserwować, że dla profesjonalnych zawodników dieta jest nieodłącznym elementem życia sportowego.

2. Materiał i metody

Celem pracy było przygotowanie projektu diety wraz z zaleceniami żywieniowymi dla osoby uprawiającej sport wyczynowy na przykładzie zawodnika piłki nożnej. Plan żywieniowy został opracowany zgodnie z normami żywieniowymi Instytutu Żywności i Żywienia, z uwzględnieniem modyfikacji względem składników pokarmowych dostosowanych do dnia meczowego. W trakcie planowania jadłospisu zwrócono szczególnie uwagę na rozkład energii, węglowodanów, białka, tłuszczów, błonnika oraz utrzymanie odpowiedniego nawodnienia.

Projekt diety został ułożony dla 23-letniego mężczyzny o masie ciała 70 kg, wzroście 180 cm i BMI 21,6, dla którego został wyliczony współczynnik PAL na poziomie 2,2.

3. Wyniki i dyskusja

Podstawową przemianę materii ustalono za pomocą wzoru Harrisa-Benedicta i została oszacowana na poziomie 1773 kcal. Natomiast całkowita przemiana materii przy uwzględnieniu współczynnika PAL wynoszącego 2,2 została określona na 3900 kcal. Według badań młodzi zawodnicy są szczególnie narażeni na niedostarczanie odpowiedniej liczby kalorii w swojej diecie w dni treningowe i meczowe, co skutkuje zmniejszeniem wydajności podczas wysiłku. Dlatego bardzo ważna wśród tej grupy staje się edukacja żywieniowa i nauka prawidłowych nawyków żywieniowych (Russell i Pennock 2011).

Możliwości wysiłkowe są głównie uwarunkowane zawartością glikogenu mięśniowego i wątrobowego, a podnoszenie jego zapasów warunkuje odpowiednie spożycie węglowodanów. Zawodnicy, którzy rozpoczynali grę z niskimi zapasami glikogenu w mięśniach, pokonywali mniejszy dystans i byli wolniejsi, szczególnie w drugiej połowie meczu, niż piłkarze zawierający właściwe jego zapasy (Saltin 1973). Badania sugerują, aby podaż węglowodanów była co najmniej 55% wartością całkowitego spożycia energii (Hargreaves 1994). Wykazano także, że ujemny bilans kaloryczny często jest związany z niedostateczną podażą węglowodanów (Reñón i Collado 2013).

Badanie przeprowadzone przez Russell i Pennock w 2011 roku wykazuje, że piłkarze nożni nie spożywali wystarczających ilości energii, węglowodanów i błonnika, a także ich nawodnienie nie było dostateczne. Korzystnym rozwiązaniem mogą stać się tutaj napoje sportowe zawierające węglowodany (tzw. napoje izotoniczne), które oprócz dostarczenia płynów zwiększają także podaż węglowodanów. Dodatkowo, dowiedziono, że tłuszcze były spożywane w górnej granicy norm żywieniowych Instytutu Żywności i Żywienia (31%). Dla piłkarzy zaleca się spożywanie tłuszczów w dolnej granicy ze względu na dostarczenie większej ilości energii z innych makroskładników, szczególnie z węglowodanów, co niesie ze sobą więcej korzyści. Natomiast białko przez piłkarzy było spożywane w odpowiednich ilościach (Bettonviel i in. 2016).

Założenia diety zostały przedstawione za pomocą Tab. 3.

W jadłospisie zostało ustalonych 7 posiłków, w tym 3 przekąski - przed, w trakcie i po meczu. Rozkład, ilość oraz kaloryczność dostosowano do godziny rozgrywanego meczu, ponieważ nieodpowiedni wybór potraw, zakładający zły dobór produktów oraz makroskładników, ale także zbyt duże objętości dań mogą powodować problemy jelitowo-żołądkowe. Dodatkowo mogą być także przyczyną spadków energii oraz wydolności fizycznej zawodnika podczas meczu, a także szybciej pojawiającego się zmęczenia. Przy meczu odbywającym się o godzinie 18:00, posiłki ustalone są następująco: śniadanie o godzinie 9:00, obiad o 12:00, posiłek przedmeczowy o 15:00 i kolacja o 20:30. Do przekąsek zalicza się posiłek w szatni, który jest spożywany bezpośrednio przed meczem, posiłek w trakcie meczu oraz posiłek po meczu. Przerwy pomiędzy posiłkami wynoszą 3-3,5 godziny, aby spełnić zapotrzebowanie kaloryczne, które poprzez znaczną aktywność fizyczną jest wysokie, ale jednak zminimalizować dużą objętość potraw.

Tab.3. Założenia diety.

Energia	3900 kcal	
Białko	1,9 g kg mc ⁻¹	133 g [13,6%]
Tłuszcz	20%	86,6 g
Węglowodany ogółem	10 g kg mc ⁻¹	647,4 g [66,4%]
Błonnik	40 g	
Nawodnienie	50 ml kg mc ⁻¹	3500 ml

Śniadania powinny zawierać potrawy lekkostrawne, niskotłuszczowe oraz o niewielkiej zawartości błonnika. Najczęściej spożywane są owsianki, jaglanki, naleśniki z dodatkiem owoców oraz dodatkiem słodzącym w celu zwiększenia ilości węglowodanów, takim jak miód, syrop klonowy czy syrop z agawy. W dniach regeneracyjnych, gdzie spożycie białka wzrasta, na śniadanie mogą zostać włączone produkty białkowe – jaja, mięso, nabiał czy rośliny strączkowe. Do żywienia sportowca można także wprowadzić buraki, które dzięki zawartości azotanów wpływają na wydolność wysiłkową. Często polecaną formą jest sok z buraka, który można wykonać z dodatkiem jabłek, co polepsza jego walory smakowe (Oliveira i in. 2017).

Obiady także powinny być posiłkiem niskotłuszczowym i lekkostrawnym, z ograniczoną zawartością błonnika i uwzględnieniem produktów bogatych w węglowodany oraz białko. Zalecane są gotowane lub grillowane chude mięsa i białe ryby oraz gotowane warzywa. Nie zaleca się produktów nabiałowym, dodatku przypraw oraz sosów.

Posiłek przedmeczowy jest ważny pod względem dostarczenia węglowodanów, które powinno wynosić 1-3 gramów na kilogram masy ciała zawodnika (Tab.2). Zalecane jest, aby potrawa ta nie była bogata w błonnik, natomiast zawierała węglowodany o średnim i wysokim indeksie glikemicznym. Nie powinno spożywać się warzyw i posiłków o kaloryczności wyższej niż około 500 kcal. Możliwości przyjmowania płynów w czasie meczu są ograniczone, dlatego ważne jest, aby zawodnicy byli w pełni nawodnieni przez rozpoczęciem zawodów. Przyjmuje się zasadę dostarczenia płynów w ilości 5-7 ml na kilogram masy ciała zawodnika 4 godziny przed rozpoczęciem zawodów oraz 3-5 ml 2 godziny przed, co powinno uchronić przed opóźnionym działaniem opróżniania żołądka.

Przekąski na stadionie powinny charakteryzować się produktami o znacznej zawartości węglowodanów przyswajalnych o wysokim indeksie glikemicznym, które są łatwe do zjedzenia oraz nie będą powodować przesylenia słodkim smakiem i związanym z tym nudnościami. W trakcie meczu zalecane jest przyjęcie węglowodanów, aby ograniczyć uczucie zmęczenia wywołanego wykorzystaniem zapasów glikogenu (1-1,5 gramów na kilogram masy ciała). Z celów praktycznych najczęściej stosowane są żele energetyczne, charakteryzujące się wysoką zawartością węglowodanów oraz łatwym i szybkim spożyciem. Polecanym rozwiązaniem jest także wykorzystywanie napojów izotonicznych, które oprócz lepszego nawodnienia niż woda, dostarczają również węglowodany i elektrolity, a także dzięki swojemu słodkiemu smakowi są łatwiejsze do przyjęcia większych ich ilości przez zawodnika. Wiele badań sugeruje, że wysokie spożycie węglowodanów przed meczem oraz w jego trakcie wpływa na opóźnienie zmęczenia oraz na zdolności techniczne zawodników, takie jak strzelanie, prędkość dryblingu i podania. Bezpośrednio po meczu oprócz przyjęcia odpowiedniej porcji węglowodanów (1-1,2 gramów na kilogram masy ciała na godzinę) zaleca się przyjęcie białka w ilości około 15-25 gramów. Z uwagi na jak najszybsze spożycie tego posiłku, stosuje się odżywki węglowodanowo-białkowe, które wymagają tylko wymieszania z wodą (Currell i in. 2009; Russell i in. 2012; Harper i in. 2017).

Podczas kolacji zalecane jest spożycie posiłku pełnowartościowego z dużą zawartością produktów o działaniu przeciwzapalnym, ze względu na intensywny wysiłek mogący powodować wytwarzanie wolnych rodników w organizmie. Powinno bazować się na węglowodanach o niskim i średnim indeksie glikemicznym oraz pełnowartościowym białku. Biorąc pod uwagę problem żywieniowy polegający na zahamowaniu apetytu i niewystarczającym uzupełnieniu kaloryczności przez sportowców po meczu, należy bazować na indywidualnych preferencjach zawodników i potrawach charakteryzujących się dla nich wysoką smakowitością. Przy czym, nie powinno opierać

się na samym apetycie zawodnika jako wskaźniku zapotrzebowania energetycznego, ponieważ przez stres, emocje i duże obciążenie fizyczne apetyt zawodnika działa z opóźnieniem. Należy także pamiętać o odpowiednim dostarczeniu płynów, które powinno stanowić 150-200% utraconej masy ciała. Kolejną przeszkodą dla sportowców mogą być godziny rozgrywania meczów i związane z tym kłopot ze snem, dlatego warto jest wprowadzić zioła i napary o działaniu relaksującym, jak melisa czy rumianek.

Tab.4. Zestawienie ilości dostarczonej energii oraz zawartości podstawowych składników odżywczych, błonnika oraz płynów w przygotowanym jadłospisie.

	Energia [kcal]	Białko [g]	Tłuszcze [g]	Węglowodany [g]	Błonnik pokarmowy [g]	Nawodnienie [ml]
I śniadanie: Jaglanka na mleku i wodzie z malinami, orzechami nerkowca i syropem klonowym. Sok z buraków i jabłek.	765,5	21,6	17,8	135,7	7,4	400
Obiad: Zupa pomidorowa z białym ryżem. Dorsz duszony w porach z kalafiosem i pomidorową kaszą jaglaną. Woda.	972,8	43,9	21,0	163,9	22,3	500
Posiłek przedmeczowy: Bananowe placuszki z serka wiejskiego z dżemem i syropem klonowym. Woda.	561,4	19,7	17,1	83,4	3,0	500
Przekąska przed meczem: Banan i napój izotoniczny.	305,3	2,4	0,7	73,2	4,1	250
Przekąska w trakcie meczu: Żel energetyczny i napój izotoniczny.	317,8	0	0,1	76,7	0	500
Przekąska po meczu: Odżywka węglowodanowo-białkowa i napój izotoniczny.	448,5	15,0	1,8	91,8	0	500
Kolacja: Burger z grillowanym kurczakiem i sałatka z kaszy gryczanej, awokado, suszonych pomidorów i pestek dyni. Woda i rumianek.	498,9	29,0	16,8	61,6	6,7	750
WARTOŚĆ ŚREDNIA	3870,2	131,6	75,3	686,3	43,5	3400
ZALOŻENIE	3900	133	86,6	647,4	40	3500
% REALIZACJI ZAŁOŻENIA	99,24%	98,95 %	86,95%	106,01%	108,75%	97,14%

4. Wnioski

- a) Żywnienie u zawodowych piłkarzy nożnych jest kluczowym elementem w celu polepszenia wyników sportowych, zwiększenia wydolności fizycznej, wspomagania procesu regeneracji oraz zmniejszenia ryzyka infekcji.
- b) Prawidłowa podaż węglowodanów, a także płynów i energii stanowi kluczową kwestię w zapewnieniu najlepszych wyników sportowych u zawodników.
- c) Istotnym aspektem jest odpowiednia edukacja żywieniowa sportowców, w tym szczególnie młodszych zawodników uprawiających piłkę nożną.

5. Literatura

- Anderson L, Orme P, Di Michele R et al. (2016) Quantification of training load during one-, two- and three-game week schedules in professional soccer players from the English Premier League: implications for carbohydrate periodisation. *Journal of Sports Sciences* 34(13): 1250–1259.
- Bangsbo J, Mohr M, Krstrup P (2006) Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences* 24(7): 665–674.
- Bettonviel AE, Brinkmans NY, Russcher K et al. (2015) Nutritional status and daytime pattern of protein intake on match, post-match, rest and training days in senior professional and youth elite soccer players. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 26(3): 285–293.
- Collins J, Maughan RJ, Gleeson et al. (2020) UEFA expert group statement on nutrition in elite football. Current evidence to inform practical recommendations and guide future research. Pobrany 25.10.2020 z <https://bjsm.bmj.com/content/early/2020/10/22/bjsports-2019-101961>
- Currell K, Conway S, Jeukendrup AE (2009) Carbohydrate ingestion improves performance of a new reliable test of soccer performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 19(1): 34-46.
- Frączek B, Krzywański J, Krzysztofiak H (2019) *Dietetyka sportowa*. Warszawa, Wydawnictwo PZWL Wydawnictwo Lekarskie.
- Giulianotti R, Robertson R (2004) The globalization of football: a study in the globalization of the 'serious life'. *The British Journal of Sociology* 55(4): 545-568.
- Gleeson M (2013) Nutritional support to maintain proper immune status during intense training. *Nutritional Coaching Strategy to Modulate Training Efficiency* 75: 95-97.
- Hargreaves M (1994) Carbohydrate and lipid requirements of soccer. *Journal of Sports Sciences* 12: 13-16.
- Harper LD, Stevenson EJ, Rollo I, et al. (2017) The influence of a 12% carbohydrate-electrolyte beverage on self-paced soccer-specific exercise performance. *Journal of Science and Medicine in Sport* 20(12):1123–1129.
- Nédélec M, McCall A, Carling C et al. (2012) Recovery in soccer: Part I - Post-match fatigue and time course of recovery. *Sports Medicine* 42(12): 997-1015.
- Oliveira CH, Ferreira D, Caetano C et al. (2017) Nutrition and Supplementation in Soccer. *Sports* 5(2): 28.
- Reñón CM, Collado PS (2013) Nutritional study of a third division soccer team. *Nutricion hospitalaria* 28(2): 319-324.
- Russell M, Benton D, Kingsley M (2012) Influence of carbohydrate supplementation on skill performance during a soccer match simulation. *Journal of Science and Medicine in Sport* 15(4):348–354.
- Russell M, Pennock A (2011) Dietary analysis of young professional soccer players for 1 week during the competitive season. *Journal of Strength and Conditioning Research* 25(7): 1816-1823.
- Saltin B (1973) Metabolic fundamentals in exercise. *Medicine and Science Sports* 5(3):137–146.
- Simopoulos AP (2007) Omega-3 fatty acids and athletics. *Current Sports Medicine Reports* 6(4): 230–236.

- Thomas TD, Erdman KA, Burke LM (2016) American college of sports medicine joint position statement. Nutrition and athletic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 48(3): 543-568.
- Tscholl P, Junge A, Dvorak J (2008) The use of medication and nutritional supplements during FIFA World Cups 2002 and 2006. *British Journal of Sports Medicine* 42(9): 725–730.

6. Nanotechnologia w produkcji żywności

Nanotechnology in food production

Marta Kotuła, Joanna Kapusta-Duch

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

Opiekun naukowy: dr hab. inż. Joanna Kapusta-Duch prof. UR

Marta Kotuła: marta.kotula@student.urk.edu.pl

Słowa kluczowe: skala, nanometryczna, nanosrebro, opakowania, ryzyko

Streszczenie

Nanotechnologia jest stosunkowo nową i innowacyjną dziedziną nauki, wykorzystującą struktury molekularne, molekuly oraz atomy w rozmiarach nanometrycznych. Jej korzenie sięgają II połowy XX wieku, kiedy to Richard Feynman - amerykański fizyk, przedstawił na spotkaniu Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego definicję nanotechnologii. Obecnie nanotechnologia to dziedzina zajmująca się wytwarzaniem i wykorzystywaniem materiałów i struktur w nanometrycznej skali od 1 do 100 nm. Stosowanie nanotechnologii jest zauważalne w większości działów przemysłu rolno-spożywczego, od przetwórstwa żywności przez rolnictwo i udoskonalanie opakowań po produkcję suplementów diety i inżynierię genetyczną. Niesie to ze sobą szereg korzyści w kontekście tworzenia nowych produktów, m.in. poprzez ograniczenie zawartości soli, tłuszczu i innych dodatków spożywczych, a także poprzez zwiększenie higieny, jakości i bezpieczeństwa żywności. Jednakże pozostaje istotna kwestia uzyskania dokładniejszych informacji na temat ryzyka wykorzystywania nanomateriałów.

1. Wstęp

Nanotechnologia to stosunkowo nowa i innowacyjna dziedzina nauki, wykorzystująca struktury molekularne, molekuly oraz atomy w rozmiarach nanometrycznych. Jej korzenie sięgają II połowy XX wieku, kiedy to Richard Feynman - amerykański fizyk, przedstawił na spotkaniu Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego definicję nanotechnologii w przemówieniu „There’s Plenty of Room at the Bottom: An Invitation to Enter a New Field of Physics”. Jego rozprawa skupiała się głównie na rozpatrywaniu wykorzystania pojedynczych atomów do powstawania różnych struktur materii. Dzięki niej wielu naukowców dostrzegło w ten sposób perspektywę projektowania w skali „nano” różnorodnych układów (Glod i in. 2014).

Obecnie nanotechnologia jest opisywana jako dziedzina zajmująca się wytwarzaniem i stosowaniem materiałów i struktur w nanometrycznej skali od 1 do 100 nm. Rozwój nauki przyczynił się do odstąpienia od teorii wykorzystywania wyłącznie pojedynczych atomów, jak pierwotnie głosił jej prekursor Richard Feynman. Oferuje ona szeroki zakres możliwości wytworzenia innowacyjnych produktów i posłużenie się nimi m.in. w systemie żywnościowym, a także zastosowania miniaturyzacji systemów i maszyn, co przyczynia się do zwiększenia ich efektywności lub zespolenia nowo wygenerowanych funkcji w dotychczasowych urządzeniach (Szymańska i in. 2019).

Wytwarzane „nano” struktury znajdują swoje podobieństwo w nanostrukturach znajdujących się w przyrodzie, takich jak: DNA, naturalne biomolekuly, membrany czy białka. Uzyskane nanomateriały poniżej swojej wartości progowej charakteryzują się zupełnie innymi właściwościami chemicznymi i fizycznymi, w stosunku do ich ekwiwalentu w skali makroskopowej. Zalicza się do tego m.in. wytrzymałość mechaniczną, przewodnictwo elektryczne i termiczne, reaktywność chemiczną, przezroczystość czy magnetyzm (Ozimek i in. 2010).

Nanotechnologia oraz nanomateriały stały się częścią produkcji żywności. Wykorzystanie składników w rozmiarze nanometrycznym wpływa na właściwości produktów, jak w nanoemulsjach czy pianach, ale także ostatnie technologiczne odkrycia wskazują szansę na wykorzystanie nanocząsteczek jako dodatków do żywności, które mogłyby zostać wprowadzane do istniejących składników w postaci rozdrobnionej lub jako zupełnie nowe struktury chemiczne (Glod i in. 2014).

Aktualna literatura naukowa nie dostarcza wielu informacji na temat potencjalnych zagrożeń wynikających ze stosowania nanocząstek jako dodatków do żywności. Bezpieczeństwo nanomateriałów i związane z nimi ryzyko wymagają dalszego przebadania, szczególnie w kontekście pośredniego i bezpośredniego wpływu na zdrowie ludzi z uwzględnieniem możliwym interakcji w obrębie układu pokarmowego (Yu i in. 2018).

W ostatnich latach zauważalny jest znaczny wzrost zainteresowania nanotechnologią. Zastosowanie jej w sektorze żywnościowym zwiększa się na całym świecie i może nieść ze sobą wiele korzyści w postaci zmniejszenia użycia soli, środków powierzchniowo czynnych czy konserwantów, ale także wypracowania innych niż dotychczasowe tekstur i smaków za pomocą produkcji ich w skali nanometrycznej. Stosowanie nanotechnologii jest zauważalne w większości działów przemysłu rolno-spożywczego, od przetwórstwa żywności (polepszanie smaku i zapachu, zmiana cech reologicznych oraz udoskonalenie jakości), przez rolnictwo (lokalizowanie patogenów zwierząt i roślin, wytwarzanie nawozów i pestycydów), udoskonalanie opakowań (ochrona przed nadmiernym promieniowaniem UV, stosowanie nanourządzeń i nanosensorów), po produkcję suplementów diety i inżynierię genetyczną (Hamad i in. 2018).

2. Opis zagadnienia

Praca ma charakter przeglądowy, a jej celem jest poruszenie zagadnienia nanotechnologii wykorzystywanej w produkcji żywności, ze wskazaniem przyczyn jej stosowania oraz wynikających z tego zagrożeń.

3. Przegląd literatury

W ostatnich latach zauważa się zwiększone zapotrzebowanie konsumentów na zdrowe produkty spożywcze, adresowane zarówno do osób borykających się z różnymi chorobami, jak i do tych, którzy chcą jak najdłużej pozostać przy dobrej kondycji zdrowotnej.

Obecnie znaczna liczba osób na świecie zmaga się z otyłością, dlatego producenci żywności dążą do zmniejszenia kaloryczności produktów. Osiąga się to poprzez zwiększenie zawartości wody, powietrza lub poprzez minimalizację zawartości cukru i tłuszczów. Powietrze lub inne gazy rozproszone są w żywności w postaci małych pęcherzyków i działają jako elementy strukturalne, które można wykorzystać w cieczach oraz półpłynnych i stałych produktach. Stosuje się to w produktach takich jak czekolada, płatki śniadaniowe, gotowe napoje do picia, musy i desery schładzane lub mrożone (Shirale i in. 2010).

Większa ilość wody dodawana do żywności może być związana w jej matrycy w postaci emulsji lub żelu. Zabieg ten wykorzystywany jest w produktach takich jak majonezy i sosy o obniżonej zawartości tłuszczu. Biopolimery spożywcze – białka i polisacharydy, które zostały wprowadzone do wewnętrznej i zewnętrznej fazy wodnej, pozwalają na zachowanie lepszej trwałości produktów spożywczych. Struktura emulsji powinna być jednak dostosowana w taki sposób, aby końcowe właściwości produktu były podobne do oryginalnego (Dickinson 2011).

Zastępowanie cukru w produktach spożywczych alternatywnymi substancjami słodzącymi wpływa na obniżenie jego zawartości. Stosowanie naturalnych niskokalorycznych substancji słodzących wiąże się z użyciem mniejszych ich ilości, tzn. intensywność odczucia słodkiego smaku glikozydów stewiolowych jest 350 razy większa niż sacharozy. Jednak pod względem fizykochemicznym, objętościowe zmniejszenie cukru w produktach spożywczych musi być zastąpione innym składnikiem w celu skompensowania utraty jego struktury (Shirale i in. 2010).

Zastosowanie nanotechnologii w produkcji barwników spożywczych nie zostało jeszcze dokładnie zbadane. Jednak wykorzystanie rozpuszczonego w oleju pigmentu β -karotenu, służącego do pokrycia powierzchni żywności za pomocą nanoemulsji, może przynieść wiele korzyści. Natomiast powstawanie nanowymiarowych struktur zawierających jony wapniowe i kwas alginowy może pozwolić na wykorzystanie w nowatorski sposób naturalnych barwników rozpuszczalnych w wodzie. Zaletą tej metody jest to, że kolor stosowany do pokrywania żywności mógłby zmieniać barwę od żółtego do ciemnopomarańczowego, w zależności od stężenia β -karotenu (Neethirajan i Jayas 2011).

Składniki organiczne, które występują naturalnie w żywności, takie jak białka, węglowodany i tłuszcze, mogą wykazywać odmienne cechy w skali nano. Organiczne nanomateriały mogą być syntetyzowane przez specyficzne procesy, takie jak hermetyzacja, która polega na zwiększaniu biodostępności składników odżywczych, dzięki czemu wzmacnia się smak, tekstura i konsystencja produktów spożywczych lub maskuje niepożądany smak i zapach (Shirale i in. 2010).

Produkty mleczne składają się przede wszystkim z miceli kazeinowych, kulistych białek serwatkowych i kuleczek tłuszczu. Micele kazeinowe oraz kuleczki tłuszczowe są rozmiarów rzędu nanometrów, dlatego stanowią naturalny przykład produktów w skali nano. Znajdują się one wewnątrz komórek sutkowych wymion krowy i są uwalniane pojedynczo, gdzie łączą się z globularnymi białkami serwatkowymi, laktozą, składnikami mineralnymi oraz innymi drugorzędowymi składnikami, razem tworząc mleko. Wiele emulsji, takich jak bita śmietana, jogurty, masło oraz sery powstają w sposób naturalny w wyniku połączenia tych składników (Sozer i Kokini 2009).

Kolejnym składnikiem wykorzystywanym w nanotechnologii jest zeina, będąca głównym białkiem kukurydzy. Posiada ona zdolność do tworzenia odpornej na mikroorganizmy sieci rurowej – nanorurki. Nanorurki α -laktoglobuliny mają średnicę 8 nm i umożliwiają wiązanie składników żywności, takich jak witaminy i enzymy. Wnętrze nanorurek może być stosowane do zamaskowania niepożądanego smaku lub związków aromatycznych w produktach spożywczych (Shirale i in. 2010).

Nauka o produkcji w skali nano ciągle się rozwija. Niemniej jednak widać perspektywę poprawy funkcjonalności produktów spożywczych bez pogorszenia ich jakości i bezpieczeństwa (Cushen i in. 2012).

3.1 Żywność funkcjonalna a nanotechnologia

Pojęcie żywności funkcjonalnej wprowadzone zostało w Japonii w latach osiemdziesiątych XX w. Obejmuje ono żywność przetworzoną, poprawiającą funkcje organizmu, a także przynoszącą korzyści zdrowotne konsumentom, dzięki obecności dodatków o wartości odżywczej (Kunicka-Styczyńska 2012). Produkty charakteryzujące się takimi właściwościami można zaliczyć do poniższych kategorii, w zależności od pochodzenia czy sposobu modyfikacji:

- produkty wzbogacane w składniki o działaniu profilaktycznym i w stanach chorobowych (np. wprowadzenie wapnia czy też kwasów tłuszczowych omega-3 do chleba);
- żywność, która posiada składniki zobojętniające (np. alergeny i składniki toksyczne, powstające w procesie produkcji);
- materiały stosowane w produkcji żywności, które posiadają podwyższoną zawartość charakterystycznych składników, powstałych w wyniku zmiany żywienia zwierząt (np. mięso lub jaja o wysokiej zawartości kwasów tłuszczowych omega-3) lub też warzywa i owoce modyfikowane po zbiorze (np. winogrona, do których dodawane są specjalne związki o działaniu antyoksydacyjnym, w wyniku naświetlania promieniami UV tych produktów);
- produkty, w których stosuje się probiotyki wywierające pozytywny wpływ na organizm człowieka w przypadku podaży odpowiedniej ilości (np. bifidobakterie czy kwas mlekowy);
- żywność z prebiotykami, nie ulegającymi strawieniu w organizmie człowieka, które stymulują wzrost lub aktywność pozytywnie działających bakterii jelitowych (np. alkohole cukrowe, oligosacharydy) (Kunicka-Styczyńska 2012).

Składniki te rzadko wykorzystywane są bezpośrednio w czystej postaci. Zazwyczaj osadzone są na nośnikach, które przenoszą pożądaną składnik do odpowiedniego miejsca działania w organizmie człowieka. Ponadto nośniki chronią go przed degradacją biologiczną lub chemiczną oraz podczas jego obróbki i użytkowania. Nośniki są głównymi czynnikami limitującymi, które wpływają na skuteczność zastosowania składników funkcjonalnych w żywności. Pożądane jest, aby były one kompatybilne z właściwościami danego produktu (okres trwałości, smak czy tekstura), a także łatwe do stosowania i biodegradowalne. Przestrzeganie tych cech jest jednym z najważniejszych czynników wpływających na końcową skuteczność tych składników w produktach spożywczych (Cushen i in. 2012).

Opracowano wiele sposobów dostarczania składników funkcjonalnych do żywności, do których zaliczono nanokapsułkowanie, emulsje, matryce biopolimerowe czy mikrosfery (Weiss i in. 2006).

W żywności funkcjonalnej jako nanomateriały można zastosować związki nutraceutyczne, jak na przykład bioaktywne białka, które wpływają na otrzymanie żywności o lepszych właściwościach. Zmniejszenie wielkości cząsteczek bioaktywnych może zwiększyć ich dostępność, a także rozpuszczalność, dzięki czemu łatwiejszy będzie ich transport przez błonę jelita do krwioobiegu. Ponadto stosowanie nanotechnologii może wpłynąć na poprawę stabilności tych mikroelementów podczas ich przetwarzania, przechowywania i dystrybucji (Cushen i in. 2012).

3.2 Metody syntezy nanomateriałów

Nanomateriały wytwarzane są za pomocą różnych sposobów. Jednym z nich jest podejście zaproponowane przez Richarda Feynmana, który stworzył metodę „bottom-up”, polegającą na wytwarzaniu urządzeń i materiałów na drodze samorzutnego łączenia się atomów i cząsteczek w większe zespoły. Drugą możliwością jest podejście „top-down”, czyli zmniejszanie większych struktur do skali „nano” za pomocą mielenia lub trawienia. Wydajność obu metod w dużym stopniu zależy od manipulacji parametrami nanostruktur oraz od ewentualnej możliwości pomiaru. W dodatku, stosowane są również symulacje komputerowe, dzięki którym można przewidzieć, jak będą zachowywały się otrzymane struktury (Geoghegan i in. 2008).

3.3 Nanotechnologia w opakowaniach żywności

W ostatnim czasie dostrzeżono wiele możliwości związanych z zastosowaniem nanotechnologii w produkcji żywności. W 2006 roku odnotowano około 400 firm na świecie związanych zarówno z produkcją żywności, jak i inwestowaniem w nanotechnologię. Nanotechnologia wykorzystywana może być na każdym etapie łańcucha produkcji, a więc włącznie z pozyskiwaniem surowców i ich przetwarzaniem, monitorowaniem jakości oraz przechowywaniem i pakowaniem (Shahidi 2009). Na rynku opakowań żywności można wyróżnić nanolaminaty oraz nanokompozyty polimerowe (Jakubiak i Foltynowicz 2004; Jakubczyk 2007).

