

Komitety Nauk o Żywności
Polskiej Akademii Nauk

Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Polskie Towarzystwo Technologów Żywności

Trendy w żywieniu człowieka

Pod redakcją naukową
Małgorzaty Karwowskiej i Waldemara Gustawa

Wydawnictwo Naukowe PTTŻ
Kraków 2015

Recenzenci naukowi

dr Monika Bojanowska, dr inż. Tomasz Czernecki, prof. dr hab. Zbigniew J. Dolatowski, dr hab. Urszula Gawlik-Dziki, prof. dr hab. Waldemar Gustaw, dr inż. Ewa Jabłońska-Ryś, dr inż. Anna Jakubczyk, dr Monika Karaś, dr hab. inż. Małgorzata Karwowska, dr Małgorzata Kostecka, dr inż. Adam Kuzdraliński, dr inż. Agnieszka Latoch, dr inż. Agnieszka Malik, dr hab. Małgorzata Materska, dr inż. Monika Michalak-Majewska, dr inż. Maciej Nastaj, dr Aneta Sławińska, dr inż. Bartosz Sołowiej, dr inż. Emilia Sykut-Domańska, dr Urszula Szymanowska, dr Michał Świeca, dr inż. Anna Wirkijowska, dr Urszula Złotek

Redaktor techniczny

dr Monika Sujka

Projekt okładki

dr hab. inż. Dariusz M. Stasiak

© Copyright by Polskie Towarzystwo Technologów Żywności, Kraków 2015
Printed in Poland

Utwór nie może być kopiowany, przedrukowywany, jak również umieszczany na nośnikach elektronicznych, w całości lub we fragmentach, bez pisemnej zgody Wydawcy

Wydanie monografii dofinansowane
przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

ISBN 978-83-935421-8-5

Wydawca

POLSKIE TOWARZYSTWO TECHNOLOGÓW ŻYWNOŚCI
WYDAWNICTWO NAUKOWE PTTŻ

30-149 KRAKÓW, ul. Balicka 122, e-mail: wnpttz@wp.pl

Druk

Wydawnictwo Naukowe „Akapit”, Kraków
tel./fax 12 280-71-51; www.akapit.krakow.pl
e-mail: wn@akapit.krakow.pl

SPIS TREŚCI

Pieczewo jako źródło soli w żywieniu człowieka	5
Występowanie fitoestrogenów w produktach roślinnych oraz ich wpływ na zdrowie człowieka	15
Profil kwasów tłuszczowych w tkankach różnych gatunków zwierząt	23
Białka pstrąga tęczowego potencjalnym źródłem bioaktywnych peptydów - badania <i>in silico</i>	37
Preferencje konsumenckie dotyczące spożycia herbaty wśród respondentów zamieszkających w Krośnie i okolicy	47
Aktywność antyoksydacyjna kielków roślinnych z domowej uprawy	61
Czynniki żywieniowe w diecie ciężarnych i ich znaczenie dla prawidłowego rozwoju ich potomstwa	73
Porównanie właściwości przeciwrodnikowych wybranych herbat owocowych	81
Znaczenie żywieniowe utlenionych pochodnych cholesterolu w mięsie i produktach mięsnych	91
Konsumenckie zainteresowanie dziczyzną	101
Zawartość wybranych mikro- i makroelementów w tradycyjnych serach owczych i kozich	111
Żywienie człowieka jako element przeciw starzeniu się organizmu	123
Wpływ podawania ekstraktu z kawy na wytrzymałość kości u myszy genetycznie zmodyfikowanych ApoE/LDLr-/- żywionych dietą niskowęglowodanową, wysokoproteinową	133
Orzechy jadalne jako źródło składników bioaktywnych	143
Rola mięsa w żywieniu osób o zwiększonej aktywności fizycznej	157
Reaktywna ekstrakcja aktywnych składników roślinnych w obecności cyklodekstryn	173
Wybrane związki bioaktywne w owocach południowych i otrzymanych z nich sokach	187
Zawartość chlorku sodu w wybranych warzywach konserwowanych oraz ich udział w realizacji dziennego maksymalnego spożycia soli	203
Wpływ suplementacji diety odżywkami węglowodanowo-białkowymi na sprawność fizyczną mężczyzn uprawiających sporty siłowe	213
Surowo dojrzewające produkty mięsne jako źródło składników bioaktywnych ..	225

Porównanie aktywności antyoksydacyjnej ekstraktów otrzymanych z owoców wybranych odmian papryki <i>Capsicum annuum</i> L	235
Ocena zawartości związków fenolowych w materiale roślinnym z upraw prowadzonych metodami integrowanymi	245
Konsumpcja i walory zdrowotne wybranych produktów fermentowanych pochodzenia roślinnego	257
Właściwości przeciwutleniające trzonów i kapeluszy wybranych gatunków grzybów uprawnych.....	267
Wpływ ekstraktów z różnych odmian czosnku na ekspresję metaloproteaz ADAM w ludzkich komórkach śródbłonna naczyń <i>in vitro</i>	279
Wpływ układu ekstrakcyjnego na zawartość polifenoli oraz potencjał przeciwutleniający ekstraktów cząbru, tymianku i oregano	289
Zależność między pomiarem FF (Fullness Factor) a IS (Satiety Index) na przykładzie wybranych produktów spożywczych	301
Rola folianów w diecie - skutki niedoboru i suplementacja	311
Wpływ promieniowania UV na właściwości przeciwutleniające i zawartość związków aktywnych biologicznie w świeżych owocnikach pieczarki dwuzarodnikowej.....	321
Zawartość kwasów fenolowych w ziarnie różnych odmian pszenicy jarej i ozimej	333
Ocena żywienia dzieci w wieku przedszkolnym w województwie lubelskim.....	343
Żywność funkcjonalna szansą rozwoju nauki o żywności i żywieniu oraz zapewnienia bezpieczeństwa żywności	355
Owady w diecie człowieka - niekonwencjonalne źródło pełnowartościowego białka.....	367
AUTORZY	375

PIECZYWO JAKO ŹRÓDŁO SOLI W ŻYWIENIU CZŁOWIEKA

MACIEJ BAZARNIK, EWA DYBKOWSKA

Streszczenie

W pracy omówiono rolę soli kuchennej w produkcji pieczywa, występowanie soli w różnych produktach spożywczych oraz zagrożenia zdrowotne wynikające z nadmiernego spożycia tego składnika. W części analitycznej dokonano oznaczenia zawartości soli kuchennej w wybranych rodzajach pieczywa dostępnego na warszawskim rynku, oznakowanego etykietą z podanym składem. Badaniom poddano pieczywo otrzymane z mąk pszennych i żytnich o różnym stopniu przemiału. Badano pieczywo zwykłe (bagietki pszenne, chleb wiejski, chleb razowy), pieczywo wyborowe (tosty pszenne, bułki na hot-dogi i bułki wyborowe) oraz pieczywo półcukiernicze (chałki i bułki mleczone). Każdy rodzaj pieczywa pochodził od co najmniej 3 różnych producentów. Stwierdzono, że niezależnie od producenta najwięcej soli zawiera pieczywo zwykłe (1,93%), następnie pieczywo wyborowe (1,34%), a najmniej pieczywo półcukiernicze (0,93%). Spośród szeregu asortymentu pieczywa rynkowego, bardzo niepokojąca jest wysoka (3%) zawartość soli w bagietkach. Stwierdzono, że przy założeniu średniego dziennego spożycia soli w Polsce wynoszącego 12 g/osobę, pieczywo zwykłe spożyte w ilości 145 g dostarcza 24% tej wartości. Należy dążyć do obniżenia zawartości soli w diecie, co jest słusznym działaniem, które powinno być realizowane nie tylko poprzez działania podejmowane przez producentów żywności (w tym pieczywa), ale także poprzez zmianę zwyczajów żywieniowych.

Słowa kluczowe: pieczywo, spożycie, chlorek sodu, sól kuchenna, zdrowie

Wprowadzenie

Zagrożenia zdrowotne wynikające z nadmiernego spożycia soli kuchennej

Badania naukowe wykazują jednoznacznie, że główną przyczyną zwiększenia umieralności na chorobę niedokrwienną serca oraz udarów mózgu jest miażdżycza tętnic. Zaburzenia metaboliczne, które nasilają rozwój nadciśnienia tętniczego i miażdżycy są powodowane złym stylem życia cechującym się źle zbilansowaną dietą i malejącą aktywnością fizyczną. Jedną z głównych cech nieodpowiedniej diety odpowiedzialnej za rozwój miażdżycy i jej powikłań jest zbyt wysokie spożycie soli kuchennej [Szostak i Jarosz, 2010]. Związek pomiędzy spożyciem soli a nadciśnieniem tętniczym krwi został wykazany w wielu badaniach epidemiologicznych, obserwacyjnych oraz interwencyjnych [Meneton i in., 2005; Stolarz-Skrzypek i Kawecka-Jaszcz, 2009; Strazullo i in., 2009].

Wzrost ciśnienia tętniczego krwi występuje prawie u wszystkich dorosłych ludzi w miarę procesu starzenia się. Badania genetyczne prowadzone wśród ludzi oraz badania na zwierzętach potwierdzają rolę soli kuchennej w regulacji ciśnienia krwi. Redukcja spożycia soli w populacji powoduje obniżenie ciśnienia krwi, ograniczenie wzrostu ciśnienia spowodowanego wiekiem oraz może być stosowane w leczeniu nadciśnienia tętniczego [He i MacGregor, 2007].

WHO podaje, że 49% chorób serca i 62% wszystkich udarów może mieć związek z nadciśnieniem tętniczym spowodowanym między innymi zbyt dużym spożyciem chlorku sodu. Zmniejszenie dobowego spożycia soli o 2,9 g obniża skurczowe ciśnienie krwi o 4,0 mm Hg i ciśnienie rozkurczowe o około 2,5 mm Hg w przypadku osób, u których stwierdzono nadciśnienie tętnicze, a u osób z prawidłowym ciśnieniem obniża odpowiednio o 2,0 i 1,0 mm Hg [He i MacGregor, 2003]. Badania wykazują także, że obniżenie spożycia soli o 3 g dziennie powoduje redukcję występowania zawałów mięśnia sercowego o 16% i udaru mózgu o 22% [Meneton i in., 2005], natomiast podwyższenie spożycia soli o 2 g dziennie powoduje wzrost ryzyka udaru mózgu o 23% i o 17% wzrost ryzyka epizodów sercowo-naczyniowych [Strazullo i in., 2009].

Innym negatywnym skutkiem nadmiernego spożycia soli kuchennej są nowotwory. Rak żołądka jest jedną z częstszych przyczyn śmierci z powodu nowotworów na całym świecie. Analiza wykazała bezpośredni związek spożycia soli z zapadalnością na raka żołądka. Stwierdzono, że zakażenie *Helicobacter pylori*, bakterią, która jest główną przyczyną wrzodów żołądka i dwunastnicy oraz raka żołądka, także ma związek z nadmiernym spożyciem chlorku sodu. Produkty spożywcze (posiłki) zawierające wysoką zawartość soli są drażniące dla delikatnej błony śluzowej żołądka. Może to spowodować częstsze zakażenia *H. pylori*, lub występowanie poważniejszych konsekwencji zdrowotnych związanych z tym zakażeniem [He i in., 2001]. W związku z tym Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) zaleciła zmniejszenie spożycia soli przez człowieka do 5 g/dzień.

Rola soli kuchennej w produkcji pieczywa

Obniżenie zawartości chlorku sodu w różnych produktach nie jest proste, gdyż sól odgrywa istotną rolę w technologii przetwarzania żywności i trudno ją zastąpić. Jednak wymieniając część soli kuchennej odpowiednią ilością jej zamienników np. chlorku potasu i/lub stosując odpowiednie przyprawy można uzyskać produkty o cechach organoleptycznych porównywalnych z produktami o powszechnie stosowanej ilości soli [Czerwińska, 2011].

W przypadku pieczywa nie jest łatwo wyeliminować sól, gdyż jest to składnik nadający mu smak oraz istotnie wpływający na prawidłowy przebieg procesu fermentacji i tworzenia ciasta. Pełni istotną rolę wpływając na poprawę smakowości, stabilizację barwy i tekstury. Jej dodatek wydłuża trwałość produktu powodując również zabezpieczenie jakości higienicznej. Zbyt niski dodatek soli powoduje powstanie ciasta mało elastycznego i lepkiego, przerośniętego po

zakończeniu rozrostu, a pieczywo z takiego ciasta jest podatne na kruszenie, jest trudne do krojenia i ma zbyt duże rozmiary po wypieku. Ilość soli wpływa również na wygląd skórki po wypieku [Gąsiorowski, 2004]. Natomiast zbyt duży dodatek soli może spowolnić lub nawet zahamować proces fermentacji (po przekroczeniu 5% dodatku soli w stosunku do mąki). Takie pieczywo cechuje się małą objętością, złą porowatością i ma tak zwane „wylewy boczne” [Waszkiewicz-Robak, 2010].

Głównymi ograniczeniami stosowania zamienników soli są względy ekonomiczne, gdyż sól jest jednym z najtańszych składników żywności dostępnych na rynku. Niektórzy konsumenci mogliby także czuć się niekomfortowo postrzegając na etykietach nowe, nieznane im składniki [Eoin, 2006].

Zastąpienie soli kuchennej w produkcji pieczywa przez dodatek soli potasu, magnezu lub wapnia zyskuje nefarmakologiczne zastosowanie przy zmniejszaniu ciśnienia krwi [Neutel, 1996; Liu i in., 2001]. Znacznie mniejszy dodatek soli kuchennej przy produkcji pieczywa wyborowego w porównaniu do pieczywa zwykłego można osiągnąć poprzez zwiększenie udziału cukru w składzie recepturowym bułek wyborowych albo poprzez użycie roztworu. Większy udział produktów procesu fermentacji pozwala na ograniczenie pogorszenia cech smakowo-zapachowych pieczywa wyborowego spowodowanych redukcją ilości chlorku sodu [Słowik, 2008].

Badania wykazują, że dodatek chlorku potasu w mieszankach na poziomie 25-40% nie wpływa znacząco na ocenę sensoryczną [Eoin, 2006]. Aby ograniczyć niekorzystne zmiany smakowe wynikające ze zwiększonego dodatku chlorku potasu, można wykorzystać specjalne substancje maskujące, takie jak chlorowodorek L-lizyny [Czerwińska, 2010].

Niewielkie zmiany dodatku soli w składzie (na poziomie 0,1-0,2%) pozostają niezauważone przez konsumentów. Zachęca się także do stosowania ziół i przypraw oraz zamienników soli np.: chlorku potasu [Wojtasik i in., 2010]. Najczęściej w celu osiągnięcia pożądanego przez konsumentów smaku wykorzystywane są: czosnek, kminek, jałowiec, szafran, papryka, anyż, goździki, cynamon oraz ziele angielskie. Uwydatniają one walory smakowe i zapachowe produktów i potraw oraz wzmagają apetyt, stymulują wydzielanie soków trawiennych i poprawiają perystaltykę jelit [Broda i Mowszowicz, 2000]. Do przypraw zalecanych w leczniczych dietach niskosodowych można zaliczyć: gałkę muszkatołową, majeranek, tymianek, imbir, czosnek i słodką paprykę [Lutomski, 2002].

Dobrym sposobem ograniczenia soli w pieczywie jest zastąpienie smaku słonego smakiem kwaśnym uzyskanym w czasie fermentacji. W tym przypadku aromat będzie zależeć od rodzaju zastosowanych mikroorganizmów i od kontroli fermentacji [Kilcast i Angus, 2007]. Istotne jest także aktywne kształtowanie przyzwyczajeń konsumentów do mniej słonego smaku [Wojtasik i in., 2010].

Sól w różnych produktach spożywczych

Ogólne spożycie chlorku sodu (soli kuchennej) oraz sodu pochodzącego ze spożytej żywności, przeliczonego na sól) w polskich gospodarstwach domowych wynosi około 12 g na osobę dziennie. Wydaje się, że problem nadmiernego spożycia sodu (chlorku sodu) będzie stale rósł w związku ze wzrastającym spożyciem produktów przetworzonych. Znany jest bowiem fakt, że produkty przetworzone (pieczywo, wędliny, sery, konserwy, koncentraty zup i sosów) zawierają dużo więcej soli niż produkty nieprzetworzone. Szacuje się, że zawartość sodu w surowcach nieprzetworzonych jest niewielka i stanowi zaledwie 10% ilości sodu spożywanej w ciągu doby [Kunachowicz i in., 2005]. Znany jest także fakt, że około 63% spożytego sodu, to sól spożyty w postaci soli dodawanej podczas gotowania i dosalania przy stole [Sekuła i in., 2008].

Spożycie soli w Polsce szacowane jest na bardzo wysokim poziomie, przekraczającym 2-3 krotnie maksymalne zalecane wartości. W badaniach prowadzonych przez Dybkowską i in. [2005] stwierdzono, że spożycie sodu wynosiło 4,7-4,8 g, co po przeliczeniu na sól daje 11,7-12,1 g.

Instytut Żywności i Żywienia [Notatka IŻŻ, 2009] podaje, że głównym źródłem sodu w polskich gospodarstwach domowych są przetwory zbożowe takie jak kasze, makarony i pieczywo (> 40%), następnie mięso i jego przetwory (> 35%) oraz produkty mleczne (> 10%). Sugeruje się także, że osoby spożywające posiłki w restauracjach i barach szybkiej obsługi są bardziej narażone na wysokie spożycie soli niż osoby przygotowujące posiłki w domu [Stolarz-Skrzypek i Kawecka-Jaszcz, 2009].

Ponieważ pieczywo uznane jest jako jedno z wielu źródeł sodu w diecie (w postaci chlorku sodu), dlatego też podjęto badania, których celem była ocena zawartości soli kuchennej w wybranych rodzajach pieczywa spożywanego w Polsce.

Materiał i metody badań

Materiałem do badań było pieczywo dostępne na warszawskim rynku, otrzymane z mąk pszennych i żytnich, o różnym stopniu przemiału. Badano pieczywo zwykłe (bagietki pszenne, chleb wiejski, chleb razowy), pieczywo wyborowe (tosty pszenne, bułki na hot-dogi i bułki wyborowe) oraz pieczywo półcukiernicze (chałki i bułki mleczne), pochodzące od różnych producentów. Do badań wybrano pieczywo oznakowane etykietą z podanym składem. Przebadano 3 partie każdego rodzaju pieczywa. Przygotowanie prób oraz oznaczenie zawartości soli kuchennej wykonano zgodnie z metodyką podaną w normie PN-A-74108:1996. Zasada metody polegała na ekstrakcji wodą destylowaną próbki miękiszu i miareczkowaniu chlorków roztworem AgNO_3 wobec chromianu (VI) potasu, jako wskaźnika zobojętnionego roztworu soli.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej przy wykorzystaniu programu komputerowego Statgraphics Centurion v. 15.2.11.0. Wykonano dwuczynnikową

analizę wariancji grupującą uzyskane szczegółowe wyniki zawartości soli dla poszczególnych asortymentów pieczywa (bułek, tostów, chałek, chlebów) wg dwóch czynników: 1 – rodzaju pieczywa (półcukiernicze, wyborowe, zwykłe) oraz 2 - rodzaju Producenta (A, B, C).

Analizę wykonano dla założonego poziomu ufności $\alpha = 0,05$. Dla zweryfikowania wyników przeprowadzono test Fishera.