Nanolaminaty to bardzo cienkie, najczęściej wielowarstwowe, filmy (1-100 nm), które służą do wytwarzania jadalnych powłok i folii stosowanych obecnie w produktach spożywczych, takich jak warzywa, owoce, czekolada, mięso, wyroby cukiernicze, cukierki czy frytki. Błony te zabezpieczają żywność przed gazami, tłuszczem i wilgocią. Mogą służyć jako nośnik antyoksydantów, aromatów, składników bakteriobójczych i żywieniowych, a także barwników. Ponadto, do właściwości nanolaminatów należą także: ochrona przed promieniami UV, bariera wobec tlenu oraz odporność na wysokie temperatury. Wykorzystywanie laminatów pozwala na zachowanie odpowiedniej wilgotności i świeżości produktów spożywczych, aromatu oraz umożliwia przedłużenie ich trwałości (Jakubczyk 2007; Borowy i Kubiak 2008)

Nanokompozyty polimerowe to materiały dwufazowe, w których cząstki napelnacza są rozmieszczone w matrycy polimerowej i przynajmniej jeden z wymiarów tych cząsteczek nie przekracza kilku nanometrów (Jakubiak i Foltynowicz 2004). Cechują się one ulepszeniem właściwości barierowych, dzięki czemu mogą powstrzymywać procesy oksydacyjne, które obniżają jakość produktów spożywczych (Kampers i Hoermann 2009). Jedną z najważniejszych zalet nanokompozytów polimerowych z dodatkiem nanosrebra jest ich grzybobójcze i bakteriobójcze działanie. Udowodniono, że kompozyty poliamidu z dodatkiem srebra uwalniają jego jony w stężeniu, które umożliwia uzyskanie skuteczności przeciwdrobnoustrojowej. Jednakże odnośnie stosowania nanokompozytów ze srebrem do opakowań żywności zaistniały obawy związane z narażeniem zdrowia ludzi na nanoskładniki, w przypadku ich migracji do zapakowanego produktu i żywności. Obecnie poszukuje się odpowiedzi na pytanie, czy i w jakim stopniu nanosrebro migruje z opakowania do produktu. Na podstawie badań wykazano, że przemieszczanie się srebra z nanokompozytu na powierzchnię żywności przechowywanej, zależy od temperatury oraz czasu przechowywania (Cushen i in. 2013). Jednak także w tym przypadku poziom migracji nie jest zagrażający zdrowiu ludzi, ale wciąż występuje potrzeba większej ilości badań w tym zakresie (Huang i in. 2011).

3.4 Ocena ryzyka nanotechnologii

Wykorzystanie nanotechnologii w przemyśle spożywczym jest stosunkowo nowym zabiegiem, dlatego może nieść ze sobą ryzyko spowodowane użyciem tych materiałów. Komitet Naukowy ds. Pojawiających się i Nowo Rozpoznawalnych Zagrożeń dla Człowieka (SCENIHR - Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks) jest odpowiedzialny za wykonanie oceny ryzyka oraz identyfikację i wyznaczenie ilości możliwych zagrożeń dla zdrowia i życia człowieka, a także bezpieczeństwa środowiska. Organ ten wykazał dwie przeszkody w określeniu ryzyka zastosowania nanomateriałów, tzn. brak wystarczających informacji o toksyczności oraz trudności w ich detekcji i charakterystyce. Niepokój, który jest związany z bezpieczeństwem konsumentów, dotyczy nieprzewidywanych efektów stosowania nanomateriałów oraz zagrożeń krótko- i długoterminowych. Z tego względu wyróżnia się cztery podstawowe drogi, jakimi nanocząsteczki mogą dostać się do organizmu. Są to drogi: pokarmowa, oddechowa, pozajelitowa oraz przez skórę. Ryzyko wystąpienia zagrożenia pojawia się w całym cyklu życiowym nanocząsteczek, podczas wytwarzania, wykorzystywania, przechowywania i ich usuwania. Nanożywność została podzielona na trzy grupy, zależnie od stopnia bezpieczeństwa:

- najmniejszym niebezpieczeństwem – jest to żywność, która zawiera przetworzone nanostruktury, rozpuszczalne lub trawione w przewodzie pokarmowym, nie są one biotrwale;
- umiarkowanym niebezpieczeństwem – są to dodatki nanokapsułkowane, posiadające umiejętność rozprzestrzeniania się w przewodzie pokarmowym;
- szczególnym niebezpieczeństwem – produkty spożywcze, które zawierają biotrwale, nietrawione oraz nierozpuszczalne funkcyjne nanomateriały lub nanododatki (Glod i in. 2014).

Toksyczność nanocząsteczek zależna jest od wielu składowych, do których należy: skład chemiczny, kształt, zdolność do agregacji, ładunek powierzchniowy, rozmiar, pole powierzchni oraz rozpuszczalność. Badania *in vitro* i/lub *in vivo* wykorzystywane są do identyfikowania zagrożeń. Zazwyczaj odnoszą się one do drogi narażenia, docelowego umiejscowienia oraz krążenia nanocząsteczek w organizmie.

Produkcja opakowań do żywności w nanotechnologii jest bardzo znaczącym kierunkiem ich wykorzystania na rynku spożywczym. Istnieje jednak wiele wątpliwości dotyczących potencjalnego działania nanomateriałów wykorzystywanych do produkcji opakowań na zdrowie ludzi. Wykazano, że głównym zagrożeniem jest ich migracja z materiałów opakowaniowych do żywności. Dlatego też konieczna jest ocena ryzyka przemieszczania się nanomateriałów do żywności pod wpływem różnych warunków. Przeprowadzono już wiele badań i stwierdzono m.in., że migracja nanocząsteczek z opakowania polimerowego jest bardzo niska lub zerowa, nie stanowi więc zagrożenia dla zdrowia konsumentów. Nie stwierdzono również ewentualnej migracji nanomateriałów do mózgu człowieka i nienarodzonego płodu. Mimo to prowadzone są dalsze badania w celu otrzymania jednoznacznych dowodów (Szymańska i in. 2019). Istotną kwestię stanowi stosunek ludzi do produktów spożywczych wykorzystujących nanotechnologię. Według Henchion i in. (2019) badacze chętniej sięgali po produkty wytworzone tradycyjnymi metodami, jednak nie zawsze i nie przy każdej grupie oferowanych produktów spożywczych.

3.5 Produkty wykorzystujące nanotechnologie

Na rynku spożywczym wzrasta liczba produktów i opakowań, które pomagają w dłuższym zachowaniu świeżości żywności, a także ochronieniu ich przed rozwijaniem się pleśni, bakterii czy grzybów, które wykorzystują w tym celu nanotechnologie.

4. Podsumowanie

Nanotechnologia wykazuje bardzo obiecujące zastosowanie we wszystkich gałęziach przemysłu spożywczego. Niesie to ze sobą szereg korzyści w kontekście tworzenia nowych produktów, m.in. poprzez ograniczenie zawartości soli, tłuszczu i innych dodatków, a także poprzez zwiększenie higieny, jakości i bezpieczeństwa żywności. Jednakże istotną kwestią jest zwiększenie świadomości producentów żywności, ale także konsumentów, na temat stosowania nanotechnologii,

z uwzględnieniem zalet i ewentualnych wad jej stosowania. Jak również przeprowadzenie badań w celu uzyskania dokładnych informacji na temat skutków stosowania nanomateriałów na rynku spożywczych.

Tab.1. Zestawienie produktów wykorzystujących nanotechnologie.

Produkt	Opis
Butelki o podwyższonej barierowości (butelki wielowarstwowe)	Wykorzystane tu nanokompozyty polimerowe zapewniają oprócz właściwej ochrony zapakowanego produktu, zachowanie cech sensorycznych oraz pozwalają na wydłużenie okresu przydatności do spożycia, szczególnie w przypadku napojów gazowanych (Foltynowicz i Rodewald 2011).
Folie bakteriobójcze	Nanosrebro w odpowiedniej postaci może zostać w procesie technologicznym wprowadzone do materiału granulatu, folii czy też innych przedmiotów użytkowych, których powierzchnia będzie miała właściwości bakteriobójcze. W przemyśle spożywczym wykorzystane jest m.in. do folii bakteriobójczych, które przeciwdziałają namnażaniu się bakterii, grzybów i pleśni, a tym samym przedłużają trwałość takich wyrobów, jak chleb, owoce, warzywa, czy mięso (Foltynowicz i Rodewald 2011).
Saszetki z pochłaniaczem tlenu	Zostały zaprojektowane tak, aby zabezpieczyć pakowaną żywność przed pleśnią, zmianą barwy, jęłczeniem, utratą wartości odżywczej oraz spadkiem jakości. Saszetki te pochłaniają tlen, obniżając jego poziom w zamkniętym opakowaniu do wartości poniżej 0,01% oraz utrzymując ten poziom. Tym samym wydłużają one termin przydatności do spożycia i obniżają do minimum potrzebę zastosowania konserwantów (Pawlicka 2013).
Pojemniki na żywność z dodatkiem nanosrebra	Marka Kinetic wprowadziła pojemniki na żywność z dodatkiem nanosrebra. Tak samo jak w przypadku innych produktów z nanosrebrem, ten również ma za zadanie chronić żywność przed grzybami, bakteriami i pleśnią. Pokarmy zatrzymują swoją świeżość do 3 razy dłużej, niż w przypadku zwykłych pojemników (Foltynowicz i Rodewald 2011).

5. Literatura

- Borowy T, Kubiak M (2008) Laminaty - lepsza ochrona produktu. *Gospodarka Mięsna*, 11: 8-9.
- Cushen M, Kerry J, Morris M et al. (2012) Nanotechnologies in the food industry – Recent developments, risks and regulation. *Trends in Food Science & Technology*, 24(1): 30-46.
- Cushen M, Kerry J, Morris M et al. (2013) Migration and exposure assessment of silver from a PVC nanocomposite. *Food Chemistry*, 139(1-4): 389-397.
- Dickinson E (2011) Double Emulsions Stabilized by Food Biopolymers. *Food Biophysics*, 6(1): 1–11.
- Foltynowicz Z, Rodewald D (2011) Opakowania polimerowe zawierające nanosrebro. *Tworzywa Sztuczne w Przemysle, Dodatek Przemysł Opakowaniowy*, 4: XIII-XIV.
- Geoghegan M, Hamley I, Kelsall R (2008) *Nanotechnologie*. Warszawa, PWN.
- Glod D, Adamczak M, Bednarski W (2014) Wybrane aspekty zastosowania nanotechnologii w produkcji żywności. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 5(96): 36-52.
- Hamad AF, Han J-H, Kim B-C et al. (2018) The intertwine of nanotechnology with the food industry. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(1): 27-30.

- Henchion M, McCarthy M, Dillon EJ et al. (2019) Big issues for a small technology: Consumer trade-offs in acceptance of nanotechnology in food. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 58: 102210.
- Huang Y, Chen S, Bing X et al. (2011) Nanosilver Migrated into Food-Simulating Solutions from Commercially Available Food Fresh Containers. *Packaging Technology and Science*, 24(5): 291-297.
- Jakubczyk E (2007) Nanotechnologia w technologii żywności. *Przemysł Spożywczy*, 61(4): 16-22.
- Jakubiak, P, Foltynowicz Z (2004) Nanokompozyty polimerowe – nowoczesne rozwiązania na rynku opakowań, *Opakowanie*, 49(6): 6-9.
- Kampers, F, Hoermann T (2009) Nanotechnology in Food and Packaging: Where are we now and where will we go? *Nano The Magazine for Small Science*, 13: 28-30.
- Kunicka-Styczyńska A (2012) Biotechnologia i nanotechnologia w produkcji żywności. *Przemysł spożywczy*, 66(5): 33-36.
- Neethirajan S, Jayas DS (2011) Nanotechnology for the food and bioprocessing industries. *Food Bioprocess Technology*, 4(1): 39-47.
- Ozimek L, Pospiech E, Narine S (2010) Nanotechnologies in food and meat processing. *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria*, 9(4): 401-412.
- Pawlicka M, Wojciechowska-Mazurek M, Postupolski J (2013) Aktywne i inteligentne materiały w nowoczesnych opakowaniach żywności. *Przemysł Spożywczy*, 67(8): 80-84.
- Shahidi F (2009). Nutraceuticals and functional foods: whole versus processed foods. *Trends Food Science & Technology*, 20(9): 376-387.
- Shirale DJ, Bangar MA, Park M et al. (2010) Label-free chemiresistive immunosensors for viruses. *Environment. Science Technology*, 44(23): 9030-9035.
- Sozer N, Kokini JL (2009) Nanotechnology and its applications in the food sector. *Trends Biotechnology*, 27(2): 82-89.
- Szymańska I, Kupiec M, Osytek K i in. (2019) Nanotechnologia w produkcji żywności - możliwości, zagrożenia, konsument. *Przemysł Spożywczy*, 73(11): 14-19.
- Weiss J, Takhistov P, McClements J (2006) Functional Materials in Food Nanotechnology. *Journal of Food Science*, 71(9): 107-115.
- Yu J, Park J-Y, Kwon Ch-W, Hong S-CH (2018) An Overview of Nanotechnology in Food Science: Preparative Methods, Practical Applications, and Safety. *Journal of Chemistry*, 2018(15): 1-10.

7. Bezpieczeństwo stosowania diety roślinnej w różnych okresach życia – korzyści i zagrożenia zdrowotne związane ze stosowaniem diety roślinnej

Safety of the use of a plant-based diet in different life periods – health benefits and risks of using a plant-based diet

Sandra Kryska, Wiktoria Pietryga

Śląska Wyższa Szkoła Medyczna w Katowicach

Sandra Kryska: sandrakryska@vp.pl

Słowa kluczowe: wegetarianizm, dieta wegetariańska, dieta wegańska

Streszczenie

Wyróżnia się kilka rodzajów diet roślinnych (m. in.: dieta laktoowegetariańska, laktowegetariańska, owowegetariańska, wegańska), ale wszystkie mają wspólny mianownik – polegają na świadomym i zamierzonym niespożywaniu mięsa (także ryb i owoców morza) oraz produktów pochodzących z uboju zwierząt (żelatyna, smalec). Udowodniono, że odpowiednio zaplanowane diety roślinne wiążą się z wieloma korzyściami zdrowotnymi i mogą stanowić prewencję chorób cywilizacyjnych (m. in.: otyłości, cukrzycy typu 2, chorób sercowo-naczyniowych). Największe światowe stowarzyszenia dietetyków uznają właściwie zbilansowane diety roślinne za odpowiednie na każdym etapie życia człowieka. Nieodpowiednio zbilansowana i niesuplementowana dieta roślinna może doprowadzić do niedoborowego spożycia niektórych składników odżywczych w każdym okresie życia, dlatego ważne jest promowanie wiedzy dotyczącej prawidłowego komponowania posiłków roślinnych.

1. Wstęp

Wyróżnia się kilka rodzajów diet roślinnych, ale wszystkie polegają na świadomym i zamierzonym niespożywaniu mięsa (także ryb i owoców morza) oraz produktów pochodzących z uboju zwierząt (żelatyna, smalec). Można je klasyfikować w następujący sposób:

- dieta laktoowegetariańska – dopuszczająca spożywanie jaj i nabiału,
- dieta laktowegetariańska – dopuszczająca spożywanie nabiału, ale wykluczająca jaja,
- dieta owowegetariańska – dopuszczająca spożywanie jaj, ale wykluczająca nabiał,
- dieta wegańska – wykluczająca wszystkie produkty pochodzenia zwierzęcego (także miód).

2. Opis zagadnienia

Udowodniono, że odpowiednio zaplanowane diety roślinne wiążą się z wieloma korzyściami zdrowotnymi i mogą stanowić prewencję chorób cywilizacyjnych. Największe światowe stowarzyszenia dietetyków uznają właściwie zbilansowane diety roślinne za odpowiednie na każdym etapie życia człowieka (Melina et al. 2016; Agnoli i in. 2017; American Dietetic Association and Dietitians of Canada 2003). Komitet Nauki o Żywieniu Człowieka Polskiej Akademii Nauk (PAN), wskazuje jednak, że konsumentami diety roślinnych powinny być wyłącznie osoby dorosłe (PAN 2019). Pojawiają się bowiem obawy dotyczące niewystarczalności diet roślinnych (szczególnie diet wegańskich) w odniesieniu do niektórych składników odżywczych (Sobiecki 2016).

Diety wegetariańskie mogą przyczyniać się do zmniejszenia ryzyka wystąpienia chorób układu krążenia, czynników ryzyka kardiometabolicznego oraz niektórych nowotworów. Diety wegańskie, w porównaniu z dietami laktoowegetariańskimi, dodatkowo mogą chronić przed otyłością, cukrzycą typu 2 i nadciśnieniem tętniczym (Le i in. 2014). Sugeruje się, że dieta wegańska może przyczyniać się do niższej gęstości kości i zwiększać ryzyko ich złamań. Mechanizmy leżące u podstaw wpływu diety roślinnej na zdrowie wiążą się głównie z prawidłowym lub nieprawidłowym spożyciem kluczowych składników odżywczych (Alles i in. 2017; Kibil i in. 2018).

3. Przegląd literatury

Osoby stosujące diety roślinne charakteryzują się niższą masą ciała niż osoby spożywające mięso. Utrzymywanie odpowiedniej masy ciała wiąże się z prawidłowym funkcjonowaniem układu krążenia i odpowiednią wrażliwością tkanek na insulinę (Kibil i in. 2018). Diety roślinne mogą przyczyniać się do redukcji tkanki tłuszczowej u osób z nadwagą lub otyłością, poprzez (Najjar i in. 2019):

- niższą gęstość energetyczną i większą objętość produktów roślinnych niż produktów zwierzęcych, ze względu na wysoką zawartość błonnika i wody, co prowadzi do wcześniejszego uczucia sytości, a w konsekwencji do zmniejszenia spożycia kalorii,
- bakterie jelitowe, fermentując włókno pokarmowe, przyspieszają syntezę krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych, które zwiększają poziom hormonów sytości i opóźniają opróżnianie żołądka,
- polifenole i nienasycone kwasy tłuszczowe, których udział jest zwiększony w dietach roślinnych, oddziałując na wątrobę, mięśnie szkieletowe i tkankę tłuszczową, zwiększają ekspresję receptora aktywowanego przez proliferatory peroksydomów (PPAR). Główną rolą PPAR- α jest regulacja metabolizmu kwasów tłuszczowych prowadząca do zmniejszenia wolnych kwasów tłuszczowych krążących we krwi i ich mniejszej dostępności dla tkanki tłuszczowej, więc jej przerost jest ograniczony. Zmniejszenie ilości wolnych kwasów tłuszczowych poprawia wrażliwość tkanek na insulinę,
- zmniejszone spożycie tłuszczów nasyconych, charakterystyczne dla diet roślinnych, poprawia wrażliwość tkanek na insulinę,
- obserwuje się odwrotną zależność między spożyciem polifenoli (które w diecie roślinnej jest wysokie), a masą ciała. Za ten efekty może być częściowo odpowiedzialna termogeneza, która zostaje zwiększona poprzez działanie polifenoli na białka rozprzegające w mitochondriach,
- weganie i wegetarianie charakteryzują się znacznie mniejszym stężeniem trimetyloaminy-N-tlenku (TMAO) w osoczu w porównaniu z osobami spożywającymi mięso. Cholina i L-karnityna są metabolizowane przez bakterie jelitowe do produkcji trimetyloaminy, która w wątrobie jest utleniana do TMAO. Produkty roślinne również mogą dostarczać cholinę i L-karnityn, jednak wegetarianie cechują się znacznie mniej liczną populacją bakterii jelitowych wytwarzających TMAO niż osoby spożywające mięso. Różnica w składzie flory jelitowej może być powodem mniejszego stężenia TMAO w osoczu wegetarian.

Wpływ diety roślinnej na zmniejszenie ryzyka chorób układu krążenia może wynikać z (częściowego lub całkowitego) ograniczenia spożycia produktów odzwierzęcych: mięso (głównie czerwone), jaja i tłuste produkty mleczne (śmietana, masło, sery podpuszczkowe), które są bogatym źródłem cholesterolu i nasyconych kwasów tłuszczowych (Parol i in. 2015):

- mięso – nadmierne spożywanie żelaza hemowego, które występuje w dużych ilościach w podrobach i mięsie (szczególnie czerwonym), w badaniach, jest związane ze zwiększonym ryzykiem CVD i cukrzycy typu 2. Mięso czerwone zawiera duże ilości L-karnityny, która w organizmie jest metabolizowana do TMAO, powiązanej z ryzykiem wystąpienia miażdżycy. Największe ryzyko chorób układu krążenia niesie ze sobą spożywanie mięsa przetworzonego,
- jaja – są bogate w cholinę, która w organizmie jest przekształcana do TMAO. Zawierają duże ilości cholesterolu, a ich nadmierna podaż z dietą powoduje podwyższenie poziomu cholesterolu całkowitego we krwi oraz obniżenie ilości frakcji HDL (ang. high density lipoprotein) względem frakcji LDL (ang. low density lipoprotein). Spożycie 4 jaj tygodniowo przez osobę zdrową może wiązać się ze zwiększeniem ryzyka chorób sercowo-naczyniowych o 6% (w niektórych badaniach ta zależność nie została potwierdzona), natomiast spożycie takiej samej ilości jaj tygodniowo przez osobę chorą na cukrzycę typu 2 wiąże się ze zwiększeniem ryzyka rozwoju chorób sercowo-naczyniowych o 40%,

- produkty mleczne – ich wpływ na ryzyko CVD zależy od zawartości tłuszczów nasyconych i cholesterolu w danym produkcie mlecznym. Masło, śmietana, sery podpuszczkowe, jogurt grecki i twaróg mogą zwiększać ryzyko rozwoju tych chorób, natomiast produkty mleczne z obniżoną zawartością tłuszczu wydają się być bezpieczne dla serca i układu krążenia.

Istotną rolę w zmniejszaniu ryzyka chorób układu krążenia może odegrać wprowadzenie do diety produktów roślinnych bogatych w: błonnik, przeciwutleniacze, fitozwiązki, białko roślinne oraz nienasycone kwasy tłuszczowe (Parol i in. 2015):

- nasiona roślin strączkowych (szczególnie soja) – zmniejsza ryzyko rozwoju choroby niedokrwiennej serca o 14%. Soja jest często wykorzystywana do wyrobu produktów, których zadaniem jest zastępowanie produktów zwierzęcych (mleko sojowe, jogurty sojowe, tofu, tempeh, itp.). Soja i produkty z niej wytworzone, charakteryzują się niską zawartością nasyconych kwasów tłuszczowych, brakiem cholesterolu oraz wysoką zawartością białka, nienasyconych kwasów tłuszczowych i błonnika. Sugeruje się, że obniża stężenie cholesterolu frakcji LDL,
- pełnoziarniste produkty zbożowe – zawierają kilkadziesiąt substancji, odpowiedzialnych za zdrowie układu sercowo-naczyniowego, do których należą witaminy, składniki mineralne, błonnik, antyoksydanty oraz kwasy tłuszczowe. Ich spożywanie może sprzyjać obniżaniu ryzyka zdarzeń sercowo-naczyniowych,
- orzechy – obserwuje się odwrotną proporcjonalnie zależność pomiędzy spożywaniem orzechów a śmiertelnością z powodu zdarzeń sercowo-naczyniowych. Spożywanie 28 g orzechów 4 razy w tygodniu zmniejsza ryzyko choroby niedokrwiennej serca o 22-24% (zależność ta nie występuje w przypadku udaru). Spożywanie 50-100 g orzechów 5 razy w tygodniu, przez osoby z prawidłowym lub podwyższonym stężeniem cholesterolu, przyczynia się do obniżenia poziomu cholesterolu całkowitego i cholesterolu frakcji LDL. Istotną rolę w regulacji gospodarki lipidowej pełnią orzechy brazylijskie, których spożycie tylko jeden raz na miesiąc w ilości 20 g (ok. 4 orzechy) obniża poziom cholesterolu całkowitego, cholesterolu frakcji LDL oraz utlenionych cząsteczek LDL. Orzechy poprawiają także funkcjonowanie śródbłonna naczyń krwionośnych (wspomniane działanie dotyczy orzechów laskowych i orzechów włoskich),
- warzywa i owoce – są bogate w witaminę C, fitozwiązki antyoksydacyjne, magnez i potas. Spożycie 80 g owoców i 70 g warzyw dziennie zmniejsza śmiertelność z przyczyn sercowo-naczyniowych odpowiednio o 5% i 4%. Owoce wykazują silniejszy efekt kardioprotekcyjny niż warzywa. Większy udział warzyw i owoców w diecie jest związany ze zmniejszonymi wartościami ciśnienia skurczowego i rozkurczowego krwi oraz obniżonym poziomem cholesterolu frakcji LDL,
- białko pszenne (gluten) – może być używany do wytwarzania produktów, będących zamiennikami mięsa. Wprowadzenie gluten do diety osób z zaburzoną gospodarką lipidową może obniżyć stężenie trójglicerydów, utlenionych cząsteczek LDL oraz kwasu moczowego.

W kontekście prawidłowego funkcjonowania układu sercowo-naczyniowego, oparcie diety na produktach roślinnych niesie wiele pozytywny aspektów. Jednak niedobór witaminy B12 i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych omega-3, może nasilić niektóre czynniki ryzyka CVD. Niedobór witaminy B12 przyczynia się do zwiększenia stężenia homocysteiny (czynnik ryzyka CVD). Osoby stosujące dietę wegańską i nieuzupełniające ewentualnych niedoborów witaminy B12 (najlepszą metodą jest suplementacja) mogą poprzez to znosić pozytywne skutki diety roślinnej i/lub znaleźć się w grupie ryzyka chorób układu krążenia. Kwasami tłuszczowymi, istotnymi dla prawidłowego funkcjonowania układu sercowo-naczyniowego (poprzez wpływ na stabilność blaszki miażdżycowej, niwelowanie stanów zapalnych, obniżenie tętna, obniżanie ciśnienia tętniczego, insulinowrażliwość) są kwasy: eikozapentaenowy (EPA) i dokozaheksaenowy (DHA), których głównym źródłem w diecie są ryby, eliminowane zarówno przez wegan, jak i wegetarian. U osób

stosujących dietę wegetariańską lub wegańską warto rozważyć suplementację EPA i DHA olejem z mikroalg morskich (Parol i in. 2015).

Dieta stanowi istotną rolę w prewencji osteoporozy, ale głównie w czasie kształtowania się tkanki kostnej (dzieciństwo, okres dojrzewania, okres wczesnej adolescencji). Dieta wegańska, w kontekście rozwoju osteoporozy, może zwiększać jej ryzyko poprzez (Dardzińska i in. 2016):

- niedostateczną zawartość białka – niska podaż białka w diecie jest niepożądana analogicznie do jego zbyt dużej podaży. Białko, niezależnie od pochodzenia, spożywane w zalecanej ilości, zapobiega rozwojowi osteoporozy (nawet jeśli u jednostki występują niedobory wapnia),
- niską zawartość wapnia – roślinnymi źródłami wapnia są: zielona warzywa, roślinne zamienniki nabiału (tofu, napoje roślinne wzbogacane w wapń), nasiona roślin strączkowych, nasiona oleiste i orzechy,
- niską zawartość witaminy D – bez względu na rodzaj stosowanej diety, suplementacja witaminy D jest konieczna. W żywności występuje ona w niewielkich ilościach (głównie w produktach zwierzęcych), a synteza witaminy D w okresie jesienno-zimowym w populacji polskiej jest niewystarczająca,
- zawartość cynku o niskiej przyswajalności – produkty roślinne bogate w cynk są jednocześnie bogate w substancje, które utrudniają jego przyswajanie,
- niską zawartość lub brak witaminy B12 – zwiększone stężenie homocysteiny (związane z niedoborem witaminy B12) stanowi czynniki ryzyka wystąpienia złamań z powodu osteoporozy u osób w wieku podeszłym.

Niemniej jednak właściwie zbilansowana dieta roślinna zawiera większe ilości składników odżywczych, które działają protekcyjnie na układ kostny. Do składników tych należą (Dardzińska i in. 2016):

- magnez i potas – warunkują zdrowie kości, działają alkalizująco, występują powszechnie w owocach i warzywach,
- witamina C – uczestniczy w syntezie kolagenu w kościach, jej źródłem są owoce i warzywa,
- fitozwiązki o działaniu przeciwzapalnym i przeciwutleniającym – β -karoten i likopen działają protekcyjnie na kości i zmniejszają ryzyko złamań (Dardzińska i in. 2016),
- fitoestrogeny, zwłaszcza izoflawony (zawarte głównie w soi i jej przetworach, orzechach ziemnych, orzechach włoskich oraz nasionach słonecznika) mogą pełnić istotną rolę w prewencji osteoporozy. Wykazują zdolność do pobudzania działania komórek tworzących kość (osteoblastów) i hamowania działania komórek odpowiadających za resorpcję tkanki kostnej (osteoklastów). Genisteina (izoflawon) działa analogicznie do estrogenów ludzkich, dlatego jest skuteczna w okresie menopauzalnym (stężenie estrogenów ulega wówczas obniżeniu). Wykazano, że spożywanie dużych ilości genisteiny przez kobiety po okresie menopauzy zapobiega utracie masy kostnej (w wyniku niedoboru estrogenów) i zwiększa gęstość mineralną kości (tej zależności nie obserwuje się u kobiet przed okresem menopauzy) (Gherbi 2012).

Według Polskiej Akademii Nauk diety wegetariańskie oraz tzw. diety pseudowegetariańskie: pescowegetarianizm, semiwegetarianizm oraz fleksitarianizm mogą mieć pozytywny wpływ na zdrowie i zmniejszać ryzyko wystąpienia przewlekłych chorób dietozależnych, ale tylko w przypadku stosowania ich okresowo przez osoby dorosłe, prowadzące siedzący tryb życia (PAN 2019). Niemieckie Towarzystwo Żywnienia (stanowisko z 2016 r.) również nie zaleca diet wegańskich dla niemowląt, dzieci, młodzieży oraz kobiet w ciąży i karmiących. Zaznacza jednak, że osoby, które chcą stosować dietę wegańską powinny obowiązkowo i nieprzerwanie suplementować witaminę B12 oraz pozostawać pod stałą kontrolą doradcy żywieniowego i lekarza (Richter i in. 2016). Amerykańskie Stowarzyszenie Dietetyków i Dietetycy Kanady (stanowisko z 2003 r.), Amerykańska Akademia Żywnienia i Dietetyki (stanowisko z 2016 r.) (Melina i in. 2016) oraz Włoskie Towarzystwo Żywnienia Człowieka (stanowisko z 2017 r.) (Agnoli i in. 2017) zgodnie stwierdzają, że odpowiednio

zaplanowane, obejmujące szeroką gamę produktów roślinnych (w niektórych przypadkach również żywność fortyfikowaną lub suplementy) diety wegetariańskie oraz wegańskie są zdrowe, zapewniają odpowiednią podaż składników odżywczych oraz mogą wykazywać korzystne działanie zdrowotne w zapobieganiu i leczeniu niektórych schorzeń. W związku z czym mogą być stosowane w każdym okresie życia (od niemowlęctwa do okresu starości), łącznie z etapem ciąży i karmienia piersią, mogą być także stosowane przez sportowców. W kwestii stosowania diety roślinnej u niemowląt, Komisja ds. Żywienia Europejskiego Towarzystwa Gastroenterologii, Hepatologii i Żywienia (ang. The European Society for Paediatric Gastroenterology and Nutrition, ESPGHAN), w swoim stanowisku z 2017 r., umieściła informację, wskazującą, że niemowlęta i dzieci mogą być karmione w sposób roślinny (również wegański) pod warunkiem stałej kontroli dietetyka i lekarza (Fewtrell i in. 2017).

Wegetarianki (także weganki) w okresie ciąży i laktacji mogą zaspokoić wszystkie potrzeby odżywcze swojego organizmu, pod warunkiem, że ich dieta będzie zawierać różnorodne produkty roślinne i będzie wzbogacana w witaminę D oraz witaminę B12 (Baroni i in. 2018). W diecie roślinnej u kobiety ciężarnej lub karmiącej, ze względu na zwiększone zapotrzebowanie ustroju i ryzyko niedoborów wynikające z wyłączenia produktów pochodzenia zwierzęcego, szczególną uwagę należy zwrócić na odpowiednią podaż: białka, żelaza, kwasu foliowego (zalecana suplementacja), witaminy B12 (zalecana jest suplementacja), witaminy D (zalecana jest suplementacja), wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 (zalecana suplementacja DHA), wapnia, cynku i jodu (zalecana suplementacja), a także odpowiednią wartość energetyczną stosowanej diety (Baroni i in. 2018). Między mlekiem matek wegańskich, a mlekiem matek, spożywających produkty pochodzenia zwierzęcego, zauważa się różnice w profilu kwasów tłuszczowych. Mleko weganek charakteryzuje się mniejszą zawartością kwasów tłuszczowych nasyconych i wielonienasyconych n-3, natomiast większą zawartością wielonienasyconych n-6. Najlepszym pokarmem dla nowonarodzonego dziecka, przez pierwsze 6 miesięcy jego życia, jest mleko kobiece, a wyniki dotychczasowych analiz wskazują, że niemowlęta karmione mlekiem matki, która stosuje dietę wegańską, rozwijają się prawidłowo (Kibil i in. 2018). Kiedy karmienie naturalne nie może zostać zastosowane, wprowadza się mleko modyfikowane. W przypadku niemowląt wegańskich dostępne są modyfikowane mleka sojowe, jednak nie zaleca się ich wprowadzania przed ukończeniem 6. miesiąca życia dziecka. Największą obawę budzi zawartość izoflawonów w modyfikowanym mleku sojowym (może być od 3 do nawet 30 razy większa niż w mleku kobiecym). Prawdopodobnie izoflawony w osoczu dzieci nie występują w postaci wolnej, więc nie wykazują działania hormonalnego, ale ich czynność biologiczna nie jest jednoznacznie rozstrzygnięta. Analiza 35 badań z udziałem niemowląt karmionych mlekiem modyfikowanym sojowym i niemowląt karmionych mlekiem kobiecym lub modyfikowanym krowim nie wykazała negatywnych skutków wśród niemowląt karmionych wegańsko. Pomiędzy dziećmi, które były karmione mlekiem roślinnym (sojowym), a dziećmi, które były karmione mlekiem krowim lub kobiecym nie zaobserwowano różnic w ilorazie inteligencji, zaburzeniach emocjonalnych, trudnościach w uczeniu się lub zaburzeniach zachowania. Preparaty sojowe nie są zalecane do stosowania u niemowląt urodzonych przedwcześnie, ze względu na zawartość glinu (należy go unikać z powodu nierozwiniętych w pełni nerek u wcześniaka) oraz niewielką wiedzę o wpływie mleka sojowego na rozwój układu kostnego dziecka (Kibil i in. 2018). Kobiety, które chcą stosować dietę roślinną w czasie ciąży i karmienia piersią powinny być świadome źródeł powyższych składników pokarmowych oraz technik przygotowywania posiłków, które mogą zwiększać biodostępność zawartych w nich makro- i mikroelementów oraz witamin (Baroni i in. 2018).

Aktualnych badań z udziałem niemowląt i małych dzieci, u których stosowane są diety roślinne jest niewiele. Istniejące dane nie dają jednoznacznych informacji na temat korzyści lub zagrożeń zdrowotnych wynikających ze stosowania diety roślinnej przez dzieci i młodzież (Schürmann i in. 2017). Główną obawą związaną ze stosowaniem tego sposobu żywienia (szczególnie diety wegańskiej) u niemowląt i dzieci jest ich nieodpowiednie zbilansowanie. Źle zaplanowane diety roślinne mogą powodować niedobory makro- i mikroelementów, a w konsekwencji sprzyjać zahamowaniu wzrostu i rozwoju dziecka (Weder i in. 2019). W niektórych badaniach różnice w spożyciu składników odżywczych między dziećmi żywionymi w sposób tradycyjny, a dziećmi żywionymi wyłącznie produktami roślinnymi nie zostały zaobserwowane.

Dzieci wegetariańskie i wegańskie w większości przypadków nie wykazywały nieprawidłowości antropometrycznych i rozwijały się adekwatnie do swojego wieku. Tylko niektóre badania wskazywały, że dzieci żywiące dietami roślinnymi były szczuplejsze i niższe (zwłaszcza dzieci poniżej 5 r. ż.) niż dzieci, u których stosowano żywnienie zawierające mięso i produkty pochodzenia zwierzęcego (Weder i in. 2019). Niższa masa ciała wśród dzieci wegetariańskich mogła wynikać z różnicy w sposobie ich wczesnego karmienia (dzieci wegetariańskie były częściej karmione piersią), natomiast grupa kontrolna obejmowała niemowlęta, których duża część karmiona była pokarmem sztucznym, wykazujące tendencje do osiągnięcia większej masy ciała i wzrostu. Większość badań z udziałem wegetariańskich i wegańskich dzieci pochodzi z lat 1970-1990. Od tamtego czasu diety roślinne zyskały dużą popularność, a współczesny rynek żywności oferuje szereg zamienników mięsa i produktów mlecznych oraz suplementy diety dla osób stosujących diety roślinne. Odpowiednie bilansowanie diet wegetariańskich i wegańskich wydaje się być coraz łatwiejsze (Weder i in. 2019).

4. Podsumowanie

Nieodpowiednio zbilansowana dieta roślinna może doprowadzić do niedoborowego spożycia niektórych składników odżywczych w każdym okresie życia. Najbardziej kontrowersyjna jest dieta wegańska, ponieważ wprowadza liczne ograniczenie, które utrudniają jej odpowiednie bilansowanie. Problematyczne może okazać się dostarczenie z dietą roślinną składników odżywczych, których źródła przeważają w produktach pochodzenia zwierzęcego, należą do nich: witamina B2, witamina B12, aktywna forma witaminy A, witamina D, selen oraz jod. Warto także zwrócić uwagę na minerały: wapń, żelazo oraz cynk, których biodostępność jest niższa niż tych zawartych w pożywieniu zwierzęcym. Mając wiedzę o źródłach danych składników w produktach roślinnych, technikach przygotowywanie posiłków oraz obowiązkowej suplementacji niektórych witamin i minerałów (w zależności od stanu fizjologicznego) możliwe jest stosowanie diety roślinnej w sposób korzystny dla zdrowia.

5. Literatura

- Agnoli C, Baroni L, Bertini I et al. (2017) Position paper on vegetarian diets from the working group of the Italian Society of Human Nutrition. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 27(12): 1037-1052.
- American Dietetic Association and Dietitians of Canada (2003) Position of the American Dietetic Association and Dietitians of Canada: Vegetarian diets. *Canadian Journal of Dietetic Practice and Research.* 64(2): 62–81.
- Alles B, Baudry J, Mejean C et al. (2017) Comparison of sociodemographic and nutritional characteristics between self-reported vegetarians, vegans, and meat-eaters from the NutriNet-Sante Study. *Nutrients* 9: 1023.
- Baroni L, Goggi S, Battaglini R et al. (2018) Vegan Nutrition for Mothers and Children: Practical Tools for Healthcare Providers. *Nutrients* 11(1): 5.
- Bienkiewicz M, Bator E, Bronkowska M (2015) Błonnik pokarmowy i jego znaczenie w profilaktyce zdrowotnej. *Problemy Higieny i Epidemiologii* 96(1), 57-63.
- Dardzińska J, Banach D, Małgorzewicz S (2016) Diety roślinne a ryzyko rozwoju osteoporozy. *Forum Zaburzeń Metabolicznych* 7, 3: 99–105.
- Fewtrell M, Bronsky J, Campoy C et al. (2017) Complementary Feeding: A Position Paper by the European Society for Paediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition (ESPGHAN) Committee on Nutrition. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr* 64: 119–132.
- Gherbi E (2012) Znaczenie fitoestrogenów roślinnych w profilaktyce osteoporozy. *Postępy Fitoterapii* 192-196.
- Kibil I, Gajewska D (2018) Wege. Dieta roślinna w praktyce. PZWL Warszawa 11-14, 152-163.
- Komitet Nauki o Żywieniu Człowieka Polskiej Akademii Nauk (2019) Stanowisko Komitetu Nauki o Żywieniu Człowieka PAN w sprawie wartości odżywczej i bezpieczeństwa stosowania diet wegetariańskich.

- Le LT, Sabaté J (2014) Beyond Meatless, the Health Effects of Vegan Diets: Findings from the Adventist Cohorts. *Nutrients* 6(6): 2131–2147.
- Melina V, Craig W, Levin S (2016) Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: Vegetarian diets. *J. Acad. Nutr. Diet.* 116(12): 1970–1980.
- Najjar RS, Feresin RG (2019) Plant-Based Diets in the Reduction of Body Fat: Physiological Effects and Biochemical Insights. *Nutrients* 11(11): 2712.
- Parol M, Mamcarz A (2015) Diety roślinne w kontekście chorób układu sercowonaczyniowego. *Folia Cardiologica* 10, 2: 92–99.
- Richter M, Boeing H, Grünewald-Funk D et al. (2016) For the German Nutrition Society. Vegan diet. Position of the German Nutrition Society (DGE) *Ernähr. Umsch.* 63:92– 102.
- Schürmann S, Kersting M, Alexy U (2017) Vegetarian diets in children: A systematic review. *Eur. J. Nutrients* 56: 1797–1817.
- Sobiecki JG, Appleby PN, Bradbury KE et al. (2016) High compliance with dietary recommendations in a cohort of meat eaters, fish eaters, vegetarians, and vegans: Results from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition-Oxford study. *Nutr. Res.* 36: 464–477.
- Weder S, Hoffmann M, Becker K et al. (2019) Energy, Macronutrient Intake, and Anthropometrics of Vegetarian, Vegan, and Omnivorous Children (1-3 Years) in Germany (VeChi Diet Study). *Nutrients* 11(4): 832.

8. Kurkumina – biodostępność i właściwości prozdrowotne

Curcumin - bioavailability and health-promoting properties

Katarzyna Łupina

Katedra Biochemii i Chemii Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Słowa kluczowe: kurkuma, przeciwzapalny, nanocząsteczka, przeciwnowotworowy

Streszczenie

Kurkumina (CUR) to naturalny barwnik polifenolowy, który w ostatnich latach zyskał na popularności jako potencjalny element terapii schorzeń, takich jak nowotwory, zaburzenia neurologiczne i choroby układu sercowo-naczyniowego. Główne działanie terapeutyczne jakie przypisuje się CUR to właściwości antyoksydacyjne, przeciwzapalne, immunomodulujące, przeciwnowotworowe, chemoprewencyjne oraz neuroprotektoryjne. Pomimo udokumentowanego działania *in vivo*, aktywność terapeutyczna CUR jest ograniczona z powodu jej niekorzystnego profilu farmakokinetycznego, uwarunkowanego słabą rozpuszczalnością w środowisku wodnym. Ponieważ CUR charakteryzuje się silnym działaniem pleiotropowym, podejmowane są próby zwiększenia jej biodostępności, co w efekcie ma sprawić, że związek stanie się jednym z czołowych naturalnych środków terapeutycznych. W niniejszej pracy przedstawiono najnowsze doniesienia obejmujące opis metod polepszenia biodostępności CUR oraz jej właściwości prozdrowotnych.

1. Wstęp

W ciągu ostatniej dekady obserwuje się coraz większe zainteresowanie świata naukowego roślinami leczniczymi, które uznawane są za jedno z głównych źródeł środków terapeutycznych w medycynie tradycyjnej. Jest to konsekwencja społecznego przekonania, że leki naturalne są zdrowsze i bezpieczniejsze w porównaniu do substancji otrzymywanych syntetycznie. Szczegółowe badania laboratoryjne i kliniczne pozwoliły potwierdzić właściwości prozdrowotne wielu gatunków roślin, zarówno tych powszechnie wykorzystywanych, jak i tych mniej popularnych. Ostryż długi (*Curcuma longa*) potocznie nazywany kurkumą lub szafranem indyjskim, to ceniony na całym świecie surowiec, którego sproszkowane kłącza są wykorzystywane jako przyprawa oraz naturalny jaskrawożółty barwnik. Ostryż długi pochodzi z południowo-wschodnich rejonów Indii, jednak uprawiany jest na szeroką skalę również w Afryce. W Europie po raz pierwszy pojawił się wraz z kupcami arabskimi w XIII wieku. Kurkuma to roślina o wysokim potencjale eksportowym. Stanowi główną część składową przyprawy „curry”, a także jest składnikiem lekarstw, kosmetyków i suplementów diety (Terlikowska i in. 2014).

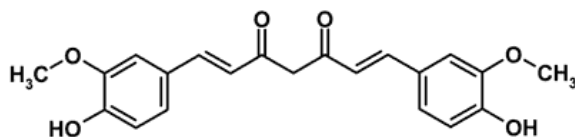
Kurkuma stanowi nieodłączny element starożytnej medycyny chińskiej i indyjskiej. Doniesienia historyczne potwierdzają, że roślinę stosowano jako środek leczniczy już 5000 lat temu. Wykorzystywana była m.in. do leczenia niestrawności, kolki, dolegliwości związanych z pracą wątroby i żołądka, łagodzenia bólów zębów i klatki piersiowej. Kurkuma jest także znanym lekarstwem łagodzącym stany zapalne oraz przyspieszającym leczenie ran i blizn (Terlikowska i in. 2014).

Związki chemiczne odpowiedzialne za prozdrowotne działanie kurkumy określane są wspólną nazwą - kurkuminoidy. Związki te należą do grupy polifenoli, a ich zawartość w częściach rośliny waha się od 2,5 do 6,0%. Kompleks kurkuminoidów obecny w kłączach ostryżu długiego składa się głównie z kurkuminy (CUR, ~85%), demetoksykurkuminy (~15%), bisdemetoksykurkuminy (~5%), i niewielkich ilości cyklokurkuminy. Spośród wymienionych polifenoli CUR to związek charakteryzujący się największą aktywnością. Substancja ta została odkryta w 1815 roku, jednak dopiero w 1910 r. polscy chemicy określili jej strukturę chemiczną. Związek wykazuje potencjalnie szerokie spektrum działania zarówno na poziomie komórkowym jak i tkankowym (Scuto i in. 2019).

Na skalę przemysłową CUR jest wykorzystywana przede wszystkim, jako naturalny barwnik spożywczy nadający jaskrawożółtą barwę produktom. CUR ma status GRAS (Generally Recognized

as Safe) nadany przez Amerykańską Agencję ds. Żywności i Leków (FDA). W międzynarodowej numeracji dodatków do żywności, CUR oznaczona jest symbolem E100. Substancja znalazła zastosowanie w wytwarzaniu produktów cukierniczych, piekarskich, mlecznych, niektórych musztard, konserw warzywnych i napoi oraz suszonych ziemniaków. W połączeniu z innym naturalnym barwnikiem – annato, stosowana jest do barwienia margaryn oraz sosów otrzymanych na bazie majonezu. Ekstrakty CUR wykorzystywane są także w celu nadania zapachu i silnego, specyficznego smaku produktom. Silne właściwości barwiące substancji znalazły zastosowanie również w przemyśle tekstylnym (Przybylska 2015; Mohebbati i in. 2017)

CUR należy do grupy naturalnych barwników polifenolowych, a jej nazwa systematyczna to diferuloilometan(1E,6E)-1,7-bis(4-hydroksy-3-metoksyfenyl)-1,6-heptadien-3,5-dion (Rys.1). Substancja może występować w dwóch formach tautometrycznych: ketonowej i enolowej. Równowaga między dwoma formami zależna jest od rodzaju rozpuszczalnika. W przypadku roztworów kwaśnych oraz obojętnych dominować będzie forma ketonowa, z kolei środowisko zasadowe jest bardziej sprzyjające dla formy enolowej. Obecność silnego wewnętrznego wiązania wodorowego w enolowej formie CUR sprawia, że związek jest bardziej stabilny w porównaniu do formy ketonowej. Substancja ma charakter hydrofobowy, dlatego wykazuje bardzo słabą rozpuszczalność w wodzie, jednak dobrze rozpuszcza się w etanolu, acetonie, metanolu i olejach. Związek charakteryzuje się silnymi pasami absorpcji w zakresie od 410 do 430 nm, a także przy $\lambda=265$ nm (w obszarze ultrafioletu). CUR jest odporna na działanie wysokiej temperatury ($<120^{\circ}\text{C}$), jednak wykazuje dużą wrażliwość na działanie promieniowania UV. Związek należy do naturalnych wskaźników pH; w środowisku kwaśnym przybiera intensywny odcień żółty, z kolei w kontakcie ze środowiskiem zasadowym barwi się na kolor czerwono-brązowy. W handlu CUR może występować w formie olejku o zawartości CUR 3-5%, oleożywicy zawierającej od 37 do 55% CUR oraz w postaci oczyszczonej osadzonej na nośniku (Przybylska 2015; Wong i in. 2019). Czysta CUR stosowana jest do celów analitycznych.



Rys. 1. Wzór strukturalny kurkuminy.

Spółeczność naukowa deklaruje szeroki terapeutyczny potencjał CUR, co udokumentowane jest rosnącą ilością badań klinicznych i laboratoryjnych dotyczących działania tego związku. Pomimo dużego potencjału prozdrowotnego, pojawia się poważny problemem utrudniający medyczne wykorzystanie CUR, tj. jej bardzo niska biodostępność. Charakter hydrofobowy, słaba absorpcja jelitowa, szybki rozkład w wątrobie i niestabilność strukturalna CUR w organizmie ogranicza jej potencjał aplikacyjny. Bardzo niska rozpuszczalność substancji w wodzie (ok. 0,6 $\mu\text{g/ml}$) powoduje słabe wchłanianie w przewodzie pokarmowym po podaniu doustnym, co znacznie ogranicza jej działanie. Największe stężenie związku w osoczu obserwuje się po około 1 – 2 godzinach od spożycia, jednak najsilniejsze efekty terapeutyczne spowodowane są jej miejscowym bezpośrednim działaniem w przewodzie pokarmowym, głównie w jelicie grubym. CUR po spożyciu trafia najpierw do żołądka gdzie wchłanianie polifenoli jest znikome. Substancja jest odporna na działanie niskiego pH, dlatego do jelita grubego dociera praktycznie bez żadnych modyfikacji strukturalnych. Dopiero na tym etapie przewodu pokarmowego CUR może być poddana działaniu enzymów metabolizmu I fazy. Głównym enzymem należącym do tej grupy jest cytochrom P450, jednak co zaskakujące wydaje się on nie brać udziału w metabolizmie tego związku. Na tym etapie dochodzi do redukcji czterech podwójnych wiązań w cząsteczce. Za reakcję odpowiedzialne są enzymy obecne w cytozolu enterocytów, obejmujące m.in. dehydrogenazę alkoholową. Reakcja ta pozwala uzyskać trzy podstawowe metabolity CUR: tetrahydrokurkuminy, heksahydrokurkuminy oraz oktahydrokurkuminy. CUR oraz powstałe związki są następnie poddawane metabolizmowi II fazy, w celu uzyskania kolejnych metabolitów sprzężonych z kwasem glukuronowym i siarkowym.

Głównym enzymem tej fazy jest S-transferaza glutationowa. Wydaje się, że CUR łatwo ulega sprzężeniu i ostatecznie głównym jej metabolitem jest glukoronid CUR, który wykrywany jest w komórkach, narządach i płynach ustrojowych (Metzler i in. 2013; Meo i in. 2019).

Badania nad zwiększeniem biodostępności, stabilności i rozpuszczalności CUR są obecnie jednym z ważniejszych aspektów mających spopularyzować wykorzystanie związku jako efektywnego nutraceutyku. W celu poprawienia biodostępności CUR, w tym poprawienia jej rozpuszczalności, wytwarza się połączenia z jonami metali (np. Cu^{2+} , Zn^{2+} , Mg^{2+} , Se^{2+}) i albuminami, a także wykorzystuje się współdziałanie CUR z piperyną. Inne sposoby zwiększania biodostępności opierają się na zmianie struktury chemicznej CUR, sprzężanie z lipidami, jak również zamykanie związku w nanocząsteczkach i egzosomach (Przybylska 2015; Scuto i in. 2019).

2. Opis Zagadnienia

Celem niniejszej pracy jest przegląd i analiza dostępnych danych literaturowych dotyczących sposobów poprawy biodostępności i wielokierunkowego działania CUR na organizm człowieka. Przedstawione badania laboratoryjne i kliniczne opisują efekty stosowania CUR oraz metody otrzymywania nanocząsteczek umożliwiających jej lepsze wykorzystanie.

3. Przegląd Piśmiennictwa

Plejotropowe działanie CUR powoduje, że może ona regulować aktywność i ekspresję białek, enzymów, receptorów czynników wzrostu, kofaktorów i wielu innych cząsteczek, stąd też związek może stanowić wspomagający element terapii wielu różnorodnych schorzeń. Efektywność CUR w dużej mierze zależy od jej biodostępności. W ostatnich latach rozwiązaniem problemu małej biodostępności środków terapeutycznych stał się system dostarczania leków z wykorzystaniem technologii nanocząsteczek. Systemy nanoenkapsulacji mają duży potencjał nośnikowy, gdyż ich rozmiar subkomórkowy umożliwia względnie lepsze wchłanianie wewnątrzkomórkowe, poprawienie stabilności i ochronę związków aktywnych przed degradacją. Kapsułkowanie opiera się na uwięzieniu substancji czynnej w materiale, który ją powleka, lub w którym jest zdyspergowana. Do tej pory opisano wiele metod kapsułkowania CUR, m.in. z wykorzystaniem cyklodekstryn, liposomów, mikroemulsji czy miceli (Cai i in. 2013; Baspinar i in. 2018). Najnowsze badania Baspinara i in. (2018) skupiają się na wytworzeniu nanocząsteczkowych nośników CUR z zeiny i chitozanu. Badacze zastosowali także dodatek piperyny, czyli głównego składnika pieprzu czarnego (*Piper nigrum L.*). Substancja ta znana jest jako silny biowzmacniacz, zwiększający wchłanianie leków z jelit oraz hamujący ich metabolizm. Odnotowano wysoką skuteczność nanokapsułkowania mieszaniny CUR i piperyny, a opracowany preparat wykazywał silne działanie cytotoksyczne w stosunku do komórek nerwiaka niedojrzałego. Stosując CUR w stężeniu 10-25 mg/ml, zaobserwowano zmniejszenie żywotności komórek rakowych o około 50%. Uzyskany rezultat może zatem stanowić podstawę do opracowania receptury gotowego produktu farmaceutycznego.

Badania skupiające się na poprawieniu biodostępności CUR są często połączone z analizą jej właściwości przeciwutleniających. CUR to silny antyoksydant, porównywalny do witaminy C i E. Regularne spożywanie tego związku powoduje neutralizację reaktywnych form tlenu (m.in. rodnika hydroksylowego, anionorodnika ponadtlenkowego, tlenku azotu) w komórce. Co więcej, CUR powoduje wzrost stężenia wewnątrzkomórkowego glutationu, który także charakteryzuje się silnym działaniem przeciwutleniającym. Utrzymanie aktywności przeciwutleniającej podczas wytwarzania nanokapsulek czy emulsji jest kluczowe i niezbędne do zachowania potencjału farmakologicznego CUR. Preparaty przeznaczone do konsumpcji przez ludzi muszą zapewnić taki poziom „hermetyzacji” związku, aby nie stracił on swoich właściwości fizykochemicznych podczas procesu przechowywania (Przybylska 2015). Doświadczenie przeprowadzone przez Carpentera i in. (2019) pozwoliło stwierdzić, że aktywność przeciwutleniająca CUR zamkniętej w emulsji otrzymanej na bazie oleju, izolatu białek serwatkowych (WPI) i alginianu sodu była znacznie wyższa podczas przechowywania, w porównaniu do innych systemów nośnikowych, takich jak emulsja na bazie oleju i WPI, oliwy z oliwek czy etanolu. Z kolei Wang i in. (2019) opracowali metodę wytwarzania kulek hydrożelowych składających się z alginianu sodu i tlenku cynku, które miały za

zadanie kontrolowane uwalnianie CUR w organizmie. Otrzymany nośnik umożliwił stopniowe uwalnianie CUR, co może wydłużyć czas przebywania związku w przewodzie pokarmowym. Ponadto immobilizowana CUR była stosunkowo trwała; tj. po ekspozycji na promieniowanie UV przez 6 godzin, zdolność naturalizacji rodnika 1,1-difenyl-2-pikrylhydrazylu (DPPH*) przez kulki hydrożelowe zawierające CUR spadła tylko o 13,70%. Dla porównania, w tych samych warunkach aktywność czystej CUR uległa obniżeniu o 62,04%. Przeprowadzone badania dostarczyły zatem użytecznych informacji w zakresie doboru optymalnych nośników dla CUR, umożliwiających jej kontrolowane uwalnianie jak i ochronę, co jest istotne zarówno w zastosowaniach farmaceutycznych, jak i spożywczych.

Poprawienie biodostępności CUR ma na celu przede wszystkim wykorzystanie właściwości prozdrowotnych związku i spotęgowanie korzystnego oddziaływania na organizm. Pomimo, że substancja działa wielokierunkowo, to na pierwszy plan wysuwają się jej właściwości przeciwzapalne. Stan zapalny to podstawowa reakcja układu odpornościowego człowieka w przypadku wystąpienia urazów, infekcji czy zranień. Stanowi on element obronny i jest reakcją pozytywną dla organizmu, jednakże przewlekły stan zapalny może doprowadzić do rozwoju wielu poważnych schorzeń, w tym nawet niektórych typów nowotworów. Przeciwwzapalne działanie CUR opiera się przede wszystkim na zmniejszeniu aktywności cyklooksygenazy-2 (COX-2), lipooksygenazy i syntetazy tlenu azotu (iNOS), a także hamowaniu produkcji czynnika martwicy nowotworów (TNF- α), białka hamującego migrację (MIF) oraz interleukin (IL) biorących udział w powstawaniu procesu zapalnego (IL-1, -2, -6, -8). Dodatkowo CUR blokuje aktywność kinaz, które uczestniczą w wywołaniu i utrzymaniu stanu zapalnego (Fadus i in. 2017). Wiele danych literaturowych skupia się na właściwościach przeciwzapalnych CUR. Przykładowo, Yu i in. (2018) zbadali działanie CUR na komórki mikrogleju tkanki nerwowej linii BV-2 (stymulowane kwasem lipotejchojowym, który przyczynia się do patogenezy chorób neurodegeneracyjnych). CUR w stężeniu 5–20 μ Mnie była cytotoksyczna dla mikrogleju. Niemniej jednak wyniki badań potwierdziły, że substancja hamowała aktywność TNF- α , prostaglandyny E2, iNOS, COX-2 oraz fosforylację kinazy białkowej aktywowanej mitogenami (MAPK), co potwierdza właściwości przeciwzapalne CUR i sugeruje, że może być ona potencjalnym środkiem terapeutycznym w schorzeniach neurodegeneracyjnych takich jak Alzheimer czy Parkinson. Z kolei Maithilikarpagaselvi i in. (2015) przeprowadzili doświadczenie w którym stosowali suplementację CUR w proszku (2 g przez 4 tygodnie) jako dodatkowy element terapii chorych na cukrzycę typu 2 leczonych standardowo metforminą. Wiadome jest, że stan zapalny odgrywa znaczącą rolę w patogenezie tego schorzenia. Grupę eksperymentalną stanowiło 30 osób o średniej wieku $47 \pm 7,17$ lat i BMI równym $23,4 \pm 3,03$, ze stwierdzoną cukrzycą typu II od co najmniej 2 lat. Grupę kontrolną stanowiło kolejne 30 osób chorujących na to samo schorzenie przez podobny okres czasu o średniej wieku $46,8 \pm 6,11$ lat i BMI równym $24,1 \pm 3,26$. Otrzymane wyniki pokazały, że w przypadku grupy badanej nastąpiło zmniejszenie wskaźnika stanu zapalnego hs CRP (parametr obrazuje stężenie białka C-reaktywnego, którego podwyższenie świadczy o poważnych stanach zapalnych) o ok. 31% po 1 miesiącu stosowania, z kolei w grupie kontrolnej spadek ten wynosił tylko ok. 9%. Otrzymany wynik sugeruje, że CUR może stanowić skuteczny środek przeciw zapalny *in vivo*.

Właściwości przeciwzapalne i immodulujące CUR są ściśle związane z jej działaniem przeciwnowotworowym oraz chemoprewencyjnym. Celem każdej chemioterapii jest uśmiercenie nieprawidłowo rozwijających się komórek nowotworowych. Rozwój tego rodzaju komórek wymaga obecności szeregu białek, które promują proliferację oraz hamują apoptozę. Prozapalny czynnik transkrypcyjny κ B reguluje ekspresję wielu białek (IL-1, IL-2 i interferon- γ) biorących udział w szlakach związanych z wzrastaniem nowotworów i stanami zapalnymi. Fosforylowany transkrypcyjny czynnik jądrowy κ B (NF- κ B) prowadzi do blokady apoptozy komórek i inicjuje ich proliferację oraz angiogenezę. CUR tłumia aktywność NF- κ B poprzez hamowanie procesu fosforylacji oraz zmniejszanie aktywności TNF- α , co może powodować stopniowe wyciszeniem zmian nowotworowych. Co więcej, wiadomo, że CUR powoduje apoptozę zwierzęcych i ludzkich komórek nowotworowych w przypadku białaczki, nowotworów prostaty, raka piersi, płuc, okrężnicy, nerek, wątroby i jajników. Dokładny molekularny mechanizm działania proapoptotycznego i antyproliferacyjnego substancji nie jest do końca poznany. Istnieją doniesienia, że CUR prowadzi

do śmierci komórek nowotworowych nie tylko na drodze apoptozy lecz również poprzez tzw. katastrofę mitotyczną, która stanowi alternatywę dla apoptozy (proces ten możliwy jest tylko w komórkach w których upośledzenie niektórych szlaków sygnałowych spowodowało oporność na apoptozę). Dane literaturowe dostarczają również informacji, według których CUR indukuje autofagię czyli zaprogramowaną śmierć komórki na zasadzie samoczynnej fagocytozy (Wolanin i Piwocka 2008). Badania na temat przeciwnowotworowych właściwości CUR są niezwykle obszerne i skupiają się na różnorodnych liniach komórkowych wielu nowotworów. Przykładowo, Wang i in. (2020) wykazali w modelu komórkowym i z wykorzystaniem myszy zaszczerpionych ludzkim rakiem jajnika, że metoda leczenia opierająca się na CUR w połączeniu z docetakselem (lek przeciwnowotworowy, otrzymywany z igieł cisu pospolitego) była najskuteczniejszą terapią przeciw nowotworowi jajnika, poprzez hamowanie proliferacji i angiogenezy guza oraz promowanie apoptozy guza.

4. Wnioski

Obecny stan wiedzy pozwala stwierdzić, że CUR to cenny związek wykazujący wielokierunkowe działanie terapeutyczne. Wiele aktualnych badań naukowych potwierdza jej właściwości przeciwutleniające, przeciwzapalne, immunomodulujące i przeciwnowotworowe. Pomimo wykazanej skuteczności i nietoksyczności, ograniczona biodostępność CUR jest nadal podkreślana jako główny problem aplikacyjny. Obok licznych doniesień na temat właściwości CUR, pojawia się również coraz więcej danych przedstawiających metody poprawy biodostępności tego związku. Modułacja drogi i środka podawania związku, blokowanie szlaków metabolicznych przez jednoczesne podawanie z innymi substancjami lub modyfikacje strukturalne to główne strategie, które są obecnie podejmowane w celu poprawy biodostępności CUR. Rozwój badań może w przyszłości sprawić, że CUR będzie jednym z najważniejszych naturalnych środków terapeutycznych. Pomimo, że biodostępność substancji po spożyciu doustnym jest niezadawalająca, to i tak warto ją wprowadzić do codziennego jadłospisu w celu zachowania/poprawy stanu zdrowia.