Wyniki i dyskusja

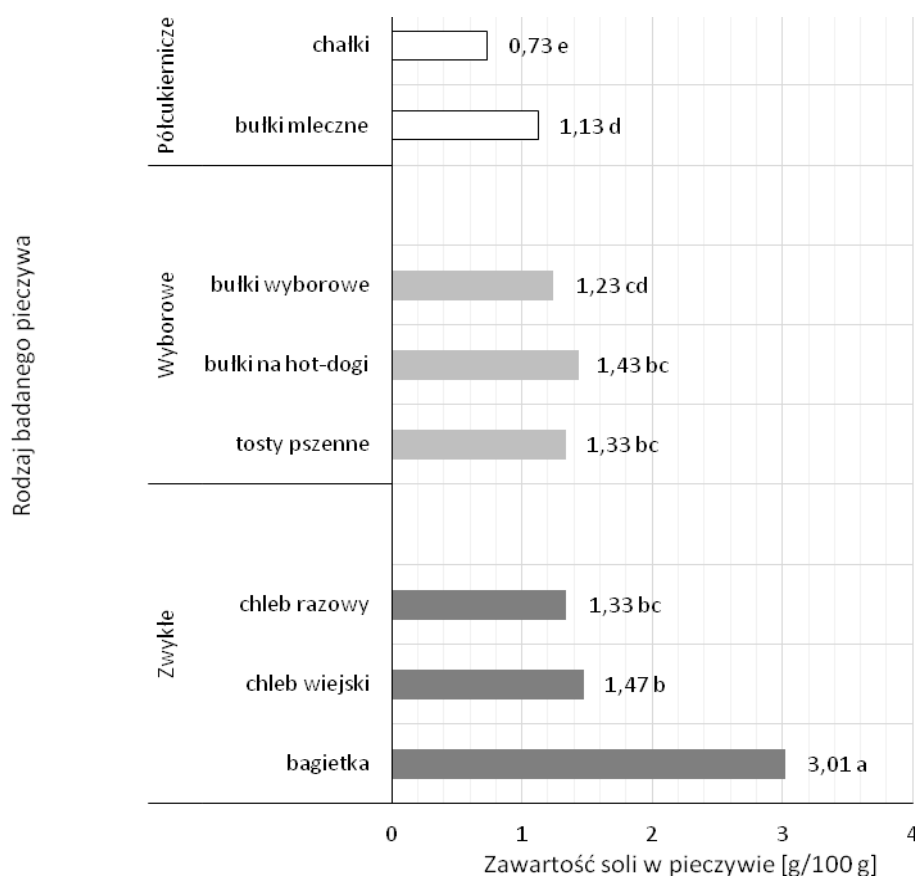
Na rys. 1 przedstawiono zawartość soli kuchennej (chlorku sodu) w badanych rodzajach i gatunkach pieczywa. Natomiast na rys. 2 przedstawiono interpretację graficzną dwuczynnikowej analizy wariancji (dla założonego poziomu istotności $p = 0,05$), określającej wpływ rodzaju pieczywa pochodzącego od różnych producentów na zawartość soli kuchennej oraz wpływ producenta na zawartość soli w pieczywie.

Najwyższą zawartością soli charakteryzowały się bagietki pszenne, które niezależnie od producenta zawierały przeciętnie 3,01%. Wartość ta była znacznie wyższa od wartości podawanych przez Szafulera [2010], który szacował zawartość soli w bagietkach na 1,6-2,1%. Zawartość soli w chlebie wiejskim (pieczywo zwykłe) pochodzącym od różnych producentów wahała się od 1,3 do 1,6% i była wyższa od wartości podawanej przez Instytut Żywności i Żywienia (0,9%). Należy jednak pamiętać, że tabele wartości odżywczej pieczywa sporządzone przez IŻŻ [Kunachowicz i in., 2005] nie podają wyników uzyskanych metodą analizy chemicznej a jedynie biorą pod uwagę podany przez producenta skład recepturowy [Szafulera, 2010].

Najniższą zawartością soli (1,2-1,4%) spośród pieczywa zwykłego odznaczał się chleb razowy. Szafulera [2010] podaje przedział zawartości soli wynoszący od 1,19 do 1,32% dla pieczywa zwykłego. Podobną zawartość można znaleźć w tabelach wartości odżywczej IŻŻ [2005] wynoszącą około 1,1%. Oznaczona zawartość soli w badanych chlebach pochodzących od różnych producentów jest zbliżona do danych z tabel wartości odżywczych. Pieczywo o takim dodatku soli charakteryzowało się wysoką spoistością miększu i prawidłową teksturą.

Zawartość soli w pieczywie tostowym pszennym pochodzącym od różnych producentów była zbliżona i wynosiła przeciętnie 1,33%. W tabelach wartości odżywczej podana zawartość soli w tego typu pieczywie stanowi 1,2% [Kunachowicz i in., 2005].

Przeciętna zawartość chlorku sodu (soli kuchennej) w bułkach na hot-dogi wyniosła od 1,2 do 1,6%, a średnia zawartość soli w bułkach pszennych wyborowych wyniosła 1,23%. Przebadano produkty pochodzące od 3 producentów. Stwierdzono zbliżoną zawartość soli w pieczywie niezależnie od producenta. Zaobserwowano też, że bułki zawierające mniej soli miały też dużo niższą wilgotność miększu od pozostałych.



Rys. 1. Przeciętna, oznaczona zawartość soli w różnym asortymencie pieczywa przynależnego do różnych grup (zwykłe, wyborowe, półcukiernicze)

Spośród wszystkich rodzajów pieczywa, produkty półcukiernicze odznaczały się najniższą zawartością soli. Bułki młeczne zawierały od 1 do 1,3% soli. Zbliżone wartości deklarowane są także przez innych autorów [Kunachowicz i in., 2005]. Tak samo jak w przypadku pieczywa wyborowego, niski udział soli w produkcji pieczywa można tłumaczyć większą ilością dodanego cukru, który poprawia cechy sensoryczne. Również użycie do produkcji ciasta mąki zawierająca mocny gluten daje możliwość ograniczenia ilości chlorku sodu. Mąki o słabszym glutenie wzmacnia się poprzez większy dodatek soli [Waszkiewicz-Robak, 2010].

Pieczywem odznaczającym się najniższą zawartością soli były chałki produkowane przez różnych producentów zawierające przeciętnie 0,73% (od 0,5 do 1,1%). Średnia zawartość soli w chałkach oznaczona w niniejszej pracy mieściła się w zakresie podawanym przez He i MacGregora [2007] poniżej 0,9 g /100 g. Zbliżoną zawartość soli wynoszącą 0,55 - 0,8% podaje Szafulera [2010].

Tabele wartości odżywczej przygotowane przez IŻŻ [Kunachowicz i in., 2005] podają wartości na poziomie 0,7%.

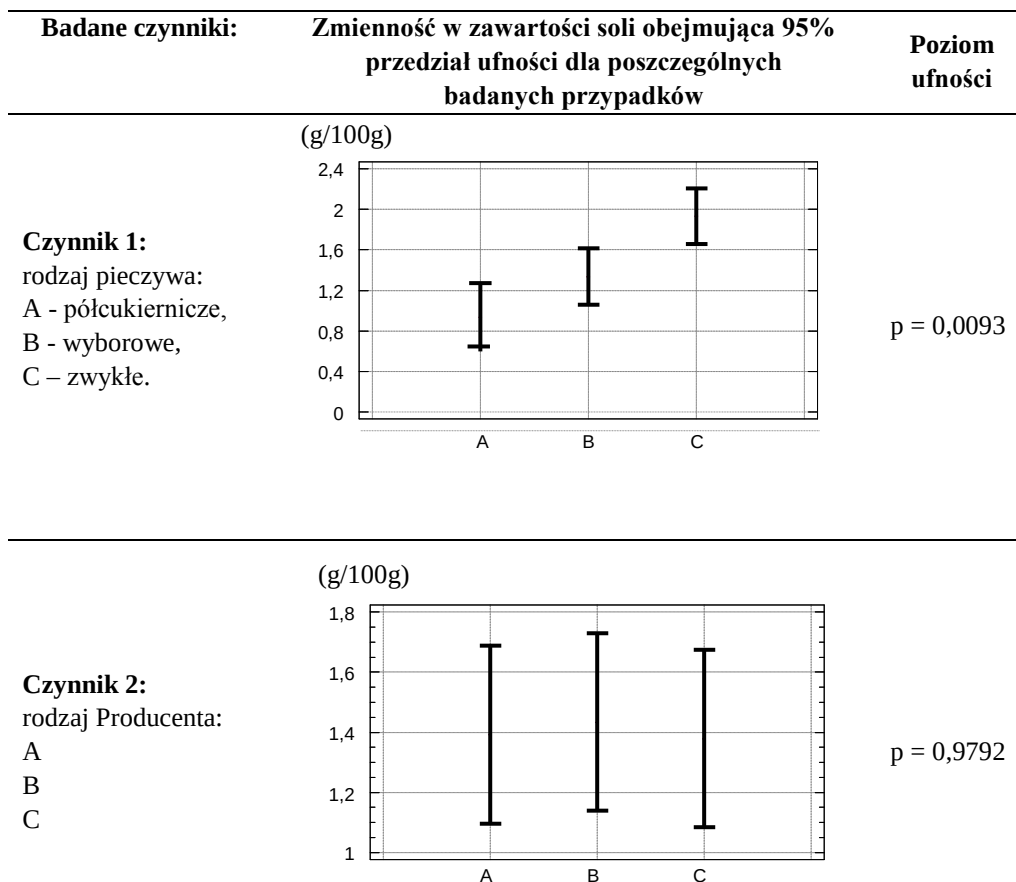
Na rys. 2 przedstawiono zmienność w zawartości soli dla wszystkich analizowanych asortymentów pieczywa (chlebów, bułek, tostów, chałek) pogrupowanych wg rodzaju pieczywa (czynnik 1) oraz rodzaju Producenta (czynnik 2). Wartości wskazane jako minimalne i maksymalne są charakterystyczne dla 95%-wego przedziału ufności analizowanego dla każdego przypadku.

Można zaobserwować istotną zmienność w zawartości soli ($p=0,0093$) w badanym asortymencie pieczywa (bułki, chałki, tosty, chleby) w zależności od czynnika 1, tj. od rodzaju pieczywa (półcukiernicze, tostowe, zwykłe) oraz brak istotnej zależności ($p=0,9729$) w odniesieniu do czynnika 2, tj. rodzaju Producenta.

Wg danych GUS [2013] (Głównego Urzędu Statystycznego) codzienne spożycie pieczywa świeżego w gospodarstwach domowych ogółem wynosi 145 g na osobę. Przy założeniu, że spożywany jest tylko jeden rodzaj pieczywa, wyliczono szacowane spożycie soli w diecie z określonym rodzajem pieczywa. Jeżeli konsument będzie spożywać tylko bagietki pszenne to zrealizuje aż w 87% maksymalne codzienne zapotrzebowanie ustalone przez WHO, dostarczając organizmowi 4,4 g NaCl. Konsumpcja 145 g pieczywa razowego, uważanego za najbardziej korzystne ze względów zdrowotnych, zrealizuje maksymalne zapotrzebowanie w około 40%. Spośród przebadanego pieczywa, najmniej soli (około 1 g) dostarczy spożycie 145 g chałki. Spożycie takiej ilości zrealizuje tylko ok. 20% maksymalnego codziennego zapotrzebowania. Maksymalna ilość soli w pieczywie, która po spożyciu 145 g produktu nie będzie skutkować przekroczeniem zalecanego przez WHO codziennego spożycia chlorku sodu określonego na ok. 5 g wynosi około 3,4%.

Można więc stwierdzić, że pieczywo wyborowe (bułki, tosty) charakteryzuje się pośrednią zawartością soli stanowiącą wartość między pieczywem zwykłym (chleby, bagietki) a półcukierniczym (chałki, bułki młeczne).

Przy założeniu, że średnie codzienne spożycie soli w Polsce wynosi ok. 12 g/osobę, pieczywo zwykłe dostarcza 24% tej wartości. Konsumpcja samych zbadanych bagietek pszennych w ilości 145 g stanowiłaby około 36% naszego codziennego spożycia soli.



Rys. 2. Interpretacja graficzna dwuczynnikowej analizy wariancji dla założonego poziomu istotności $\alpha = 0,05$, określającej zmienność w zawartości soli w różnym asortymencie pieczywa (chlebach, bułkach, tostach, chałkach) w zależności od badanych czynników: 1 – rodzaju pieczywa i 2 – Producenta

Struktura spożycia pieczywa w Polsce rozkłada się następująco: pieczywo mieszane 75%, pieczywo pszenne 20%, pieczywo żytnie 5% [Szafulera, 2010]. Na podstawie tych danych można obliczyć dzienne spożycie soli pobieranej z pieczywem wynoszące około 2,1 g/osobę co stanowi 17,5% dziennego spożycia soli w Polsce. Takie obliczenia wskazują na potrzebę obniżenia zawartości sodu nie tylko w sektorze piekarskim ale także w innych gałęziach przemysłu spożywczego. Możliwe jest to do osiągnięcia poprzez ograniczenie dodatku soli w trakcie procesów technologicznych oraz zmianę składu recepturowego produktów spożywczych.

Wnioski

1. Spośród szeregu asortymentu pieczywa rynkowego, bardzo niepokojąca jest wysoka (3%) zawartość soli w bagietkach. Najmniej soli (0,93%) zawierają wyroby klasyfikowane do pieczywa półcukierniczego.
2. Zawartość soli w różnym rodzaju pieczywa (zwykłym, wyborowym, cukierniczym) nie zależy od Producenta.
3. Istotnie najwięcej soli zawiera pieczywo zwykłe, a najmniej pieczywo cukiernicze.
4. Dążenie do obniżenia zawartości sodu w diecie jest słuszne i powinno realizować się nie tylko poprzez działania podejmowane przez producentów pieczywa, ale także poprzez zmianę zwyczajów żywieniowych.

Literatura

- [1] Broda B., Mowszowicz J.: Przewodnik do oznaczania roślin leczniczych, trujących i użytkowych. Wydawnictwo Lekarskie PZWL Warszawa, 2000.
- [2] Czerwińska D.: Sposoby obniżenia zawartości soli w przetworach mięsnych. *Gospodarka Mięsna*, 2010, 3, 20-21.
- [3] Czerwińska D.: Produkty o obniżonej zawartości sodu. *Przemysł Spożywczy*, 2011, 12, 14-17.
- [4] Dybkowska E., Świdorski F., Waszkiewicz-Robak B.: Spożycie składników mineralnych w polskiej diecie. *Żywnienie Człowieka i Metabolizm*, 2005, suplement 1 cz. I, (32), 200-204.
- [5] Eoin D.: Reducing salt: A challenge for the meat industry. *Meat Science*, 2006, 74, 188-196.
- [6] Gąsiorowski H.: Charakterystyka rodzajowa i niektóre aspekty żywieniowe pieczywa. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*, 2004, 1, 7-8.
- [7] GUS - Główny Urząd Statystyczny: Budżety gospodarstw domowych w 2012 r. Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa, 2013.
- [8] He F., Markandu N., Sagnella G., et al: Effect of salt intake on renal excretion of water in humans. *Hypertension*, 2001, 38:317-320.
- [9] He F., MacGregor A.: How far should salt intake be reduced? *Hypertension*, 2003, 42, 1093-1099.
- [10] He F., MacGregor A.: Dietary salt, high blood pressure and other harmful effects on health. [w:] Kilcast D.; Angus F. [w:] *Reducing Salt in Foods- Practical Strategies*. Woodhead Publishing, Cambridge, 2007, 18-51.
- [11] Kilcast D., Angus F.: *Reducing Salt in Foods - Practical Strategies*. Woodhead Publishing, Cambridge, 2007.
- [12] Kunachowicz H., Nadolna I., Przygoda B., Iwanow K.: Tabele wartości odżywczej produktów spożywczych i potraw. *IŻŻ*, Warszawa, 2005.
- [13] Liu Z.Q., Yang J., Mu J.J., Liang Y.M., Wang Y.X., Zhu D.J., Sun C.F., Ye T.: Adding potassium and calcium to the dietary salt as a hypertension-preventive approach in adolescents with higher blood pressure and their

- family members: a single blind random-controlled trial. *American Journal of Hypertensions*, 2001,14(4), suppl. 1, 145A.
- [14] Lutomski J.: Znaczenie ziół w terapii i dietetyce. *Lek w Polsce*, 2002, 2, 142, 88-99.
 - [15] Meneton P., Jeunemaitre X., de Wardener H.E., MacGregor G.A.: Links Between Dietary Salt Intake, Renal Salt Handling, Blood Pressure, and Cardiovascular Diseases. *Physiological Reviews*, 2005, 2(85), 679-715.
 - [16] Neutel J.: Replacing regular salt with a sodium-reduced, potassium – and magnesium- enriched mineral salt may offer a non-pharmacological approach to lowering blood pressure. *American Journal of Hypertensions*, 1996, 9(4), suppl.1, 94A.
 - [17] Notatka IŻŻ: Sól, żywienie a zdrowie. Publikacja Instytutu Żywności i Żywienia, 2009.
 - [18] PN-A-74108:1996. Pieczywo – Metody badań.
 - [19] Sekuła W., Ołtarzewski M., Barysz A.: Ocena spożycia chlorku sodu w Polsce na podstawie wyników badań budżetowych gospodarstw domowych. *Żywnienie Człowieka i Metabolizm*, 2008, 4, 265-282.
 - [20] Słowik E.: Zmniejszenie ilości soli a jakość wypieku. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*, 2008, 9, 30-33.
 - [21] Stolarz-Skrzypek K., Kawecka-Jaszcz K.: Ograniczenie spożycia soli kuchennej jako metoda prewencji nadciśnienia tętniczego. *Postępy Nauk Medycznych*, 2009, 1, 34-38.
 - [22] Strazullo P., D’Elia L., Ngianga-Bakwin K., Cappuccio P.: Salt intake, stroke, and cardiovascular disease: meta-analysis of prospective studies. *BMJ*, 2009, 339.
 - [23] Szafuła W.: Ile soli w diecie (i w chlebie). *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*, 2010, 4, 10-13.
 - [24] Szostak W.B. Jarosz M.: Wpływ spożycia soli na rozwój chorób układu krążenia. *Żywnienie Człowieka i Metabolizm*, 2010, 37(5-6), 374-380.
 - [25] Waszkiewicz-Robak B.: Technologia produkcji oraz ocena jakości pieczywa. [w:] *Towaroznawstwo żywności przetworzonej z elementami technologii*. Świdorski F. (red.). Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 2010, 407-430.
 - [26] Wojtasik A., Przygoda B., Kunachowicz H.: Analiza zawartości soli w wybranych grupach produktów spożywczych w aspekcie możliwości zmniejszania jej spożycia z dietą. *Żywnienie Człowieka i Metabolizm*, 2010, 37(5-6), 355-367.

WYSTĘPOWANIE FITOESTROGENÓW W PRODUKTACH ROŚLINNYCH ORAZ ICH WPLYW NA ZDROWIE CZŁOWIEKA

EWELINA BRZOZOWSKA

Streszczenie

Fitoestrogeny należą do grupy niesteroidowych, wtórnych metabolitów roślin, które strukturą oraz funkcjami przypominają 17- β -estradiol. Wyróżnia się trzy główne klasy fitoestrogenów: lignany, stilbeny oraz flawonoidy. Lignany występują w większości zbóż, owoców i warzyw (nasiona lnu, sezamu, ziarna słonecznika). Wśród stilbenów najbardziej znanym i najlepiej poznanym związkiem jest resweratrol, który występuje przede wszystkim w winogronach i czerwonym winie. Najliczniejszą grupą fitoestrogenów są flawonoidy. Z uwagi na różnice w budowie strukturalnej flawonoidy można podzielić na: flawony, flawanole, flawanony i izoflawonoidy. Dotychczas sklasyfikowano i opisano ponad 7000 związków flawonoidowych. Są one obecne w owocach, kwiatach, liściach i nasionach roślin. Wszystkie fitoestrogeny występują naturalnie w wielu popularnych produktach spożywczych. W roślinach pełnią m. in. funkcje grzybobójcze, przeciwutleniające, a także sygnalizują stres. Natomiast w organizmie człowieka działają podobnie do hormonów płciowych – estrogenów oraz przejawiają szerokie spektrum zastosowania medycznego. Zaobserwowano hamujące działanie tych związków na rozwój raka gruczołu mlekowego, osteoporozy, chorób układu krążenia oraz wiele innych.

Słowa kluczowe: fitoestrogeny, lignany, stilbeny, flawonoidy, izoflawony

Wprowadzenie

W ostatnich latach obserwuje się zwiększenie zainteresowania konsumentów zdrową, zbilansowaną dietą. Przez to nieprzerwanie trwają poszukiwania źródeł związków biologicznie aktywnych mogących wykazywać pozytywne działanie na organizm człowieka. Produkty spożywcze mają na celu dostarczenie do organizmu składników odżywczych. Spożywanie odpowiednich pokarmów może ponadto korzystnie wpływać na zdrowie. Świat roślin od dawna cieszy się dużym zainteresowaniem badaczy, a koncentracja naukowców skupia się w dużej mierze m.in. na grupie naturalnych związków występujących w roślinach – fitoestrogenach. Substancje te dla roślin mają rozmaite znaczenie: działają grzybobójczo, przeciwutleniająco, chronią przed promieniowaniem UV, stanowią barwniki kwiatów, biorą udział w kielkowaniu pyłku oraz sygnalizowaniu stresu [Kraszevska i in., 2007]. W organizmie człowieka fitoestrogeny działają bardzo

podobnie do hormonów płciowych – estrogenów, stąd też ich nazwa. Oprócz działania estrogennego, fitoestrogeny wykazują także właściwości przeciwestrogenne, przeciwoksydacyjne, przeciwproliferacyjne, przeciwmutagenne, przeciwnowotworowe, przeciwwirusowe czy przeciwbakteryjne [IEH, 2000; Theim, 2005].

Fitoestrogeny i ich aktywność znana jest od dawna. Szczególnie popularne i spożywane w dużych ilościach są w krajach azjatyckich. Jednak w krajach europejskich oraz Stanach Zjednoczonych udział tych związków w diecie jest wciąż bardzo niski. Większość badań epidemiologicznych wskazuje na ich wysoce korzystny wpływ na zdrowie. Dlatego zapotrzebowanie na suplementy diety bogate w izoflawony silnie wzrasta [Peng i in., 2006; Prescha i in., 2008].