Praca powstała w wyniku realizacji projektu badawczego o nr 2019/35/N/NZ9/01795 finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki.

5. Literatura

- Baspinar Y, Üstündas M, Bayraktar O i in. (2018) Curcumin and piperine loaded zein chitosan nanoparticles: Development and in-vitro characterisation. *Saudi Pharmaceutical Journal* 26(3): 323–334.
- Cai X, Fang Z, Dou J i in. (2013) Bioavailability of Curcumin: Problems and Promises. *Current Medicinal Chemistry* 20(20): 2572–2582.
- Carpenter J, George S, Saharan VK (2019) Curcumin Encapsulation in Multilayer Oil-in-Water Emulsion: Synthesis Using Ultrasonication and Studies on Stability and Antioxidant and Release Activities. *Langmuir* 35(33): 10866–10876.
- Fadus MC, Lau C, Bikhchandani J i in. (2017) Curcumin: An age-old anti-inflammatory and anti-neoplastic agent. *Journal of Traditional and Complementary Medicine* 7(3): 339–346.
- Maithilikarpagaselvi N, Sridhar MG, Swaminathan R i in. (2015) Efficacy of Turmeric as Adjuvant Therapy in Type 2 Diabetic Patients. *Indian Journal of Clinical Biochemistry* 30: 180–186.
- Meo FDI, Margarucci S, Galderisi U i in. (2019) Curcumin, Gut Microbiota, and Neuroprotection. *Nutrients* 11: 1–14.
- Metzler M, Pfeiffer E, Schulz SI i in. (2013) Curcumin uptake and metabolism. *BioFactors* 39(1):14–20.
- Mohebbati R, Anaeigoudari A, Khazdair MR (2017) The effects of *Curcuma longa* and curcumin on reproductive systems. *Endocrine Regulations* 51(4): 220–228.
- Przybylska S (2015) Kurkumina – prozdrowotny barwnik kurkumy. *Problemy Higieny i Epidemiologii* 96(2): 414–420.

- Scuto MC, Mancuso C, Tomasello B i in. (2019) Curcumin, hormesis and the nervous system. *Nutrients* 11(10): 1–17.
- Terlikowska K, Witkowska A, Terlikowski S (2014) Curcumin in chemoprevention of breast cancer. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej* 68: 571–578.
- Wang H, Gong X, Guo X i in. (2019) Characterization, release, and antioxidant activity of curcumin-loaded sodium alginate/ZnO hydrogel beads. *International Journal of Biological Macromolecules* 121:1118-1125.
- Wolanin K, i Piwocka K (2008) Kurkumina — od medycyny naturalnej do kliniki. *KosmosProblemy Nauk Biologicznych* 57: 53–65.
- Wong KE, Ngai SC, Chan KG i in. (2019) Curcumin nanoformulations for colorectal cancer: A review. *Frontiers in Pharmacology* 10.
- Yu Y, Shen Q, Lai Y i in. (2018) Anti-inflammatory effects of curcumin in microglial cells. *Frontiers in Pharmacology* 9: 1–10.

9. Biopolimery jako czynnik poprawy stabilności palmitynianu askorbylu

Biopolymers as a factor in improving the stability of ascorbyl palmitate

Katarzyna Łupina

Katedra Biochemii i Chemii Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Słowa kluczowe: kwas askorbinowy, mikroemulsje, synergizm

Streszczenie

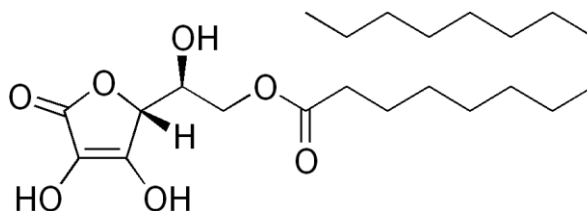
Witamina C (kwas L-askorbinowy) jest niezbędna do prawidłowego funkcjonowania organizmu ludzkiego. Naturalnie związek ten jest rozpuszczalny w wodzie, jednakże istnieje możliwość jego chemicznego przekształcenia w pochodne wykazujące charakter apolarny. Palmitynian askorbylu (PA) to ester powstały na skutek połączenia kwasu L-askorbinowego z kwasem palmitynowym. Tym sposobem PA posiada właściwości zarówno hydrofilowe jak i hydrofobowe (tj. właściwości amfifilowe), co znacznie rozszerza jego potencjał aplikacyjny w porównaniu do kwasu L-askorbinowego. PA wykorzystywany jest przede wszystkim jako przeciwutleniacz do żywności wysokotłuszczowej ((E304 (i)), produktów kosmetycznych oraz farmaceutycznych. Używany jest również jako emulgator i biosurfaktant. PA jest trwalszy w porównaniu do kwasu L-askorbinowego, jednak jego długoterminowa stabilność w preparatach nie jest satysfakcjonująca. W niniejszej pracy przedstawiono najnowsze doniesienia dotyczące właściwości prozdrowotnych PA oraz możliwości poprawy jego stabilności.

1. Wstęp

Witamina C (kwas L-askorbinowy) jest najbardziej znanym i najlepiej przebadanym przeciwutleniaczem przemysłowym, jak i fizjologicznym. Substancja jest niezbędna do syntezy kolagenu, karnityny i wielu ważnych neuroprzekaźników. Cząsteczka wykazuje silne właściwości redukujące (jest donorem elektronów), przez co neutralizuje wolne rodniki i chroni przed powstawaniem nitrozwiązków o działaniu mutagennym. Właściwości przeciwutleniające witaminy C sprawiają, że przypisuje się jej również działanie przeciwmiażdżycowe, przeciwnowotworowe i immunomodulujące, chociaż ww. właściwości są przedmiotem wielu dyskusji i kontrowersji. Kwas L-askorbinowy nie może być syntetyzowany przez człowieka (z powodu braku oksydazy L-gulonolaktonowej). Głównym źródłem witaminy C w codziennej diecie są świeże warzywa i owoce, w szczególności owoce dzikiej róży (~426 mg/100g), natka pietruszki (~178mg/100g), owoce czarnej porzeczki (~177 mg/100g) i papryka (~107mg/100g) (Szczepańska i in. 1988). Znaczne straty witaminy C obserwuje się podczas gotowania, a stopień ubytku zależy od nagrzania, powierzchni produktu wystawionej na działanie wody, zawartości tlenu, pH oraz obecności metali „przejściowych” (np. żelaza lub miedzi). Witamina C charakteryzuje się niską stabilnością i w warunkach tlenowych utlenia się do kwasu L-dehydroaskorbinowego, który z kolei może ulec nieodwracalnej degradacji do kwasu szczawowego. Kwas L-askorbinowy jest silnym przeciwutleniaczem, lecz wykazuje wysoce hydrofilowy charakter, co utrudnia jego wykorzystanie do ochrony wrażliwych na utlenianie lipidów. Aby poszerzyć zakres wykorzystania potencjału witaminy C, przekształca się ją w lipofilowe pochodne - estry. Do ich syntezy wykorzystywane są kwasy tłuszczowe, metylowe estry kwasów tłuszczowych, estry winylowe kwasów tłuszczowych oraz triacyloglicerole. Długość łańcuchów kwasów tłuszczowych stosowanych do otrzymywania estrów askorbylu ma istotny wpływ na właściwości otrzymywanych związków. Kwas L-askorbinowy i jego estry (palmitynian askorbylu (PA), stearynian askorbylu) są stosowane jako dodatki do żywności: przeciwutleniacze, inhibitory brązowienia, reduktanty, stabilizatory smaku i barwy (Śpićlin i in. 2001; Karmee 2011; Naidu, 2016; Kuban-Jankowska i in. 2019).

PA (Rys.1.) to amfifilowa cząsteczka będąca połączeniem kwasu askorbinowego oraz kwasu palmitynowego. W porównaniu do kwasu L-askorbinowego, PA charakteryzuje się większą odpornością na działanie czynników zewnętrznych (wody, powietrza, ciepła i światła), w związku z czym jest szeroko stosowany jako przeciwutleniacz w wielu produktach kosmetycznych,

farmaceutycznych i spożywczych, zawierających frakcję lipidową. PA jest rozpuszczalny w rozpuszczalnikach organicznych, takich jak metanol czy etanol, natomiast wykazuje bardzo małą rozpuszczalność w wodzie. Biorąc pod uwagę, że PA jest bardzo słabo rozpuszczalny w wodzie, związek ten wymaga stosowania specjalnych systemów nośnikowych, np. mikroemulsji, które charakteryzują się możliwością inkorporacji dużych ilości substancji aktywnej. Stabilność PA osadzonego w mikroemulsji jest czasami niewystarczająca, dlatego stosuje się również nośniki koloidalne (np. liposomy i stałe nanocząsteczki lipidowe), które oferują duży potencjał wykorzystania jako systemy dostarczania substancji w sposób kontrolowany, w tym nośniki zwiększające stabilność związków aktywnych. Degradacja PA jest spowodowana reakcjami utleniania, które indukowane są przez jony metali lub światło. Proces degradacji oksydacyjnej występuje częściej w układach rozcieńczonych, w wyniku czego na stabilność PA wpływa początkowe stężenie substancji w układzie (Kristl i in. 2003; Teeranachaideekul i in. 2008; Shi i in. 2018; Bamidele i Emmambux 2019).



Rys. 1. Wzór strukturalny palmitynianu askorbylu.

Jako dodatek do żywności, PA (E304 (i)) jest najczęściej wykorzystywany w produkcji aromatyzowanych fermentowanych produktów mlecznych, mleka w proszku, kremów, produktów serowych, past i emulsji oraz masła orzechowego. Związek ten jest uznawany za bezpieczny do spożycia przez ludzi i może być legalnie stosowany jako suplement diety. Obecność PA w doustnych suplementach przyczynia się do zwiększenia podaży kwasu L-askorbinowego i pomaga chronić zawarte w produkcie inne przeciwutleniacze. Według panelu Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) dostępne dane toksykologiczne są zbyt ograniczone, aby ustalić dopuszczalne dzienne spożycie (ADI) dla tej substancji, niemniej jednak nie ma obaw co do bezpieczeństwa stosowania PA przy zgłaszanych poziomach inkorporacji (szacunkowy maksymalny poziom spożycia PA wynosi od 0,4 do 10,8 mg/kg masy ciała/dzień). Spożycie tego przeciwutleniacza wydaje się nie stanowić zagrożenia dla zdrowia, ponieważ w wątrobie PA jest w pełni hydrolizowany do kwasu L-askorbinowego i kwasu palmitynowego, które są typowymi metabolitami obecnymi w organizmie człowieka (EFSA 2015).

Estry askorbylu cieszą się dużym zainteresowaniem, nie tylko ze względu na dobre właściwości przeciwutleniające, lecz również z powodu działania przeciwnowotworowego. Substancje takie jak PA czy stearynian askorbylu mogą łatwo przenikać przez błony komórkowe i barierę krew-mózg, co stanowi ich dużą zaletę w leczeniu nowotworów. Wykazano, że estry kwasów tłuszczowych i kwasu askorbinowego hamują proliferację ludzkich komórek guza mózgu (linie komórkowe glejaka U-373 i T98G), komórek raka nerki oraz mogą hamować przerzuty ludzkich komórek włóknia komińskiego HT-1080 (Naidu 2016). Co więcej, w ostatnich latach przeprowadzono badania, które pozwalają sądzić, że PA może być nośnikiem dla leków przeciwnowotworowych. Wiadomym jest, że amfifilowe makrocząsteczki mogą spontanicznie tworzyć nanocząsteczki lub micelle. Shi i in. (2018) zasugerowali zatem, że PA może tworzyć wielofunkcyjną nanocząsteczkę, która nie tylko stanowi element terapii przeciwnowotworowej, lecz może być także nośnikiem dla hydrofobowych leków przeciwnowotworowych. Ostatecznie naukowcy opracowali metodę wytwarzania nanocząsteczek PA zawierających paklitaksel (lek przeciwnowotworowy, który wykazuje działanie cytostatyczne poprzez hamowanie podziałów komórkowych) i wykazali, że istnieje silny efekt synergiczny pomiędzy tymi dwiema substancjami, powodujący większą apoptozę komórek nowotworowych niż sam lek. Ponadto preparat skutecznie tłumił rakotwórczość komórek B16F10 u samic myszy C57BL/6, nie powodując dodatkowych efektów ubocznych. Wyniki te sugerują, że tego rodzaju preparaty mogą być przydatne w chemioterapii nowotworów.

2. Opis Zagadnienia

Celem niniejszej pracy jest przegląd i analiza dostępnych danych literaturowych dotyczących możliwości wykorzystania właściwości prozdrowotnych PA, w tym zwiększenia jego potencjału przeciwutleniającego oraz stabilności chemicznej.

3. Przegląd Piśmiennictwa

Jednym z głównych problemów, który ogranicza szersze zastosowanie PA jest jego ograniczona stabilność w czasie przechowywania na skutek działania czynników zewnętrznych, takich jak światło, tlen czy jony metali. Jako układ nośnikowy dla PA często wybierane są mikroemulsje, ponieważ charakteryzują się dużą stabilnością termodynamiczną, prostą technologią przygotowania i umożliwiają włączenie dużej ilości związków aktywnych. Doniesienia naukowe pokazują, że stabilność PA zależy przede wszystkim od jego początkowego stężenia, umiejscowienia substancji w mikroemulsji, dostępności tlenu oraz warunków przechowywania. Wykazano, że odgazowanie emulsji typu olej/woda (o/w) oraz zastosowanie wyższych stężeń (tj. 2%) zapewnia lepszą stabilność PA. Przy formułowaniu optymalnego układu mikroemulsji z PA warto wziąć również pod uwagę dobór składników i wykorzystywać związki nieutleniające się (Špiclin i in. 2001).

Skuteczną metodą, która umożliwia poprawę stabilności związków bioaktywnych jest kapsułkowanie. Technika ta polega na pułapkowaniu substancji za pomocą materiału powłokotwórczego. Tego rodzaju konserwacja substancji aktywnych jest często przeprowadzana z wykorzystaniem układów biopolimerowych. Oprócz zwiększonej stabilności, nośniki polimerowe umożliwiają kontrolowane uwalnianie, poprawiając w ten sposób ich biodostępność oraz okres aktywnego oddziaływania (Lasoń i Ogonowski 2010; Dima i in. 2015). Bamidele i Emmambux (2019) określili stabilność PA immobilizowanego w kapsułkach otrzymanych ze skrobi kukurydzianej, normalnej i wysoko amylozowej. Próbkę przechowywano przez okres 12 tygodni w temperaturze 40°C, zarówno w zaciemnieniu, jaki i przy dostępie światła UV. Wykazano, że próba kontrolna (niekapsułkowany PA) przechowywana w ww. warunkach uległa szybkiej degradacji, a kapsułkowanie pozwoliło zachować właściwości PA i nie wpłynęło negatywnie na jego aktywność przeciwdrobnikową.

Yoksan i in. (2010) do kapsułkowania PA wykorzystali cząsteczki chitozanu. Kapsułkowanie prowadzono poprzez wytworzenie kropelek za pomocą emulsji typu olej w wodzie (o/w), a następnie zestalenie drobinek z wykorzystaniem żelowania jonowego przy użyciu pentazasadowego trifosforanu sodu (TPP) jako środka sieciującego. Pojemność nanocząsteczek mieściła się w przedziale od 8 do 20% PA, z kolei efektywność kapsułkowania wynosiła od 39 do 77%, przy stosunku wagowym PA do chitozanu równym odpowiednio od 0,25 do 1,25. Zwiększenie początkowego stężenia PA w emulsji prowadziło do wzrostu pojemności ładowania nanocząsteczek i spadku efektywności kapsułkowania. Zaobserwowano również, że ilość PA uwolnionego z kapsułek wzrastała wraz z pojemnością ładowania nanocząsteczek i malejącym stężeniem TPP.

W kolejnych badaniach, Miri i in. (2020) do enkapsulacji PA wykorzystali włókna zeiny (białko kukurydzy), które uzyskali w procesie elektroprzędzenia (proces umożliwiający wytwarzanie włókien z wykorzystaniem naładowanego elektrycznie strumienia roztworu polimeru lub stopionego polimeru). W badaniu zastosowano wzrastające stężenia PA: 2,5; 5 i 10%. Skuteczność kapsułkowania we włóknach zeinowych wynosiła od 22,5 do 65,5%, przy czym proces był najbardziej efektywny przy największym zastosowanym stężeniu PA (10%). Badanie za pomocą spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fouriera (FTIR) wykazało, że pomiędzy cząsteczkami PA i zeiną wytworzyły się wiązania wodorowe. Dodatkowo wykazano, że uwalnianie PA z kapsułek było zależne od morfologii cząsteczek oraz pH (najwyższe wartości uwalniania zaobserwowano dla elektroprzędzonych włókien o największej średnicy tj. 795 nm oraz gładkiej i jednorodnej powierzchni). Autorzy zasugerowali możliwości wykorzystania otrzymanego układu jako przeciwutleniającego opakowania do żywności (np. masła), umożliwiającego kontrolowane uwalnianie PA w trakcie przechowywania.

W kontekście otrzymania aktywnych opakowań, PA (w ilości 1 i 2%) został także wprowadzony do receptury jadalnych folii otrzymanych na bazie dwuskładnikowych mieszanin

polisacharydów i żelatyny (GEL) (Łupina i in. 2020). Zaobserwowano, że właściwości chemiczne polisacharydów warunkowały mobilność dyfuzyjną PA, a tym samym aktywność przeciwutleniającą materiału. Folia zawierająca bursztynian oktenylosodowy skrobi (OSA) zapewniała 2,2 i 16,2 razy szybsze uwalnianie w porównaniu do nośników opartych odpowiednio na wodno-rozpuszczalnych polisacharydach sojowych (WSSP) i gumie arabskiej (GAR). Sugeruje to, że PA był słabo związany z częściowo liniową matrycą homopolisacharydu. Z kolei słaba migracja PA z nośników zawierających WSSP i GAR mogła wynikać z uwięzienia przeciwutleniacza w rozgałęzionych szkieletach heteroglukanów. Nośnik na bazie GAR oferował najwolniejsze uwalnianie PA i w konsekwencji zapewniał przedłużoną aktywność przeciwrodnikową folii. Podsumowując, badanie to wykazało, że system GAR/GEL z dodatkiem 1% PA miał najlepszy potencjał do kontrolowania uwalniania PA, maksymalizując w ten sposób jego skuteczność, jednocześnie minimalizując dawkę niezbędną do ochronnego działania przeciwutleniającego. Warto nadmienić, że dodatek PA ulepszył właściwości barierowe folii w stosunku do światła UV, co również można uznać za poprawę potencjału antyoksydacyjnego otrzymanych materiałów.

Aktualne prace badawcze skupiają się nie tylko na poprawie stabilności, lecz również na analizie działania przeciwutleniającego PA. López-Martínez i Rocha-Urbe (2017) porównali skuteczność wybranych przeciwutleniaczy (kwas galusowy, galusan propylu, PA i α -tokoferol) w emulsji typu o/w zawierającej długołańcuchowe kwasy tłuszczowe omega-3 oraz emulgatory: Tween 65 i Tween 80. Badanie wykazało, że spośród wszystkich analizowanych substancji PA był najbardziej efektywnym środkiem przeciwutleniającym. Ogólnie naukowcy stwierdzili, że amfifilowe przeciwutleniacze (PA i galusan propylu) są bardziej skuteczne aniżeli wysoce hydrofobowy α -tokoferol, który wykazywał niską lub żadną aktywność ochronną, a nawet działanie prooksydacyjne w zależności od rodzaju zastosowanego emulgatora. Reasumując aktywność przeciwutleniaczy zależała od ich usytuowania na granicy faz o/w, od ich hydrofobowości, a także typu emulgatora.

W wielu badaniach naukowych obserwuje się synergizm pomiędzy działaniem PA a innymi przeciwutleniaczami. Hamilton i in. (1998) opisali wpływ czystych koncentratów tokoferolu (0,2–2,0%) oraz ich połączeń z PA (0,1%) i lecytyną (0,05%) na stabilność oksydacyjną oleju rybnego przechowywanego w temperaturze 20°C. Autorzy wykazali, że układy dwuskładnikowe (PA/lecytyna i γ/δ - lub δ -tokoferol/lecytyna) wykazują silnie działanie synergistyczne w opóźnianiu peroksydacji lipidów. Najlepszą ochronę przed samoutlenianiem zapewniała mieszanka zawierająca wszystkie trzy składniki. W wyniku jej działania nie zaobserwowano istotnej peroksydacji w oleju przechowywanym przez okres sześciu miesięcy. Podobne wyniki otrzymał Mińkowski (2008), który wykazał, że dodatek mieszaniny (zawierającej α -tokoferol, PA i lecytynę) w ilości 150 mg/kg powoduje przedłużenie okresu przydatności do spożycia oleju lnianego o 1 miesiąc w przypadku przechowywania w temperaturze pokojowej lub o 2 miesiące podczas przechowywania w temperaturze chłodniczej. Z kolei Karabulut (2010) badał wpływ α -tokoferolu, β -karotenu i PA na stabilność triacylogliceroli tłuszczu mlecznego. Najlepszym działaniem antyperoksydacyjnym charakteryzowała się mieszanka trzech ww. związków aktywnych. Co ciekawe, zaobserwowano, że w przypadku stosowania β -karotenu i PA pojedynczo lub w kombinacji binarnej substancje te wykazywały efekt prooksydacyjny.

4. Wnioski

Zastosowanie odpowiednich technik pozwala zwiększyć stabilność PA. Szczególnie skuteczny wydaje się proces kapsułkowania z zastosowaniem naturalnych polimerów takich jak skrobia, chitozan czy zeina. Pułapkowanie PA w odpowiednio dobranych biopolimerach pozwala na dłużej zachować jego działanie przeciwutleniające, a także kontrolować jego tempo migracji z nośnika do otaczającego środowiska (np. powierzchni żywności). Efektywność procesu kapsułkowania PA zależy od stężenia tego związku w układzie (im większe tym większa skuteczność enkapsulacji). Stosowanie mieszanek przeciwutleniaczy zawierających PA zapewnia najlepszą ochronę wrażliwych na utlenianie składników żywności, a także pozwala ograniczyć ewentualne działanie prooksydacyjne. PA może działać synergicznie z innymi przeciwutleniaczami, ale również z lekami antyrakowymi stosowanymi w chemioterapii. Przedstawione wyniki badań pozwalają

sądzić, że zasadne jest kontynuowanie badań mających na celu wykorzystanie potencjału ochronnego PA, zarówno w kontekście aplikacji na skalę przemysłową, jak i działania fizjologicznego.

Praca powstała w wyniku realizacji projektu badawczego o nr 2019/35/N/NZ9/01795 finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki.

5. Literatura

- Bamidele OP, Emmambux MN (2019) Storage stability of encapsulated ascorbyl palmitate in normal and high amylose maize starches during pasting and spray dryin. *Carbohydrate Polymers* 216: 217–223.
- Dima Ş, Dima C, Iordăchescu G (2015) Encapsulation of Functional Lipophilic Food and Drug Biocomponents. *Food Engineering Reviews* 7(4): 417–438.
- EFSA (2015) Scientific Opinion on the re-evaluation of ascorbyl palmitate (E 304(i)) and ascorbyl stearate (E 304(ii)) as food additives. *EFSA Journal* 13(11): 1–57.
- Hamilton RJ, Kalu C, McNeill GP i in. (1998) Effects of tocopherols, ascorbyl palmitate, and lecithin on autoxidation of fish oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 75(7): 813–822.
- Karabulut I (2010) Effects of α -tocopherol, β -carotene and ascorbyl palmitate on oxidative stability of butter oil triacylglycerols. *Food Chemistry* 123(3): 622–627.
- Karmee SK (2011) The synthesis, properties, and applications of ascorbyl esters. *Lipid Technology* 23(10): 227–229.
- Kristl J, Volk B, Gašperlin M i in. (2003) Effect of colloidal carriers on ascorbyl palmitate stability. *European Journal of Pharmaceutical Sciences* 19(4): 181–189.
- Kuban-Jankowska A, Gawdzik B, Sawczuk W i in. (2019) Witamina C w medycynie i kosmetologii. *Wiadomości Chemiczne* 73: 503–522.
- Lasoń E, Ogonowski J (2010) Kapsułkowanie w przemyśle spożywczym. *Laboratoria, Aparatura, Badania*, 15(3): 34–40.
- López-Martínez A, Rocha-Urbe A (2017) Antioxidant Hydrophobicity and Emulsifier type Influences the Partitioning of Antioxidants in the Interface Improving Oxidative Stability in O/W Emulsions rich in n-3 fatty acids. *European Journal of Lipid Science and Technology* 121(9).
- Łupina K, Kowalczyk D, Droźłowska E (2020) Polysaccharide/gelatin blend films as carriers of ascorbyl palmitate – A comparative study. *Food Chemistry* 333: 127465.
- Mińkowski K (2008) Studia nad stabilnością oksydacyjną olejów roślinnych bogatych w polienowe kwasy tłuszczowe o budowie trienowej. *Roczniki Instytutu Przemysłu Mięsnego i Tłuszczowego* 46: 1–121.
- Miri MA, Habibi Najafi MB, Movaffagh J i in. (2020) Encapsulation of Ascorbyl Palmitate in Zein by Electrospinning Technique. *Journal of Polymers and the Environment*.
- Naidu KA (2016) Vitamin C in human health and disease is still a mystery ? An overview. *Journal of Hematology and Oncology* 9(1): 1–3.
- Shi S, Yang L, Yao Q i in. (2018) Ascorbic palmitate as a bifunctional drug and nanocarrier of paclitaxel for synergistic anti-tumor therapy. *Journal of Biomedical Nanotechnology* 14(9): 1601–1612.
- Špiclin P, Gašperlin M, Kmetec V (2001) Stability of ascorbyl palmitate in topical microemulsions. *International Journal of Pharmaceutics* 222(2): 271–279.
- Szczepańska A, Ners A, Zawistowska Z (1988) *Kuchnia i zdrowie*. Warszawa: Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich.
- Teeranachaideekul V, Junyaprasert VB, Souto EB i in. (2008). Development of ascorbyl palmitate nanocrystals applying the nanosuspension technology. *International Journal of Pharmaceutics* 354(1–2): 227–234.
- Yoksan R, Jirawutthiwongchai J, Arpo K (2010) Encapsulation of ascorbyl palmitate in chitosan nanoparticles by oil-in-water emulsion and ionic gelation processes. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 76(1): 292–297.

10. Zastosowanie pulsacyjnego pola elektrycznego w przemyśle spożywczym

Application of the pulsed electric field in the food industry

Nowosad Karolina

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

Opiekun naukowy: dr hab. Monika Sujka, prof. uczelni

Nowosad Karolina: karo.nowosad@gmail.com

Słowa kluczowe: PEF, ekstrakcja, strawność skrobi

Streszczenie

W dzisiejszych czasach konsumenci mają wysokie oczekiwania odnośnie jakości sensorycznej, funkcjonalności i wartości odżywczej produktów. Przywiązują również dużą wagę do stosowania przyjaznych środowisku technologii produkcji żywności. Ze względu na te rosnące wymagania konsumentów dotyczące żywności, w ostatnich latach w przemyśle spożywczym wykorzystuje się nowe technologie przetwarzania żywności. Jedną z nich jest pulsacyjne pole elektryczne (PEF) (ang. pulsed electric field). Pulsacyjne pole elektryczne jest jedną z metod nietermicznych, którą stosuje się do kontrolowania bezpieczeństwa mikrobiologicznego oraz zmiany cech (odżywczych, sensorycznych oraz fizykochemicznych) produktów spożywczych. Zasada działania PEF opiera się na powstawaniu porów w błonie komórkowej pod wpływem krótkich impulsów energii elektrycznej, co wpływa na wzrost jej przepuszczalności. Dzięki indukowaniu porów możliwy jest swobodny przepływ różnych składników przez błonę komórkową na przykład jonów, cząsteczek a nawet bardziej złożonych związków do wnętrza komórki. Pulsacyjne pole elektryczne można wykorzystać do polepszenia wydajności takich procesów jak ekstrakcja, suszenie, mrożenie czy w przemyśle mięsnym lub do modyfikacji struktury skrobi.

1. Wstęp

Wymagania konsumentów dotyczące produktów żywnościowych stale się zmieniają. Najbardziej pożądana przez konsumentów żywność charakteryzuje się świeżością oraz naturalnością. Z tego powodu etapy przetwarzania żywności powinny być zaprojektowane tak, aby zachować ich naturalną jakość. Procesy, w których wykorzystuje się ciepło nie tylko dezaktywują mikroorganizmy, ale także degradują smak, kolor, aromat i wpływają na zmniejszenie wartości odżywczej żywności. Aby sprostać wymaganiom konsumentów opracowano metodę wykorzystującą pulsacyjne pole elektryczne (PEF). PEF jest stosowany do komórek drobnoustrojów w celu wywołania elektroporacji błony komórkowej. Inaktywacja mikroorganizmów odbywa się poprzez rozpad błony komórkowej – wydłużenie czasu trwania procesu lub intensywności zabiegu powoduje, że proces rozpadu błony komórkowej jest nieodwracalny (Jeyamkondan i in. 1999). Technologia pulsacyjnego pola elektrycznego polega na wykorzystaniu krótkotrwałych impulsów (od kilku nanosekund do kilku milisekund) o natężeniu 0,1–80 kV/cm przyłożonych do żywności umieszczonej pomiędzy dwoma elektrodami. Jako technologia nietermiczna, pulsacyjne pole elektryczne powoduje mniejszą degradację właściwości odżywczych i sensorycznych żywności niż tradycyjne technologie wykorzystujące obróbkę termiczną (Bhat i in. 2019). PEF jest stosowane do pasteryzacji i sterylizacji płynnych produktów spożywczych, takich jak mleko, nabiał, jaja w płynie, soki owocowe, wino, piwo i inne napoje alkoholowe, a także do technologii przetwarzania żywności stałej, szczególnie mięsa (Nowosad i in. 2020).

2. Historia stosowania pulsacyjnego pola elektrycznego

W Stanach Zjednoczonych w latach 20. i 30. XX wieku zastosowano proces elektroforezy do pasteryzacji mleka. Była to jedna z pierwszych prób wykorzystania pól elektrycznych do inaktywacji mikroorganizmów. Pola wykorzystywane w tym procesie nie miały charakteru

pulsacyjnego. Z dzisiejszego punktu widzenia proces elektroforezy jest podobny do ogrzewania omowego, ponieważ ciepło generowane przez bezpośredni przepływ prądu do mleka było odpowiedzialne za śmiertelny wpływ na mikroorganizmy. W latach 50. XX wieku wykorzystywano oczyszczanie elektrohydrauliczne, które polegało na szybkim wyładowaniu elektryczności wysokiego napięcia na elektrodach, które zostały zanurzone w płynnym ośrodku zawierającym mikroorganizmy. Jednak proces ten nie został rozwinięty na skalę przemysłową ze względu na skażenie przetworzonej żywności z powodu erozji elektrod oraz dezintegracji cząstek stałych w żywności przez fale uderzeniowe. Ograniczenia te spowodowały, że stosowanie metody elektrohydraulicznej ograniczono do oczyszczania ścieków (Jeyamkondan i in. 1999).

W 1967 roku po raz pierwszy zostało przeprowadzone badanie nad wpływem PEF na inaktywację drobnoustrojów. Autorzy wykazali, że natężenie pola elektrycznego oraz czas trwania procesu są najważniejszymi czynnikami, które wpływają na przeżywalność mikroorganizmów. Dodatkowo autorzy wykluczyli efekt temperatury na mikroorganizmy, ponieważ temperatura była mniejsza niż 108°C. Zaproponowano, że to właśnie pole elektryczne spowodowało nieowracalną utratę funkcji błony komórkowej, co było przyczyną śmierci komórki (Sale i Hamilton 1967).

Pierwsze komercyjne zastosowanie pulsacyjnego pola elektrycznego rozpoczęto od instalacji systemu PEF w USA w 2006 r. do konserwacji soków owocowych, a następnie zainstalowano pierwszą komercyjną linię PEF w Europie w 2009 r. (Toepfl i in. 2014).

3. Zasada działania pulsacyjnego pola elektrycznego

Błona komórki ma za zadanie chronić mikroorganizmy przed działaniem warunków zewnętrznych. Działa jak półprzepuszczalna bariera tzn. kontroluje przenikanie składników np. odżywczych do wnętrza komórki oraz wydostawanie się produktów końcowych z komórki. Dodatkowo kontroluje aktywność metaboliczną komórki poprzez utrzymywanie różnicy osmotycznej między komórką a jej otoczeniem. Pulsacyjne pole elektryczne prowadzi do rozerwania błony komórkowej, co powoduje wydostanie się na zewnątrz składników komórki, co z kolei skutkuje utratą aktywności metabolicznej komórki (Jeyamkondan i in. 1999).

Sale i Hamilton (1968) opracowali teorię, która mówi, że pod wpływem zewnętrznego pola elektrycznego powstaje potencjał transbłonowy na błonie komórkowej (TMP). Liza komórki występuje, gdy TMP osiąga wartość około 1V. Z kolei Zimmermann (1986) zaproponował „teorię pęknięcia dielektrycznego”. Zgodnie z tą teorią błonę komórkową uważa się za kondensator wypełniony materiałem dielektrycznym, którego stała dielektryczna wynosi 2. Większość produktów spożywczych ma stałą dielektryczną w zakresie od 60 do 80. Ze względu na różnicę w stałych dielektrycznych na obu powierzchniach membrany gromadzą się wolne ładunki. Wtedy normalny TMP wynosi około 10 mV. Wystawienie błony komórkowej na pole elektryczne prowadzi do wzrostu TMP. Pod wpływem różnych procesów następuje rozpad membrany przy TMP równym około 1V. Gdy natężenie pola elektrycznego jest dalej zwiększane, tworzą się duże pory i następuje nieodwracalny rozpad skutkujący inaktywacją komórki. Ten elektryczny rozkład lub tworzenie porów, znany również jako elektroporacja, zwiększa przepuszczalność membran.

Inna teoria wyjaśniająca proces elektroporacji oparta jest na tworzeniu się porów hydrofilowych z hydrofobowych porów w membranie. Hydrofobowe pory są naturalnie wytwarzane w wyniku wahań termicznych. Gdy przekraczają krytyczny rozmiar stają się hydrofilowe, ponieważ wymagają mniej energii do utrzymania struktury i są bardziej stabilniejsze w tych warunkach. Po zastosowaniu pulsacyjnego pola elektrycznego, energia potrzebna do tworzenia porów, zostaje zmniejszona ze względu na zwiększony potencjał transbłonowy, co zwiększa liczbę i rozmiar porów oraz zmniejsza jej krytyczny rozmiar. Rozszerzanie i nagromadzenie się hydrofilowych porów jest odpowiedzialne za elektroporację (Joshi i in. 2002).

4. Zastosowanie w przemyśle spożywczym

4.1 Przemysł mięsny

W przemyśle mięsnym pulsacyjne pole elektryczne stosuje się głównie do polepszenia wydajności procesów suszenia oraz peklowania mięsa. Ponadto po zastosowaniu PEF zauważono

poprawę wiązania wody przez mięso podczas gotowania w wyniku ulepszenia mikrodyfuzji solanki i środków wiążących wodę. Dzięki zastosowaniu pulsacyjnego pola elektrycznego poprawiają się cechy jakościowe mięsa, takie jak tekstura oraz kolor. Jest to związane z umiarkowanym wzrostem temperatury (5 – 30°C) pod wpływem łagodnego ogrzewania omowego (Ma i in. 2016). Badając wpływ przetwarzania PEF na profil lotności oraz cechy sensoryczne gotowanego mięsa jagnięcego, Ma i in. (2016) podali, że obróbka PEF wpłynęła na profile smakowe mięsa, ponieważ nastąpiła poprawa soczystości, barwy oraz smaku produktu.

Biorąc pod uwagę, że kruchość mięsa w dużej mierze zależy od ogólnej integralności komórek mięśniowych, PEF stanowi przyjazną dla środowiska i energooszczędną technikę zmiękczenia, którą można zastosować do mięsa w celu uzyskania ekonomicznych zmian w strukturze komórek mięśniowych. W przeciwieństwie do innych metod zmiękczenia, PEF nie powoduje skutków ubocznych, jak zmiany strukturalne i oksydacyjne oraz nieprzyjemny zapach. Ponadto nie generuje zagrożeń dla środowiska i nie ma dowodów na jego toksyczność. Jest to dobrze ugruntowana i tania metoda operacyjna nieodwracalnej przepuszczalności błon komórkowych bez istotnego wzrostu temperatury w określonych warunkach przetwarzania (Bhat i in. 2019).

W badaniu Bhat i in. 2020 zbadano potencjał pulsacyjnego pola elektrycznego (PEF) jako strategii redukcji sodu w przetworzonym mięsie. Jako model wykorzystano suszoną wołowinę przygotowaną przy użyciu różnych poziomów NaCl, a mianowicie: 2,0% (kontrola), 1,2% (T1) i 1,2% wraz z PEF (T2). Zaobserwowano istotny wpływ PEF na siłę ścinającą i wytrzymałość produktów, co również znalazło odzwierciedlenie w wynikach sensorycznych. Nie zaobserwowano wpływu PEF na kolor, wydajność oraz stabilność oksydacyjną i mikrobiologiczną. Próbkę traktowaną PEF (T2) miały istotnie niższą zawartość sodu niż kontrola, jednakże wyniki sensoryczne były porównywalne z kontrolą.

Pulsacyjne pola elektryczne (PEF) to nowatorska nietermiczna technologia, która może powodować fizyczne zakłócenia tkanki mięśniowej, co z kolei może zmienić sensoryczne aspekty mięsa zarówno w sposób pozytywny (np. zwiększony kruchość), jak i negatywny (np. zmiana smaku). Celem badania Arroyo i in. (2015) było zbadanie wpływu różnych intensywności procesu pulsacyjnego pola elektrycznego na cechy jakościowe mięsa z piersi indyka. Mięso z piersi indyka uzyskane 1 dzień po uboju zostało poddane obróbce PEF o rosnącym natężeniu pola elektrycznego do 3 kV/cm. W oddzielnym eksperymencie próbki mięsa z piersi indyka poddano działaniu PEF przy różnych kombinacjach liczby impulsów, częstotliwości i napięcia. Utlenianie lipidów we wszystkich próbkach traktowanych PEF postępowało z taką samą szybkością podczas przechowywania jak w próbkach nietraktowanych i nie stwierdzono, aby różniły się znacząco od kontroli. W badanych warunkach obróbka PEF nie wywołała różnic w mierzonej instrumentalnie utracie wagi, utlenianiu lipidów, teksturze i kolorze (surowym i gotowanym) zarówno w próbkach świeżych, jak i mrożonych. Ocena sensoryczna sugerowała jednak, że osoby wykonujące analizę sensoryczną mogli wykryć niewielkie różnice między próbkami poddanymi obróbce PEF a kontrolami pod względem tekstury i zapachu.

4.2 Ekstrakcja

Szacuje się, że światowa populacja osiągnie 9,8 miliarda ludzi do 2050 r. Tym samym wzrośnie zapotrzebowanie na niezależne od gruntów ornych zrównoważone zasoby żywnościowe. *C. vulgaris* jest popularnym gatunkiem w bioprzemysle ze względu na wysoką zawartość białka i lipidów. *C. vulgaris* może być wykorzystywane nie tylko do produkcji biopaliw, ale także jako nowe źródło pożywienia. Roczna produkcja gatunku *Chlorella* wynosi około 5000 ton, jednak można zwiększyć wydajność biorafinerii poprzez stymulację wzrostu lub selektywną inaktywację drobnoustrojów za pomocą pulsacyjnego pola elektrycznego. PEF powoduje rozpad komórek, dzięki czemu możliwe jest uwalnianie składników z środka komórki, bowiem mikroalgi charakteryzują się sztywną ścianą komórkową odporną na trawienie w ludzkim układzie pokarmowym (Buchmann i in. 2019). Buchamann i in. (2019) opracowali protokół ciągłej ekstrakcji białka podczas hodowli mikroalg metodą PEF. Ciągła ekstrakcja z kultur *Chlorella vulgaris* poprzez zastosowanie pulsacyjnego pola elektrycznego (PEF) może być realnym procesem zwiększającym wydajność koncepcji biorafinerii opartych na mikroalgach. W tym badaniu obserwowano wzrost szybkości

ekstrakcji białek wraz ze wzrostem natężenia pola elektrycznego do $96,6 \pm 4,8\%$ wolnego białka w mikroalgach. Jednak zwiększone szybkości ekstrakcji negatywnie wpłynęły na wzrost mikroalg po obróbce PEF.

W artykule Martinez i in. (2017) oceniono zastosowanie pulsacyjnego pola elektrycznego (PEF) do świeżej biomasy *Arthrospira platensis* w celu zwiększenia ekstrakcji C-fikocyjaniny do ośrodków wodnych. Wzrost temperatury obróbki PEF zmniejszył natężenie pola elektrycznego i czas obróbki wymagany do uzyskania wysokiej wydajności ekstrakcji, a w konsekwencji zmniejszył całkowitą energię właściwą dostarczaną przez obróbkę. Na przykład wzrost temperatury z 10°C do 40°C pozwolił na zmniejszenie natężenia pola elektrycznego wymaganego do ekstrakcji 100 mg/g sm C-fikocyjaniny z 25 do 18 kV/cm , a jednostkowy pobór energii z $106,7$ do $67,5 \text{ kJ/kg}$. Wyniki uzyskane w tym badaniu wykazały potencjał PEF do selektywnej ekstrakcji C-fikocyjaniny ze świeżej biomasy *A. platensis*. Czystość ekstraktu C-fikocyjaniny otrzymanego z komórek poddanych elektroporacji była wyższa niż uzyskanego innymi technikami opartymi na całkowitym zniszczeniu komórki.

Działanie pulsacyjnego pola elektrycznego (PEF) oceniono pod kątem ekstrakcji fikocyjaniny i białek z *Arthrospira platensis*. Przy najwyższych energiach obróbki PEF można było zaobserwować uszkodzenie morfologii komórek i uzyskać najwyższe wydajności (odpowiednio do $85,2 \pm 5,7 \text{ mg/g}$ i $48,4 \pm 4,4 \text{ g/100 g}$ fikocyjanin i białek). Wydajność rosła wraz z czasem inkubacji po obróbce PEF. Zdolność antyoksydacyjna ekstraktów otrzymanych po obróbce PEF była wyższa niż ekstraktów otrzymanych po mieleniu kulek (Jaeschke i in. 2019).

Owoce cytrusowe są cennym źródłem związków bioaktywnych (witamin, przeciwutleniaczy, karotenoidów i flawonoidów), a ich przetwarzanie ma znaczenie przemysłowe. Zastosowanie PEF do całych owoców może być przydatne dla poprawy wydajności ekstrakcji soku z różnych owoców cytrusowych. Stężenie polifenoli w wyciśniętym soku można znacznie zwiększyć poprzez obróbkę skórki owoców cytrusowych PEF przy wysokim natężeniu pola elektrycznego (Nowosad i in. 2020).

W badaniu Kantar i in. (2018) oceniono wpływ zastosowania pulsacyjnego pola elektrycznego (PEF) na pomarańczę, pomelo i cytrynę w środowisku wodnym. Całe owoce i stos skórek poddano obróbce PEF przy natężeniu pola elektrycznego odpowiednio 3 kV/cm i 10 kV/cm . Obróbka PEF zwiększyła uzysk soku uzyskanego po tłoczeniu o 25% w przypadku pomarańczy, 37% w przypadku pomelo i 59% w przypadku cytryny. Dodatkowo zbadano wpływ PEF na ekstrakcję polifenoli z owoców. W tym celu przeprowadzono ekstrakcję polifenoli rozpuszczalnikiem (roztwór 1/1 etanol/woda). Zastosowanie wysokiego natężenia pola elektrycznego na skórkach pomarańczy zwiększyło ekstrakcję polifenoli do 22 mg GAE/g sm .

W ostatnich latach do inaktywacji mikroorganizmów i konserwowania bioaktywnych związków z różnych soków stosuje się techniki nietermiczne, takie jak sonikacja i PEF lub ich kombinację. Zbadano połączony wpływ ultradźwięków (US) i pulsacyjnego pola elektrycznego (PEF) na liczbę drobnoustrojów i bioaktywnych związków soku grejpfrutowego. Sok grejpfrutowy został poddany obróbce PEF o parametрах: natężenie przepływu: 80 ml/min , częstotliwość impulsów: 1 kHz , natężenie pola elektrycznego 20 kV/cm , temperatura: 40°C , czas: $600 \mu\text{s}$, a następnie poddany obróbce US w myjce ultradźwiękowej o mocy 600 W przy częstotliwości 28 kHz w 20°C przez 30 min. Leczenie PEF i US spowodowało znaczne zmniejszenie liczebności drobnoustrojów w porównaniu z grupą kontrolną. Stosując obydwie metody, zawartość karotenoidów, likopenu, antocyjanów i całkowitej aktywności przeciwutleniającej została odpowiednio zwiększona z $0,84 \mu\text{g/ml}$, $0,32 \mu\text{g/ml}$, $1,37 \text{ mg/l}$ i $177,48$ równoważnika kwasu askorbinowego $\mu\text{g/g}$ w kontroli do $1,26 \mu\text{g/ml}$, $0,92 \mu\text{g/ml}$, $1,68 \text{ mg/l}$ i $262,32$ ekwiwalentu kwasu askorbinowego $\mu\text{g/g}$. Wyniki niniejszego badania wykazały, że pulsacyjne pole elektryczne wraz z ultradźwiękami mogą poprawić aktywność przeciwutleniającą, całkowitą zawartość fenoli, flawonoli, flawonoidów, likopenu i karotenoidów (Aadil i in. 2018).

4.3 Strawność skrobi

Badano wpływ pulsującego pola elektrycznego (PEF) na właściwości strukturalne reprezentatywnych próbek skrobi o różnym typie krystalicznym: skrobi pszennej typu A,

ziemniaczanej typu B i grochowej typu C. Wyniki pokazały, że PEF może zmienić strukturę wszystkich trzech rodzajów skrobi, zwłaszcza skrobi ziemniaczanej. PEF również znacząco zmienił strawność skrobi, zwłaszcza skrobi pszennej i ziemniaczanej (Li i in. 2019).

Celem pracy Abduh i in. (2019) było zbadanie właściwości skrobi w ziemniakach (*Solanum tuberosum* odmiana Agria) po działaniu pulsacyjnym polem elektrycznym (PEF). Ziemniaki poddano obróbce przy energiach właściwych 50 i 150 kJ/kg z różnymi natężeniami pola elektrycznego 0, 0,5, 0,7, 0,9 i 1,1 kV/cm. Wyniki wykazały, że PEF nie zmienił właściwości skrobi wewnątrz ziemniaków, ale zawęził zakres temperatur żelatynizacji i zmniejszył strawność skrobi.

W pracy Han i in. (2020) zbadano preparat porowatej skrobi kukurydzianej metodą enzymolizy i traktowania pulsacyjnym polem elektrycznym (PEF) oraz jej właściwości fizykochemiczne. Optymalne parametry pulsacyjnego pola elektrycznego wynosiły 11,5 kV/cm i 18 ms. Rozpuszczalność i przezroczystość natywnej skrobi kukurydzianej wzrosły po obróbce enzymolizą lub PEF, a wartości były najwyższe, gdy skrobię traktowano metodą łączoną. Temperatura klejenia i entalpia żelatynizacji skrobi porowatej były wyższe niż skrobi natywnej, ale następnie znacznie spadły po obróbce PEF. Wyniki te wskazują, że PEF ma być używany do wspomagania produkcji porowatej skrobi.

Skrobię ryżową poddano działaniu pulsacyjnego pola elektrycznego (PEF) o intensywności 30, 40 i 50 kV/cm. Zbadano wpływ obróbki PEF na morfologię ziarnistą, masę cząsteczkową, strukturę półkryształiczną, właściwości termiczne i strawność. Wyniki sugerują, że energia elektryczna może oddziaływać na strukturę ziarnistą ziaren skrobi, zwłaszcza przy dużym natężeniu 50 kV/cm. Temperatura początku żelatynizacji, temperatura szczytowa, temperatura końcowa i wartość entalpii skrobi poddanych obróbce PEF były niższe niż w przypadku skrobi natywnej. Podwyższony poziom szybko strawnej skrobi i obniżony poziom wolno strawnej skrobi stwierdzono na skrobiach poddanych obróbce PEF. Wyniki te sugerują, że obróbka PEF wywołała zmiany strukturalne w woskowej skrobi ryżowej, co znacząco wpłynęło na jej strawność (Zeng i in. 2016).

5. Podsumowanie

Rozwój nowych technologii w przemyśle spożywczym wymuszony jest przede wszystkim rosnącym zainteresowaniem konsumentów produktami świeżymi o dużej wartości odżywczej oraz popytem na żywność produkowaną metodami przyjaznymi środowisku. Pulsacyjne pole elektryczne to metoda wykorzystująca fale elektryczne o dużej amplitudzie napięcia. Krótkie impulsy elektryczne o wysokim napięciu (zwykle 10 – 80 kV/cm) są dostarczane do produktu umieszczonego między elektrodami w komorze. Technologia ta może być stosowana samodzielnie lub w połączeniu z innymi metodami. Pulsacyjne pole elektryczne wpływa na intensyfikację procesów takich jak: ekstrakcja, jest również szeroko stosowane w przemyśle mięsnym do poprawy cech sensorycznych i strukturalnych mięsa, a także w celu zmiany struktury skrobi i zwiększenia jej strawności.

6. Literatura

- Aadil RM, Zeng XA, Han Z et al. (2018) Combined effects of pulsed electric field and ultrasound on bioactive compounds and microbial quality of grapefruit juice. *Journal of Food Processing and Preservation* 42(2): 13507.
- Abduh S, Leong SY, Agyei D et al. (2019) Understanding the properties of starch in potatoes (*Solanum tuberosum* var. Agria) after being treated with pulsed electric field processing. *Foods* 8(5): 159.
- Arroyo C, Eslami S, Brunton NP, et al. (2015) An assessment of the impact of pulsed electric fields processing factors on oxidation, color, texture, and sensory attributes of turkey breast meat. *Poultry Science* 94(5): 1088-1095.
- Bhat ZF, Morton JD, Mason SL et al. (2019) Current and future prospects for the use of pulsed electric field in the meat industry. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 59(10): 1660-1674.
- Bhat ZF, Morton JD, Mason SL et al. (2020) The application of pulsed electric field as a sodium reducing strategy for meat products. *Food chemistry* 306: 125622.

- Buchmann L, Brändle I, Haberkorn I et al. (2019) Pulsed electric field based cyclic protein extraction of microalgae towards closed-loop biorefinery concepts. *Bioresource Technology* 291: 121870.
- El Kantar S, Boussetta N, Lebovka N et al. (2018) Pulsed electric field treatment of citrus fruits: Improvement of juice and polyphenols extraction. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 46: 153-161
- Han Z, Han Y, Wang J et al. (2020) Effects of pulsed electric field treatment on the preparation and physicochemical properties of porous corn starch derived from enzymolysis. *Journal of Food Processing and Preservation* 44(3): 14353.
- Jaeschke DP, Mercali G, Marczak LDF et al. (2019) Extraction of valuable compounds from *Arthrospira platensis* using pulsed electric field treatment. *Bioresource Technology* 283: 207-212.
- Jeyamkondan S, Jayas DS, Holley RA (1999) Pulsed electric field processing of foods: a review. *Journal of Food Protection* 62(9): 1088-1096.
- Joshi RP, Hu Q, Schoenbach KH et al. (2002) Improved energy model for membrane electroporation in biological cells subjected to electrical pulses. *Physical Review* 65: 041920.
- Li Q, Wu QY, Jiang W et al. (2019) Effect of pulsed electric field on structural properties and digestibility of starches with different crystalline type in solid state. *Carbohydrate Polymers* 207: 362-370.
- Ma Q, Hamid N, Oey I et al. 2016 Effect of chilled and freezing pre-treatments prior to pulsed electric field processing on volatile profile and sensory attributes of cooked lamb meats *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 37:359–374.
- Martínez JM, Luengo E, Saldaña G et al. (2017) C-phycocyanin extraction assisted by pulsed electric field from *Arthrospira platensis*. *Food Research International* 99: 1042-1047.
- Nowosad K, Sujka M, Pankiewicz U et al. (2020) The application of PEF technology in food processing and human nutrition. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*.
- Sale AJH, Hamilton WA 1967 Effects of high electric fields on microorganisms. I. Killing of bacteria and yeasts. *Biochimica et Biophysica Acta* 148:781–788.
- Sale AJH, Hamilton WA 1968 Effects of high electric fields on microorganisms. III. Lysis of erythrocytes and protoplasts. *Biochimica et Biophysica Acta* 163: 37–43.
- Toepfl S, Siemer C, Saldan~a-Navarro G et al. 2014 Overview of pulsed electric fields processing for food. In *Emerging Technologies*, Publisher: Academic Press: 69-97
- Zeng F, Gao QY, Han Z et al. (2016) Structural properties and digestibility of pulsed electric field treated waxy rice starch. *Food Chemistry* 194: 1313-1319.
- Zimmermann U 1986 Electric breakdown, electro permeabilization and electrofusion. *Reviews of Physiology, Biochemistry and Pharmacology* 105: 196–256

11. Zastosowanie pulsacyjnego pola elektrycznego do bioakumulacji jonów metali w biomacie komórkowej drożdży i bakterii

Application of a pulsed electric field for the bioaccumulation of metal ions in the cell biomass of yeast and bacteria

Nowosad Karolina

Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Opiekun naukowy: dr hab. Monika Sujka, prof. uczelni

Nowosad Karolina: karo.nowosad@gmail.com

Słowa kluczowe: PEF, żywienie człowieka, wapń, selen, cynk

Streszczenie

Spożywanie wysoko przetworzonych produktów spożywczych oraz nieodpowiednio zbilansowana dieta powodują niedobór pierwiastków (na przykład magnezu, cynku, wapnia i selenu), które potrzebne są do prawidłowego funkcjonowania organizmu. Niedostateczne spożycie składników mineralnych prowadzi do zaburzeń metabolicznych, pogorszenia odporności, złego stanu zdrowia oraz samopoczucia. Skrajne niedobory pierwiastków śladowych prowadzą do zwiększenia zachorowalności oraz umieralności wśród ludzi. Stosowanie suplementów diety może prowadzić do wystąpienia niepożądanych skutków ubocznych. Dodatkowo składniki mineralne występujące w preparatach farmakologicznych charakteryzują się niską biodostępnością. Wprowadzenie do diety żywności wzbogaconej jest jednym ze sposobów profilaktyki i leczenia niedoborów składników odżywczych. Do wzbogacania żywności w składniki mineralne można zastosować pulsacyjne pole elektryczne (PEF). Pulsacyjne pole elektryczne powoduje wzrost przepuszczalności błony komórkowej, co prowadzi do zwiększenia bioakumulacji pierwiastków we wnętrzu komórki. Najczęściej wzbogacane w jony metali są biomasy komórkowe drożdży oraz bakterii, które później mogą zostać wykorzystane do produkcji żywności funkcjonalnej.

1. Wstęp

Mikroelementy to pierwiastki chemiczne, które występują w śladowych ilościach w organizmach zwierzęcych oraz roślinnych. Niedobór mikroelementów pojawia się, gdy spożycie biodostępnych pierwiastków jest zbyt niskie. Najczęściej występujące niedobory dotyczą żelaza, jodu oraz cynku. Konsekwencją niedożywienia z powodu niedoborów składników mineralnych to zwiększona śmiertelność (zwłaszcza wśród kobiet oraz dzieci), zwiększona podatność na choroby, upośledzony rozwój umysłowy i fizyczny wśród dzieci oraz zmniejszona wydajność pracy u dorosłych. Szczególnie narażone na niedobory składników mineralnych są kobiety w ciąży, dzieci oraz osoby starsze. Prawidłowa i dobrze zbilansowana dieta w pełni pokrywa zapotrzebowanie organizmu na wszystkie składniki odżywcze, które są niezbędne do prawidłowego wzrostu i funkcjonowania organizmu. Jednak niedostateczna podaż żywności powoduje niedobory białka, witamin oraz składników mineralnych. Dodatkowo spożywanie alkoholu, mała aktywność fizyczna, leki, stosowanie diet odchudzających oraz zaburzenia wchłaniania również przyczyniają się do zwiększenia ryzyka niedoborów składników mineralnych (Miller i Welch 2013).

Zarówno gęstość, jak i biodostępność pierwiastków w diecie ma kluczowe znaczenia dla osiągnięcia optymalnego stężenia tych pierwiastków w organizmie człowieka. Gęstość składnika odżywczego to ilość składnika w diecie lub produkcie żywnościowym na kilokalorię (kcal) lub wagę jednostkową. Biodostępność to ilość składnika odżywczego, która jest wchłaniana i wykorzystywana do podstawowych funkcji metabolicznych (Black i in. 2008).

Zwiększenie spożycia niedoborowych składników odżywczych można uzyskać poprzez zmianę sposobu odżywiania, systematyczną edukację w zakresie doboru produktów do racji pokarmowych, stosowanie suplementów diety oraz wzbogacanie żywności. Wzbogacanie żywności w deficytowe składniki odżywcze odgrywa większą rolę w prewencji pierwotnej na skalę populacyjną

niż suplementacja, która powinna być stosowana w celu indywidualnego zwiększania spożycia składników mineralnych oraz witamin (Brzozowska 2001).

Proces wzbogacania żywności polega na dodaniu jednego lub kilku składników odżywczych do produktów spożywczych (bez względu na to, czy te składniki występują już w produkcie czy nie). Dzięki wzbogaceniu żywności możliwe jest zapobieganie niedoborom składników odżywczych, które występują w niewielkiej ilości w środowisku np. poprzez jodowanie soli. Wzbogacanie żywności pozwala także na wyrównanie strat, które nastąpiły pod wpływem temperatury w trakcie procesów produkcyjnych np. poprzez dodatek witaminy C do soków owocowych. Proces ten również służy do upodobnienia substytutu do produktu naturalnego oraz do produkcji żywności specjalnego przeznaczenia np. dla niemowląt (Shegelman i in. 2019). Aby wzbogacenie żywności przyniosło rezultat, żywnością wzbogaconą w składniki odżywcze powinien być powszechnie stosowany produkt w stałych ilościach. Do najczęściej wzbogaczanych produktów należą soki, produkty zbożowe np. płatki śniadaniowe, tłuszcze oraz nabiał (Brzozowska 2001), a także drożdże i bakterie, które mają zdolność do akumulacji jonów metali z roztworów wodnych poprzez adsorpcję, wchłanianie lub metabolizm. Procesy te w przypadku drożdży przebiegają w dwóch etapach – w pierwszym (niezależnym od metabolizmu drożdży) kationy gromadzone są na zewnętrznej powierzchni ściany komórkowej, a następnie są adsorbowane do wnętrza komórki. Drugi etap (zależny od metabolizmu drożdży) zwany jest „aktywnym wychwytywaniem” lub bioakumulacją. Polega na wnikanii jonów metali do wnętrza komórki za pośrednictwem transporterów błonowych. Prowadzi to do powstania biokompleksów, czyli kompleksów białkowo – mineralnych (np. metaloproteiny), które są dobrze przyswajane przez organizm ludzki (Nowosad i in. 2020). Dodatkową zaletą drożdży jako potencjalnego źródła biokompleksów dla ludzi i zwierząt jest krótki czas hodowli zapewniający wysoki plon biomasy, a także bezpieczeństwo stosowania wybranych gatunków należących do *Saccharomyces cerevisiae*. Duży wpływ na procesy wchłaniania, podczas hodowli drożdży, może mieć temperatura, pH oraz obecność innych jonów metali. Akumulacja jonów metali zależy prawdopodobnie od wewnątrzkomórkowych systemów transportu i od ich siły chelatowania (Pankiewicz i in. 2014).

Jednym ze sposobów wzbogacania żywności jest zastosowanie pulsacyjnego pola elektrycznego (PEF). Metoda pulsacyjnego pola elektrycznego polega na wykorzystaniu fal elektrycznych o dużej amplitudzie napięcia i krótkich impulsach elektrycznych (od mikrosekund do milisekund). Zazwyczaj stosowane napięcie mieści się w przedziale 1 do 80 kV/cm i jest dostarczane do produktu, który znajduje się między dwoma elektrodami w komorze. W zależności od celu procesu oraz właściwości produktu warunki procesu (tzn. natężenie pola elektrycznego, częstotliwość i szerokość impulsów, czas trwania procesu) są odpowiednio modyfikowane (Soltanzadeh i in. 2020).

2. Bioakumulacja jonów metali za pomocą pulsacyjnego pola elektrycznego (PEF)

Jednym z deficytowych pierwiastków, którym można wzbogacić bakterie za pomocą pulsacyjnego pola elektrycznego jest wapń (Góral i in. 2020). Wapń pełni wiele funkcji w organizmie, między innymi bierze udział w skurczu mięśni szkieletowych, gładkich oraz mięśnia sercowego oraz potrzebny jest do przewodzenia impulsów nerwowych i w procesie krzepnięcia krwi. Dodatkowo jego niedobór oraz nieprawidłowości we wchłanianiu wapnia, mogą powodować osteoporozę, która dotyka 75 milionów ludzi na całym świecie. Jednak obecność takich substancji pochodzenia roślinnego jak: szczawiany i fityniany, może zmniejszać jego biodostępność. Z kolei obecność cukrów oraz białka zwiększa przyswajalność wapnia (Vavrusova i Skibsted 2014). Suplementacja farmakologiczna wapniem jest związana z ryzykiem wystąpienia kamicy nerkowej, uszkodzenia nerek i chorób układu krwionośnego. Dodatkowo jony wapnia zawarte w suplementach mogą wchodzić w interakcje z niektórymi lekami (Rooney i in. 2018). Badania przeprowadzone przez Góral i in. (2020) pokazują, że pulsacyjne pole elektryczne przyczynia się do zwiększenia bioakumulacji jonów wapnia w komórkach bakterii *Lactobacillus rhamnosus* B 442. Najwyższe stężenie wapnia wynoszące 7,30 mg/g suchej masy uzyskano przy stężeniu jonów 200 µg/ml pożywki i przy zastosowaniu następujących parametrów PEF: natężenie pola 3,0 kV/cm, czas ekspozycji 10 min, szerokość impulsu 75 µs i po 20 h hodowli (czas, po którym bakterie zostały potraktowane pulsacyjnym polem elektrycznym). Bakterie wzbogacone w jony wapnia wykorzystano również do

produkcji żywności funkcjonalnej np. lodów. Zastosowanie bakterii *L. rhamnosus* B 442 wzbogaconej w jony wapnia za pomocą PEF do fermentacji mleka spowodowało, że otrzymane lody charakteryzowały się najwyższą zawartością suchej masy, tłuszczu, białka i węglowodanów oraz najniższymi szybkościami topnienia (Góral i in. 2020).