Rozwój cywilizacji skutkuje pojawieniem się nowych stylów życia, a co za tym idzie nowatorskich trendów żywieniowych, niekoniecznie pozytywnie wpływających na zdrowie człowieka. W związku z nieprzestrzeganiem prawidłowej diety, pojawiło się wiele chorób dietozależnych takich jak: choroby układu krążenia, niektóre choroby nowotworowe, cukrzyca typu II, osteoporoza, choroby układu trawiennego itp. Równocześnie zaistniała potrzeba szukania sposobów leczenia oraz profilaktyki tego typu tych schorzeń. Fitoestrogeny są jednymi z substancji pomocnych w walce z chorobami dietozależnymi [Kwiatkowska, 2009].

Celem pracy jest przedstawienie głównych źródeł związków należących do grupy fitoestrogenów w diecie oraz ich wpływu na zdrowie człowieka.

Źródła fitoestrogenów

Fitoestrogeny występują we wszystkich częściach roślin – kwiatach, owocach, liściach, nasionach oraz w korzeniach. Podstawowy podział fitoestrogenów wyróżnia trzy główne klasy: flawonoidy, stilbeny i lignany [Kraszewska i in., 2007].

Flawonoidy obejmują bardzo liczną grupę fitoestrogenów. Często nazywane są ogólnie witaminą P, ze względu na swoje farmakologiczne działania. Dotychczas sklasyfikowano i opisano ponad 7000 związków flawonoidowych. Z uwagi na różnice w budowie strukturalnej flawonoidy można podzielić na: flawony, flawanole, flawanony i izoflawonoidy. To flawonoidom w dużej mierze rośliny zawdzięczają swą barwę, poczynając od żółtej (np. w owocach cytrusowych) po fioletową (w leśnych, jeżynach, jagodach). Flawonoidy powszechnie występują w świecie roślin, stąd też są znaczącym elementem diety człowieka. Ich codzienne spożycie jest uzależnione przede wszystkim od nawyków żywieniowych społeczeństw. W Japonii i Finlandii średnie codzienne spożycie związków flawonoidowych sięga do 70 mg, natomiast w krajach zachodnich jest to zakres od 50 do 800 mg. Głównym źródłem tych związków w diecie są owoce (cytrusowe, jagodowe, winogrona), warzywa (pomidory, papryka, cebula), a także niektóre

zboża, nasiona roślin, przyprawy, czerwone wino oraz herbata (szczególnie zielona) (tab. 1) [Kraszewska i in., 2007, Majewska i in., 2009].

Dziennie zapotrzebowanie człowieka na flawonoidy to ok. 1-2 g, co odpowiada ok. 1,5 kg owoców lub 2 kg warzyw. Zazwyczaj to zapotrzebowanie nie zostaje pokryte. Dlatego zaleca się odpowiednią suplementację preparatami zawierającymi związki flawonoidowe [Stołowska i in., 2010].

Tab. 1. Wybrane źródła flawonoidów w diecie człowieka

FLAWONOIDY	ŹRÓDŁA W DIECIE
Flawony	czerwona papryka, pietruszka, seler, czerwony pieprz, cytryna, tymianek
Flawanole	cebula, czerwone wino, czekolada, herbata, jabłka, kiwi, sałata, ciemne winogrona, jagody bzu czarnego, kapusta
Flawanony	pomarańcze, grejpfruty
Izoflawonoidy	soja i produkty sojowe, soczewica, fasola, czerwona koniczyna, lucerna, fasola mung

Liczną grupę flawonoidów stanowią izoflawonoidy, które można podzielić na: izoflawanony, izoflawany, izoflawony oraz kumestany, z czego izoflawanony (*O-desmetylangolenzyna*) i izoflawony (*ekwol*) są metabolitami daidzeiny i występują tylko w organizmach zwierzęcych. Główne źródła izofawonoidów to obecnie rośliny należące do rodziny bobowatych, do których zalicza się między innymi soję. W kuchni azjatyckiej soja i produkty sojowe, a także tradycyjne fermentowane potrawy jak miso czy tempeh są bardzo popularnym elementem diety [Wu i in., 2004; Mustafa i in., 2007; Abulescu, Pusacu, 2008].

Głównymi przedstawicielami izoflawonów są genisteina i daidzeina. W roślinach występują głównie w formie nieaktywnych biologicznie metylowych prekursorów – β -D-glikozydów. Związki te kumulowane są w roślinach i przechowywane w wakuolach jako mniej reaktywne w stosunku do innych składników komórkowych [Rijke i in., 2005]. Dopiero w przewodzie pokarmowym są przekształcane do aktywnych biologicznie aglikonów [Lipovac i in., 2011]. Ilość izoflawonów w soi i produktach sojowych to wartości mieszczące się w przedziale 50-400 mg/100g, w zależności od jakości i pochodzenia wyrobów czy surowców. Natomiast bardzo duże ilości izoflawonów, szczególnie biochaniny A oraz formonenoetyny znajdują się w kielkach lucerny (alfalfa) oraz w czerwonej koniczynie. Jednakże są to rośliny pastewne i nie występują w diecie ludzi. Przykładowe zawartości najpopularniejszych izoflawonów dla wybranych

artykułów przedstawiono powyżej (tab. 2) [Theim, 2005; Hendrich i in., 2006; Kandys i in., 2007; Kwiatkowska, 2009].

Tab. 2. Zawartość izoflawonów w wybranych produktach w mg/100g ś.m.

Źródło	Zawartość izoflawonów [mg/100g ś.m.]				
	Daidzeina	Genisteina	Formononetyna	Biochanina A	Ogólna
Mąka sojowa	71,19	96,83	0,03	0,07	177,89
Ziarno soi	46,46	73,76	0,07	0,01	128,34
Mleko sojowe	4,45	6,06	-	-	9,65
Kielki lucerny	-	-	1771	294	5183
Czerwona koniczyna	-	-	1322	833	2155

Najlepiej poznane wśród kumestanów to kumestrol i 4-metylokumestrol. Kumestrol odznacza się bardzo silnym działaniem estrogenowym i najwięcej występuje go w czerwonej koniczynie (nawet ponad 500 mg/100g), kielkach soi (38,6 mg/100g), pędach lucerny, niewielkie ilości wykryto również w szpinaku [Czerpiak i in., 2009].

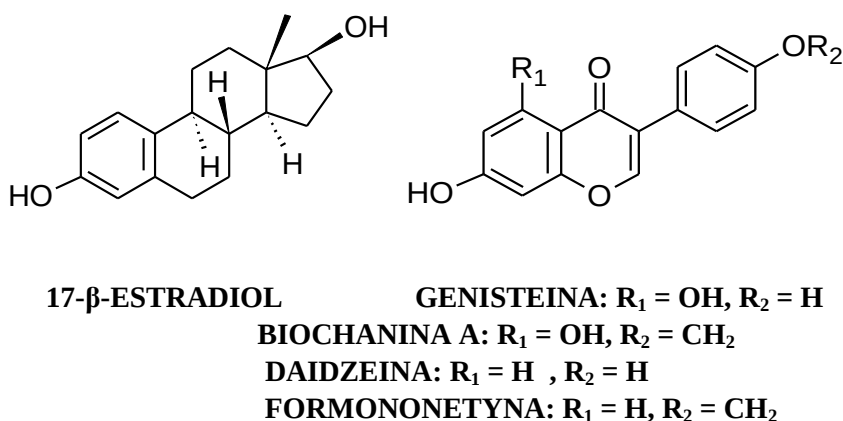
Stilbeny. Resweratrol, należący do stilbenów występuje przede wszystkim w winogronach i czerwonym winie (0,3-15 mg/ml). Praktycznie brak go w białych winach (0,04 mg/ml). Wina czerwone otrzymywane są przez fermentację całych owoców wraz ze skórką, w której w większości znajduje się resweratrol, przez co jego stężenie w winach czerwonych jest znacznie wyższe. W mniejszych ilościach resweratrol obecny jest w orzeszkach ziemnych (do 1 mg/100g) czy owocach morwy. Można wyróżnić dwie formy izomeryczne stilbenów: *cis*, który stanowi pewnego rodzaju zawadę przestrzenną, zatem jest niestabilny oraz *trans*, który nie stanowi takiej zawady i wykazuje właściwości estrogenne [Bavaresco i in., 2007; Roupe i in., 2007].

Lignany. Główne lignany to: sekoizolaricirezinol, pinorezinol, larycyrezinol oraz matairezinol. Są to prekursorzy właściwych lignanów, które w tej formie występują w roślinach. Dopiero w przewodzie pokarmowym, przy udziale odpowiedniej flory bakteryjnej, zostają przekształcone je do aktywnych fitoestrogenów – enterolaktonu i enterodiolu, które są podstawowymi ligninami obserwowanymi w ludzkich płynach biologicznych [Heinonen i in., 2001; McCann i in., 2005]. Lignany są obecne w większości zbóż, owoców i warzyw.

Najbogatszym naturalnym źródłem lignanów są nasiona lnu (siemię lniane, 370 mg/100g). Znajdują się również w nasionach słonecznika, sezamu, ziarnach zbóż, ziarnach kawy, owocach (truskawki, borówki), warzywach (dynia, marchew), czy napojach (zielona herbata). Lignany zawarte w pełnoziarnistych produktach zbożowych stanowią główne źródło fitoestrogenów w diecie [Zhang i in., 2014].

Budowa i aktywność biologiczna fitoestrogenów

Fitoestrogeny swą budową przypominają steroidowe estrogeny zwierzęce (17- β -estradiol, estron). Są aktywne biologicznie, jednak aktywność ta w porównaniu z estrogenami jest znacząco słabsza. Podobieństwa w budowie fitoestrogenów oraz żeńskich hormonów płciowych na przykładzie 17- β -estradiolu oraz wybranych izoflawonoidów przedstawia rys. 1. Taka struktura warunkuje powinowactwo do receptorów estrogenowych ER $_{\alpha}$ i ER $_{\beta}$. Pozwala to na wywoływanie przez fitoestrogeny odpowiedzi estrogenowej, bądź też efektu antagonistycznego w stosunku do estrogenów (działanie antyestrogenowe) [Kupier i in., 1998; Benassavag i in., 2002]. Fitoestrogeny to związki heterocykliczne syntetyzowane z fenoli i fenylopropanoidów. Wszystkie łączy obecność pierścienia fenolowego w swych strukturach. Dzięki temu możliwe jest wiązanie z estrogennym receptorem (fitoestrogeny wykazują wyższe powinowactwo do ER $_{\beta}$). Gdy dojdzie do takiego wiązania powstaje dimer, który jest bodźcem powodującym wzmożoną ekspresję genu reagującego na estrogen. W szeregu reakcji biochemicznych dochodzi wreszcie do syntezy białka wrażliwego na estrogen i zostaje wywołany konkretny efekt biologiczny. Jeśli dimer nie powstanie, lub utworzy się niedostatecznie aktywny efekt jest przeciwny – działanie antyestrogenowe [Boué i in., 2003].



Rys. 1. Budowa strukturalna 17- β -estradiolu oraz wybranych izoflawonoidów

Istotną właściwością fitoestrogenów, niezwykle ważną dla człowieka jest zdolność do neutralizacji wolnych rodników – tzw. aktywność antyoksydacyjna. Wolne rodniki to atomy lub cząsteczki posiadające przynajmniej jeden niesparowany elektron, przez co są niestabilne i reaktywne. Często z ich udziałem zachodzą niekontrolowane reakcje z różnymi cząsteczkami organicznymi, powodując szybkie utlenianie białek czy kwasów tłuszczowych. W efekcie prowadzi to do uszkodzania błon oraz organelli komórkowych. Związki antyoksydacyjne wykazują zdolność wychwytywania wolnych rodników, zapobiegając szkodliwym procesom komórkowym oraz ograniczają ich wytwarzanie w komórkach. Ma to duże znaczenie w stanach zapalnych, miażdżycy, cukrzycy, chorobach neurodegeneracyjnych czy nowotworach [Miller i in., 2008; Stołowska i in., 2010]. Jeśli dojdzie do powstania stanu zapalnego, powstaje bardzo dużo reaktywnych form tlenu (RFT), które degradują kolagen oraz powodują destrukcję ścian naczyń krwionośnych. Flawonoidy poprzez swe działanie przeciwzapalne poprawiają kondycję naczyń krwionośnych. Izoflawonoidy zmniejszają ryzyko choroby wieńcowej oraz miażdżycy naczyń krwionośnych. Dodatkowo niektóre fitoestrogeny jak np. kwercetyna czy luteolina działają przeciwalergicznie, a jeszcze inne (izoflawony) antybakteryjnie oraz przeciwgrzybicznie poprzez hamowanie aktywności odpowiednich enzymów [Czerpak i in., 2009; Majewska i in., 2009].

Badania oraz wyniki raportów donoszą o ochronnym wpływie fitoestrogenów na raka piersi. Ten nowotwór dotyczy głównie kobiet, choć zdarzają się również zachorowania wśród mężczyzn (około 1% wszystkich odnotowań). Szczególnie wśród narodowości azjatyckich obserwuje się obniżoną zachorowalność na hormonozależne nowotwory, głównie piersi. W krajach azjatyckich, gdzie udział w diecie produktów roślinnych jak soja, przetwory sojowe, produkty strączkowe jest bardzo wysoki, codzienne spożycie izoflawonów wynosi ok. 200 mg. W krajach wysokorozwiniętych (Europie, Ameryce Północnej), w diecie dominują: mięso, węglowodany i tłuszcze. Udział produktów sojowych i roślin strączkowych jest niewielki i nie przekracza zwykle 5 mg/dzień. Przy czym ochronne i prozdrowotne efekty izoflawonów można zaobserwować u osób, które spożywały średnio 40-80 mg izoflawonów dziennie. Zdolność hamowania proliferacji komórek nowotworowych oraz indukcji apoptozy przez związki fitestrogenne została potwierdzona. Przykładem może być resweratrol, który hamuje rozwój karcynogenezy w gruczole piersiowym (badania prowadzone na transgenicznym myszach). Dokładny mechanizm działania przeciwnowotworowego tych związków nie został jeszcze poznany.

Ponadto fitoestrogeny pozwalają obniżyć zawartość całkowitego poziomu cholesterolu we krwi, szczególnie egzogennej formy LDL oraz triglicerydów ale również zmniejszają ilość endogennej cholesterolu [Miller i in., 2008].

Fitoestrogeny mogą również pomagać w leczeniu dolegliwości związanych z menopauzą. Najczęstsze przypadłości to uderzenia gorąca, które dotyczą

szczególnie kobiety w Europie – 70-80%, podczas gdy w Azji zaledwie 10-20%. W obrocie handlowym dostępne są preparaty zawierające w swym składzie fitoestrogeny, które redukują częste uderzenia gorąca oraz inne objawy klimakterium. Preparaty tego typu stosowane są jako hormonalna terapia zastępcza. W okresie pomenopauzalnym brak estrogenów zaburza równowagę metabolizmu kostnego, co prowadzi do ubytku masy kostnej czego dalszym efektem jest często osteoporoza. Brak odpowiedniego poziomu estrogenów w tym okresie u kobiet wpływa także negatywnie na stan tkanek przyzębia, co w skrajnych przypadkach może skutkować utratą uzębienia. Badania dowodzą, iż kobiety, które w okresie menopauzy spożywały 40 g wyizolowanego białka sojowego dziennie przez 6 miesięcy uzyskały w efekcie większą gęstość mineralną kości i ogólne korzystne zmiany w tkance kostnej [Draper i in., 1997; Kraszewska i in., 2007; Rahnama i in., 2009].

Podsumowanie

Produkty spożywcze, zawierające fitoestrogeny są bardzo wartościowym elementem diety ludzkiej oraz niezwykle istotnym w profilaktyce wielu chorób (układu krążenia, nowotworowych). Spożywanie produktów pochodzenia roślinnego odgrywa duże znaczenie w zachowaniu odpowiedniego stanu zdrowia i jest doskonałym urozmaicheniem jadłospisu. Zatem zasadne jest dalsze prowadzenie badań w kierunku fitoestrogenów, poszukiwania ich nowych źródeł oraz badania ich znaczenia dla zdrowia człowieka. Szczególnie istotne jest kształcenie i uświadamianie społeczeństwa o ważnym aspekcie życia jakim jest prawidłowe odżywianie.

Literatura

- [1] Albulescu M., Puscau D.: Antioxidant activity of natural extracts containing isoflavones. *Annals of West University of Timisoara Series of Chemistry*, 2008, 17, 131-138.
- [2] Bavaresco L., Pezzutto S., Gatti M., Mattivi F.: Role of the variety and some environmental factors on grape stilbenes. *Vitis*, 2007, 46 (2), 57-61.
- [3] Benassayag C., Perrot-Appianat M., Ferre F.: Phytoestrogens as modulators of steroid action in target cells. *Journal of Chromatography B. Analytical Technologies in Biomedical Life Sciences*, 2002, 777(1-2), 233-248.
- [4] Boué S.M., Wiese T.E., Nehls S., Burow M.E., Elliott S., Carter-Wientjes C.H., Shih B.Y., McLachlan J.A., Cleveland T.E.: Evaluation of estrogenic effects of legume extracts containing phytoestrogens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2003, 51(8), 2193-2199.
- [5] Czerpiak R., Pietryczuk A., Jabłońska-Trypuć A., Obrębska K.: Aktywność biologiczna izoflawonoidów i ich znaczenie terapeutyczne i kosmetyczne. *Postępy fitoterapii*, 2009, 2, 113-121.

- [6] De Rijke E., Aardenburg L., Van Dijk J., Ariese F., Ernst W., Cooijer C., Brinkman U.: Changed isoflavone levels in red clover (*Trifolium pretense* L.) leaves with distributed root modulation in response to waterlogging. *Journal of Chemical Ecology*, 2005, 6(31), 1285-1298.
- [7] Draper Ch.R., Edel M.J., Dick I.M., Randall G.M., Prince R.L.: Phytoestrogens reduce bone loss and bone resorption in Oophorectomized Rats. *The Journal of Nutrition*, 1997, 127(9), 1795-1799.
- [8] Heinonen S., Liukkonen T., Poutanen K., Deyama K., Nishibe S., Adlercreutz H.: In vitro metabolism of plant lignans: new precursors of mammalian lignans enterolactone and enterodiol. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2001, 49(7), 3178-3182.
- [9] Hendrich S., Murphy P.A. *Handbook of Nutraceuticals and Functional Foods Isoflavones: Source and Metabolism*, 2006, 21- 23.
- [10] IEH: *Phytoestrogens in the Human Diet (Web Report W3)*, Institute for Environment and Health, UK, 2000, 8-9; 67-84.
- [11] Kanadys W.M., Oleszczuk J.: Izoflawony a utrata masy kostnej u kobiet w okresie pomenopauzalnym. Wpływ produktów i preparatów z soi na metabolizm kostny, *Postępy fitoterapii*, 2007, 3, 136-144.
- [12] Kraszewska O., Nycna A., Kamińska B., Ciereszko R.: Fitoestrogeny. Występowanie, metabolizm i znaczenie biologiczne u samic, *Postępy Biologii Komórki*, 2007, 34(1), 190-198.
- [13] Kuiper G.G., Lemmen J.G., Carlsson B., Corton J.C., Safe S.H., van der Saag P.T., van der Burg B., Gustafsson J.: Interaction of estrogenic chemicals and phytoestrogens with estrogen receptor b, *Endocrinology*, 1998, 139(8), 4252-4263.
- [14] Kwiatkowska E.: Fitoestrogeny-rola prozdrowotna i zawartość w produktach. *Postępy Fitoterapii*, 2009, 2, 107-111.
- [15] Lipovac M., Chedraui P., Gruenhut Ch., Gocan A., Kurz Ch., Neuber B., Imhof M.: Effect of red clover isoflavones over skin, appendages, and mucosal status in postmenopausal women, *Obstetrics and Gynecology International*, 2011, 1-6.
- [16] Majewska M., Czeczot H.: Flawonoidy w profilaktyce i terapii. *Terapia I leki*, 2009, 65(5), 369-371.
- [17] McCann M.J., Gill Ch.I.R., McGlynn H., Rowland R.: Role of mammalian lignans in the prevention and treatment of prostate cancer. *Nutrition and Cancer*, 2005, 52(1), 1-3.
- [18] Miller E., Malinowska K., Gałęcka E., Mrowicka M., Kędziora J.: Rola flawonoidów jako przeciwutleniaczy w organizmie człowieka. *Polski Merkuriusz Lekarski*, 2008, 24, 557-560.