Kolejnymi niedoborowymi pierwiastkami chemicznymi są między innymi magnez i cynk. Magnez, obok wapnia, jest kationem, który występuje w organizmie człowieka w największej ilości. Ciało dorosłego człowieka zawiera ok 23 g tego pierwiastka. Magnez bierze udział w reakcjach enzymatycznych, w których pełni role kofaktora, uczestniczy także w metabolizmie węglowodanów oraz jest potrzebny do prawidłowego funkcjonowania wielu tkanek oraz narządów. Nadmierne spożycie wysoko przetworzonej żywności oraz cukru, alkoholu i kofeiny powoduje deficyt tego pierwiastka. Zagrożeni niedoborem magnezu są także osoby przyjmujące leki moczopędne, kobiety w ciąży oraz karmiące, osoby starsze oraz żyjące w stresie. Objawami niedoboru magnezu są przede wszystkim: zmęczenie, brak apetytu, problemy ze snem oraz skurcze mięśni. Bardzo często osoby z niedoborem magnezu mają problemy z koncentracją, co wpływa na zdolność uczenia się i zapamiętywania. Dodatkowo przedłużający się niedobór magnezu jest niebezpieczny dla zdrowia, bowiem zwiększa podatność na depresję, choroby serca, jest przyczyną wysokiego ciśnienia tętniczego krwi i kamicy nerkowej a także może prowadzić do halucynacji. Źródłem magnezu są produkty zbożowe z pszenicy oraz jęczmienia, brązowy ryż, kukurydza, bataty, a także brokuły, pomidory i papaja (Góral i Pankiewicz 2017).

Tak jak w przypadku wapnia, najpopularniejszym sposobem leczenia niedoboru magnezu oraz cynku jest suplementacja farmakologiczna. Preparaty dostępne na rynku zawierają nieorganiczne i organiczne sole magnezu lub cynku, np. chlorki, węglany, tlenki i mleczały, jednak charakteryzują się one niską biodostępnością dla ludzi. Wykazano, że lepsza biodostępność pierwiastków występuje, gdy podawane są one w postaci kompleksów białkowych np. metaloprotein, które wchłaniane są w sposób typowy dla białek, peptydów oraz aminokwasów, a nie jonów. Dzięki temu możliwe jest uniknięcie współzawodnictwa między pierwiastkami śladowymi o adsorpcję (De Nicola i in. 2007).

Góral i Pankiewicz (2017) badały wpływ pulsacyjnego pola elektrycznego na bioakumulację jonów magnezu w komórkach *Lactobacillus rhamnosus* B 442. Przy zastosowaniu optymalnych warunków pulsacyjnego pola elektrycznego: natężeniu wynoszącym 2,0 kV/cm przy szerokości impulsu 20 μ s, po 15-minutowej ekspozycji na PEF biomasy komórkowej hodowanej przez 20 h oraz przy optymalnym stężeniu jonów magnezu w pożywce wynoszącym 400 μ g Mg^{2+} /ml pożywki, stężenie magnezu w komórkach *Lactobacillus rhamnosus* B 442 wynosiło 4,28 mg/g suchej masy. Pulsacyjne pole elektryczne spowodowało wzrost bioakumulacji pierwiastka o 220% w porównaniu do próby kontrolnej, która nie była traktowana PEF.

Hodowle *Saccharomyces cerevisiae* traktowano pulsacyjnym polem elektrycznym, aby poprawić akumulację magnezu w biomase drożdży. W zoptymalizowanych warunkach, tj. po 15-minutowej ekspozycji 20-godzinnej hodowli na działanie PEF o szerokości impulsu 20 μ s i natężeniu pola elektrycznego 2000 V, akumulacja magnezu w biomase drożdży osiągnęła maksymalnie 3,98 mg/g suchej masy, co stanowiło 40% całkowitego magnezu w pożywce. Wykazano, że pulsacyjne pole elektryczne istotnie wpłynęło na zwiększenie stężenia magnezu w komórkach drożdży *Saccharomyces cerevisiae* (Pankiewicz i Jamroz 2010).

Cynk wchodzi w skład metaloprotein oraz bierze udział w reakcjach biochemicznych. Dodatkowo chroni organizm przed działaniem wolnych rodników i uszkodzeniami oksydacyjnymi oraz bierze udział w ekspresji genów. Największe zapotrzebowanie na cynk mają mężczyźni (ok. 15 mg na dobę) oraz kobiety (ok. 12 mg na dobę). W przypadku dzieci i niemowląt zapotrzebowanie na cynk wynosi odpowiednio 10 mg oraz od 3 do 5 mg na dobę. Przyswajalność cynku z pożywienia wynosi od 15 do 37% i zależy od rodzaju pożywienia, bowiem cynk pochodzący z produktów zwierzęcych jest bardziej biodostępny niż cynk, który znajduje się w produktach roślinnych. Powodem niższej biodostępności tego pierwiastka z produktów pochodzenia roślinnego jest obecność fitynianów, szczawianów oraz błonnika. Tak jak w przypadku innych pierwiastków, niedobory cynku można leczyć stosując suplementy diety, jednak cynk dostępny w postaci preparatów farmakologicznych charakteryzuje się niską biodostępnością oraz może powodować szereg skutków ubocznych np. nudności, wymioty oraz bóle brzucha i głowy (Grüngreiff i in. 2020).

Technologia pulsacyjnego pola elektrycznego (PEF) została wykorzystana również do bioakumulacji jonów cynku w komórkach *Lactobacillus rhamnosus B 442* w celu uzyskania źródła tego pierwiastka o wysokiej biodostępności. Najwyższą bioakumulację cynku (2,85 mg/g suchej masy) osiągnięto przy optymalnych parametrach pulsacyjnego pola elektrycznego: natężeniu pola 3,0 kV/cm, szerokości impulsu 20 μ s, czasie elektroporacji 15 min po 20 h hodowli i przy stężeniu cynku 500 μ g/ml. Pulsacyjne pole elektryczne spowodowało wzrost stężenie jonów cynku o 164% w porównaniu z próbą kontrolną, która nie była traktowana PEF (Góral i in. 2019).

Hodowle *Saccharomyces cerevisiae* poddano działaniu pulsacyjnego pola elektrycznego, aby poprawić akumulację cynku w biomacie. W zoptymalizowanych warunkach, czyli po 15-minutowej ekspozycji 20-godzinnej hodowli na działanie PEF o napięciu 1500 V i szerokości impulsu 10 μ s, akumulacja cynku w biomacie drożdży osiągnęła maksymalnie 15,57 mg/g s.m. Przy optymalnym stężeniu cynku (100 μ g/ml pożywki) jego akumulacja w komórkach była wyższa o 63% w porównaniu z kontrolą (bez PEF) (Pankiewicz i Jamroz 2011).

Celem pracy Pankiewicz i in. (2014) było określenie zdolności *S. cerevisiae* do bioakumulacji jonów magnezu w obecności cynku (para jonowa) w warunkach pulsującego pola elektrycznego (PEF). Zaobserwowano, że pulsacyjne pole elektryczne spowodowało odpowiednio 1,5 oraz 2-krotny wzrost stężenia magnezu oraz cynku w komórkach drożdży *Saccharomyces cerevisiae*. Stężenie jonów w pożywce oraz ich wzajemne oddziaływanie wpływały na ich bioakumulację w komórkach drożdży, bowiem zwiększenie stężenia jednego jonu powodowało zmniejszenie akumulacji drugiego w przypadku próby kontrolnej oraz w komórkach, które były traktowane pulsacyjnym polem elektrycznym (PEF). Przy optymalnych warunkach, czyli po 15-minutowej ekspozycji po 20 godzinach hodowli na działanie PEF o parametrach: 5,0 kV/cm i o szerokości impulsu 20 μ s, akumulacja magnezu oraz cynku wynosiła maksymalnie odpowiednio 2,85 i 11,41 mg/g suchej masy.

Selen jest zaliczany do pierwiastków o szerokim działaniu plejotropowym. Jako składnik selenoprotein ma działanie przeciwutleniające oraz przeciwzapalne, a także bierze udział w syntezie hormonów tarczycy. Niski poziom selenu związany jest ze zwiększonym ryzykiem śmiertelności, osłabieniem funkcjonowania układu odpornościowego i pogorszeniem funkcji poznawczych. Jest kluczowym składnikiem odżywczym w przeciwdziałaniu rozwojowi wirulencji i hamowaniu progresji HIV do AIDS. Stosowanie wysokich dawek selenu ma działanie przeciwwirusowe, suplementacja selenem również pozytywnie wpływa na funkcje rozrodcze mężczyzn i kobiet oraz zmniejsza ryzyko autoimmunologicznej choroby tarczycy. Dodatkowo wykazano profilaktyczne działanie tego pierwiastka w przypadku raka prostaty, płuc, jelita grubego oraz pęcherza moczowego (Rayman 2012).

Celem pracy Pankiewicz i Jamroz (2007) było zbadanie wpływu pulsacyjnego pola elektrycznego na bioakumulację selenu w komórkach drożdży *Saccharomyces cerevisiae*. Największą bioakumulację selenu w biomacie drożdży (ok. 240 μ g/g suchej masy) uzyskano po 15-minutowej ekspozycji na PEF w 20-godzinnej hodowli. Odnotowano 50% wyższą zawartość selenu w komórkach w porównaniu z kulturą kontrolną bez zastosowania PEF. Natomiast optymalizacja wartości pH i czasu trwania hodowli spowodowała wzrost akumulacji selenu o około 78%. Stwierdzono również istotną korelację między akumulacją selenu w komórkach drożdży a jego stężeniem w podłożu hodowlanym.

Kultury *Saccharomyces cerevisiae* poddano działaniu pulsacyjnego pola elektrycznego (PEF) w celu uzyskania maksymalnej akumulacji jonów selenu i cynku (jednocześnie) w biomacie. Przy optymalnych parametrach PEF: natężeniu pola elektrycznego 3 kV/cm i szerokości impulsu 10 μ s po obróbce 20-godzinnej hodowli przez 10 min zaobserwowano maksymalną akumulację obu jonów w komórkach drożdży: dla selenu wynosiła ona 43,07 mg/g s.m. i 14,48 mg / g s.m. dla cynku. Zastosowanie PEF spowodowało wzrost akumulacji jonów o 65% dla selenu i 100% dla cynku. Optymalizacja parametrów PEF doprowadziła do dalszego wzrostu akumulacji obu jonów, skutkując ponad 2-krotnym i 2,5-krotnie wyższym stężeniem selenu i cynku (Pankiewicz i in. 2017).

3. Podsumowanie

Oczekiwania konsumentów co do jakości produktów spożywczych wzrosły w ostatniej dekadzie. Żywność powinna dostarczać odpowiednią ilość składników odżywczych niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania organizmu człowieka, zapobiegać chorobom związanym z odżywianiem oraz przyczyniać się do poprawy samopoczucia. Żywność funkcjonalna jest cennym źródłem składników bioaktywnych, do których należą m.in. błonnik pokarmowy, prebiotyki i probiotyki, niektóre białka, wielonienasycone kwasy tłuszczowe, substancje o właściwościach przeciwutleniających, witaminy i minerały. Jako ich nośnik często stosuje się tradycyjne produkty spożywcze.

Zastosowanie pulsacyjnego pola elektrycznego jest coraz częstszym zjawiskiem w procesach produkcyjnych. W komórce poddanej działaniu PEF indukowane napięcie transbłonowe ułatwia tworzenie porów w błonie, co prowadzi do zwiększenia jej przepuszczalności. Efekty tego procesu zależą od przyłożonego napięcia pola elektrycznego, szerokości impulsu, czasu trwania procesu, a także od pH i czasu trwania hodowli. Badania, w których oceniano wpływ pulsacyjnego pola elektrycznego na bioakumulację jonów metali, pokazują, że proces ten skutecznie zwiększa stężenie deficytowych pierwiastków w biomase komórkowej drożdży oraz bakterii. Wykorzystanie tego zabiegu umożliwiłoby produkcję żywności funkcjonalnej, która rozwiązałaby problem niedoborów pierwiastków u ludzi oraz zastąpiłoby suplementację, ponieważ biodostępność składników mineralnych w suplementach diety jest bardzo niska. Dzięki powstawaniu metaloprotein w biomase komórkowej drożdży i bakterii, jony metali są lepiej tolerowane i przyswajane.

4. Literatura

- Black RE, Allen LH, Bhutta Z et al. (2008) Maternal and child undernutrition: global and regional exposures and health consequences. *The Lancet* 371(9608): 243-260.
- Brzozowska A (2001) Wzbogacanie żywności i suplementacja diety składnikami odżywczymi - korzyści i zagrożenia. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 4(29): 16-28.
- De Nicola R, Hazelwood LA, De Hulster EA et al. (2007) Physiological and transcriptional responses of *Saccharomyces cerevisiae* to zinc limitation in chemostat cultures. *Applied and Environmental Microbiology* 73(23): 7680-7692.
- Góral M, Pankiewicz U (2017) Effect of pulsed electric fields (PEF) on accumulation of magnesium in *Lactobacillus rhamnosus* B 442 cells. *The Journal of Membrane Biology* 250(5): 565-572.
- Góral M, Pankiewicz U, Sujka M et al. (2019) Bioaccumulation of zinc ions in *Lactobacillus rhamnosus* B 442 cells under treatment of the culture with pulsed electric field. *European Food Research and Technology* 245(4): 817-824.
- Góral M, Pankiewicz U, Sujka M et al. (2020) Influence of Pulsed Electric Field on Accumulation of Calcium in *Lactobacillus rhamnosus* B 442. *Journal of Microbiology and Biotechnology* 30(1): 44-53.
- Góral M, Pankiewicz U, Sujka M et al. (2020) Influence of Pulsed Electric Field on Accumulation of Calcium in *Lactobacillus rhamnosus* B 442. *Journal of Microbiology and Biotechnology* 30(1): 44-53.
- Grüngreiff K, Gottstein T, Reinhold D (2020) Zinc Deficiency - An Independent Risk Factor in the Pathogenesis of Haemorrhagic Stroke? *Nutrients* 12(11): 3548.
- Miller DD, Welch RM (2013) Food system strategies for preventing micronutrient malnutrition. *Food Policy* 42: 115-128.
- Nowosad K, Sujka M, Pankiewicz U et al. (2020) The application of PEF technology in food processing and human nutrition. *Journal Of Food Science And Technology-Mysore*.
- Pankiewicz U, Jamroz J (2007) The effect of pulse electric field on accumulation of selenium in cells of *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Microbiology and Biotechnology* 17(7): 1139-1146.
- Pankiewicz U, Jamroz J (2010) Effect of pulsed electric fields upon accumulation of magnesium in *Saccharomyces cerevisiae*. *European Food Research and Technology* 231(5): 663-668.

- Pankiewicz U, Jamroz J (2011) Effect of pulsed electric fields upon accumulation of zinc in *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Microbiology and Biotechnology* 21(6): 646-651.
- Pankiewicz U, Sujka M, Włodarczyk-Stasiak M et al. (2014) Effect of pulse electric fields (PEF) on accumulation of magnesium and zinc ions in *Saccharomyces cerevisiae* cells. *Food Chemistry* 157: 125-131.
- Pankiewicz U, Sujka M, Kowalski R et al. (2017) Effect of pulsed electric fields (PEF) on accumulation of selenium and zinc ions in *Saccharomyces cerevisiae* cells. *Food Chemistry*, 221: 1361-1370.
- Rayman MP (2012) Selenium and human health. *The Lancet* 379(9822): 1256-1268.
- Rooney MR, Michos ED, Hootman KC et al. (2018) Trends in calcium supplementation, National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 1999–2014. *Bone* 111: 23-27.
- Shegelman IR, Vasilev AS, Shtykov AS et al. (2019) Food fortification - problems and solutions. *Eurasian Journal of Biosciences* 13(2).
- Soltanzadeh M, Peighambaroust SH, Gullon P et al. (2020) Quality aspects and safety of pulsed electric field (PEF) processing on dairy products: a comprehensive review. *Food Reviews International*: 1-22.
- Vavrusova M, Skibsted LH (2014) Calcium nutrition. Bioavailability and fortification. *LWT - Food Science and Technology* 59: 1198-1204.

12. Analiza spożycia produktów będących źródłem tiaminy przez kobiety i mężczyzn w wieku 25-60 lat, mieszkających w województwie wielkopolskim

Analysis of consumption of thiamine source products among women and men of age 25-60 years from in Wielkopolska region

Justyna Piechocka, Krystyna Szymandera-Buszka

Katedra Technologii Gastronomicznej i Żywności Funkcjonalnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Opiekun naukowy: dr hab. Krystyna Szymandera-Buszka

Krystyna Szymandera- Buszka: krystyna.szymandera_buszka@up.poznan.pl

Słowa kluczowe: witaminy, witamina B1, tiamina, pokrycie zapotrzebowania

Streszczenie

Celem badań była analiza trendów spożycia produktów spożywczych będących źródłem tiaminy wśród osób mieszkających w województwie wielkopolskim. Badania zostały przeprowadzone w latach 2017 – 2019 wśród 810 osób (kobiet – n=400 i mężczyzn – n=410) w wieku od 25 do 60 lat, zamieszkujących województwo wielkopolskie. Potwierdzono zależność wpływu płci na wielkość pokrycia zapotrzebowania na tiaminę oraz rodzaj spożywanych produktów stanowiących główne źródło tiaminy w diecie. Stwierdzono, że w analizowanej grupie zaledwie 13% mężczyzn i 5% kobiet deklaroowało spożycie produktów pozwalających na pokrycie dziennego zapotrzebowania na tiaminę w ilości powyżej 100%. Nie stwierdzono natomiast statystycznie istotnych różnic w wyborze produktów stanowiących pokrycie zapotrzebowania na tiaminę, w zależności od wieku. Analiza wyników badań pozwoliła na stwierdzenie, że w diecie ankietowanej grupy występuje znaczące zróżnicowanie w spożyciu produktów stanowiących źródło tiaminy, które głównie dotyczyło spożycia mięsa oraz produktów zbożowych. Ankietowani mężczyźni deklarowali znacznie częstsze i w większych ilościach spożycie mięsa, zwłaszcza wieprzowego. Natomiast ankietowane kobiety deklarowały częste spożycie przetworów zbożowych, o wysokim stopniu przetworzenia, a spośród produktów mięsnych - mięsa drobiowego. Znacznie niższe pokrycie zapotrzebowania na tiaminę wśród kobiet wynikało także ze spożycia znacznie mniejszych porcji deklarowanych produktów. Tendencje w analizowanej grupie osób, związane z wyborem produktów zbożowych wysoko przetworzonych, charakteryzujących się niską zawartością tiaminy, wskazują na konieczność edukacji żywieniowej społeczeństwa.

1. Wstęp

Głównym źródłem tiaminy są produkty pełnoziarniste, brązowy ryż, wieprzowina, drób, nasiona roślin strączkowych, orzechy (Iwanow i in. 2014). Zalecane dzienne spożycie (RDA, recommended dietary allowance) tiaminy dla dorosłych wynosi 1,3 i 1,1 mg odpowiednio w przypadku mężczyzn i kobiet (DiNicolantonio i in. 2018; Jarosz 2017). Subkliniczne objawy niedoboru tej witaminy widoczne są już po 2 tygodniach od jej niedostatecznej podaży w pożywieniu, natomiast objawy kliniczne rozwijają się w ciągu kolejnych trzech tygodni (DiNicolantonio i in. 2018; DiNicolantonio i in. 2013). Niedobór tiaminy może wynikać z niewystarczającego spożycia, zmniejszonego wchłaniania z przewodu pokarmowego spowodowanego przebyłą chorobą oraz zwiększonego zapotrzebowania metabolicznego (Tylicki i in. 2018). Niedobór witaminy B₁ jest powszechny u chorych z cukrzycą, kobiet w ciąży i w okresie laktacji, palaczy tytoniu, osób nadużywających alkoholu oraz osób stosujących dietę wysokowęglowodanową (DiNicolantonio i in. 2013). Stany niedoborowe witaminy B₁ mogą być powszechne zarówno u osób starszych (choroby, przyjmowane leki, zaburzenia wchłaniania) (DiNicolantonio i in. 2013), jak i u aktywnych młodych dorosłych - biochemiczny niedobór tiaminy może być efektem stresu (Lonsdale 2006). Dlatego

istotnym wydaje się monitorowanie spożycia tej witaminy w społeczeństwie, niezależnie od wieku czy płci.

Przyjętą hipotezą (H_0) był brak zależności pomiędzy płcią, wiekiem ankietowanych, a wielkością pokrycia dziennego zapotrzebowania na tiaminę, przy $p < 0,01$. W przypadku odrzucenia tej hipotezy przyjmowano hipotezy alternatywne H_1 , które stanowiły o występowaniu zależności pomiędzy wcześniej wskazanymi zmiennymi.

2. Materiały i metody

Badanie przeprowadzono przy pomocy metody ankiety bezpośredniej przy użyciu autorskiego kwestionariusza o strukturze zamkniętej (Szymandera-Buszka i in. 2018), który zawierał pytania dotyczące ilości i częstości spożywanych grup produktów (zbożowe, mięsne oraz mleczne) oraz sposobu ich obróbki kulinarnej. Dla ułatwienia określania ankietowanym wielkości preferowanych porcji poszczególnych produktów wykorzystano „Album fotografii produktów i potraw” (Szponar i in. 2000). Badanie częstotliwości spożycia żywności przeprowadzono wykorzystując sześciostopniową skalę z określeniami i przypisanymi im wartościami liczbowymi: 1 – „nigdy”, 2 – „1-3 razy w miesiącu”, 3 – „raz w tygodniu”, 4 – „kilka razy w tygodniu”, 5 – „raz dziennie”, 6 – „kilka razy w ciągu dnia” (Gawęcki 2014; Wądołowska 2005).

Na podstawie uzyskanych wyników określono ocenę spożycia tiaminy (Szymandera-Buszka i in. 2018; Iwanow i in. 2014), a następnie stopień realizacji norm dziennego zapotrzebowania na tą witaminę, przyjmując dla kobiet 1,1 mg/dzień, a dla mężczyzn 1,3 mg/dzień – ustalonych na poziomie RDA (Jarosz 2017).

Badania przeprowadzono w latach 2017-2019 i objęto nimi grupę 810 osób, w tym 400 kobiet i 410 mężczyzn, w przedziale wiekowym 25-60 lat. Ankietowane osoby podzielono na następujące grupy wiekowe: 25-41 ($n=404$), 42-60 ($n=406$). Dobór grupy był nielosowy, lecz celowy, związany z wiekiem badanych i płcią badanych. Uzyskane wyniki zostały poddane analizie statystycznej przy pomocy programu STATISTICA™ PL 12 (StatSoft) - test chi-kwadrat (χ^2).

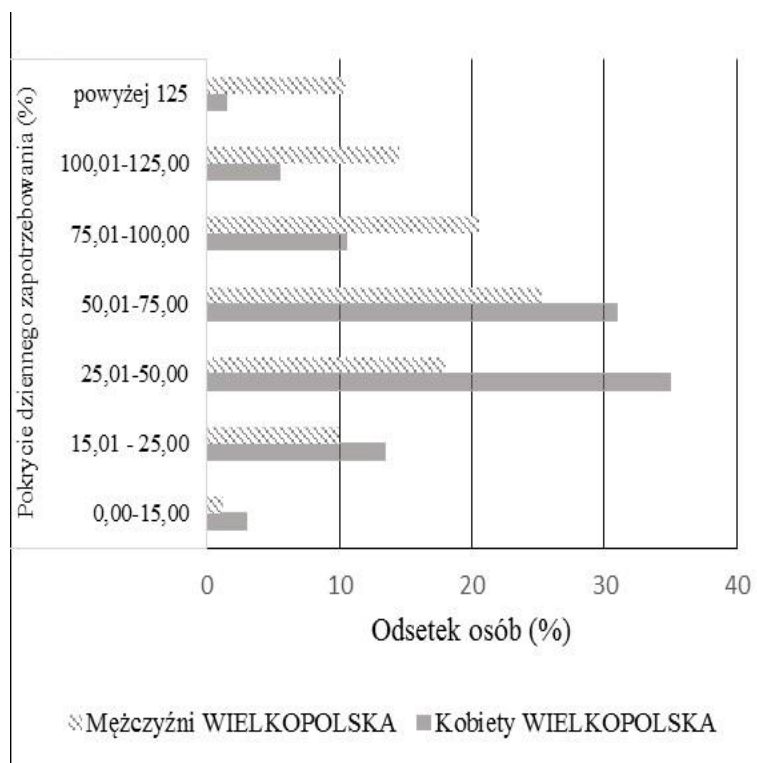
3. Wyniki i ich omówienie

Uzyskane wyniki badań (Tab. 1) potwierdziły wpływ płci na poziom pokrycia dziennego zapotrzebowania na tiaminę w badanej grupie ($p < 0,01$; H_1).

Tab. 1. Charakterystyka zależności pomiędzy płcią i wiekiem ankietowanych a wielkością pokrycia dziennego zapotrzebowania na tiaminę ($p < 0,01$).

Oceniany wyróżnik	Hipoteza dotycząca zależności pomiędzy płcią i wiekiem a wielkością pokrycia dziennego zapotrzebowania na tiaminę
Płeć	H_1
Wiek	H_0

Stwierdzono, że w analizowanej grupie mężczyzn, niezależnie od wieku 34% deklaruowało spożycie produktów pozwalających na pokrycie dziennego zapotrzebowania na tiaminę w przedziale od 75 do 125%. Wśród ankietowanych kobiet, niezależnie od wieku takie pokrycie stwierdzono u 17%, podczas gdy znacznie liczniejsza grupa stanowiąca 33% kobiet, deklaruowała spożycie produktów pozwalające na pokrycie dziennego zapotrzebowania na tiaminę wynoszące zaledwie do 50%. Na uwagę zasługuje fakt, że 12% mężczyzn i 0% kobiet deklaruowało spożycie produktów w ilościach i z częstością pozwalającą na pokrycie dziennego zapotrzebowania na tiaminę w ponad 125%. Przeprowadzona analiza statystyczna nie potwierdziła natomiast wpływu wieku na poziom ich dziennego pokrycia zapotrzebowania na tiaminę ($p < 0,01$; H_0). W badanej grupie kobiet stwierdzono jedynie tendencje zmiennego zachowania w grupie wiekowej 41-60 lat, której to liczniejsza część pokrywała dzienne zapotrzebowanie na tiaminę na poziomie do 50%. W przypadku mężczyzn w obu grupach wiekowych stwierdzono podobne tendencje (Rys. 1).



Rys. 1. Pokrycie dziennego zapotrzebowania na tiaminę wśród kobiet i mężczyzn pomiędzy 25 a 60 rokiem życia mieszkających w województwie Wielkopolskim.

Analiza wyników badań pozwoliła na stwierdzenie, że w diecie ankietowanej grupy występuje znaczące zróżnicowanie w spożyciu produktów stanowiących źródło tiaminy, które głównie dotyczyło spożycia mięsa oraz produktów zbożowych (Tab.2).

Tab. 2. Udział produktów stanowiących źródło tiaminy w diecie kobiet i mężczyzn w wieku 25-60 lat w województwie wielkopolskim (%).

Płeć	Produkty spożywcze					
	nabiał	mięso	wędliny	ryby	pieczywo	makaron, kasza, ryż
kobiety	9 ^a	15 ^a	8 ^a	5 ^a	31 ^a	32 ^a
mężczyźni	9 ^a	23 ^b	8 ^a	3 ^a	29 ^b	28 ^b

* Różne litery oznaczają różnice statystycznie istotne pomiędzy wierszami w ramach tej samej kolumny, przy $p < 0,01$.

Zaobserwowano zależność pomiędzy spożyciem produktów zbożowych, a niższym pokryciem dziennego zapotrzebowania na tiaminę, co wynikało z tendencji do spożycia produktów

zbożowych wysoko przetworzonych oraz stosowania zabiegów technologicznych przyczyniających się do znacznie większych ubytków tiaminy. Na podstawie analizy statystycznej potwierdzono w badanej grupie ($p < 0,01$) wpływ płci na rodzaj spożywanych produktów będących źródłem tiaminy, głównie mięsa. Ankietowani mężczyźni deklaruwali znacznie częstsze i w większych ilościach spożycie mięsa wieprzowego, bardzo często schabu charakteryzującego się wysoką zawartością tiaminy (Iwanow i in. 2014). Natomiast kobiety deklarowały spożycie mięsa oraz produktów zbożowych w znacznie mniejszych ilościach i z mniejszą częstotliwością niż mężczyźni. W grupie tej stwierdzono także statystycznie istotnie znacznie częstsze spożycie mięsa drobiowego aniżeli wieprzowego. Zaobserwowano także, że w grupie kobiet, u których pokrycie zapotrzebowania na tiaminę plasowało się na poziomie do 50% stwierdzono spożycie wspomnianych produktów w znacznie mniejszych ilościach i z mniejszą częstotliwością aniżeli w grupie mężczyzn. Dodatkowo znacznie liczniejsza grupa kobiet deklarowała rodzaj obróbki powodujący znacznie większe straty tiaminy oraz spożycie przetworów zbożowych o wyższym stopniu przetworzenia w porównaniu do mężczyzn. Ankietowane kobiety deklarowały także znaczne częstsze spożycie kaszy, ale przetworzonej. Podobną tendencję stwierdzono w aspekcie spożycia makaronu. Zarówno kobiety jak i mężczyźni, w przypadku których stwierdzono niskie pokrycie dziennego zapotrzebowania na tiaminę, deklarowali spożycie znacznych ilości tych produktów, ale z łąką jasnej.

4. Dyskusja

Uzyskane wyniki badań potwierdziły znacznie wyższe pokrycie dziennego zapotrzebowania na tiaminę wśród mężczyzn niż u kobiet, co stwierdzono także w innych badaniach dotyczących zarówno osób aktywnych sportowo, jak i z umiarkowanym wysiłkiem fizycznym. Niskie pokrycie dziennego zapotrzebowania na tiaminę, w analizowanej grupie, związane było głównie z niskim spożyciem kasz, ciemnego pieczywa, co potwierdzają także inne badania (Ciecierska i in. 2018; Królak i Jeżewska-Zychowicz 2015; Rybowska 2014). Niepokojące wartości niskiego pokrycia zapotrzebowania na tiaminę dotyczące głównie kobiet potwierdzają także inne wyniki badań populacyjnych (Dias i in. 2013; Whitfield i in. 2017). Wyniki wcześniejszych badań potwierdzają także spożywanie przez kobiety znacznie mniejszych ilości produktów mięsnych, zwłaszcza z mięsa wieprzowego, które zaliczamy do produktów obfitych w tiaminę (Szymandera–Buszka i in. 2018, Iwanow K i in. 2014). Uzyskane wyniki badań potwierdzają korelację pomiędzy wysokim spożyciem wysoko przetworzonych produktów zbożowych a niższym pokryciem zapotrzebowania na tiaminę. Jest to widoczne zwłaszcza w diecie kobiet. Wysoką częstotliwość spożycia produktów zbożowych wśród kobiet w wieku 19-50 lat z regionu Wielkopolski stwierdzono również w badaniach, które zostały przeprowadzone w latach 2008-2009 (Lebiedzińska A. 2007). Inne tendencje określono na podstawie badań Blaurock i in. (2021) przeprowadzonych w grupie badawczej z udziałem 61 studentek z Niemiec. W badaniu tym stwierdzono wysokie pokrycie zapotrzebowania na tiaminę i nie stwierdzono różnic w pokryciu zapotrzebowania na tiaminę w przypadku kobiet spożywających i nie spożywających mięsa.