- [19] Mustafa A.M., Malintan N.T., Seelan S., Zhan Z., Mohamed Z, Hassan S, Pendek R, Hussain R, Ito N.: Phytoestrogen levels determination in the cord blood from Malaysia rural and urban populations. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 2007, 222(1), 25-32.
- [20] Peng Y.Y., Ye J.N.: Determination of isoflavones in red clover by capillary electrophoresis with electrochemical detection. *Fitoterapia*, 2006, 77(3), 171-176.
- [21] Prescha A., Biernat J.: Wpływ fitoestrogenów na organizm człowieka. Występowanie fitoestrogenów w żywności oraz ich metabolizm. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2008, 3, 209-214.
- [22] Rahnama M., Błoniarz J., Zaręba S., Świątkowski W.: Wpływ fitoestrogenów na gęstość mineralną kości (BMD żuchwy, kręgosłupa, kości udowej). *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2009, 3, 642-646.
- [23] Roupe K.A., Remsberg C.M., Yáñez J.A., Davies N.M.: Pharmacometrics of Stilbenes: Seguing Towards the Clinic. *Clinical Pharmacology*, 2006, 1(1), 81-101.
- [24] Stołowska M., Kłobus G.: Charakterystyka flawonoidów i ich rola w kosmetyce i terapii. *Postępy Kosmetologii*, 2010 1(1), 8-10.
- [25] Theim B.: Naturalne i biotechnologiczne źródła estrogenów roślinnych. *Nowiny Lekarskie*, 2005, 74(4), 542-543.
- [26] Wu Q., Wang M., Simon J.E.: Analytical methods to determine phytoestrogenic compounds. *Journal of Chromatography B*, 2004, 812(1-2), 325–355.

PROFIL KWASÓW TŁUSZCZOWYCH W TKANKACH RÓŻNYCH GATUNKÓW ZWIERZĄT

ANNA CZECH, KATARZYNA OGNIK, ZWENYSLAVA ZASADNA

Streszczenie

Celem pracy była analiza profilu kwasów tłuszczowych tkanek mięśniowych różnych gatunków zwierząt: tuczniki – schab (*muscle longissimus*) i szynka (*muscle abduktor*); bydło mięsne - rostbef (*muscle longissimus lumborum* - mięsień najdłuższy grzbietu); udziec – *muscle (semitendinosus* - mięsień półścięgnisty), indyki i brojlery - mięsień udowy i piersiowy oraz określenie zawartości tłuszczu śródmięśniowego i cholesterolu w tych mięśniach. Dodatkowym założeniem pracy było porównanie średniej zawartości poszczególnych grup kwasów tłuszczowych w mięśniach ww. gatunków zwierząt. Zawartość tłuszczu śródmięśniowego oraz poziom cholesterolu w mięśniu zależy od jego rodzaju (lokalizacji). Schab tuczników i rostbef opasów zawierał mniej tłuszczu i cholesterolu w porównaniu z szynką i udźcem. Mięśnie piersiowe brojlerów i indyków były mniej zasobne w tłuszcz i cholesterol w porównaniu z mięśniami udowymi. Mięso drobiu wyróżniają się od pozostałych badanych gatunków zwierząt wysokim poziomem nienasyconych kwasów tłuszczowych (UFA). Spośród analizowanych kwasów tłuszczowych w mięśniach wszystkich gatunków zwierząt stwierdzono najwyższą koncentrację kwasu oleinowego (C18:1). Mięso opasów (rostbef + udziec) charakteryzowało się największą koncentracją nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA) oraz najmniejszą koncentracją mononienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA) i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA) w porównaniu do mięsa tuczników i drobiu. Zawartość nasyconych i nienasyconych kwasów tłuszczowych w mięśniach drobiu (indyki, brojlery) kształtowała się na zbliżonym poziomie.

Słowa kluczowe: lipidy, drób, mięśnie, świnie, bydło

Wprowadzenie

Współczesne badania wskazują na istnienie ścisłej zależności między składnikami odżywczymi zawartymi w produktach spożywanych a zdrowiem człowieka. Dlatego w ciągu ostatnich lat znacznie wzrosło zainteresowanie konsumentów spożyciem mięsa o małej zawartości cholesterolu, a jak największej ilości niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT). Kwasy te stanowią podstawowy budulec błon komórkowych, wspierają transport, rozkład i wydzielanie cholesterolu [Turner, 2010; McAfee i in., 2010].

Z kolei zapotrzebowanie organizmu na nasycone i jednonienasycone kwasy

tłuszczowe jest bardzo ograniczone, gdyż dieta obfita w tego rodzaju kwasy tłuszczowe stymuluje syntezę cholesterolu (szczególnie frakcji LDL) we krwi, co prowadzi do chorób układu krwionośnego, cukrzycy oraz procesów nowotworzenia [McAfee i in., 2010; Turner, 2010].

W związku z tym, że dieta człowieka opiera się m.in. na produktach pochodzenia zwierzęcego ważnym jest by dostarczone z nią kwasy tłuszczowe były źródłem NNKT. Do takich produktów należą przede wszystkim ryby, zwłaszcza morskie, których mięso jest bogatym źródłem długołańcuchowych wielonienasyconych kwasów tłuszczowych a w szczególności n-3 i n-6 [Łuczyńska i in., 2008]. W związku z powyższym interesującym jest przeanalizowanie profilu kwasów tłuszczowych w tkankach zwierząt najczęściej konsumowanych przez ludzi.

Celem pracy była analiza profilu kwasów tłuszczowych tkanek mięśniowych różnych gatunków zwierząt: tuczniki – schab (*muscle longissimus*) i szynka (*muscle abduktor*); bydło mięsne - rostbef (*muscle longissimus lumborum* - mięsień najdłuższy grzbietu); udziec – *muscle (semitendinosus* -mięsień półścięgnisty), indyki i brojlery - mięsień udowy i piersiowy oraz określenie zawartości tłuszczu śródmięśniowego i cholesterolu w tych mięśniach. Dodatkowym założeniem pracy było porównanie średniej zawartości poszczególnych grup kwasów tłuszczowych w mięśniach ww. gatunków zwierząt.

Materiał i metody badań

Materiał do badań stanowiły mięśnie różnych gatunków zwierząt (Tabela 1). Zwierzęta (tuczniki i bydło mięsne) utrzymywano w standardowych warunkach zoohigienicznych przy stałym dostępie do wody. Tuczniki żywione były mieszankami pełnodawkowymi zgodnie z NRC [1998]. Bydło mięsne było żywione systemem gospodarczym, podstawą żywienia była kiszonka z traw i siano łąkowe [IZ PIB-INRA, 2009]. Brojlery i indyki żywiono pełnoporcjowymi mieszankami paszowymi zgodnie z NRC [1994]. Uboju zwierząt hodowlanych dokonano w certyfikowanych ubojniach w obecności lekarza weterynarii. Rozbioru tusz na elementy zasadnicze, dokonano zgodnie z technologią obowiązującą w przemyśle mięsnym.

Po rozbiorze, mięśnie: tuczników, bydła mięsnego, broilerów i indyków poddano chłodzeniu w temperaturze 2-4°C, czas chłodzenia był uzależniony od gatunku: wieprzowina – 12h, wołowina – 24h; drób – 2h.

Tab. 1. Materiał badawczy

GATUNEK	POCHODZENIE	WIEK	MASA CIAŁA NA SZTUKĘ	IŁOŚĆ SZTUK	ANALIZOWANA TKANKA
TUCZNIKI	loch pbz × wbp z knurem rasy pbz	4 m-ce	ok. 120 kg	12	schab – <i>muscle longissimus</i> szynka – <i>muscle adduktor</i>
BYDŁO MIĘSNE	cb×Simental	18 m-cy	ok. 530 kg	12	rostbef – <i>muscle longissimus lumborum</i> (mięsień najdłuższy grzbietu) udziec – <i>muscle semitendinosus</i> (mięsień półścięgnisty)
BROILERY	ROSS 308	7 tyg.	ok. 1,9 kg	12	mięsień nóg
INDYKI	BIG 6	16 tyg	ok. 9,5 kg	12	mięsień piersiowy

Po okresie chłodzenia z prawych półtuszy pobrano próbki mięśni od 12 tuczników i 12 bydła mięsnego. Od każdej sztuki tuczniaka pobrano po 500g mięśnia *abduktor* oraz mięśnia najdłuższego grzbietu (*m. longissimus*), który pochodził z dwóch pierwszych kręgów lędźwiowych. Podobnie od każdej sztuki bydła mięsnego pobrano po 500g mięsienia *longissimus lumborum* pochodzącego z okolic 13 kręgu piersiowego oraz mięśnia półścięgnistego (*m. semitendinosus*).

Podczas dysekcji od 12 ptaków (indyki, brojlery) z prawych połówek pobrano próbki o masach 400g mięśni piersiowych i ud do analiz.

Wszystkie próby (12 prób x 8 mięśni) rozdrabniano i przechowywano w szczelnych torebkach z tworzywa sztucznego w temp. -25 °C do momentu rozpoczęcia analizy.

W próbach mięśni oznaczono poziom tłuszczu surowego, profil kwasów tłuszczowych i zawartość cholesterolu.

Analiza zawartości tłuszczu, kwasów tłuszczowych oraz cholesterolu

Całkowitą zawartość tłuszczu w tkankach zmierzono za pomocą metody Folcha i in. [1957].

W próbkach tkanki mięśniowej oznaczano profil kwasów tłuszczowych metodą

chromatografii gazowej (aparat CP3800 Varian). Warunki rozdziału: kolumna CP WAX 52CB DF 0,25 mm, 60 m długości, gaz nośny – hel, przepływ 1,4 ml/min, temp. kolumny 120 °C ze stopniowym wzrostem 2 °C/min do 210 °C, czas oznaczenia 127 min, temp. dozownika i detektora – 160 °C, gazy wspomagające – wodór i powietrze.

Zawartość cholesterolu w tłuszczu wykonano wg zasady Rule i in. [1997] metodą chromatografii gazowej na aparacie Varian GC 3800.

Analiza statystyczna

Uzyskane dane liczbowe poddano analizie statystycznej, określając wartości średnie, błędy statystyczne oraz odchylenie standardowe wykorzystaniem programu Statistica wersja 6.1. Istotność różnic między średnimi dla tuczników i bydła mięsnego oraz brojlerów i indyków wyznaczono testem T Tukeya analizy wariancji jednoczynnikowej ANOVA, za pomocą wielokrotnego przedziału ufności, przyjmując poziom istotności 0,05 i 0,01.

Wyniki i dyskusja

Zawartość lipidów w tkankach zwierząt

Poziom tłuszczu mięsa ssaków uzależniony jest od gatunku, lokalizacji wyrębów a także żywienia, w tym tłuszczu zawartego w paszy [Rule i in., 2002; Piesza, 2007]. W celu wyeliminowania czynnika doświadczalnego, jakim jest żywienie, zwierzęta, od których pochodziły tkanki brane do analiz były żywione paszą, w której zawartość kwasów tłuszczowych była na zbliżonym poziomie (Tabela 2).

Tab. 2. Zawartość kwasów tłuszczowych w mieszankach dla zwierząt

KWASY TŁUSZCZOWE	TUCZNIK	BYDŁO MIĘSNE	BROJLER	INDYK
SFA	16,39	17,32	17,04	17,37
UFA	83,65	82,6	82,78	82,4
MUFA	26,28	23,56	26,92	26,93
PUFA	57,37	59,16	56,13	55,7

Z badań wynika, że istotnie najwyższy poziom tłuszczu śródmięśniowego spośród analizowanych tkanek mięśniowych występował w szynce (*m. abduktor*) tuczników (Tabela 3). Zbliżony poziom tłuszczu śródmięśniowego do tego, jaki uzyskano w badaniach własnych w *m. abduktor* tuczników odnotowali Bragagnolo i Rodriguez-Amaya [2002]. Mięsień *longissimus lumborum* (rostbef) cechował się ponad dwukrotnie niższą zawartością tłuszczu śródmięśniowego w porównaniu do *m. adduktor* oraz około 30 ±5% niższą zawartością tłuszczu w porównaniu do szynki tuczników i udźca bydła mięsnego. Zbliżoną zawartość tłuszczu śródmięśniowego w udźcu bydła mięsnego tj. 3,90% odnotowali Chizzolini i in. [1999].

Analiza poziomu tłuszczu śródmięśniowego w mięśniach ptaków (brojlery, indyki) wykazała ponad trzykrotnie wyższą jego zawartość w mięśniach nóg w porównaniu do mięśni piersiowych ($p \leq 0,05$) (Tabela 3). Komprada i in. [2000] wykazali mniejszą skłonność do odkładania tłuszczu śródmięśniowego u ptaków odmian wolno-rosnących w porównaniu z odmianami szybko-rosnącymi. Has-Shön i in. [2008] uzyskali zbliżony poziom tłuszczu śródmięśniowego w piersi indyczej (1,97%) do prezentowanego w niniejszej pracy.

Tab. 3. Zawartość tłuszczu surowego (% w masie naturalnej) i cholesterolu w tkankach ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ masy mokrej)

	TUCZNIK		BYDŁO MIĘSNE		P value
	SCHAB	SZYNKA	ROSTBEF	UDZIEC	
Tłuszcz	$2,62^b \pm 0,35$	$4,37^a \pm 0,14$	$1,87^c \pm 0,23$	$3,12^b \pm 0,74$	0,033
Cholesterol	$43,71^b \pm 2,14$	$50,98^a \pm 1,02$	$48,45^a \pm 2,03$	$52,15^a \pm 2,48$	0,031
	BROJLER		INDYK		
	PIERŚ	UDO	PIERŚ	UDO	
Tłuszcz	$1,39^b \pm 0,39$	$5,26^a \pm 0,90$	$2,02^b \pm 0,14$	$6,22^a \pm 0,44$	0,045
Cholesterol	$54,03^C \pm 3,35$	$85,12^B \pm 3,24$	$61,38^{BC} \pm 3,52$	$120,0^A \pm 8,32$	0,021

a, b – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$

A, B – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy $p \leq 0,01$

Analizując mięśnie tuczników i opasów, istotnie niższą zawartość cholesterolu (o ok. 10%) stwierdzono w *m. longissimus* w porównaniu do pozostałych analizowanych wyrębów (Tabela 3). Poziom cholesterolu w szynce tuczników z badań własnych koresponduje z wynikami Bragagnolo i Rodriguez-Amaya [2002].

Analizując tkanki piersiowe i udowe brojlerów i indyków istotnie najniższy poziom cholesterolu odnotowano w mięśniu piersiowym u brojlerów i wartość ta była zbliżona do zawartości tego lipidu w wyrębach ssaków (tuczniki i bydło mięsne). Na uwagę zasługuje fakt, iż zawartość cholesterolu w mięśniach ud indyków była aż dwukrotnie wyższa, w porównaniu do mięśni ud brojlerów i mięśni piersiowych indyków, a uzyskana różnica sięgała około 50% ($p \leq 0,01$) (Tabela 3).

Skład kwasów tłuszczowych tkanek mięśniowych tuczników i opasów

Analiza nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA) tkanek tuczników i opasów wykazała, iż najwyższą ilością nasyconych kwasów tłuszczowych zarówno 16:0 jak i 18:0 charakteryzował się udziec bydlęcego ($p \leq 0,05$). Stwierdzono także, że w szynce i schabie tuczników koncentracja nasyconych kwasów

tłuszczowych 16:0 jak i 18:0 była najniższa ($p \leq 0,05$) (Tabela 4). Zbliżone zawartości nasyconych kwasów tłuszczowych w tkankach tuczników do tych, jakie odnotowano w badaniach własnych uzyskali Grela i Kowalczyk [2009]. Jak podaje Więcek [2007] znaczący wpływ na profil kwasów tłuszczowych ma masa tuczników. Autorka podkreśla proporcjonalną zależność zwiększenia poziomu SFA wraz ze wzrostem masy zwierzęcia, oraz jednocześnie zmniejszenie zawartości NNKT, a także kwasów tłuszczowych o działaniu neutralnym i hipocholesterolemicznym.

Tab. 4. Profil kwasów tłuszczowych tkanek mięśniowych tuczników i opasów (%)

KWASY TŁUSZCZOWE	TUCZNIK				BYDŁO MIĘSNE				P value
	SCHAB	SD	SZYNKA	SD	ROSTBEF	SD	UDZIEC	SD	
12:0	0,16	0,01	0,55	0,07	0,08	0,02	0,09	0,03	0,076
14:0	1,09	0,11	1,56	0,55	1,05	0,05	3,05	0,80	0,069
15:0	0,06	0,02	0,07	0,03	3,61	0,34	0,00	0,00	0,085
16:0	25,43 ^b	0,90	23,87 ^c	0,55	22,12 ^c	1,08	29,70 ^a	2,19	0,042
17:0	0,23	0,07	0,28	0,10	2,03	0,09	1,02	0,06	0,056
18:0	13,21 ^c	0,89	12,95 ^c	1,00	18,98 ^b	2,12	22,90 ^a	3,58	0,075
20:0	0,28	0,07	0,25	0,09	0,00	0,00	0,16	0,03	0,094
16:1	2,40	0,42	2,86	0,20	2,58	1,01	3,13	0,88	0,071
17:1	0,23	0,12	0,39	0,21	1,22	0,67	0,00	0,00	0,059
18:1	42,02 ^a	1,92	41,67 ^a	0,90	33,07 ^b	1,21	36,75 ^b	2,48	0,027
20:1	0,57	0,10	0,95	0,13	0,00	0,00	0,15	0,02	0,083
22:1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,11	0,00	0,00	0,079
18:2 (n-6)	11,14 ^a	0,97	10,85 ^a	0,52	8,79 ^a	1,02	2,21 ^b	0,53	0,036
20:2	0,23	0,05	0,36	0,05	0,14	0,01	0,00	0,00	0,055
18:3 (n-3)	0,60 ^c	0,25	0,89 ^b	0,29	2,23 ^a	0,54	0,43 ^c	0,08	0,031
20:3 (n-6)	0,35	0,13	0,57	0,18	0,07	0,02	0,00	0,00	0,059
20:4 (n-6)	1,89	0,45	1,90	0,56	2,47	0,72	0,30	0,06	0,075
20:5 (n-3)	0,27	0,04	0,00	0,00	1,04	0,23	0,00	0,00	0,063
22:6 (n-3)	0,32	0,02	0,03	0,01	0,18	0,08	0,00	0,00	0,077
Razem	100,00		100,00		100,00		100,00		

a, b, c – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$

Największą koncentrację jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA), a w szczególności kwasu 18:1 zaobserwowano w tkankach mięśniowych tuczników (Tabela 4). Ich poziom w schabie i szynce był zbliżony i istotnie wyższy (ok. 15%) w porównaniu z mięśniami bydła mięsnego ($p \leq 0,05$) (Tabela 4). Jak wynika z danych przedstawionych przez innych autorów zawartość kwasu oleinowego w szynce i schabie tuczników może kształtować się na poziomie 36-46% [Bee i in., 2002]. Spośród wszystkich analizowanych kwasów PUFA

największą ilość we wszystkich badanych tkankach stanowił kwas linolowy (C18:2) (Tabela 4). Zauważono istotne różnice w jego poziomie pomiędzy udźcem bydła mięsnego a pozostałymi tkankami ($p \leq 0,05$). Koncentracja kwasu linolowego w szynce bydła mięsnego była o prawie 80% mniejsza w porównaniu do pozostałych tkanek (Tabela 4). Otrzymane dane dotyczące koncentracji kwasu linolowego w tkankach tuczników korespondują z wynikami Bee i in. [2002], w tkankach opasów z badaniami Bureš i in. [2006], zaś zawartość kwasu linolowego (C18:2) w rostbefie opasów koresponduje z wynikami Scollan i in. [2001]. Z kolei w porównaniu do badań Bartoń i in. [2005] zawartość kwasu linolowego (LA) w rostbefie była o około 20-40% niższa.

Spośród analizowanych mięśni tuczników i bydła mięsnego, najwyższym ($p \leq 0,05$) poziomem kwasu α -linolenowego (C18:3) cechował się rostbef opasów, zaś w udźcu opasów stwierdzono jego ponad pięciokrotnie mniejszą zawartość (Tabela 4).

Uzyskane wyniki badań własnych poziomu UFA (Tabela 5) w mięśniach tuczników są zbliżone do wyników, które otrzymali Eggert i in. [1998]. Badania Zhang i in. [2010] wskazują z kolei na nieco wyższy poziom kwasów UFA w mięśniach opasów w porównaniu do zawartości, jakie odnotowano w tych tkankach mięśniowych podczas badań własnych.