Przeprowadzona analiza wskazuje na konieczność edukacji społeczeństwa na temat najlepszych źródeł tiaminy w żywności oraz zmianę trendów i sposobu przygotowywania posiłków.

5. Wnioski

Pokrycie dziennego zapotrzebowania na tiaminę wraz z dostarczaną dietą nie jest wystarczające wśród kobiet i mężczyzn województwa wielkopolskiego. Wśród ankietowanych kobiet zaobserwowano niższe spożycie tiaminy niż u mężczyzn. Niezależnie od wieku tylko 17 % kobiet deklarowało spożycie produktów pozwalających na pokrycie dziennego zapotrzebowania na tiaminę w 75 do 125%. Natomiast w analizowanej grupie mężczyzn, niezależnie od wieku takie pokrycie deklarowało 34%.

Przeprowadzona analiza wskazuje na konieczność edukacji społeczeństwa w zakresie najlepszych źródeł tiaminy w żywności oraz zmianę trendów i sposobu przygotowywania posiłków.

Publikację sfinansowano w ramach programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pod nazwą „Regionalna Inicjatywa Doskonałości” w latach 2019-2022, nr projektu 005/RID/2018/19, kwota finansowania 12 000 000 zł.

6. Literatura

- Blaurock J, Kaiser B, Stelzl T, I in. (2021) Dietary Quality in Vegetarian and Omnivorous Female Students in Germany: A Retrospective Study. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 18 (4): 1888.
- Ciecierska M, Warszycka A, Kowalska J (2018) Preferencje konsumenckie na rynku pieczywa. *Nauka Przyroda Technologie* 12(1): 55–63.
- Dias F M V, Silva D M de F, Doyle F C de P et al. (2013) The connection between maternal thiamine shortcoming and offspring cognitive damage and poverty perpetuation in underprivileged communities across the world. *Medical Hypotheses* 80(1): 13–16.
- DiNicolantonio J J, Liu J, O'Keefe JH (2018) Thiamine and Cardiovascular Disease: A Literature Review. *Progress in Cardiovascular Diseases* 61(1): 27–32.
- DiNicolantonio J J, Niaz A K, Lavie C J et al. (2013) Thiamine supplementation for the treatment of heart failure: A review of the literature. *Congestive Heart Failure* 19(4).
- Gawęcki J (2014) Kwestionariusz do badania poglądów i zwyczajów żywieniowych oraz procedura opracowania danych. *Zespół Behawioralnych Uwarunkowań Żywienia* 3–20.
- Gil M, Głodek E, Rudy M (2012) Ocena spożycia witamin i składników mineralnych w całodziennych racjach pokarmowych studentów Uniwersytetu Rzeszowskiego. *Rocz Panstw Zakł Hig* 63(4): 441–446.
- Iwanow K, Kunachowicz H, Nadolna I (2014) Wartość odżywcza wybranych produktów spożywczych i typowych potraw. Warszawa: PZWL.
- Jarosz M (2017) Normy żywienia dla populacji Polski (IŻŻ) Warszawa.
- Królak M, Jeżewska-Zychowicz M (2015) Zachowania konsumentów na rynku produktów zbożowych pełnoziarnistych i ich uwarunkowania na przykładzie makaronu i herbatników. *Handel Wewnętrzny* 2(355): 234–245.
- Lebiedzińska A. (2007) Wybrane produkty zbożowe jako elementy funkcjonalne diety – częstość spożycia produktów zbożowych wśród studentów. *Rocz PZH* 58(1): 295-300.
- Lonsdale D (2006) A Review of the Biochemistry, Metabolism and Clinical Benefits of Thiamin (e) and Its Derivatives 3(February): 49–59.
- Morawska A, Bolesławska I, Przysławski J (2013) Poziom spożycia wybranych witamin przez mężczyzn trenujących karate 11(3): 267–270.
- Rybowska A (2014) Konsument na rynku kasz. *Rocz Nauk Stow Ekonomistów Rolnictwa I Agrobiznesu* 17(3): 344–348.
- Szponar L, Wolnicka K, Rychlik E (2000) Album fotografii produktów i potraw 1 (IZZ). Warszawa.
- Szymandera-Buszk K, Jędrusek-Golińska A, Waszkowiak K i in. (2018) Szacunkowa charakterystyka spożycia produktów będących źródłem tiaminy wśród studentów poznańskich uczelni. *Probl Hig Epidemiol* 99(1): 27–31.
- Szymandera-Buszk K, Jędrusek-Golińska A, Waszkowiak K i in. (2016). Ocena pobrania tiaminy z diety przez kobiety i mężczyzn w wieku 21-40 lat, mieszkających w Poznaniu. *Bromat. Chem. Toksykol* 49(3): 648–652.
- Tylicki A, Łotowski Z, Siemienuk M et al. (2018). Thiamine and selected thiamine antivitamin — biological activity and methods of synthesis. *Bioscience Reports* 38(1), BSR20171148.
- Wądołowska L (2005). Walidacja kwestionariusza częstotliwości spożycia żywności - FFQ. Ocena powtarzalności. *Bromat. Chem. Toksykol* 38(9): 27–33.
- Whitfield K C, Smith G, Chamnan C et al. (2017). High prevalence of thiamine (vitamin B1) deficiency in early childhood among a nationally representative sample of Cambodian women of childbearing age and their children. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 11(9): 1–15.

13. Biologicznie aktywne peptydy jako prozdrowotne składniki diety

Biologically active peptides as health-promoting components in the diet

Szafrńska Jagoda⁽¹⁾, Małecki Jan⁽¹⁾, Kusio Katarzyna^(1, 2)

⁽¹⁾ Zakład Technologii Mleka i Hydrokoloidów, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

⁽²⁾ Zespół Szkół Spożywczych i Hotelarskich w Radomiu

Szafrńska Jagoda: jagoda.szafranska@poczta.fm

Słowa kluczowe: żywność, składniki diety, klasyfikacja, działanie

Streszczenie

W ostatnich latach zwraca się szczególną uwagę na bioaktywne peptydy obecne w żywności, które nie tylko dostarczają składniki odżywcze, ale również mogą przyczynić się do zmniejszenia występowania różnych chorób przewlekłych. Wiele produktów spożywczych zawiera peptydy, znajdujące się w nienaruszonych cząsteczkach. Mogą być one uwalniane dopiero poprzez hydrolizę enzymatyczną białek, w wyniku fermentacji lub dojrzewania podczas przetwarzania żywności. Spośród wszystkich bioaktywnych białek i peptydów znajdujących się w żywności pochodzenia roślinnego i zwierzęcego znane są zwłaszcza te otrzymywane z mleka. Wiele efektów fizjologicznych jakie wywierają na ludzki organizm zostało zbadanych i opisanych. Skupiają się one głównie na działaniu immunomodulującym, przeciwnadciśnieniowym, osteoprotekcyjnym, opiatowym, przeciwutleniającym i przeciwdrobnoustrojowym. Między innymi opisano badania dotyczące przeciwnadciśnieniowemu działaniu fermentowanych produktów mlecznych zawierających tripeptydy IPP i VPP, które hamują enzym konwertujący angiotensynę. Dlatego też coraz częściej przeprowadza się badania bioaktywnych peptydów jako związków będących ważnym składnikiem żywności funkcjonalnej oraz nutraceutyków.

1. Wprowadzenie

W ostatnich latach pojawiły się liczne dowody naukowe opisujące działanie biologicznie aktywnych peptydów i białek pochodzących z żywności. Bioaktywne peptydy charakteryzuje się jako sekwencje peptydów w białku, które wywierają korzystny wpływ na zdrowie człowieka, wykraczając poza znaną wartość odżywczą (Kitts i Weiler 2003). Wspomniane proteiny mogą regulować procesy fizjologiczne ustroju człowieka, w tym związane z układami: hormonalnym, krążenia, nerwowym czy pokarmowym. Dodatkowo wpływają na reakcje organizmu na czynniki chorobowe tj. działanie przeciwbakteryjne, przeciwzakrzepowe, czy immunomodulujące (Chakrabarti, Guha i Majumder 2018). Różnią się od naturalnie występujących białek aktywnych, takich jak endorfiny, ponieważ są wytwarzane przez proteolizę natywnych białek spożywczych (Udenigwe i Aluko 2011). Obecnie te właściwości próbuje się wykorzystać na większą skalę do produkcji żywności funkcjonalnej oraz nutraceutyków. Etapy przetwarzania tego typu żywności mają na celu wzbogacenie produktów o aktywne peptydy, a tym samym wzmocnienie aktywności fizjologicznej wyrobu, co może być również korzystne dla organizmu pod względem odżywczym, jako źródło niezbędnych aminokwasów. To nowe podejście może wpłynąć na zróżnicowanie wykorzystania upraw rolnych i produktów zwierzęcych poza podstawowymi celami żywieniowymi, ale także jako źródła składników aktywnych o właściwościach prozdrowotnych (Udenigwe i Aluko 2011).

Przyjmuje się, że składnik wpływający na procesy biologiczne, który mógłby zostać określony mianem „bioaktywnego” musi charakteryzować się określonymi cechami. Powinien wywierać wymierne działanie biologiczne na fizjologicznie realistycznym poziomie oraz nie powinien powodować potencjalnie szkodliwych skutków, tj. toksyczności, alergenności i mutagenności (Möller i in. 2008). Na przestrzeni wielu lat, bioaktywne peptydy w żywności były odkrywane na drodze podejścia klasycznego lub za pomocą technik bioinformatycznych. Klasyczne podejście, związane z pozyskiwaniem tych cząsteczek, polega na hydrolizie białek za pomocą enzymów proteolitycznych, ale również mogą być uzyskiwane na drodze fermentacji. Bakteryjne

enzymy proteolityczne hydrolizują białka, uwalniając peptydy do hydrolizatu (Daliri, Oh i Lee 2017). Tak otrzymane hydrolizaty są następnie sprawdzane za pomocą testów biochemicznych *in vitro* pod kątem ich potencjalnej aktywności biologicznej. Następnie przeprowadza się badania w postaci hodowli komórkowych, doświadczenia *in vivo* na modelach zwierzęcych oraz testy kliniczne na ludziach. Coraz częściej przeprowadza się doświadczenia związane z opracowaniem nutraceutyków na bazie bioaktywnych peptydów pochodzących z żywności. Jednak możliwości przełożenia tych odkryć na praktyczne lub komercyjne zastosowanie jest dość problematyczna. Głównymi przyczynami opóźnienia wdrożenia tych badań są przede wszystkim:

- a) Brak spójnych metod wytwarzania bioaktywnych peptydów z różnych źródeł żywnościowych lub niespożywczych.
- b) Ogólny brak zrozumienia mechanizmów stabilności i wchłaniania tych peptydów w przewodzie pokarmowym.
- c) Brak wiedzy na temat mechanizmów działania.
- d) Brak odpowiednich badań klinicznych w celu dostarczenia istotnych dowodów na potencjalne właściwości zdrowotne (Chakrabarti i in. 2018).

Jeśli hydrolizaty wykazują dobrą bioaktywność, potwierdza się je badaniami *in vivo*. Takie hydrolizaty mogą w późniejszych etapach być wykorzystywane w produkcji żywności funkcjonalnej. Dodatkowo bioaktywne peptydy w hydrolizatach rozdzielone i oczyszczone do postaci nutraceutyków, coraz częściej są wykorzystywane w terapii nefarmakologicznej (Daliri i in. 2017).

Biologicznie aktywne peptydy zostały zidentyfikowane i wyizolowane z różnych naturalnych źródeł, a działanie jakie wywierają na organizm przebadano w wielu aspektach zdrowotnych. Jednym z głównych źródeł ich pochodzenia są różne matryce żywnościowe. Liczba zachorowań na schorzenia przewlekłe, takie jak choroby układu krążenia, nadciśnienie, cukrzyca, nowotwory itp. wzrasta z roku na rok. Obecnie leczenie tych chorób zawsze odbywa się za pomocą środków farmakologicznych i nie tylko. Niestety ich działanie może prowadzić do wyniszczenia organizmu. Ponadto długotrwałe stosowanie jakiegokolwiek leku ma swoje własne negatywne skutki uboczne, które mogą prowadzić do pogorszenia stanu zdrowia, a tym samym do wzrostu kosztów opieki zdrowotnej. Dlatego obecnie poszukuje się alternatywnych sposobów, nie tylko leczenia, ale także zapobiegania chorobom poprzez wybór zdrowego stylu życia. W związku z tym naturalne źródła żywności zawierające bioaktywne peptydy mogą wpłynąć na jakość życia oraz zmniejszanie kosztów opieki zdrowotnej na całym świecie, ograniczając obecne uzależnienie od terapii lekowej (Girgih i in. 2014).

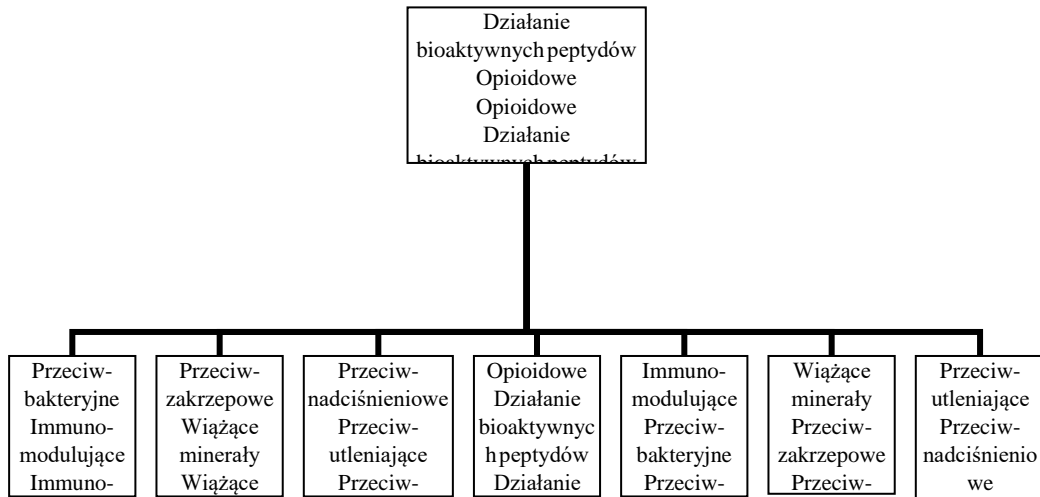
2. Przegląd literatury

2.1 Klasyfikacja

Bioaktywne peptydy są szyfrowane w pierwotnej strukturze białek roślinnych i zwierzęcych jako nieaktywne sekwencje aminokwasów, ale mogą być uwalniane przez fermentację, przetwarzanie żywności i proteolizę katalizowaną enzymatycznie *in vitro* lub w przewodzie pokarmowym po spożyciu przez ludzi (Hartmann i Meisel 2007). Są to substancje organiczne tworzone przez aminokwasy połączone wiązaniami peptydowymi. Odgrywają one ważną rolę w funkcjach metabolicznych organizmów żywych, a tym samym wpływają na zdrowie człowieka (Sánchez i Vázquez 2017). Korelacja między strukturą a właściwościami funkcjonalnymi bioaktywnych peptydów nie jest dobrze poznana, jednak rozpoznano pewne cechy strukturalne, które je charakteryzują, np. długość reszt peptydowych między 2–20 aminokwasami (Möller i in. 2008), obecność aminokwasów hydrofobowych, oprócz grup proliny, występują także lizyny lub argininy. Dodatkowo są one odporne na działanie peptydaz trawiennych (Kitts i Weiler 2003).

Główna klasyfikacja białek związana jest ze źródłem ich pochodzenia. Endogenne - otrzymywane są z aminokwasów na drodze syntezy w organizmie lub egzogenne - pozyskiwane z zewnętrznego źródła. Białka stanowią jeden z podstawowych składników pożywienia. Zarówno te pochodzenia roślinnego jak i zwierzęcego są potencjalnymi źródłami bioaktywnych peptydów

(Carrasco-Castilla i in. 2012; Bhat i in. 2015) charakteryzujących się działaniem podobnym do hormonów lub leków i na tej podstawie można dokonać ich klasyfikacji (Rys. 1) (Sánchez i Vázquez 2017):



Rys.1. Klasyfikacja bioaktywnych peptydów na podstawie Sánchez i Vázquez (2017).

Dodatkowo przypisuje się im również rolę biologicznie aktywnych regulatorów, które mogą brać udział w degradacji mikrobiologicznej żywności. Badane są pod kątem wykorzystania w leczeniu różnych schorzeń, podnosząc tym samym jakość życia. Najczęściej opisywane są jako składniki żywności funkcjonalnej i nutraceutyków, szczególnie ze względu na wpływ jaki mogą mieć na zdrowie ludzi i ich zastosowanie w zapobieganiu niektórym chorobom (Sánchez i Vázquez 2017).

2.2 Źródło bioaktywnych peptydów

Wśród makroelementów obecnych w pożywieniu ogromne znaczenie mają peptydy i białka, które stanowią źródło energii. Bioaktywne peptydy są częścią bioaktywnych białek. Do tej pory mleko krowie, sery oraz nabiał opisywane są jako ich główne źródła (Sánchez i Vázquez 2017). Może to wynikać ze szczególnych celów, do których mleko jest przeznaczone poza odżywianiem w pierwszych miesiącach życia (Möller i in. 2008). Niektóre roślinne źródła biopeptydów to pszenica, kukurydza, soja, ryż, grzyby, dynia oraz sorgo. *In vivo*, omawiane białka mogą być uwalniane podczas trawienia przez enzymy takie jak trypsyna lub dzięki działaniom enzymów bakteryjnych. *In vitro* uwalnianie tych cząsteczek może mieć miejsce podczas przetwarzania żywności lub dojrzewania przez enzymy bakteryjne np. *Lactobacillus helveticus*. Technologię fermentacji dzieli się na fermentację w stanie stałym i fermentację węgelną. W pierwszej z wymienionych zarówno wzrost drobnoustrojów, jak i późniejsze tworzenie się produktów zachodzi w stałym podłożu przy braku lub bardzo niewielkiej ilości wody. Mimo to, odpowiednia stała matryca powinna być wystarczająco wilgotna i bogata w składniki odżywcze, aby wspomagać wzrost i metabolizm mikroorganizmów. Na stałym podłożu mogą rosnąć grzyby strzępkowe, drożdże i bakterie o mniejszych wymaganiach dotyczących wilgoci. Opisana metoda jest szeroko stosowana w produkcji bioaktywnych peptydów pochodzących z różnych źródeł żywności, takich jak owies, łubin, komosa ryżowa, pszenica, fasola czerwona czy rzepak (Ayyash i in. 2019; Ding i in. 2019).

Bioaktywne peptydy pochodzenia zwierzęcego

Białka pochodzenia zwierzęcego stanowią jedno z cenniejszych źródeł aktywnych peptydów. Przykładem jest krew zawierająca w swoim składzie około 20% białek. Albumina zawarta w surowicy krwi jest hydrolizowana przy użyciu różnych stężeń trypsyny. Przeprowadzono również badanie hemoglobiny bydłowej. Poddano ją trawieniu przez enzymy przewodu pokarmowego i na podstawie tego doświadczenia wyizolowano 75 unikalnych peptydów (Sánchez i Vázquez 2017).

Kolejnym przykładem jest mięso wołowe, którego bioaktywna zawartość zależy w dużej mierze od składu błonnika i funkcji mięśni. Mięśnie o wysokim metabolizmie tlenowym zawierają więcej koenzymu Q10 i tauryny, podczas gdy zawartość karnozyny i kreatyny jest mniejsza. Na poziom bioaktywnych peptydów w mięsie pochodzącym z kurczaka duży wpływ ma jego rasa, rodzaj mięsa i sposób przyrządzania. Karnozyna, anseryna, karnityna i betaina to tylko niektóre z omawianych związków zawartych w tego rodzaju produkcie. Wiele biopeptydów pochodzi bezpośrednio z mięsa wieprzowego. Niektóre z nich zostały z powodzeniem pobrane z jego produktów ubocznych, takich jak krew, kolagen, kości (Rezaharsamto i Subroto 2019). Ponadto kilka biologicznie aktywnych peptydów zostało wyizolowanych z organizmów morskich, w tym ryb, łososia, ostryg, kalmarów, jeżowca, krewetek, krabów i koników morskich (Udenigwe i Aluko 2011).

Bioaktywne peptydy pochodzenia roślinnego

Źródła roślinne bioaktywnych peptydów są szeroko badane. Wykryte cząsteczki pochodzenia roślinnego są wytwarzane podczas trawienia w układzie pokarmowym, np. nasion soi i mleka sojowego. Dodatkowo ziarna zbóż, takie jak pszenica, jęczmień, ryż, żyto, owies, proso, sorgo i kukurydza, stanowią bogate źródło biopeptydów. Prowadzono także badania nad nową strategią odzyskiwania białek odpadowych z nasion oliwek, które mogą wytwarzać peptydy przeciwutleniające i przeciwnadciśnieniowe. Enzymatyczne hydrolizaty oliwy przygotowano przez traktowanie ich pięcioma różnymi proteazami. Wśród nich, alkalaza była enzymem, który pozwolił na uzyskanie hydrolizatu o najwyższej aktywności przeciwutleniającej. Innymi roślinnymi źródłami omawianych związków mogą być pestki owoców, takie jak śliwka (*Prunus domestica* L.). Opracowano metodę ekstrakcji białek z pozostałości materiału ze śliwki, polegającą na zastosowaniu skoncentrowanych ultradźwięków o wysokiej intensywności (Sánchez i Vázquez 2017). Najpopularniejszymi roślinami z których otrzymuje się biopeptydy są rośliny strączkowe: soczewica, ciecierzycza, groch i fasola. Dodatkowo bardzo często jako źródło uzyskiwania białek tego rodzaju, oprócz owsa i pszenicy, wymieniane są konopie, rzepak i siemię lniane (Udenigwe i Aluko 2011).

Bioaktywne peptydy pochodzące z produktów spożywczych

Jako źródła biologicznie aktywnych peptydów oprócz szeroko opisywanych białek pochodzenia zwierzęcego i roślinnego, coraz częściej wymienia się produkty spożywcze, które nie wymagają szerszej obróbki, np. mleko lub jaja (Udenigwe i Aluko 2011).

Białka mleka mają szereg działań biologicznych. Na przykład immunoglobuliny znajdujące się w tym produkcie działają immunoprotekcyjne, dodatkowo laktoferyna, będąca ważnym składnikiem mleka, wykazuje działanie przeciwbakteryjne (Park i Nam 2015). Przeprowadzono także serię badań w których opisano efekty spożywania mleka sfermentowanego przy wykorzystaniu *Lactobacillus helveticus* LBK-16H. Wykazano, że zawiera biologicznie aktywne peptydy Val-Pro-Pro i Ile-Pro-Pro, które wpływają na obniżenie ciśnienia krwi. Badania przeprowadzono na szczurach (Jäkälä i Vapaatalo 2010). Jogurt jest kolejnym klasycznym przykładem produktu, wytwarzanego w procesie fermentacji mlekowej. Oryginalnie jest przygotowywany przy użyciu symbiotycznych kultur starterowych *Streptococcus thermophilus* i *Lb. delbrueckii* subspecies *bulgaricus*. Ponieważ kultury te nie są odporne na kwasy trawienne, nie mogą przetrwać w warunkach przewodu pokarmowego. Zatem różne startery LAB, w tym *Lb. plantarum*, *Lb. casei* i *Lb. rhamnosus*, służą do zastąpienia *Lb. bulgaricus* podczas fermentacji mleka w celu wytworzenia tzw. „biojogurtu” lub „jogurtu funkcjonalnego”. Rutella i in. (2016) wykazali, że jogurt wzbogacony w peptydy przeciwnadciśnieniowe i przeciwutleniające można wyprodukować przy użyciu *Lb. casei* PRA205 (Rutella i in. 2016).

Serwatka serowa, produkt uboczny produkcji sera, jest stosunkowo pożywna, ponieważ zachowuje około 55% pierwotnych składników odżywczych mleka, takich jak tłuszcz, laktoza, białko i minerały. Wiele badań wykazało, że peptydy powstałe podczas fermentacji serwatki przy użyciu proteaz bakteryjnych lub grzybowych posiadają różne właściwości bioaktywne (Brandelli i in. 2015). Przykładem jest *Enterococcus faecalis* 2/28, wyizolowany z sera rzemieślniczego, który był w stanie uwolnić z białek serwatkowych biopeptydy, posiadające właściwości przeciwdrobnoustrojowe, hamowania DPP-IV, stymulujące proliferację i działanie cytotoksyczne (Worsztynowicz i in. 2020).

Jajka są znane jako źródło cennych białek w żywieniu człowieka i zostały także uznane za ważne źródło biologicznie aktywnych peptydów (Bhat i in. 2015). Biopeptyd Arg-Val-Pro-Ser-Leu otrzymany z białka jaja kurzego został zsyntetyzowany chemicznie i poddany testom biologicznym w celu wykazania aktywności przeciwnadciśnieniowej, jak również dobrej stabilności w symulowanym trawieniu przez przewód pokarmowy (Yu i in. 2011). Innym przykładem organizmów bogatych w niezliczone i strukturalnie zróżnicowane biologicznie aktywne peptydy są ryby, mięczaki i skorupiaki (Sánchez i Vázquez 2017).

2.3 Właściwości i korzyści zdrowotne bioaktywnych peptydów

Wyraźnie rośnie zainteresowanie prozdrowotną żywnością funkcjonalną, suplementami diety i preparatami farmaceutycznymi zawierającymi bioaktywne peptydy. Przeprowadzono liczne badania na białkach pochodzenia zwierzęcego, jak i z roślinnego. W Tab.1 przedstawiono przegląd najpopularniejszych źródeł otrzymywania omawianych cząsteczek, a także zbadane i opisane właściwości którymi się charakteryzują.

Tab. 1. Właściwości prozdrowotne biologicznie aktywnych peptydów pochodzące z różnych źródeł na podstawie Sánchez i Vázquez (2017) oraz Rizzello i in. (2016).

Źródło	Działanie prozdrowotne
Mleko krowie	<ul style="list-style-type: none"> • Wiążące minerały; • Opioidowe; • Hamujące ACE; • Immunomodulujące; • Cytotoksyczne; • Przeciwrakotwórcze; • Przeciwbakteryjne; • Przeciwwzkrzepowe; • Aktywność antyoksydacyjna; • Przeciwwzpalny.
Mleko fermentowane	<ul style="list-style-type: none"> • Przeciwnadciśnieniowe; • Przeciwwzpalne.
Ser	<ul style="list-style-type: none"> • Antyoksydacyjne.
Krew krowia	<ul style="list-style-type: none"> • Hamowanie enzymu konwertującego angiotensynę (ACE) (działanie przeciwnadciśnieniowe); • Hamowanie DPP-IV (regulacja glukozy); • Antyoksydacyjne.
Nasiona soi	<ul style="list-style-type: none"> • Przeciwdrobnoustrojowe;
Mleko sojowe	<ul style="list-style-type: none"> • Przeciwwzpalne.
Pszenica	<ul style="list-style-type: none"> • Hamowanie enzymu konwertującego angiotensynę (ACE); • Przeciwwzkrzepowe; • Przeciwutleniające;
Owies	<ul style="list-style-type: none"> • Hipotensyjne; • Opioidowe.
Jęczmień	<ul style="list-style-type: none"> • Przeciwwzkrzepowe; • Antyoksydacyjne; • Hipotensyjne; • Opioidowe.
Ryż	<ul style="list-style-type: none"> • Przeciwnowotworowe; • Przeciwwzpalne; • Przeciwnadciśnieniowe; • Przeciwwzkrzepowe; • Przeciwutleniające; • Hipotensyjne; • Opioidowe.
Żyto	<ul style="list-style-type: none"> • Antyoksydant;

Źródło	Działanie prozdrowotne
	<ul style="list-style-type: none"> • Przeciwnowotworowe.
Kukurydza	<ul style="list-style-type: none"> • Antyoksydacyjne
Żelatyna	<ul style="list-style-type: none"> • Antyoksydacyjne
Jaja	<ul style="list-style-type: none"> • Przeciwnadciśnieniowe; • Antyoksydacyjne.
Tuńczyk	<ul style="list-style-type: none"> • Przeciwnadciśnieniowe;
Sardynka	<ul style="list-style-type: none"> • Antyoksydacyjne;
Sledź	<ul style="list-style-type: none"> • Przeciwbakteryjne;
Łosoś	<ul style="list-style-type: none"> • Przeciwproliferacyjne.
Mięso	
Grzyby	<ul style="list-style-type: none"> • Antyoksydacyjne

3. Podsumowanie

Intensywne badania prowadzone na przestrzeni ostatnich lat pokazały, że peptydy pochodzące z enzymatycznych hydrolizatów białek różnego pochodzenia wykazują niezwykle wielofunkcyjne działanie, istotne dla utrzymania zdrowia ludzkiego. Takie peptydy określa się jako aktywne biologicznie. Oddziałują z odpowiednimi receptorami organizmu i w efekcie mogą na niego wpływać w sposób korzystny lub nie. Największe ilości bioaktywnych peptydów wyizolowano z mleka i produktów mlecznych, ale także białek roślinnych, zwierzęcych i bakteryjnych. Działają głównie jako inhibitory enzymu konwertującego angiotensynę, ale istnieje wiele peptydów pochodzących z innych źródeł, które mogą nawet zapobiegać chorobom przewlekłym. Obecnie zwiększa się zainteresowanie prozdrowotną żywnością funkcjonalną, suplementami diety i preparatami farmaceutycznymi, zawierającymi bioaktywne peptydy pochodzące z białek spożywczych, które dzięki swojemu działaniu wpływałyby pozytywnie na organizm człowieka.

4. Literatura

- Ayyash M, Johnson SK, Liu SQ, Mesmari N, Dahmani S, Al Dhaheri AS, Kizhakkayil J (2019) In vitro investigation of bioactivities of solid-state fermented lupin, quinoa and wheat using *Lactobacillus* spp. *Food Chemistry* 275: 50–58.
- Bhat ZF, Kumar S, Bhat HF (2015) Bioactive peptides from egg: a review. *Nutrition and Food Science* 45: 190–212.
- Brandelli A, Daroit DJ, Corrêa APF (2015) Whey as a source of peptides with remarkable biological activities. *Food Research International* 73: 149–161.
- Chakrabarti S, Guha S, Majumder K (2018) Food-derived bioactive peptides in human health: challenges and opportunities. *Nutrients* 10(11): 1-17.
- Carrasco-Castilla J, Hernández-Álvarez AJ, Jiménez-Martínez C, Gutiérrez-López GF, Dávila-Ortiz G (2012) Use of proteomics and peptidomics methods in food bioactive peptide science and engineering. *Food Engineering Reviews* 4: 224–243.
- Daliri EB-M, Oh DH, Lee BH (2017) Bioactive Peptides. *Foods* 6(32): 1-21.
- Daliri EBM, Lee BH, Park BJ, Kim SH, Oh DH (2018) Antihypertensive peptides from whey proteins fermented by lactic acid bacteria. *Food Science and Biotechnology* 27(6): 1781–1789.
- Ding Q, Wu RA, Yin L, Zhang W, He R, Zhang T, Jiang H, Luo L, Ma H, Dai C (2019) Antioxidation and memory protection effects of solid-state-fermented rapeseed meal peptides on D-galactose-induced memory impairment in aging-mice. *Journal of Food Process Engineering* 42(5): 1–10.
- Girgiha AT, He R, Malomo S, Offengenden M, Wu J, Aluko RF (2014) Structural and functional characterization of hemp seed (*Cannabis sativa* L.) protein-derived antioxidant and antihypertensive peptides. *Journal of Functional Foods* 6: 384-394.