Tab. 5. Średnia zawartość poszczególnych grup kwasów tłuszczowych w badanych tkankach mięśniowych różnych gatunków zwierząt (%)

KWASY TŁUSZCZOWE	TUCZNIK	BYDŁO MIĘNE	BROJLER	INDYK
SFA	40,00	52,40	31,12	34,88
UFA	60,01	47,61	69,03	65,36
MUFA	45,31	38,62	41,37	41,29
PUFA	14,70	8,99	27,66	23,96

Skład kwasów tłuszczowych tkanek mięśniowych brojlerów i indyków

Tłuszcz wyizolowany z tkanek mięśniowych drobiu charakteryzował się bardziej pożądanym pod względem dietetycznym składem kwasów tłuszczowych niż tłuszcz mięśniowy ssaków, co związane było z mniejszym udziałem nasyconych kwasów tłuszczowych na korzyść długołańcuchowych kwasów nienasyconych. Skład kwasów tłuszczowych mięśni drobiu nie jest stały w ciągu całego życia. Wraz ze wzrostem i rozwojem organizmu ptaka zmianom podlega udział wyższych kwasów tłuszczowych w mięśniach. Kierunek oraz szybkość tych modyfikacji zależny od pochodzenia, płci, wieku, i tempa wzrostu kurcząt. Skład kwasów tłuszczowych tkanek mięśniowych drobiu jest również uzależniony w dużym stopniu od składu tłuszczu zawartego w paszy [Tang i in., 2009].

Poziom kwasu stearynowego (C18:0) wykazywał istotne różnice w obrębie gatunku (Tabela 6). Tkanki mięśniowe indyków okazały się zasobniejsze

($p \leq 0,05$) w kwas stearynowy w porównaniu do tkanek mięśniowych brojlerów. Największy udział wśród SFA w piersi i udzie zarówno brojlerów jak i indyków miał jednak kwas palmitynowy (C16:0). Jego ilość w tkankach indyków i brojlerów była zbliżona (Tabela 6). Tang i in. [2009] zaobserwowali w mięśniach piersiowych oraz mięśniach nóg brojlerów wyższy poziom C16:0 u odmian brojlerów wolno-rosnących, natomiast koncentracja EPA (kwas eikozapentaenowy) i DHA (kwas dokozaheksaenowy) w tych mięśniach była jednakowa.

Tab. 6. Profil kwasów tłuszczowych tkanek mięśniowych brojlerów i indyków (%)

KWASY TŁUSZCZOWE	BROJLER				INDYK				P value
	UDO	SD	PIERŚ	SD	UDO	SD	PIERŚ	SD	
14:0	0,66	0,22	0,45	0,28	0,87	0,11	1,05	0,07	0,066
16:0	25,36	0,57	24,96	1,00	24,25	0,70	24,79	0,08	0,075
17:0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,02	0,24	0,04	0,086
18:0	5,15 ^b	0,21	5,48 ^b	0,27	7,70 ^a	0,39	8,99 ^a	0,47	0,043
20:0	0,08	0,01	0,10	0,05	0,00	0,00	0,51	0,03	0,089
21:0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	0,02	0,20	0,01	0,067
22:0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,01	0,29	0,04	0,081
14:1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,08	0,14	0,01	0,059
15:1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,04	1,38	0,07	0,077
16:1	6,97	0,51	4,49	0,60	3,65	0,01	4,01	0,05	0,068
18:1	36,52 ^a	1,10	34,33 ^b	0,88	37,55 ^a	1,18	34,28 ^b	0,72	0,032
20:1	0,19	0,03	0,23	0,09	0,55	0,01	0,59	0,44	0,056
18:2 (n-6)	22,03 ^b	1,58	27,58 ^a	2,50	19,98 ^b	2,29	15,63 ^c	0,28	0,026
16:3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,01	0,05	0,01	0,079
18:3 (n-3)	1,20 ^b	0,31	0,99 ^b	0,52	2,54 ^a	0,59	2,88 ^a	0,09	0,033
20:4 (n-6)	0,92 ^b	0,21	1,39 ^b	0,35	0,65 ^c	0,02	2,98 ^a	0,37	0,041
20:5 (n-3)	0,11	0,00	0,30	0,00	0,88	0,04	1,18	0,28	0,068
22:6 (n-3)	0,18	0,00	0,62	0,00	0,26	0,15	0,81	0,08	0,070
RAZEM	100,00		100,00		100,00		100,00		

a, b, c – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$

Spośród MUFA w tkankach brojlerów i indyków na uwagę zasługuje poziom kwasu oleinowego (C18:1) (Tabela 6), który występuje w największych ilościach spośród wszystkich badanych kwasów tłuszczowych, co było zgodne z licznymi doniesieniami [Makarski i in., 2006; Ortiz i in., 2006]. W mięśniach uda zarówno indyków jak i brojlerów ilość tego kwasu była o około 8% większa w porównaniu do mięśni piersiowych tych ptaków ($p \leq 0,05$).

Analiza mięśni udowych i piersiowych drobiu wykazała, iż spośród kwasów PUFA największą koncentracją cechował się kwas linolowy (C18:2), którego najwyższą zawartość stwierdzono w mięśniu piersiowym brojlerów, zaś o ponad 40% najmniejszą w mięśniu piersiowym indyków ($p \leq 0,05$) (Tabela 6). Komprada i in. [2000] podkreślają, że koncentracja PUFA w mięśniach nóg brojlerów wzrasta

wraz ze wzrostem masy ptaków. Niemniej jednak należy zaznaczyć, że w dostępnej literaturze występują duże rozbieżności dotyczące zawartości kwasu C18:2 w mięśni piersiowym indyków. Wg Makarskiego i in. [2006] ilość tego kwasu kształtuje się na poziomie około 12 %, natomiast w badaniach Has-Shön i in. [2008] zawartość ta sięga około 30%. Naukowcy badali wpływ podawania różnych olejów na profil kwasów tłuszczowych w mięśniach piersiowych indyków i podkreślili, że poziom PUFA może być efektem podawania ptakom w paszy oleju, w którym ilość kwasów PUFA jest wysoka np. olej lniany [Jankowski i in., 2012].

Tkanki indyków (udo, pierś) wykazywały istotnie wyższą zawartość kwasu 18:3 w porównaniu z tkankami pochodzącymi od brojlerów (Tabela 6). Nieco inne zależności odnotowano w przypadku kwasu 20:4. O ile zawartość tego kwasu w mięśni piersiowym indyków była istotnie wyższa ($p \leq 0,05$) to w mięśni udowym jego koncentracja była najniższa ($p \leq 0,05$) spośród analizowanych tkanek ptaków (Tabela 6). Zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych (UFA) była najwyższa w mięśni piersiowym brojlerów (69,93%), blisko 3% mniej odnotowano ich w udzie tych ptaków (68,12%), natomiast najmniejszą ilość UFA stwierdzono w piersi indyków (63,93%), a udo tych ptaków zawierało ich ponad 4% więcej. Uzyskane wyniki zawartości UFA w mięśni piersiowym i udowym brojlerów są zbliżone do wyników otrzymanych przez Royan [2012].

Porównanie zawartości kwasów tłuszczowych u różnych gatunków zwierząt

W przeciągu ostatnich 50 lat obserwuje się zmianę w składzie kwasów tłuszczowych wołowiny, zmniejszeniu uległa zawartość kwasów tłuszczowych nasyconych (SFA) [Wood i in., 2008]. Wołowina jednak nadal odznacza się niekorzystnym składem kwasów tłuszczowych, ze względu na wciąż przeważającą ilość SFA oraz niski poziom PUFA. Taki skład tłuszczu jest więc sprzeczny z zaleceniami żywieniowymi [Florek i in., 2007]. De Smet i in. [2000] udowodnili, iż wraz ze wzrostem odtuszczenia tusz bydła w mięsie podwyższa się poziom SFA i MUFA, a poziom PUFA ulega zmniejszeniu. Fakt, że mięso opasów (rostbef + udziec) cechuje najwyższy poziom SFA zostało potwierdzone w badaniach własnych (Tabela 4, 5). Z badań wynika również, że tuczniki w porównaniu z opasami zawierają ich mniej o około 23%. W mięśniach ptaków zawartość SFA oscylowała na poziomie od 27,08% (Tabela 5).

Jak wynika z przeprowadzonych badań drób był najbogatszym źródłem nienasyconych kwasów tłuszczowych. Kwasy te stanowiły prawie $\frac{3}{4}$ wszystkich kwasów tłuszczowych. W mięsie opasów średnia zawartość UFA była na najniższym poziomie.

W porównaniu z tkankami mięśniowymi opasów tkanki mięśniowe tuczników zawierały UFA o 26% więcej. Podobną tendencję odnotowano w przypadku zarówno MUFA jak i PUFA (Tabela 5).

Pomimo bardzo niskiej koncentracji kwasów PUFA w mięsie bydła mięsnego

Wodo i in. [2008] stwierdzili, że w przeciągu ostatnich 50 lat poziom tych kwasów w mięsie wołowym zwiększył się 2,5-krotnie.

Mięso drobiowe odznaczało się wysokim poziomem PUFA, dzięki czemu jego wartość odżywcza jest większa w porównaniu z mięsem wieprzowym czy wołowym. Na istotnie wyższą (prawie 4-krotnie) zawartość PUFA w mięśniach drobiu w porównaniu do bydła mięsnego wskazują badania Rule i in. [2002].

Wnioski

Zawartość tłuszczu śródmięśniowego oraz poziom cholesterolu w mięśniach zależy od jego rodzaju (lokalizacji). Schab tuczników i rostbef opasów zawierał mniej tłuszczu i cholesterolu w porównaniu z szynką i udźcem. Mięśnie piersiowe brojlerów i indyków były mniej zasobne w tłuszcz i cholesterol w porównaniu z mięśniami udowymi.

Mięso drobiu wyróżnia się od pozostałych badanych gatunków zwierząt wysokim poziomem nienasyconych kwasów tłuszczowych (UFA). Spośród analizowanych kwasów tłuszczowych w mięśniach wszystkich gatunków zwierząt stwierdzono najwyższą koncentrację kwasu oleinowego (C18:1). Mięso opasów (rostbef + udziec) charakteryzowało się największą koncentracją nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA) oraz najmniejszą koncentracją mononienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA) i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA) w porównaniu do mięsa tuczników i drobiu. Zawartość nasyconych i nienasyconych kwasów tłuszczowych w mięśniach drobiu (indyki, brojlery) kształtowała się na zbliżonym poziomie.

Literatura

- [1] Bartoň L., Kudrna V., Bureš D., Krejčová M., Zahrádková R.: Factors affecting fatty acid composition and dietetic value of beef. *Animal Science Papers and Reports*, 2005, 23(4), 261-267.
- [2] Bee G., Gebert S., Messikommer R.: Effect of dietary energy supply and fat source on the fatty acid pattern of adipose and lean tissues and lipogenesis in the pig. *Journal of Animal Science*, 2002, 80, 1564-1574.
- [3] Bragagnolo N., Rodriguez-Amaya D.B.: Simultaneous determination of total lipid, cholesterol and fatty acids in meat and backfat of suckling and adult pigs. *Food Chemistry*, 2002, 79, 255-260.
- [4] Bureš D., Bartoň L., Zahrádková R., Teslík V., Krejčová M.: Chemical composition, sensory characteristics, and fatty acid profile of muscle from Aberdeen Angus, Charolais, Simmental, and Hereford bulls. *Czech Journal of Animal Science*, 2006, 51(7), 279-284.
- [5] De Smet S., Webb E.C., Claeys E., Uytterhaegen L., Demeyer D.I.: Effect of dietary energy and protein levels on fatty acid composition of intermuscular fat in double-muscling Belgian Blue bulls. *Meat Science*, 2000, 56, 73-79.
- [6] Eggert J.M., Belury M.A., Schinckel A.P.: The effects of conjugated linoleic

- acid (CLA) and feed intake on lean pig growth and carcass composition. Purdue University 1998 Swine Day Report.
<http://www.ansc.purdue.edu/swine/swineday/sday98/psd04-98.htm>
- [7] Florek M., Litwińczuk Z., Kędzierska-Matysek M., Grodziski T., Skąlecki P.: Nutritional value of meat from *musculus longissimus lumborum* and *musculus semitendinosus* of young slaughter cattle. *Medycyna Weterynaryjna*, 2007, 63(2), 242-246.
 - [8] Folch J., Lees M., Stanley G.H.S.: A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissue. *The Journal of Biological Chemistry*, 1957, 226, 497-507.
 - [9] Grela E.R., Kowalczyk, E.: Content of nutrients and fatty acid composition in meat and pork-butcher's meat from organic pig production. *Food Science and Technology Quality*, 2009, 4(65), 34-40.
 - [10] Has-Shön E., Škrtić Z., Kralik G.: Beneficial effect of different dietary oil on cholesterol level and fatty acid profile of turkey pectoral muscle. *Italian Journal of Animal Science*, 2008, 7, 161-171.
 - [11] IZ PIB-INRA. Normy żywienia przeżuwaczy. Wartość pokarmowa francuskich i krajowych pasz dla przeżuwaczy. IZ Kraków, 2009.
 - [12] Jankowski J., Zduńczyk P., Mikulski D., Juśkiewicz J., Mikulska M., Zduńczyk Z.: Effects of dietary soyabean, rapeseed and linseed oils on performance, slaughter yield and fatty acid profile of breast meat in turkeys. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 2012, 21, 143–156.
 - [13] Komprada T., Zelenka J., Tieffova P., Stohandlowa M., Foltyn J., Fajmowa E.: Effect of Total lipid, cholesterol and fatty acid content in tissues of fast and slow growing chickens. *Archiv für Geflügelkunde*, 2000, 64(3), 121-128.
 - [14] Łuczyńska J., Borejszo Z., Łuczyński M.J.: The composition of fatty acids in muscles of six freshwater fish species from the Mazurian Great Lakes (northeastern Poland). *Archives of Polish Fisheries*, 2008, 2(16), 167-178.
 - [15] Makarski B., Zadura A., Kwiecień M.: The effect of CU-lysine chelate in turkey diets on the results of slaughter analysis, chemical composition and the fatty acids profile in tissues. *Acta Scientiarum Polonorum - Zootechnica*, 2006, 5(2), 57-66.
 - [16] McAfee A.J., McSorley E.M., Cuskelly G.J., Moss B.W., Wallace J.M., Bonham M.P., Fearon A.M.: Read meat consumption: An overview of the risks and benefits. *Meat Science*, 2010, 84, 1-13.
 - [17] NRC: Nutrient Requirements of Poultry. Ninth Revised Edition. Washington, D.C.: National Academy Press, 1994.
 - [18] NRC: Nutrient Requirements of Swine. Tenth Rev. Ed., Washington, DC, 1998.
 - [19] Ortiz L.T., Alzueta C., Rebolé A., Rodríguez M.L., Arija I., Brenes A.: Effect of dietary high-oleic acid and conventional sunflower seeds and their refined oils on fatty acid composition of adipose tissue and meat in broiler chickens. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 2006, 15, 83-95.

- [20] Pieszka M.: Effect of vegetable oils supplementation in pigs diets in lipid oxidation and formation of oxidized forms of cholesterol in meat. *Polish Journal of Food Nutrition Science*, 2007, 57, 509-516.
- [21] Royan M.: A study on correlation coefficients between fatty acids in the meat of chickens fed fatty acids (PUFAs) rich diets. *African Journal of Biotechnology*, 2012, 11(5), 1293-1297.
- [22] Rule D.C., Broughton K.S., Shellito S.M., Maiorano G.: Comparison of muscle fatty acid profiles and cholesterol concentrations of bison, beef cattle, elk and chicken. *Journal of Animal Science*, 2002, 80, 1202-1211.
- [23] Rule D.C., MacNeil M.D., Short R.E.: Influence of sire growth potential, time on feed, and growing-finishing strategy on cholesterol and fatty acids of the ground carcass and *longissimus* muscle of beef steers. *Journal of Animal Science*, 1997, 75, 1525–1533.
- [24] Scollan N.D., Choi N.J., Kurt E., Fisher A.V., Enser M., Wood J.D.: Manipulating the fatty acid composition of muscle and adipose tissue in beef cattle. *British Journal of Nutrition*, 2001, 85, 115-124.
- [25] Tang H., Gong Y.Z., Wu C.X., Jiang J., Wang Y., Li K.: Variation of meat quality traits among five genotypes of chicken. *Poultry Science*, 2009, 88, 2212–2218.
- [26] Turner T.: Influence of oilseed supplementation on ruminant meat and milk with emphasis on fatty acids. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala 2010, ISSN 1652-6880.
- [27] Więcek J.: Fatty acids profile of various muscles of pigs fed in the first period of fattening with restrictive or semi ad libitum diets. *Polish Journal of Food Nutrition Science*, 2007, 59(3), 237-241.
- [28] Wood J.D., Enser M., Fisher A.V., Nute G.R., Sheard P.R., Richardson R.I., Hughes S.I., Whittington F.M.: Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 2008, 78, 343–358.
- [29] Zhang Y.Y., Zan L.S., Wang H.B., Xin Y.P., Adoligbe C.M., Ujan J.A.: Effect of sex on meat quality characteristics of Qinchuan cattle. *African Journal of Biotechnology*, 2010, 9(28), 4504-4509.

BIAŁKA PSTRAĞA TĘCZOWEGO POTENCJALNYM ŹRÓDŁEM BIOAKTYWNYCH PEPTYDÓW – BADANIA *IN SILICO*

MAŁGORZATA DAREWICZ, JUSTYNA BORAWSKA, MONIKA PLISZKA,
MONIKA ŚWITAJ

Streszczenie

Peptydy pochodzące z białek żywności mogą korzystnie wpływać na organizm człowieka. Najlepiej poznaną grupę bioaktywnych peptydów stanowią fragmenty o aktywności przeciwnadciśnieniowej, z których większość to inhibitory enzymu konwertującego angiotensynę I (ACE; EC 3.4.15.1).

Celem badań było określenie profili potencjalnej biologicznej aktywności wybranych białek pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*) z wykorzystaniem narzędzi bioinformatycznych dostępnych w bazie BIOPEP (www.uwm.edu.pl/biochemia). Analizie poddano sekwencje aminokwasowe 7 białek tkanki mięśniowej pstrąga dostępne w bazie danych UniProt (www.uniprot.org/). Dla każdej z wybranych sekwencji wyznaczono częstotliwość występowania biologicznie aktywnych fragmentów (parametr A) oraz potencjalną aktywność biologiczną białek (parametr B). Następnie przeprowadzono symulowaną hydrolizę *in silico* pod wpływem jednego z sześciu enzymów proteolitycznych (chymotrypsyna A, trypsyna, pepsyna, papaina, ficyna, elastaza), po czym porównano liczbę uwalnianych bioaktywnych sekwencji. Wśród badanych białek największą liczbę fragmentów bioaktywnych (1999) zidentyfikowano w sekwencji aminokwasowej kolagenu pstrąga, z czego najwięcej peptydów o aktywności inhibitora ACE. Białko to charakteryzowało się też największą wartością parametrów A (0,7316) i B (0,1651) dla peptydów o aktywności ACE inhibitora. Kolagen był najbogatszym potencjalnym źródłem bioaktywnych peptydów uwalnianych podczas symulowanej proteolizy. Spośród wybranych proteaz ficyna i papaina uwalniały największą liczbę bioaktywnych fragmentów z białek pstrąga tęczowego.

Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że kolagen jest najbogatszym źródłem peptydów bioaktywnych z przebadanych sekwencji aminokwasowych białek pstrąga tęczowego. Ficyna, papaina i pepsyna uwalniając największą liczbę bioaktywnych fragmentów, mogą być rozpatrywane w aspekcie ich wykorzystania do produkcji hydrolizatów lub peptydów o potencjalnej aktywności biologicznej z tkanki mięśniowej pstrąga.

Słowa kluczowe: pstrąg tęczowy, bioaktywne peptydy, peptydowe inhibitory ACE, badania *in silico*

Wprowadzenie

Rosnąca świadomość konsumentów sprawia, że zwracają oni szczególną uwagę na produkty z udowodnioną aktywnością biologiczną, które wpływają korzystnie na zdrowie i mogą być stosowane w profilaktyce wielu chorób [Halldorsdottir i in., 2014]. Składnikami żywności łączącymi specyficzne aktywności biologiczne z funkcjami prozdrowotnymi są m.in. bioaktywne peptydy. Biopeptydy są uwalniane ze swoich białkowych prekursorów w trakcie procesu technologicznego lub hydrolizy enzymatycznej. Mogą one pełnić funkcje regulatorów m.in. układu krwionośnego, immunologicznego, nerwowego czy pokarmowego [Darewicz i in., 2013]. Udowodniono, że hydrolizaty białek ryb wykazują aktywności biologiczne, które mogą kwalifikować je jako składnik żywności funkcjonalnej i nutraceutyków [Chalamaiah i in., 2012].