- Hartmann R, Meisel H (2007) Food-derived peptides with biological activity: from research to food applications. *Current Opinion in Biotechnology* 18: 163–169.
- Jäkälä P, Vapaatalo H (2010) Antihypertensive peptides from milk proteins. *Pharmaceuticals* 3: 251–272.
- Je J-Y, Park P-J, Kim SK (2005) Antioxidant activity of a peptide isolated from Alaska pollack (*Theragra chalcogramma*) frame protein hydrolysate. *Food Research International* 38: 45–50.
- Kitts DD, Weiler K (2003) Bioactive proteins and peptides from food sources. Applications of bioprocesses used in isolation and recovery. *Current Pharmaceutical Design* 9: 1309–1323.
- Möller NP, Scholz-Ahrens KE, Roos N, Schrezenmeir J (2008) Bioactive peptides and proteins from foods: indication for health effects. *European Journal of Nutrition* 47: 171–182.
- Udenigwe CC, Aluko RE (2011) Food protein-derived bioactive peptides: production, processing, and potential health benefits. *Journal of Food Science* 77(1): 11–24.
- Park YW, Nam MS (2015) Bioactive peptides in milk and dairy products: a review. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* 35: 831–840.
- Rezaharsamto E, Subroto E (2019) A review on bioactive peptides derived from various sources of meat and meat by products. *International Journal of Scientific & Technology Research* 8(12): 3151–3156.
- Rizzello CG, Tagliacruzchi D, Babini E, Rutella GS, Taneyo Saa DL, Gianotti A (2016) Bioactive peptides from vegetable food matrices: Research trends and novel biotechnologies for synthesis and recovery. *Journal of Functional Foods* 27: 549–569.
- Rutella GS, Tagliacruzchi D, Solieri L (2016) Survival and bioactivities of selected probiotic lactobacilli in yogurt fermentation and cold storage: New insights for developing a bi-functional dairy food. *Food Microbiology* 60: 54–61.
- Sánchez A, Vázquez A (2017) Bioactive peptides: a review. *Food Quality and Safety* 1: 29–46.
- Worsztynowicz P, Białas W, Grajek W (2020) Integrated approach for obtaining bioactive peptides from whey proteins hydrolysed using a new proteolytic lactic acid bacteria. *Food Chemistry* 312: 126035.
- Yu Z, Yin Y, Zhao W, Wang F, Yu Y, Liu B, Liu J, Chen F (2011) Characterization of ACE-inhibitory peptide associated with antioxidant and anticoagulation properties. *Journal of Food Science* 76: 1149–1155.

14. Wybrane elementy stylu życia w zależności od chronotypu

Lifestyle and food habits depending on the chronotype

Tałańczyc Daniel⁽¹⁾, Próźna Paula⁽¹⁾, Jolanta Malinowska-Borowska⁽²⁾

⁽¹⁾ Koło Naukowe przy Zakładzie Toksykologii i Ochrony Zdrowia w Środowisku Pracy, Wydział Nauk o Zdrowiu w Bytomiu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

⁽²⁾ Zakład Toksykologii i Ochrony Zdrowia w Środowisku Pracy, Wydział Nauk o Zdrowiu w Bytomiu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

Opiekun naukowy: dr n.med. Jolanta Malinowska-Borowska

Daniel Tałańczyk: dtalajczyk@gmail.com

Słowa kluczowe: rytm okołodobowy; psychodietetyka; chronobiologia

Streszczenie

Aktywność dobową człowieka regulowana jest przez wiele czynników, w tym zmieniające się pory dnia i nocy, pory przyjmowania posiłków lub pracę zawodową. Indywidualne preferencje aktywności w ciągu doby są związane z działaniem zegara biologicznego i określa się je mianem chronotypu. Celem pracy jest analiza wpływu preferowanej pory aktywności dobowej (chronotypu) na nawyki żywieniowe respondentów.

MATERIAŁ I METODY. Badanie składało się z dwóch etapów. W etapie pierwszym wykorzystano kwestionariusz MEQ – SA w grupie 197 osób. Narzędziem badawczym drugiego etapu, do którego zakwalifikowało się 46 skowronków oraz 68 sów, był kwestionariusz autorski.

WYNIKI. Z badania wynika, że respondenci o typie porannym śpią dłużej niż osoby o typie wieczornym. 28% sów deklaruje, że śpi mniej niż 6 godzin. Palaczami okazało się więcej osób o chronotypie wieczornym (34%), natomiast więcej sztuk papierosów wypalają skowronki.

Sowy są bardziej skłonne do podjadania jednak częściej niż skowronki wybierają zdrowe przekąski (45% versus 4,5%). 45% skowronków zaznacza, że nie podjada między posiłkami.

WNIOSKI. Brak świadomości o swoim chronotypie oraz złe rozporządzanie czasem w ciągu dnia, a w tym złe nawyki żywieniowe, uzależnienia, brak odpowiedniej ilości snu mogą przyczynić się do negatywnych skutków zdrowotnych. Edukacja o chronotypach oraz dostosowanie się do własnych potrzeb może przynieść pozytywne efekty zdrowotne oraz dobrze wpłynąć na samopoczucie, co z kolei może zwiększyć produktywność w ciągu dnia i stanowić profilaktykę niektórych chorób.

1. Wstęp

Preferencje żywieniowe grup społecznych mogą różnić się w zależności od różnych czynników, takich jak: wiek, płeć, miejsce zamieszkania. We współczesnych czasach jednym z największych różniących ludzi aspektów jest styl życia jaki oni prowadzą.

Stale zmieniające się czynniki środowiskowe mają bezpośredni wpływ na funkcjonowanie człowieka. Kluczowym zagadnieniem jest tak zwany "zegar biologiczny", który wyznacza nam indywidualny cykl funkcjonowania, bez względu na zmieniające się warunki środowiskowe. Mimo, że na co dzień nie myśli się o wewnętrznych rytmach, to jednak da się zaobserwować ich obecność, gdyż każdy człowiek cechuje się chronotypem (Gorbaniuk i Chuchra 2017).

Mianem chronotypu określa się osobnicze preferencje aktywności w ciągu doby. Wyróżnić można przede wszystkim dwa główne chronotypy, a mianowicie wieczorny i poranny. Osoby o chronotypie wieczornym nazywane są sowami. Ich aktywność jest większa w późniejszych godzinach dnia, co wiąże się z późniejszym zasypianiem oraz przeważnie późniejszym wstawaniem. Natomiast typ poranny, to tak zwane skowronki, które wyróżniają się wczesnymi porami wstawania oraz wcześniejszymi porami aktywności intelektualnej i fizycznej w ciągu dnia. Grupę osób, które nie należą ani do sów, ani do skowronków charakteryzuje chronotyp pośredni (Adan i Almirall 1991).

Nieodpowiedni wybór pory na wykonywanie określonych zajęć w ciągu dnia może mieć negatywny wpływ na zdrowie ludzi. Długotrwałe ignorowanie lub niezrozumienie swojego

chronotypu może doprowadzić do m.in. choroby wrzodowej, zwiększonego ryzyka wystąpienia nowotworów, które mogą być spowodowane niską aktywnością fizyczną oraz złymi nawykami żywieniowymi (Waterhouse et al. 2002).

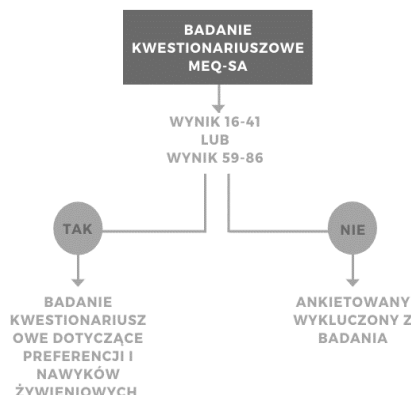
Cykl okołodobowy można zweryfikować, biorąc pod uwagę pomiar rytmu dobowego. Ten natomiast bada się sprawdzając rytm temperatury ciała, aktywność ruchową organizmu, ekspresję genów oraz wydzielanie melatoniny i kortyzolu przez ludzki organizm. Natomiast do określenia chronotypu wykorzystywane są kwestionariusze, takie jak MEQ (Garaulet i Madrid 2015).

Celem pracy jest analiza wpływu preferowanej pory aktywności dobowej na nawyki żywieniowe. Poznanie tego wpływu może pomóc w organizacji metod profilaktyki zdrowotnej i żywieniowej dla osób o różnym chronotypie.

2. Materiał i metody

Badanie zrealizowano w marcu 2020r. metodą sondażu diagnostycznego. Badanie było dwuetapowe. Pierwszy etap zrealizowano za pomocą standaryzowanego kwestionariusza aktywności dobowej MEQ – SA. W tej części badania uczestniczyło 197 osób.

Do drugiego etapu badania przeszło 114 osób. Osoby, które uzyskały od 16 do 41 punktów zostały zaklasyfikowane jako skowronki. Było ich 46 osób. Osoby z wynikiem w zakresie 59 – 86 punktów miały chronotyp wieczorny (Rys. 1).



Rys. 1. Schemat badania.

Osoby biorące udział w badaniu były w przedziale wiekowym 18-66 lat. Średnia wieku to 25 lat. Charakterystykę grupy badanej przedstawiono w Tab. 1 i Tab. 2.

Tab. 1. Podział ankietowanych ze względu na wiek, płeć i chronotyp (N=114).

	Kobiety skowronki	Kobiety sowy	Mężczyźni skowronki	Mężczyźni sowy
18-30 lat	32,5%	49,1%	7,9%	10,5%
31-40 lat	2,6%	2,6%	1,8%	0,9%
40-66 lat	1,8%	1,8%	1,8%	0,0%

Tab. 2. Procentowy rozkład badanych z podziałem na płeć wśród poszczególnych chronotypów (N=114).

	Skowronki		Sowy	
	Kobiety	Mężczyźni	Kobiety	Mężczyźni
18-30 lat	86,5%	55,6%	91,1%	91,7%
31-40 lat	8,1%	22,2%	5,4%	8,3%
40-66 lat	5,4%	22,2%	3,6%	0,0%

Pytania dotyczyły tego jakie produkty spośród danej grupy preferują ankietowani. Ankieta również weryfikowała m.in. jak często spożywają dane produkty, od kiedy i ile papierosów palą oraz w jakich godzinach jedzą posiłki główne (śniadanie, obiad, kolacja).

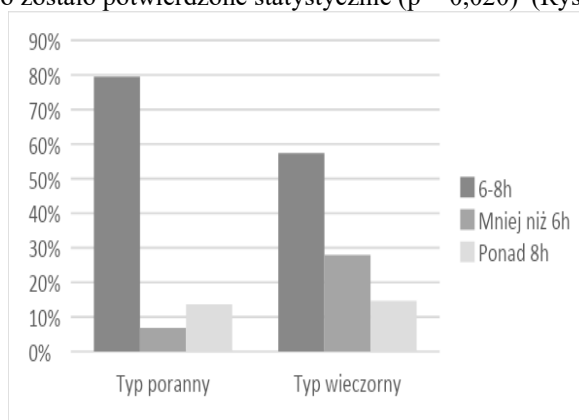
Wyniki opracowano za pomocą programu Statistica 13 firmy Statsoft oraz Microsoft Excel. Wykorzystano analizę wariancji ANOVA – test jednorodności wariancji Browna-Forsythe’a. Za poziom istotności przyjęto $p < 0,05$.

3. Wyniki

Osoby o skrajnym chronotypie porównano ze względu na długość snu, palenie papierosów i wybrane preferencje żywieniowe.

3.1 Sen

Sowy śpią mniej niż skowronki. Prawie 28% sów deklaruje, że śpi mniej niż 6h, natomiast jedynie 7% skowronków zaznaczyło tę odpowiedź. Osoby o typie porannym spały dłużej niż osoby o typie wieczornym, co zostało potwierdzone statystycznie ($p = 0,020$) (Rys. 2).



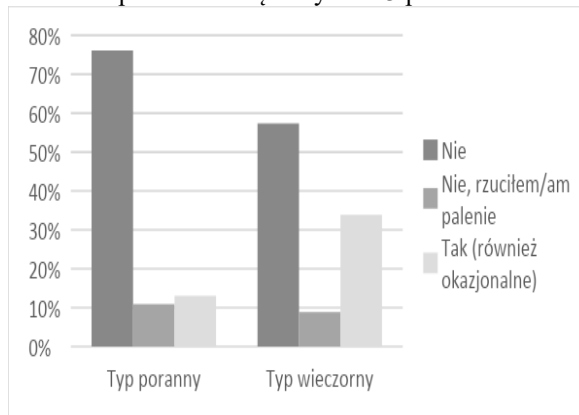
Rys. 2. Długość snu ankietowanych ze względu na chronotyp (N=114).

3.2 Kawa

W grupie respondentów nie znaleziono różnic pomiędzy preferencjami osób o różnym chronotypie w zakresie rodzaju kawy, jej mocy i słodzenia.

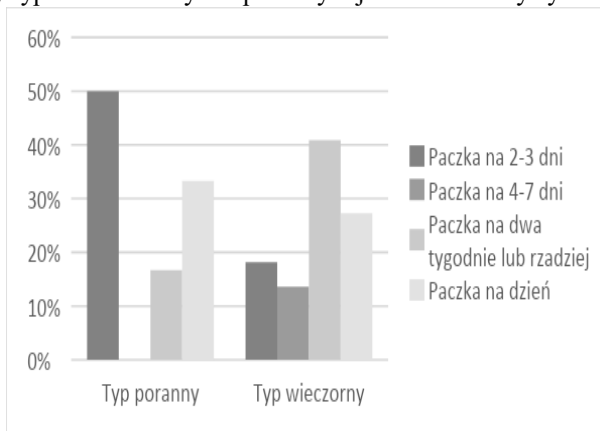
3.3 Papierosy

Najwięcej wśród palaczy było osób o chronotypie wieczornym. Aż 34% sów przyznaje, że pali papierosy (również okazjonalnie), podczas gdy zaledwie 13% skowronków wybrało tę odpowiedź (Rys.3). Zależność zaprezentowaną na rycinie 3 potwierdzono statystycznie ($p=0,020$).



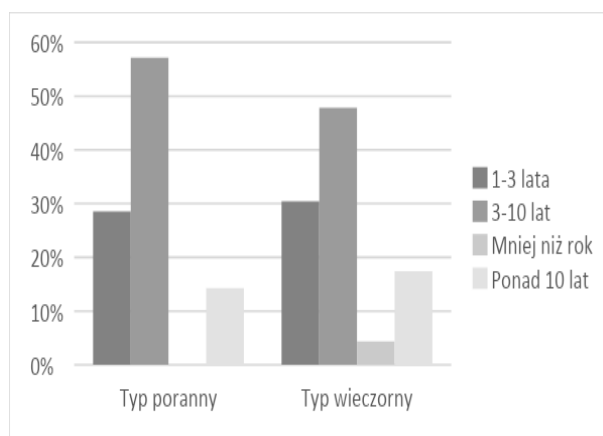
Rys. 3. Palenie papierosów w grupie respondentów (N=114).

Pomimo tego, że więcej palaczy jest wśród osób o typie wieczornym, to jednak wydaje się, że skowronki palą więcej papierosów. Ponad 16% spośród palących skowronków i 41% sów deklaruje, że paczka wystarcza im na dwa tygodnie lub więcej (Rys.4). Różnica w ilości wypalanych papierosów pomiędzy typem wieczornym a porannym jest istotna statystycznie ($p=0,011$).



Rys. 4. Ilość wypalanych papierosów w grupie respondentów (N=114).

Potwierdzono statystycznie także różnicę dotyczącą czasu palenia papierosów pomiędzy sowaami i skowronkami ($p=0,033$). Wśród osób o typie wieczornym jest więcej palaczy, którzy palą od krótszego czasu. Osób, które palą mniej niż 3 lata wśród sów było niemalże 30%, a wśród skowronków 28,5%. Palenie papierosów dłuższe niż 10 lat przez respondentów nie było brane pod uwagę (Rys.5).



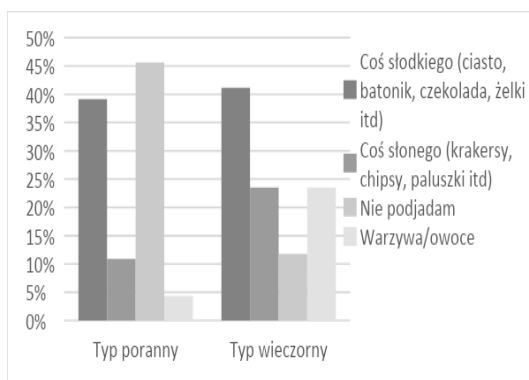
Rys. 5. Długość palenia papierosów w grupie respondentów (N=114).

3.4 Przekąski i podjadanie

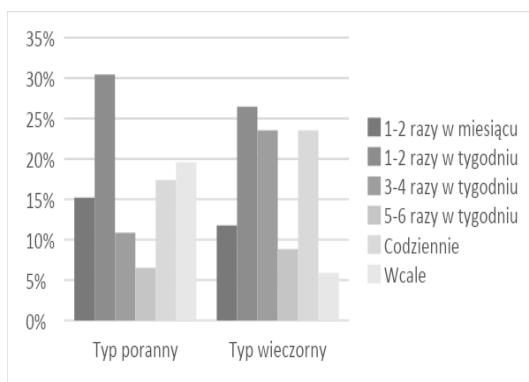
W badaniu potwierdzono, że sowy są bardziej skłonne do podjadania. Aż 45% skowronków deklaruje, że nie podjada między posiłkami. Co ciekawe sowy w czasie podjadania statystycznie częściej wybierają warzywa i owoce. Aż 23,5% sów wybiera zdrowe przekąski, a jedynie 4,5% skowronków zadeklarowało tę odpowiedź. Oba typy wybierają najchętniej przekąski słodkie, lecz to skowronki są cechują się tu mniejszą różnorodnością wyborów ($p = 0,005$) (Rys. 6). Wykluczając osoby, które nie podjadają, to można odnieść wrażenie, że skowronki znacznie bardziej preferują smak słodki – 72% skowronków wybrało słodkie przekąski, a sów 47%.

Znaczne różnice można zaobserwować także w częstotliwości podjadania. Aż 19,5% skowronków deklaruje, że w ogóle tego nie robi. Natomiast 23,5% sów przyznaje, że podjada codziennie. Osoby o typie wieczornym jednak zdecydowanie predysponują ku podjadaniu między

posiłkami – znacznie więcej osób to robi niż w przypadku skowronków. Wykluczając z analizy osoby, które nie podjadają w ogóle, to wciąż sowy podjadają częściej ($p= 0,0332$) (Rys. 7).



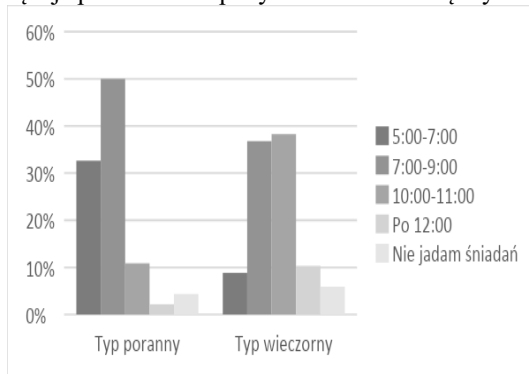
Rys. 6. Podjadanie między posiłkami w grupie respondentów (N=114).



Rys. 7. Częstotliwość podjadania w grupie respondentów (N=114).

3.5 Pory głównych posiłków

Pory posiłków są charakterystyczne dla poszczególnych chronotypów. Większość skowronków spożywa śniadanie między 7 a 9 rano. Osoby o chronotypie wieczornym odczuwają głód nieco później – najwięcej spośród nich spożywa śniadanie między 10 a 11 rano (Rys. 8).



Rys. 8. Pory spożywania śniadań przez respondentów w zależności od chronotypu (N=114).

Płeć, wiek oraz tryb pracy respondentów nie miały powiązania z chronotypem. Wcześniej wymienione cechy nie wpływały znacząco na korelację ich z rodzajem chronotypu. Spożycie alkoholu i napojów energetyzujących także nie zależało od chronotypu.

4. Dyskusja

W niniejszym badaniu nie wykazano, że chronotyp jest skorelowany z wiekiem czy też trybem pracy. Niektóre badania wskazują, że typ wieczorny występuje częściej u kobiet (Roennberg et al. 2007; Lehnkering i Siegmund 2007; Adan i Natale 2002), lecz w tej pracy, podobnie jak w badaniu Apovian nie wykazano powiązania płci z chronotypem (Apovian 2016).

Sowy śpią mniej, niż skowronki, dodatkowo jest to sen gorszej jakości, są bardziej zaspane i zmęczone rano, może to wynikać nie z problemów ze snem, lecz z powodu konfliktu między wewnętrznym zegarem biologicznym, a podejmowanymi zajęciami, które mają miejsce w czasie nieodpowiednim dla danej osoby (Hittle i Gilliespie 2018; Yun et al. 2015). Zakłócenia cyklu okołodobowego mogą wpływać na apetyt, sen, wydatki energetyczne oraz na czynniki sprzyjające otyłości (Yu et al. 2015).

Osoby o wieczornym chronotypie są kojarzone raczej jako niewyspane, z niezdrowymi nawykami żywieniowymi, ze skłonnościami do sięgania po używki, w tym kawy w celu utrzymania odpowiedniego poziomu energii w ciągu dnia (Roennberg et al. 2017). W niniejszej pracy nie znaleziono zależności pomiędzy spożyciem, preferowanym rodzajem oraz mocą kawy, a skrajnymi chronotypami. Skowronki z kolei uważane są za osoby dbające o zdrowie, starające się nie podjadać, stroniące od słodyczy i używek (Hittle i Gilliespie 2018).

Niestety, potwierdza się również skłonność sów do palenia papierosów. Częściej popadają one w uzależnienie (Muscogirui et al. 2020). W niniejszym badaniu zawarto informacje, nie tylko czy badani są lub nie palaczami, lecz także to ile papierosów wypalają. Zgodnie z uzyskanymi wynikami, pomimo tego, że więcej palaczy ogólnie było wśród sów, to jednak skowronki paliły więcej. Nie udało się znaleźć podobnych badań odnośnie ilości wypalanych papierosów.

Osoby o typie wieczornym są bardziej skłonne do późniejszego spożywania śniadań (lub omijania śniadania) oraz do zwiększonego spożycia słodyczy i kofeiny (Roßbach et al. 2015; Mazri et al. 2020; Maukonen et al. 2017; Yun et al. 2015). Zgodnie z badaniami Meule et al., prawdopodobnie takie zachowania są spowodowane tym, że osoby o chronotypie wieczornym mają opóźnione wydzielanie greliny i leptyny, w stosunku do osób o typie porannym (Lucassen et al. 2013). Zwiększone spożycie słodyczy, słodkich napojów, nieregularne spożywanie posiłków wiąże się ze snem słabej jakości (Li et al. 2018). W tym badaniu nie wykazano powiązania między spożyciem alkoholu, napojów energetyzujących a chronotypem. Podobne wyniki uzyskano w pracy Whittier et al., gdzie w grupie 2581 studentów sprawdzono poziom spożycia napojów energetyzujących, alkoholu i palenia papierosów. W pracy nie wykazano, że osoby o typie wieczornym są bardziej skłonne do częstszego spożywania alkoholu (Whittier et al. 2014). Osoby o typie porannym mają tendencję do spożywania mniejszych posiłków wieczorem, a większych rano (Apovian 2016). W tym badaniu zauważono większą tendencję sów do jedzenia głównych posiłków w późniejszych porach, niż robią to skowronki, aczkolwiek wyniki nie były istotne statystycznie. Jednakże Yu et al. potwierdzają, że typ wieczorny koreluje z późniejszym odczuwaniem głodu, a więc i z późniejszymi porami posiłków. To sowy mają tendencję do spożywania większej ilości kalorii po 20:00, a to może zmniejszać wydatek energetyczny w spoczynku, tolerancję glukozy oraz zakłócać rytm wydzielania kortyzolu (Yu et al. 2015).

Chronotyp wydaje się mieć również wpływ na podjadanie między posiłkami. W niniejszym badaniu to sowy chętniej podjadają, niż skowronki. Podobne wyniki uzyskano w pracy Maukonen et al. (Maukonen et al. 2017). Wiele badań znajduje korelację między BMI, a wynikami testu MEQ (Muscogirui et al. 2020; Ruiz-Lozano et al. 2016; Soreca et al. 2009). Zgodnie z badaniem Muscogiuri et al., im niższy wynik kwestionariusza tym wyższe BMI (Muscogirui et al. 2020). W pracy Ruiz-Lozano et al. przebadano 252 osoby z otyłością, które były poddane zabiegom bariatrycznym. Badani o typie wieczornym wykazywali znacząco wyższą początkową masę ciała i BMI niż skowronki (Ruiz-Lozano et al. 2016). W niniejszej pracy nie sprawdzano niestety BMI ankietowanych.

Dostosowanie życia oraz pracy do swojego zegara biologicznego wydaje się odgrywać znaczącą rolę. W pracy Hittle i Gilliespie, gdzie badanymi były pielęgniarki sformułowano wnioski, że zarówno pielęgniarki-skowronki, które pracowały na nocnych zmianach, jak i pielęgniarki-sowy, pracujące za dnia predysponują do zwiększonego ryzyka rozwoju cukrzycy typu 2. Wyniki również

sugerują, że skowronki są mniej skłonne do depresji i mają niższy poziom stresu (Hittle i Gilliespie 2018). Te wnioski potwierdza również m.in. badanie Lucassen et al., w którym zaobserwowano, że osoby o typie wieczornym mają wyższy poziom stresu, niż skowronki.. W niniejszym badaniu ograniczyliśmy się jedynie do wyników z ankiet, natomiast Lucassen et al. postanowili przyjrzeć się również wynikom badań z krwi. Z pracy wynika, że wieczorowość powiązana jest ze wspomnianym wcześniej wyższym poziomem stresu, ale także niższym poziomem HDL-C oraz szybszą akcją serca w spoczynku (Lucassen et al. 2013). Między innymi dlatego tak ważne, aby poznać swój chronotyp i postępować zgodnie z własnym zegarem biologicznym.

5. Wnioski

Bazując na zebranych informacjach, można skłonić się do wniosku, że osoby o typie wieczornym, tzw. sowy, mają większe skłonności do podejmowania decyzji, które mogą wpłynąć negatywnie na zdrowie. Sowy predysponują do popadania w nałogi i mniej się wysypiają. To właśnie najprawdopodobniej niewystarczająca ilość snu i zakłócenia pomiędzy wewnętrznym zegarem biologicznym a podejmowanymi czynnościami w ciągu dnia, ze względu na charakter zawodu oraz harmonogram życia w społeczeństwie, wpływają niekorzystnie na podejmowane przez sowy decyzje, takie jak podjadanie między posiłkami czy też palenie papierosów. Co z kolei ma ogromny wpływ na ich zdrowie.

Z badania wyłania się również obraz skowronków, które starają się prowadzić zdrowy tryb życia – rzadziej zostają palaczami, rzadziej podjadają między posiłkami i lepiej się wysypiają. Jednak gdy już sięgają po przekąski to wybierają mniej korzystną dla zdrowia żywność, a gdy zaczną palić, to stają się nałogowymi palaczami i wypalają więcej papierosów niż osoby o typie wieczornym, które raczej predysponują do sporadycznego palenia i częstszego wybierania warzyw/owoców w ramach podjadania.

6. Literatura

- Adan A, Almirall H (1991) Morningness-Eveningness Questionnaire: A reduced scale. *Personality and Individual Differences*. Horne & Östberg 12: 241-253
- Adan A, Natale V (2002) Gender differences in morningness-eveningness preference. *Chronobiol Int* 19:709-720
- Apovian C (2016) Obesity: definition, comorbidities, causes and burden. *Am J Manag Care* 2(7): 176-185
- Garaulet M, Madrid JA (2015) Methods for monitoring the functional status of the circadian system in dietary surveys studies: application criteria and interpretation of results. *Nutr Hosp* 3: 279-289.
- Gorbaniuk J, Chuchra M (2017) Preferencje żywieniowe kobiet i mężczyzn aktywnych zawodowo. *Roczniki Teologiczne* 10(64): 159-172
- Hittle B, Gilliespie G (2018) Identifying shift worker chronotype: implications for health. *Industrial health* 56: 512-523.
- Lehnkering H, Siegmund R (2007) Influence of chronotype, season, and sex of subject on sleep behavior of young adults. *Chronobiol Int* 24:875-888.
- Li W, Wu M, Yuan F, Zhang H (2018) Sugary Beverage Consumption Mediates the Relationship Between Late Chronotype, Sleep Duration, and Weight Increase Among Undergraduates: A Cross-Sectional Study. *Environ Health Prev Med* 23(1): 63.
- Lucassen E, Zhao X, Rother K et al. (2013) Evening Chronotype Is Associated with Changes in Eating Behavior, More Sleep Apnea, and Increased Stress Hormones in Short Sleeping Obese Individuals. *PLOS ONE* 8(3).
- Maukonen M, Kanerva N, Partonen et al. (2017) Chronotype Differences in Timing of Energy and Macronutrient Intakes: A Population-Based Study in Adults. *Obesity (Silver Spring)* 25(3): 608-615.
- Mazri F, Manaf Z, Shahar S et al. (2020) The Association between Chronotype and Dietary Pattern among Adults: A Scoping Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 17, 68

- Muscogirui G, Barrea L, Aprano S et al. (2020) Chronotype and Adherence to the Mediterranean Diet in Obesity: Results From the Opera Prevention Project. *Nutrients* 12(5): 1354.
- Roenneberg T, Kuehnle T, Juda M et al. (2007) Epidemiology of the human circadian clock. *Sleep Med Rev* 11:429-438.
- Roßbach S, Diederichs T, Nöthlings U et al. (2015) Relevance of chronotype for eating patterns in adolescents. *Chronobiology International* 3(35): 336-347
- Ruiz-Lozano T, Vidal J. de Hollanda A et al. (2016) Evening chronotype associates with obesity in severely obese subjects: Interaction with CLOCK 3111T/C. *Int. J. Obes.* 40, 1550–1557
- Soreca I, Fagiolini A, Frank E et al. (2009) Chronotype and Body Composition in Bipolar Disorder. *Chronobiol. Int.*, 26, 780–788
- Waterhouse J, Minors D, Waterhouse M et al. (2002) *Keeping in time with your body clock.* Oxford.
- Whittier A, Sanchez S, Sanchez E et al. (2014) Eveningness Chronotype, Daytime Sleepiness, Caffeine Consumption, and Use of Other Stimulants Among Peruvian University Students. *J Caffeine Res* 4(1): 21-27
- Yu JH, Yun CH, Ahn JH et al. (2015) Evening Chronotype Is Associated With Metabolic Disorders and Body Composition in Middle-Aged Adults. *J Clin Endocrinol Metab* 100(4): 1494 –1502.
- Yun JA, Ahn YS, Jeong KS et al. (2015) The relationship between chronotype and sleep quality in Korean firefighters. *Clin psychopharmacol neurosci.* 13(2): 201-208.