Jedną z najbardziej rozpowszechnionych cywilizacyjnych chorób niezakaźnych jest nadciśnienie tętnicze krwi. Według szacunków w 2025 roku zachorowalność na nadciśnienie będzie dotyczyła nawet ok. 1,6 miliarda ludzi na świecie [Mohamed, 2014]. Jednym z kluczowych elementów systemu odpowiedzialnego za fizjologicznie podwyższenie ciśnienia krwi jest enzym konwertujący angiotensynę (ACE; EC 3.4.15.1). W leczeniu nadciśnienia tętniczego stosuje się wiele syntetycznych inhibitorów ACE, m.in. captopril, lisinopril, enalapril. Jednak pomimo skutecznego działania mogą one również wywoływać objawy niepożądane. Stąd zainteresowanie naturalnymi peptydowymi inhibitorami ACE pochodzącymi z żywności, które mogą być stosowane jako czynniki prewencyjne [Lee i in., 2014]. Dotychczas inhibitory ACE zidentyfikowano metodami *in silico*, *in vitro* oraz *in vivo* w hydrolizatach białek pochodzących z mleka, jaj, wołowiny, drobiu, ryb, rzepaku, soi, orzeszków ziemnych, ryżu, kukurydzy i wielu innych [Darewicz i in., 2013].

Według danych FAO ok. 44% ryb spożywanych przez konsumentów pochodzi z hodowli [Tkaczewska i Migdał, 2012]. Pstrąg tęczowy (*Oncorhynchus mykiss*) obok karpia, odgrywa istotną rolę w polskiej akwakulturze. Jego hodowla rozwinęła się szczególnie w dwóch regionach kraju – na Pomorzu oraz Warmii i Mazurach [Lirski i in., 2013]. Należy on do rodziny ryb łososiowatych i charakteryzuje się dużą zawartością makro- i mikroelementów, a także łatwo przyswajalnego białka i kwasów tłuszczowych [Łuczyńska i in., 2011; Lirski i in., 2013]. W tkance mięśniowej pstrąga około 18% stanowią białka, które zawierają wszystkie aminokwasy egzogenne [Łuczyńska i in., 2011].

Aktualną tendencją w badaniach dotyczących białek i peptydów jest wykorzystanie metod bioinformatycznych (*in silico*) do przewidywania i definiowania zależności między ich sekwencją, strukturą i funkcją [Minkiewicz i in., 2008].

Celem prezentowanych badań było wykorzystanie metod bioinformatycznych w celu analizy obecności sekwencji aminokwasowych bioaktywnych peptydów w wybranych białkach pstrąga tęczowego oraz potencjalnych możliwości enzymatycznego uwalniania biopeptydów z tych białek.

Material i metody badań

Do badań *in silico* wybrano 7 sekwencji białek lub ich fragmentów występujących w tkance mięśniowej pstrąga tęczowego dostępnych w bazie danych UniProtKB (<http://www.uniprot.org>) tj.: kolagenu- α (UniProt: O93484), parwalbuminy- β (P86431), aktyny- β (Q70Z26), miozyny Va (A5YVX7), troponiny C (Q7ZZB9), troponiny I (B2DBF2), kinazy kreatynowej (P24722) (dostęp: marzec 2014). Natomiast sekwencje aminokwasowe biopeptydów pochodziły z bazy danych BIOPEP (www.uwm.edu.pl/biochemia; dostęp: marzec 2014).

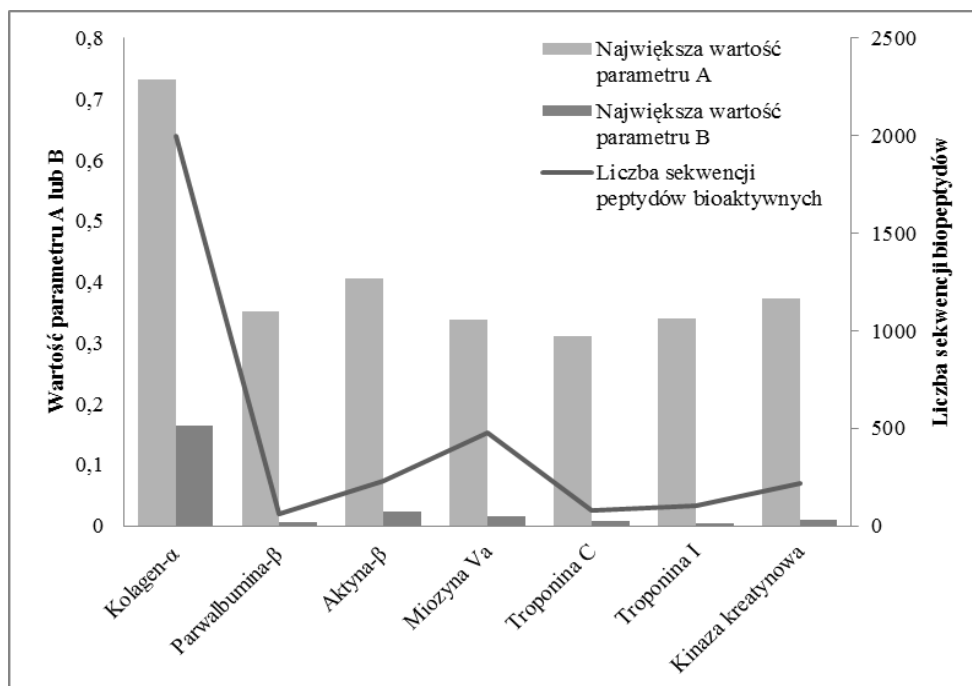
Wybrane sekwencje białek pstrąga tęczowego analizowano przy użyciu narzędzi informatycznych z bazy BIOPEP. Wyznaczono biologiczną aktywność wybranych białek, czyli określono profil potencjalnej biologicznej aktywności definiowany jako rodzaj, liczba i położenie fragmentów bioaktywnych w białku oraz obliczono parametry A i B. Parametr A wyznacza częstość występowania bioaktywnych fragmentów w sekwencji białka, natomiast parametr B wyznacza powinowactwo peptydów do określonego receptora charakteryzując ich potencjalną aktywność [mM^{-1}].

Do symulacji procesów proteolizy *in silico* białek pstrąga wykorzystano bazę danych endopeptydaz dostępną w bazie BIOPEP oraz aplikację do przeprowadzania symulowanej hydrolizy. Enzymy proteolityczne zastosowane w komputerowej symulacji hydrolizy to chymotrypsyna (EC 3.4.21.1), elastaza (EC 3.4.21.37), ficyna (EC 3.4.22.3), papaina (EC 3.4.22.2), pepsyna A (EC 3.4.23.1) oraz trypsyna (EC 3.4.21.4).

Wyniki i dyskusja

Peptydowe inhibitory ACE zostały zidentyfikowane w hydrolizatach białek ryb, m.in. takich jak: łosoś (np. ALPHA, IVY, IWHHT, IW), mintaj (np. FGASTRGA), pstrąg tęczowy (np. KVNGPAMSPNAN), rekin (np. EY, FE, CF), ryba keta (tzw. łosoś pacyficzny, np. WA, VW, WM, MW, IW, LW), tuńczyk (np. GDLGKTTTVSNWSPPKYKDTP), tuńczyk wielkooki (np. WPEAAELMMEVDP) [Darewicz i in., 2014; Kim i Byun, 2012; Ryan i in., 2011].

W prezentowanych badaniach zastosowano narzędzia bioinformatyczne, które są wykorzystywane w identyfikacji oraz ocenie możliwości uwalniania bioaktywnych peptydów z białek żywności. Analizy *in silico* są traktowane jako badania wstępne, które powinny być weryfikowane w badaniach *in vitro* lub *in vivo* [Udenigwe i in., 2013; Udenigwe, 2014].



Rys. 1. Liczba sekwencji peptydów bioaktywnych oraz maksymalne wartości częstości występowania (parametr A) i potencjalnej aktywności (parametr B) peptydowych inhibitorów ACE w sekwencjach aminokwasowych białek pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*)

Przeprowadzona analiza bioinformatyczna wykazała, że białka pstrąga tęczowego, mogą być źródłem peptydów o aktywności inhibitorów ACE, antyoksydacyjnej, antyamnezyjnej, immunostymulującej, antybakteryjnej, przeciwnowotworowej, przeciwkrzepliwej, opioidowej, inhibitorów enzymów (poza ACE), regulującej aktywność błony śluzowej żołądka, aktywatora proteolizy ubikwityno-zależnej, anorektycznej, ligandu bakteryjnej permeazy, chemotaktycznej, embriotoksycznej, hipotensyjnej czy stymulującej wychwyt glukozy. Na rysunku 1 przedstawiono liczbę wszystkich zidentyfikowanych sekwencji peptydów bioaktywnych wśród badanych białek pstrąga oraz największe wartości parametrów A i B.

Dla kolagenu stwierdzono obecność największej liczby sekwencji bioaktywnych peptydów tj. 1999 oraz największą liczbę fragmentów o aktywności inhibitora ACE tj. 992 (tab. 1). Potwierdziło to obserwacje Dziuby i Darewicz [2007], którzy stwierdzili, że im dłuższa sekwencja białka tym większe prawdopodobieństwo znalezienia fragmentu bioaktywnego.

Tab. 1. Profil potencjalnej biologicznej aktywności kolagenu- α pstrąga tęczowego

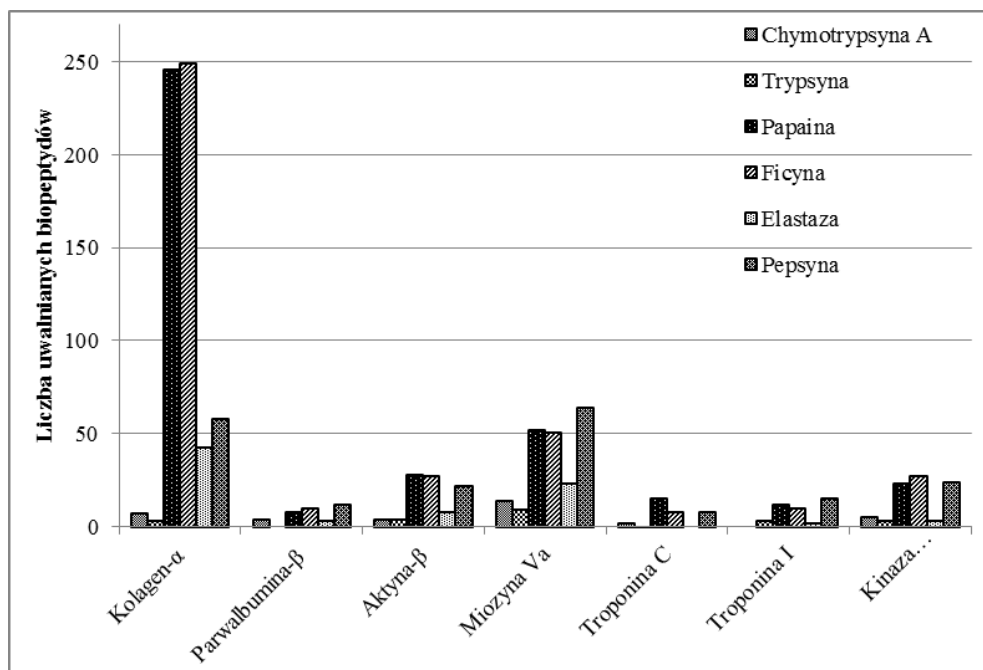
Wykryte aktywności biologiczne	Liczba sekwencji biopeptydów	Parametr A	Parametr B
inhibitory ACE	992	0,7316	0,1651
przeciwnadciśnieniowa	237	0,1748	
inhibitory: neuropeptydu, aminopeptydazy IV dipeptydylowej (DPP-IV), karboksypeptydazy dipeptydylowej, CaMPDE	226	0,1667	
regulująca błonę śluzową żołądka	216	0,1593	
antyamnezyjna	215	0,1586	
antyoksydacyjna	25	0,0184	
anorektyczna	24	0,0177	
chemotaktyczna	24	0,0177	
stymulująca wychwyt glukozy	17	0,0125	
aktywator ubikwityny	10	0,0074	
embriotoksyczna	4	0,0029	
hipotensyjna	4	0,0029	
ligandu bakteryjnej permeazy	3	0,0022	
aktywność opioidowa	2	0,0007	
RAZEM	1999		

Kolagen pstrąga charakteryzował się także największą wartością parametru A oraz parametru B. Co więcej wynik symulowanej proteolizy proteolizy *in silico* tego białka wskazuje na możliwość uwolnienia największej liczby biopeptydów ogółem oraz peptydów inhibitorów ACE, przede wszystkim z udziałem proteaz cysteinowych: 111 fragmentów uwolnionych było po działaniu papainy, 102 - po działaniu ficyny, 52 – po działaniu pepsyny (tab. 2, rys. 2). Wyniki te pozostają w zgodzie z wynikami Minkiewicza i in. [2011], którzy w badaniach *in silico* białek wołowiny zaobserwowali, że kolagen stanowi najbogatsze źródło biopeptydów ogółem, w tym peptydowych inhibitorów ACE.

Spośród analizowanych sekwencji białek pstrąga także miozyna i aktyna okazały się bogatym źródłem biopeptydów, a zwłaszcza inhibitorów ACE (rys. 2). Większość opublikowanych zidentyfikowanych w hydrolizatach białek ryb sekwencji peptydów przeciwnadciśnieniowych pochodzi z białek miofibrylarnych i kolagenu. Przykładowo Enari i in. [2008] zidentyfikowali 20 peptydów o aktywności inhibitorów ACE w papainowym hydrolizacie tkanki mięśniowej gorboszy (łososiowate). Natomiast w hydrolizacie ekstraktu kolagenu ze skóry łosia, Gu i in. [2011] zidentyfikowali 11 sekwencji o aktywności inhibitorów ACE. Z kolei Mendis i in. [2005] zidentyfikowali 2 antyoksydacyjne peptydy pochodzące z kolagenu w hydrolizacie trypsynowym kałamarnicy Humboldta.

Tab. 2. Wyniki symulowanej proteolizy *in silico* kolagenu- α pstrąga tęczowego z wykorzystaniem wybranych endopeptydaz

Enzym	Liczba uwolnionych biopeptydów	Aktywności	Liczba sekwencji
Chymotrypsyna A	7	inhibitor ACE antyoksydacyjna	6 1
Trypsyna	3	przeciwwkrzepliwa inhibitor ACE	2 1
Papaina	246	inhibitor ACE inhibitor DPP-4, CaMPDE regulująca przepływ jonów, funkcję błony śluzowej żołądka antyamnezyjna przeciwwkrzepliwa aktywator ubikwityny antyoksydacyjna hipotensyjna opiodowa	111 37 32 31 31 5 2 1 1
Ficyna	249	inhibitor ACE inhibitor DPP-IV regulująca przepływ jonów, funkcję błony śluzowej żołądka antyamnezyjna przeciwwkrzepliwa antyoksydacyjna przeciwwkrzepliwa stymulująca wychwyt glukozy	102 37 34 33 33 4 2 1
Elastaza	43	inhibitor ACE aktywator ubikwityny inhibitor DPP-IV	40 3 1
Pepsyna	58	inhibitor ACE przeciwwkrzepliwa stymulująca wychwyt glukozy	52 1 1



Rys. 2. Liczba uwalnianych biopeptydów z wybranych białek pstrąga, po przeprowadzeniu symulowanej proteolizy *in silico* wybranymi enzymami

Bauchart i in. [2007] zidentyfikowali peptydy o aktywności inhibitorów ACE w trawionych świńskimi enzymami gotowanych filetach pstrąga. Przeprowadzona proteoliza *in silico* wykazała, że ficyna, papaina oraz pepsyna uwalniały największą liczbę bioaktywnych fragmentów. Kim i Byun [2012] udowodnili, że hydrolizaty tkanki mięśniowej pstrąga wykazują aktywność inhibitorów ACE. Spośród 6 analizowanych przez nich hydrolizatów otrzymanych po zastosowaniu Alcalase, α -chymotrypsyny, Neutrase, papainy, pepsyny i trypsyny, hydrolizat pepsynowy charakteryzował się największą aktywnością hamowania ACE. Obserwowane różnice związane są ze specyficznością zastosowanych enzymów. Im szersza specyficzność enzymu, tym potencjalnie więcej wiązań peptydowych jest hydrolizowanych, co sprzyja uwalnianiu większej liczby peptydów w tym biopeptydów [Cao i in., 2010]. Minkiewicz i in. [2011] opublikowali wyniki, które pokazują, że zastosowanie w badaniach *in silico* enzymu z szeroką specyficznością działania, tj. Proteinazy K, wpływa na zwiększenie liczby uwalnianych bioaktywnych fragmentów w porównaniu do Proteinazy P1 – enzymu z wąską specyficznością.

Vercruysse i in. [2009] omówili efektywność i sprawdzalność wyników analiz *in silico* w przewidywaniu możliwości uwalniania bioaktywnych peptydów z białek żywności. Czynnikiem decydującym o poziomie efektywności i możliwości uwalniania biopeptydów jest nagromadzenie jak największej liczby sekwencji biopeptydów w bazach danych oraz ich stała aktualizacja obejmująca

uzupełnienie informacji na temat specyficzności działania enzymów. Aktywność hydrolizatów otrzymanych w warunkach *in vitro* może się różnić od wyników przewidywanych na podstawie badań *in silico* nawet jeśli użyto tych samych substratów i enzymów. Wpływ na to mają warunki przeprowadzenia procesu hydrolizy [Darewicz i in., 2014].

Obecny trend w badaniu bioaktywnych peptydów podkreśla ich wielofunkcyjne właściwości, które mogą być wykorzystywane w profilaktyce cywilizacyjnych chorób niezakaźnych. Perspektywa połączenia metod komputerowych (*in silico*) i laboratoryjnych (*in vitro*) może usprawnić procesy pozyskiwania bioaktywnych peptydów z żywności, a także wyeliminować niepożądane cechy gotowych produktów, wpływając na ich jakość, bezpieczeństwo oraz aprobatę konsumentów [Udenigwe, 2014].

Wnioski

1. Białka pstrąga tęczowego mogą być źródłem biologicznie aktywnych peptydów, które odgrywają znaczącą rolę w prawidłowym funkcjonowaniu organizmu człowieka.
2. W sekwencji aminokwasowej kolagenu pstrąga tęczowego stwierdzono liczbę sekwencji biopeptydów (1999) oraz największą liczbę fragmentów o aktywności inhibitora ACE (992).
3. Kolagen charakteryzował się największą częstością występowania peptydowych inhibitorów ACE ($A = 0,7316$) oraz największą potencjalną aktywnością hamowania ACE ($B = 0,1651$).
4. Proteoliza *in silico* kolagenu wskazuje na możliwość uwolnienia największej liczby biopeptydów oraz sekwencji peptydowych inhibitorów ACE z udziałem ficyny.
5. Spośród badanych sekwencji białek pstrąga tęczowego bogatym źródłem bioaktywnych peptydów, a zwłaszcza inhibitorów ACE okazały się także miozyna oraz aktyna.

Badania wykonane w ramach projektu statutowego Katedry Biochemii Żywności.

Literatura

- [1] Bauchart C., Morzel M., Chambon C., Mirand P. P., Reynès C., Buffière C., Rémond D.: Peptides reproducibly released by *in vivo* digestion of beef meat and trout flesh in pigs. *British Journal of Nutrition*, 2007, 98(6), 1187–1195.
- [2] Cao W., Zhang C., Hong P., Ji H., Hao J.: Purification and identification of an ACE inhibitory peptide from the peptic hydrolysate of *Acetes chinensis* and its antihypertensive effects in spontaneously hypertensive rats. *International Journal of Food Science & Technology*, 2010, 45(5), 959–965.

- [3] Chalamaiiah M., Dinesh Kumar B., Hemalatha R., Jyothirmayi T.: Fish protein hydrolysates: proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: a review. *Food Chemistry*, 2012, 135(4), 3020–38.
- [4] Darewicz M., Borawska J., Minkiewicz P., Iwaniak A.: Peptydy biologicznie aktywne jako składniki żywności funkcjonalnej. *Przemysł Spożywczy*, 2013, 67(11), 38–41.
- [5] Darewicz M., Borawska J., Vegarud G.E., Minkiewicz P., Iwaniak A.: Angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory activity and ACE inhibitory peptides of salmon (*Salmo salar*) protein hydrolysates obtained by human and porcine gastrointestinal enzymes. *International Journal of Molecular Science*, 2014, 15, 14077-14101.
- [6] Dziuba M., Darewicz M.: Food proteins as precursors of bioactive peptides - classification into families. *Food Science and Technology International*, 2007, 13(6), 393–404.
- [7] Enari H., Takahashi Y., Kawarasaki M., Tada M., Tatsuta K.: Identification of angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides derived from salmon muscle and their antihypertensive effect. *Fisheries Science*, 2008, 74(4), 911–920.
- [8] Gu R.-Z., Li C.-Y., Liu W.-Y., Yi W.-X., Cai M.-Y.: Angiotensin I-converting enzyme inhibitory activity of low-molecular-weight peptides from Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) skin. *Food Research International*, 2011, 44(5), 1536–1540.
- [9] Halldorsdottir S. M., Sveinsdottir H., Gudmundsdottir A., Thorkelsson G., Kristinsson H. G.: High quality fish protein hydrolysates prepared from by-product material with *Fucus vesiculosus* extract. *Journal of Functional Foods*, 2014, 9, 10–17.
- [10] Kim S.-R., Byun H.-G.: The novel angiotensin I converting enzyme inhibitory peptide from rainbow trout muscle hydrolysate. *Fisheries and Aquatic Science*, 2012, 15(3), 183–190.
- [11] Lee J. K., Jeon J.-K., Byun H.-G.: Antihypertensive effect of novel angiotensin I converting enzyme inhibitory peptide from chum salmon (*Oncorhynchus keta*) skin in spontaneously hypertensive rats. *Journal of Functional Foods*, 2014, 7, 381–389.
- [12] Lirski A., Szarowski L., Turkowski K., Seremak-Bulge J., Białowas H., Żelazny J., Szczepański Z., Śliwiński J., Cieśla M.: *Strategia Karp 2020*. Wydawnictwo PHU SZOSTAKDRUK, Staszów 2013, ISBN 978-83-61478-49-2.
- [13] Łuczyńska J., Tońska E., Borejszo Z.: Zawartość makro- i mikroelementów oraz kwasów tłuszczowych w mięśniach łososia (*Salmo salar* L.), pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss* Walb.) i karpia (*Cyprinus carpio* L.). *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, 3(76), 162–172.

- [14] Mendis E., Rajapakse N., Kim S.-K.: Antioxidant properties of a radical-scavenging peptide purified from enzymatically prepared fish skin gelatin hydrolysate. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2005, 53(3), 581–7.
- [15] Minkiewicz P., Dziuba J., Iwaniak A., Dziuba M., Darewicz M.: BIOPEP database and other programs for processing bioactive peptide sequences. *Journal of AOAC International*, 2008, 91(4), 965–981.
- [16] Minkiewicz P., Dziuba J., Michalska J.: Bovine meat proteins as potential precursors of biologically active peptides - a computational study based on the BIOPEP database. *Food Science and Technology International*, 2011, 17(1), 39–45.
- [17] Mohamed S.: Functional foods against metabolic syndrome (obesity, diabetes, hypertension and dyslipidemia) and cardiovascular disease. *Trends in Food Science & Technology*, 2014, 35(2), 114–128.
- [18] Ryan J. T., Ross R. P., Bolton D., Fitzgerald G. F., Stanton C.: Bioactive peptides from muscle sources: meat and fish. *Nutrients*, 2011, 3(9), 765–791.
- [19] Tkaczewska J., Migdał W.: Porównanie wydajności rzeźnej, zawartości podstawowych składników odżywczych oraz poziomu metali ciężkich w mięśniach pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*) pochodzącego z różnych rejonów Polski. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, 5(84), 177–186.
- [20] Udenigwe C. C., Gong M., Wu S.: *In silico* analysis of the large and small subunits of cereal RuBisCO as precursors of cryptic bioactive peptides. *Process Biochemistry*, 2013, 48(11), 1794–1799.
- [21] Udenigwe C. C.: Bioinformatics approaches, prospects and challenges of food bioactive peptide research. *Trends in Food Science & Technology*, 2014, 36(2), 137–143.
- [22] Vercruysse L., Smagghe G., van der Bent A., van Amerongen A., Ongenaert M., Van Camp J.: Critical evaluation of the use of bioinformatics as a theoretical tool to find high-potential sources of ACE inhibitory peptides. *Peptides*, 2009, 30(3), 575–82.

PREFERENCJE KONSUMENCKIE DOTYCZĄCE SPOŻYCIA HERBATY WŚRÓD RESPONDENTÓW ZAMIESZKAŁYCH W KROŚNIE I OKOLICY

MAGDALENA DYKIEL, MARTA PISAREK, BARBARA KROCHMAL-
MARCZAK, MARTA GARGAŁA

Streszczenie

Celem pracy było określenie preferencji konsumenckich mieszkańców Krosna i okolic dotyczących spożycia herbaty, jak również określenie czynników je warunkujących. Znajomość preferencji spożycia herbaty jest bardzo istotna zarówno z punktu widzenia oceny sposobu żywienia, jak i stanowi ważne źródło informacji dla producentów i handlowców.

Badania wykonano metodą bezpośredniego wywiadu, dzięki któremu określono zwyczaje żywieniowe związane z konsumpcją herbaty (m. in. częstotliwość, preferowany smak, sytuacje i miejsce, w których najczęściej piją herbatę, miejsca i powody jej zakupu).

Zdecydowana większość ankietowanych (97,2%) lubi herbatę, którą głównie wypija w czasie pierwszego śniadania (65,7%), kolacji (68,57%) oraz innych posiłków i między posiłkami, a także pija ją bez okazji (40,0%). Ponad połowa respondentów pije herbatę 2-3 razy dziennie lub częściej, najchętniej w domu (91,4%), podczas wizyty u znajomych (37,1%) oraz w pracy (25,7%).

Większość ankietowanych preferuje herbatę czarną (57,1%), ekspresową, o średnim przedziale cenowym. Przy zakupie kierują się przede wszystkim smakiem herbaty (88,6%) oraz jej składem (42,9%).

Słowa kluczowe: herbata, preferencje konsumenckie, zachowania konsumenckie

Wprowadzenie

Napar z liści herbaty (*Camellia sinensis*) jest jednym z najczęściej spożywanych napojów na świecie, w tym również w Polsce – ze względu na walory smakowe i aromatyczne.

W różnych rejonach świata są popularne odmienne rodzaje herbaty, tj. herbata czarna, czerwona, zielona, żółta oraz biała, niemniej jednak wszystkie są produkowane z tej samej rośliny, będącej zielonym krzewem lub drzewem z rodziny *Theaceae*, gatunku *Camellia*. Poszczególne gatunki herbat różnią się między sobą smakiem, zapachem, aromatem oraz zawartością związków bioaktywnych. Wszystkie te różnice są uzależnione od odmiany, warunków

wzrostu, tj. klimatu i warunków glebowych, oraz od procesu technologicznego [Wei i in., 2011].

Herbata (*Camellia*) rozpoczęła swą karierę jako lek, by z biegiem czasu uzyskać status napoju. Współcześnie zaliczana jest do grupy używek o działaniu fizjologicznym. Ze względu na specyficzne właściwości, jest jednym z najpopularniejszych napojów w kraju i na świecie [Bobilewicz-Bryś, 1993; Wojciechowska-Mazurek i in., 2010].

Polska postrzegana jest jako kraj herbaciarzy. Według rankingu Euromonitora i Banku Światowego, Polska znajduje się na czwartym miejscu w Europie pod względem spożycia herbaty. Przeciętny Polak wypija około 50 filiżanek herbaty miesięcznie, doceniając – zaraz po Irlandczykach i Anglikach – jej znakomite walory sensoryczne [Cichoń i Miśniakiewicz, 2005; Czech i Rusinek, 2006].

Roczne spożycie herbaty na jednego mieszkańca w Polsce wynosi prawie 1 kg. W skali światowej Polacy znajdują się na 9. miejscu, bijąc takie kraje jak Japonia, Chiny czy też Arabia Saudyjska, w której herbata jest uważana za narodowy napój [Krupa, 2014].

W ostatnich latach wzrasta zainteresowanie naukowców korzystnym wpływem herbaty na organizm człowieka. Badania dowodzą, że regularne picie naparu herbacianego może stanowić czynnik profilaktyczny chroniący organizm przed rozwojem chorób nowotworowych, sercowo-naczyniowych i neurodegradacyjnych [Maławska, 2005; Stańczyk, 2010; Michalak-Majewska, 2011].

Picie herbaty w większości przypadków nie powoduje żadnych skutków ubocznych, nie dostarcza również kalorii. Stwierdzono, że składnikiem herbaty odpowiedzialnym za jej prozdrowotne właściwości są związki polifenolowe, wykazujące działanie antyoksydacyjne, usuwając wolne rodniki z organizmu [Cichoń i Miśniakiewicz, 2005; Stańczyk, 2010; Michalak-Majewska, 2011; Wojciechowska-Mazurek i in., 2010].

Zawiera ona także kwasy organiczne (szczawiowy, cytrynowy, jabłkowy, bursztynowy, pirogronowy, fumarowy) oraz garbniki, które podnoszą znacznie wartość odżywczą i dietetyczną herbaty, jednak przyjmowane składniki w nadmiarze mogą wywoływać działanie antyodżywcze, dlatego zalecane jest spożycie dzienne nie więcej niż 10 do 12 szklanek herbaty [Cichoń i Miśniakiewicz, 2005; Rusinek-Prystupa i Samoliń, 2013].

Napar w liści herbaty dzięki alkaloidom wywiera działanie pobudzające na układ nerwowy. Rozszerzając naczynia krwionośne w mózgu, narządach i mięśniach, pobudza akcje serca i wentyluje płuca, usuwa senność i zmęczenie.

Herbata ma również orzeźwiające działanie, które uzyskuje się przy odpowiednio krótkim jej parzeniu, w pierwszych 2-3 minutach do naparu przechodzi prawie cała zawartość teiny. W następnych minutach do roztworu przechodzą związki polifenolowe i garbniki, które wiążą kofeinę, przez co napar ma działanie kojące i uspokajające [Cichoń i Miśniakiewicz, 2005].

Napój herbaciany może działać również rozgrzewająco, jest zalecane również przy zatruciach, biegunkach i innych zaburzeniach trawiennych. Wykazuje właściwości bakteriobójcze i bakteriostatyczne [Woźniak, 2000].

Herbata, w szczególności zielona, od dawna jest ceniona za właściwości lecznicze. Związki bioaktywne herbaty odgrywają istotną rolę w kształtowaniu ogólnego zdrowia człowieka. Herbaty są bogatym źródłem przeciwutleniaczy, które nie tylko neutralizują wolne rodniki, lecz także mogą zmniejszać ryzyko wystąpienia chorób nowotworowych i sercowo-naczyniowych [Michalak-Majewska, 2011].

Herbata jest produktem akceptowanym społecznie, popularnym ze względu na walory smakowe oraz łatwy dostęp w handlu. Właściwości herbaty sprawiają, że produkt ten może być istotny dla prawidłowego funkcjonowania organizmu.

Mając na uwadze rosnący w naszym kraju popyt na spożycie herbaty, postanowiono przypatrzyć się bliżej zwyczajom żywieniowym dotyczącym spożywania i warunków zakupu tego napoju.

Celem podjętych badań było określenie konsumenckich preferencji dotyczących spożycia herbaty u osób zamieszkałych w Krośnie i jego okolicach.

Material i metody badań

Anonimowe badania ankietowe zostały przeprowadzono wśród osób, deklarujących spożycie herbaty. Reprezentatywną grupę konsumentów stanowiły osoby zamieszkałe na terenie Krosna i okolic. Badania przeprowadzone metodą wywiadu, za pomocą anonimowego kwestionariusza ankietowego, zostały przeprowadzone w okresie od września do listopada 2014 roku i dotyczyły preferencji konsumenckich oraz zwyczajów żywieniowych związanych ze spożywaniem herbaty.

Ankieta składała się ze zwięźle sformułowanych pytań jednokrotnego i wielokrotnego wyboru, opracowanych przez autorów.

Kwestionariusz ankiety podzielono na dwie części. Pierwsza część zawierała pytania właściwe, dotyczące preferencji konsumenckich i opinii na temat czy respondenci lubią pić herbatę, w jakich sytuacjach i gdzie ją najczęściej konsumują, częstotliwości jej spożywania w ciągu dnia, rodzaju i marki oraz ceny jej nabycia, jaki smak preferują, co wpływa na ich wybór oraz czy zwracają uwagę na informacje zamieszczane na opakowaniu herbat. Druga część kwestionariusza miała na celu dostarczenie ogólnych informacji o ankietowanych osobach, takich jak płeć, wiek, miejsce zamieszkania, wykształcenie.

Prawidłowo wypełnione kwestionariusze poddano analizie statystycznej. W celu stwierdzenia statystycznie istotnych zależności między udzielonymi odpowiedziami, a czynnikami różnicującymi posłużono się testem chi-kwadrat χ^2 , przy wykorzystaniu programu Excel 2007, przyjmując za poziom istotności wartość $\alpha=0,05$ (różnice istotne przy $p<0,05$).

Wyniki i dyskusja

Charakterystyka respondentów

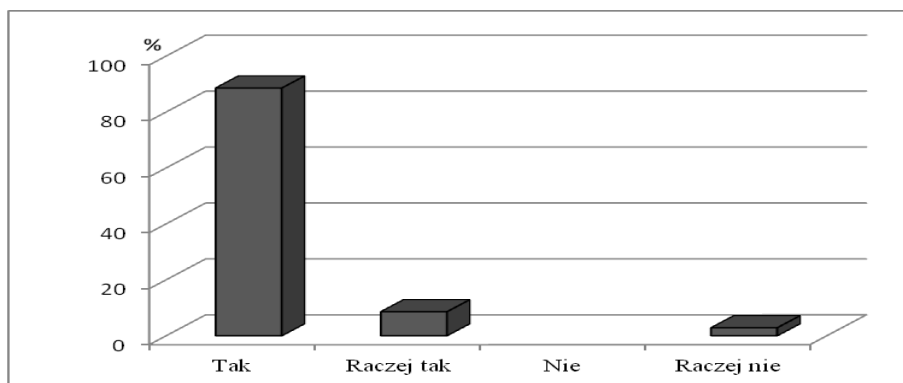
W tabeli 1 przedstawiono profil społeczno-ekonomiczny respondentów uczestniczących w badaniu.

Tab. 1. Charakterystyka respondentów

Wyszczególnienie		%
Płeć	kobieta	62,9
	mężczyzna	37,1
Miejsce zamieszkania	wieś	42,9
	miasto do 5 tys. mieszkańców	0,0
	miasto do 25 tys. mieszkańców	2,9
	miasto do 50 tys. mieszkańców	42,9
	miasto do 100 tys. mieszkańców	2,9
	miasto powyżej 100 tys. mieszkańców	5,7
Wykształcenie	podstawowe	28,6
	średnie	40,0
	wyższe	31,4
Wiek	poniżej 18	25,7
	18-30	48,6
	31-50	17,1
	powyżej 50	8,6

Analiza wyników ankiety

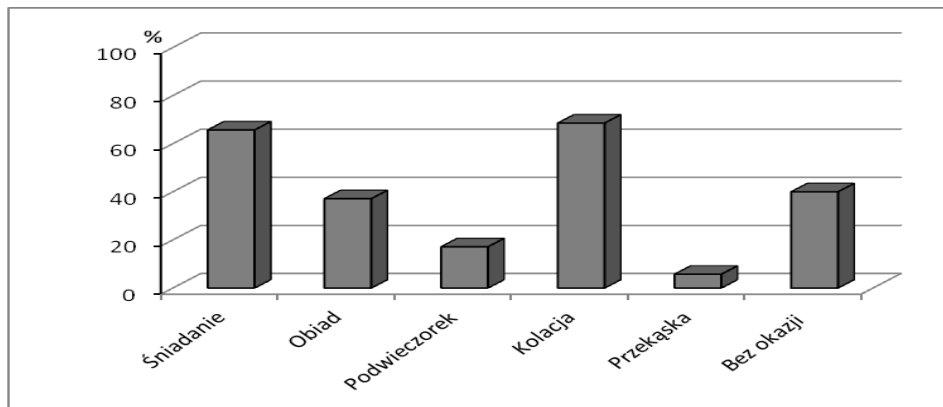
Większość respondentów na zadane pytanie *Czy lubi Pan/i pić herbatę?* udzieliło pozytywnej odpowiedzi. Z badań tych wynika, że zdecydowana większość respondentów lubi herbatę: 88,6% respondentów udzieliło odpowiedzi „tak”, 8,6 % „raczej tak”, a tylko 2,9% „raczej nie”, natomiast żaden z respondentów nie zaznaczył odpowiedzi „nie” (rys. 1). Nie odnotowano statystycznie istotnych różnic pod względem udzielonych odpowiedzi w zależności od płci respondentów.



Rys. 1. Czy lubi Pan/i pić herbatę ?

W Polsce herbata jest popularnym napojem pitym jak wykazały badania własne głównie do pierwszego śniadania (65,7%), kolacji (68,6%), ale także do innych posiłków i między posiłkami (rys. 2). Wyniki te były zbieżne z wynikami badań otrzymanymi przez Rusinek-Prystupa i Samoliń [2013] oraz Gawęcki i in. [2009]. Dla wielu ankietowanych herbata to napój codzienny, pijany w trakcie posiłków oraz spotkań towarzyskich. Prawie 40% ankietowanych pija herbatę bez okazji.

Nie stwierdzono istotnego związku pomiędzy płcią, a okazją (śniadanie, obiad itp.), w których herbata jest spożywana ($\chi^2=0,29$; $p<0,05$).

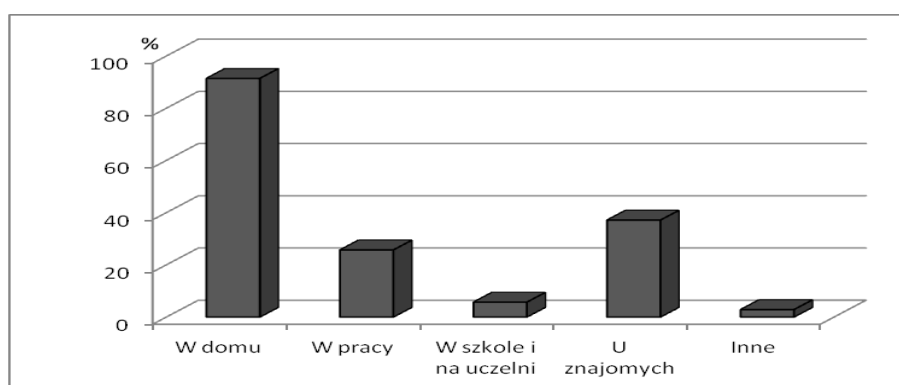


Rys. 2. Przy okazji których posiłków Pan/i pije herbatę? (wartości nie sumują się do 100%, ponieważ istniała możliwość wskazania więcej niż jednej odpowiedzi)

W przypadku analizy miejsc, w których spożywana jest herbata (rys. 3) stwierdzono, że największą grupę stanowią ankietowanych stosujący tę używkę w domu (91,4%), a w dalszej kolejności, podczas wizyty u znajomych (37,1%) i w pracy (25,7%). Najmniej konsumentów pije herbatę na uczelni/szkole (5,7%) oraz przy innych okolicznościach (2,9%). Co piąty respondent poniżej 18 roku

życia wypija herbatę w szkole, natomiast w grupie wiekowej 18-30 lat żaden z respondentów nie zaznaczył tej odpowiedzi (uczelni/szkole). Na tej podstawie można wnioskować, że młodzież wybiera innego rodzaju trunki, np. kawę, wodę, sok. Z badań przeprowadzonych przez Rusinek-Prystupa i Samoliń [2013] wynika, że na uczelni ankietowani częściej korzystali z kawy niż herbaty.

Badania własne wykazały, że wybór miejsca w którym respondenci wypijają herbatę nie zależy od płci ($\chi^2=0,12$; $p<0,05$).

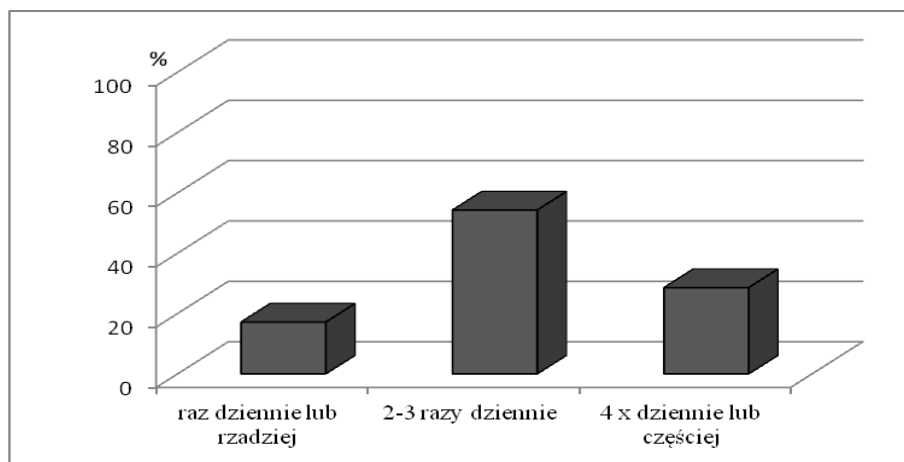


Rys. 3. Gdzie najczęściej Pan/i pije herbatę?(wartości nie sumują się do 100%, ponieważ istniała możliwość wskazania więcej niż jednej odpowiedzi)

Częstotliwość spożywania herbaty przedstawiono na rysunku 4. Największa grupa ankietowanych (54,3 %) to osoby pijące herbatę 2-3 razy dziennie oraz 4 razy lub częściej (28,6%). W badaniach Rusinek-Prystupa i Samoliń [2013] dotyczących preferencji konsumenckiej spożycia herbaty, otrzymano większe udziały odpowiedzi dotyczących dwu-, trzykrotnego spożycia herbaty w ciągu dnia, gdyż aż 67,5% osób zaznaczyło taką częstotliwość konsumpcji. W opracowaniu Wierzbickiej i wsp. [2010], w którym podjęto problematykę badań spożycia produktów zawierających kofeinę wśród kobiet, stwierdzono, iż najwięcej badanych (41%) piło 2-3 porcje herbaty dziennie. Również dużo kobiet (29%) piło ≥ 4 porcji tego napoju w ciągu dnia.

W badaniach własnych udział odpowiedzi dotyczącej jednokrotnego lub rzadszego spożycia herbaty w ciągu dnia był na poziomie 17,1% i był to wynik porównywalny do badań Rusinek-Prystupa i Samoliń [2013].

W badaniach własnych nie stwierdzono różnic w częstotliwości konsumpcji tego napoju ze względu na płeć ($\chi^2=0,89$; $p<0,05$).



Rys. 4. Jak często w ciągu dnia Pan/i spożywa herbatę?

Tab. 2. Częstotliwość spożycia herbaty oceniana w zależności od wieku oraz płci respondentów

Wyszczególnienie	% osób w wieku				% osób z wykształceniem		
	> 18	18-30	31-50	> 50	podstawowe	średnie	wyższe
raz dziennie lub rzadziej	22,22	23,53	0,00	0,00	20,00	21,43	9,09
2-3 razy dziennie	55,56	58,82	33,33	66,67	50,00	57,14	54,55
4 x dziennie lub częściej	22,22	17,65	66,67	33,33	30,00	21,43	36,36

Porównując częstotliwość spożycia herbaty przez ankietowanych ze względu na wiek (tab. 2), zauważono, że wśród respondentów w wieku powyżej 30 roku nie odnotowano odpowiedzi „raz dziennie i rzadziej”. Grupa wiekowa 31-50 lat najczęściej (66,67%) wskazywała odpowiedź „4 x dziennie lub częściej” natomiast respondenci powyżej 50 roku powyżej 66% wskazali, że wypijają herbatę „2-3 razy dziennie”.

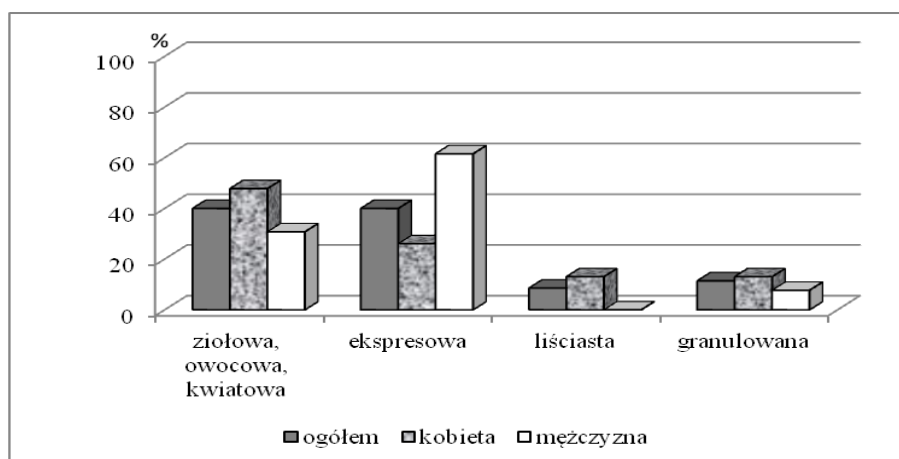
Rozkład częstotliwości spożycia herbaty przez grupy wiekowe: poniżej 18 roku oraz 18-30 lat był zbliżony. Większość młodych osób do 30 roku życia wypija herbatę „2-3 razy dziennie”, natomiast około 23% deklaruje spożycie „raz dziennie lub rzadziej”, 20% „4 x dziennie lub częściej”.

Rozkład częstotliwość konsumpcji herbaty z uwzględnieniem wykształcenia potwierdza, że najczęściej badana grupa respondentów wypija herbatę „2-3 razy dziennie” (50% respondentów z wykształceniem podstawowym, 54,55% z wyższym oraz 57,14 z wykształceniem średnim).

Spośród najczęściej kupowanych rodzajów herbat (rys. 5) największą popularnością cieszyła się herbata ekspresowa; a także napoje określane mianem

herbatak: ziołowa, owocowa oraz kwiatowa (40,0%). Natomiast herbata granulowana i liściasta w badaniach własnych jest rzadziej kupowana, odpowiednio na poziomie 11,4%, 8,6%. Wyniki te są zbieżne z wynikami Rusinek-Prystupa i Samoliń [2013], w których najczęściej kupowanymi herbatami jest ekspresowa (60,2%), a także herbata ziołowa, owocowa oraz kwiatowa (38,0%).

W badaniach własnych stwierdzono, że wybór poszczególnych rodzajów herbat był niezależny od płci ($\chi^2=0,28$; $p<0,05$).



Rys. 5. Jaka herbatę Pan/i najczęściej kupuje?

Jak wynika z badań własnych herbatę ekspresową preferowało znacznie więcej mężczyzn niż kobiet (odpowiednio 61,5%, 26,1%). Kobiety preferowały najbardziej herbatę z kategorii: ziołowa, owocowa, kwiatowa (47,8%) podczas gdy tę kategorię herbaty mężczyźni kupowali rzadziej (30,8%). W przypadku herbat liściastych preferencje wyboru różniły się pomiędzy kobietami, a mężczyznami, bowiem żaden z mężczyzn nie gustuje w tego rodzaju herbacie (0%) podczas gdy jest ona wybierana przez kobiety w 13% podobnie jak granulowana.

Największą popularnością cieszyła się herbata marki Lipton (65,7%) i Saga (37,1%) oraz herbaty z kategorii inne (40,0%), w których respondenci wskazali na takie marki jak Bio-Active, Ceylon, Teekanne, Posti (tab.3).

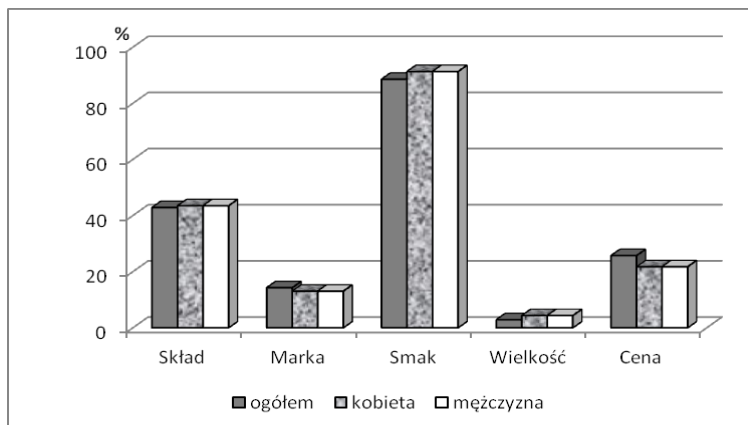
Wybór marki herbat nie zależał od płci ($\chi^2=0,71$; $p<0,05$). Mężczyźni podobnie jak kobiety najbardziej preferowali Lipton, jednak otrzymano większe udziały odpowiedzi u mężczyzn (83,3%) niż kobiet (56,5%). Mężczyźni chętniej niż kobiety kupowali herbatę marki Saga (o 32,2%) jak również Dilmah i Loyd Tea (o 20,3%).

Tab. 3. Marki najczęściej kupowanych używek przez respondentów uczestniczących w badaniu ankietowym

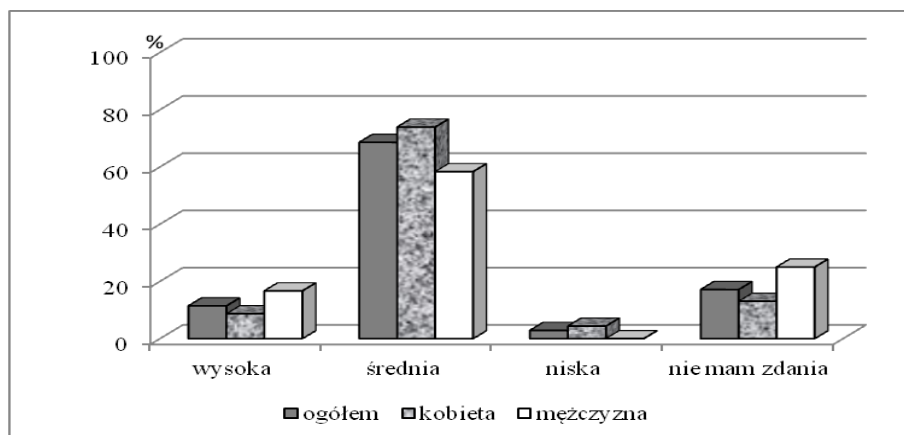
Marka kupowanej herbaty	Udział odpowiedzi [%]		
	ogółem	kobieta	mężczyzna
Lipton	65,7	56,5	83,3
Saga	37,1	26,1	58,3
Dilmah	20,0	13,0	33,3
Tetley	14,3	17,4	8,3
Minutka	11,4	8,7	16,7
Loyd Tea	20,0	13,0	33,3
Vitax	11,4	8,7	16,7
Inne / Bio-Active, Ceylon, Teekanne, Posti	40,0	43,5	33,3

(wartości nie sumują się do 100%, ponieważ istniała możliwość wskazania więcej niż jednej odpowiedzi)

Badania własne wykazały, że ankietowani konsumenci świadomie wybierali odpowiednią herbatę, kierując się przy wyborze smakiem (88,6%) oraz składem (42,9%), w mniejszym znaczeniu ceną (25,7%) oraz marką (14,3%). Mniejsze znaczenie miała wielkość opakowania jednostkowego (2,9%) jako decydujący czynnik wyboru (rys. 6). Nie wykazano wpływu płci na wybór czynników decydujących o preferencjach zakupu herbaty ($\chi^2=0,34$; $p<0,05$).



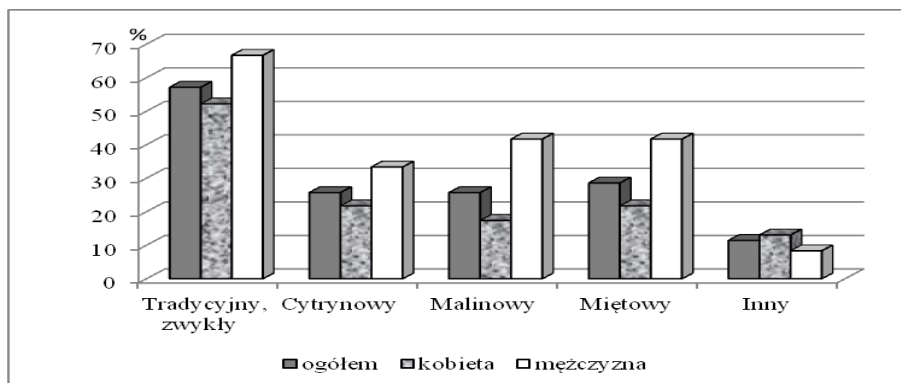
Rys. 6. Co wpływa na Pana/i wybór herbaty ? (wartości nie sumują się do 100%, ponieważ istniała możliwość wskazania więcej niż jednej odpowiedzi)



Rys. 7. Proszę określić skalę dotyczącej ceny kupowanej herbaty?

Z informacji zawartych w ankietach – 68,6 % respondentów określiło cenę kupowanej przez siebie herbaty jako średnią, zaś 17,1% ankietowanych nie miało zdania na ten temat. Ponad 11% badanych kupowało herbatę z „górnej półki cenowej”, a niespełna 3% uważało, że cena nabywanej przez nich herbaty jest niska (rys. 7). Dobra herbata nie powinna być zbyt tania, dlatego coraz więcej konsumentów sięga po używki z wyższej półki cenowej, zwracając częściej uwagę m.in. na ich walory smakowe [Rusinek-Prystupa i Samoliń, 2013].

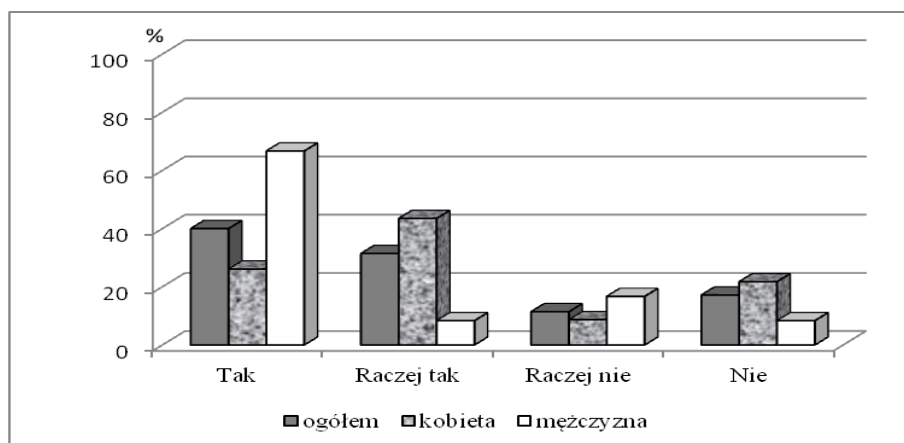
W badaniach własnych stwierdzono, że wartość nabywanej herbaty przez respondentów jest niezależna od ich płci ($\chi^2=0,69$; $p<0,05$).



Rys. 8. Jaki Pan/ i preferuje smak herbaty ? (wartości nie sumują się do 100%, ponieważ istniała możliwość wskazania więcej niż jednej odpowiedzi)

Ponad połowa respondentów preferuje herbatę tradycyjną, czarną (57,1%). Wynikać to może w fakcie, że najczęściej piją ją do śniadania, kolacji oraz innych posiłków. Pozostałe smaki herbat i produktów herbatobodobnych, tj. cytrynowa, malinowa, miętowa preferowane są średnio na poziomie 27%. Tylko 11,4%

respondentów preferuje inne smaki (herbata zielona, imbirowa, owocowa) (rys. 8). Preferencja smaków nie zależy od płci ($\chi^2=0,40$; $p<0,05$).



Rys. 9. Czy zwraca Pan/i uwagę na informacje zamieszczane na opakowaniu?

Znakowanie środków spożywczych jest nośnikiem wielu informacji ułatwiających podejmowanie przez konsumentów decyzji zakupowych. Treść etykiety coraz częściej stanowi dla konsumenta źródło wiedzy o produkcie i sposobie jego użytkowania oraz jest to swoisty dokument stanowiący o jego jakości. W dużym stopniu o czytelności informacji i możliwości identyfikacji towaru decyduje zastosowana grafika, liternictwo oraz kolorystyka. Etykieta produktów żywnościowych staje się ważnym nośnikiem informacji, które konsument powinien zrozumieć, co bardzo ściśle jest związane z jego edukacją w tym zakresie. Rosnąca pozycja konsumentów w łańcuchu żywnościowym zmusza producentów do rzetelnego znakowania żywności [Krasnowska i Salejda, 2011].

W badaniach własnych ponad 70% ankietowanych zwraca uwagę na informacje zamieszczane na opakowaniu (40,0% „tak”, 31,4% „raczej tak”). Natomiast przy podejmowaniu decyzji o zakupie herbaty nie wykorzystuje informacji na opakowaniu 29% respondentów (17,1 „nie”, 11,4 „raczej nie”) (rys. 9).

Badania własne wykazały, że płeć respondentów nie ma wpływu na czytanie zamieszczonych informacji na opakowaniu produktu/herbaty ($\chi^2=0,76$; $p<0,05$).

Wnioski

1. Znajomość preferencji konsumenckich dotyczących spożycia herbaty, jak również określenie czynników je warunkujących stanowić może ważne źródło informacji dla producentów i handlowców tych używek.
2. Zdecydowana większość ankietowanych lubi herbatę, którą głównie wypija w czasie pierwszego śniadania, kolacji oraz innych posiłków i między posiłkami, a także pija ją bez okazji. Ponad połowa respondentów wypijają

- herbatę 2-3 razy dziennie lub częściej, najchętniej w domu, podczas wizyty u znajomych oraz w pracy.
3. Największą popularnością wśród badanej grupy cieszy się czarna herbata ekspresowa, a ponadto napoje nazywane herbatami: ziołowa, owocowa oraz kwiatowa.
 4. Respondenci w większości wybierali herbatę w średnim przedziale cenowym, takich marek jak: Lipton, Saga oraz Bio-Active, Ceylon, Teekanne, Posti, kierując się przede wszystkim przy swym wyborze smakiem oraz składem. Ponad 70% ankietowanych zwraca uwagę na informacje zamieszczane na opakowaniu.

Literatura

- [1] Bobilewicz-Bryś G.: Ceremonia picia herbaty w życiu i twórczości artystów rosyjskich na przełomie XIX i XX wieku. *Acta Universitatis Wratislaviensis*, 1993, 1531, 65- 85.
- [2] Cichoń Z., Miśniakiewicz M.: Analiza jakości czarnych herbat liściastych. *Zeszyt Nauk AE Kraków*, 2005, 678,103-127.
- [3] Czech A., Rusinek E.: Content of zinc, copper, manganese and iron in black, red and green teas and their infusions. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2006,15(2a), 246-251.
- [4] Gawęcki J., Twardowska M., Łoboda D.: Zwyczaje młodzieży akademickiej dotyczące spożywania napojów - badania wstępne. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2009, 4 (65), 204-210.
- [5] Krasnowska G., Salejda A. M. : Ocena wiedzy konsumentów na temat znakowania żywności. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011,1(74), 173-189.
- [6] Krupa P.: Obraz polskiego rynku herbaty. *Wiadomości gospodarcze*. Redakcja ekonomiczna PAP [http:// inwestor.msp.gov.pl/si/polska-gospodarka/wiadomosci-gospodarcze/28509](http://inwestor.msp.gov.pl/si/polska-gospodarka/wiadomosci-gospodarcze/28509), data wejścia 29.12.2014.
- [7] Matławska J.: Herbaty, herbatki, ziółka. *Leki ziołowe Panacea*, 2005 4(13), 20-23.
- [8] Michalak-Majewska M.: Właściwości herbaty. Część 1. Znaczenie żywieniowe. *Nauka Przyroda Technologie*, 2011, 5, 6,114.
- [9] Rusinek-Prystupa E., Samoliń W.: Preferencje konsumenckie dotyczące spożycia herbaty i kawy wśród respondentów zamieszkałych w Lublinie i okolicach – doniesienie wstępne. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 2013, 94 (3), 653-657.
- [10] Stańczyk A.: Właściwości zdrowotne wybranych gatunków herbat. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna – XLIII*, 2010, 4, 498-504.
- [11] Wei K., Wang L., Zhou J., He W., Zeng J., Jiang Y., Cheng H.: Catechin contents in tea (*Camellia sinensis*) as affected by cultivar and environment and their relation to chlorophyll contents. *Food Chemistry*, 2011, 125, 44-48.

- [12] Wierzbicka E., Gałkowska K, Brzozowska A.: Ocena spożycia kofeiny z całodzienną racją pokarmową w wybranej grupie dorosłych kobiet. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 2010, 91(4), 564-571.
- [13] Wojciechowska-Mazurek M., Starska K., Mania M., Rebeniak M., Karłowski K.: Pierwiastki szkodliwe dla zdrowia w herbacie – ocena zagrożenia dla zdrowia. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna* – XLIII, 2010, 3, 233-239.
- [14] Woźniak J.: Herbata jest dobra na wszystko. *Nauka i przyszłość*, 2000, 7, 17-19.

AKTYWNOŚĆ ANTYOKSYDACYJNA KIEŁKÓW ROŚLINNYCH Z DOMOWEJ UPRAWY

MAŁGORZATA DŽUGAN, MAGDALENA PAKLA, MONIKA
WESOŁOWSKA

Streszczenie

Celem badań było określenie wpływu warunków hodowli na aktywność antyoksydacyjną kiełków roślinnych pozyskanych w warunkach domowych. Metodą fotochemiluminescencji wykazano, że kiełki są obfitym źródłem przeciwutleniaczy hydrofilowych, ich potencjał antyoksydacyjny wynosił odpowiednio 41,78; 31,80; 10,8 i 5,06 μmol kwasu askorbinowego/g św. m. dla kiełków kapusty czerwonej, rzodkiewki, brokułu oraz lucerny. Aktywność antyoksydacyjna kiełków brokułu i rzodkiewki zmniejszała się ($p < 0,05$) wraz z ich wiekiem. Nie stwierdzono istotnego wpływu światła i stopnia zmineralizowania stosowanej wody na aktywność antyoksydacyjną badanych kiełków.

Słowa kluczowe: kiełki, aktywność antyoksydacyjna, metoda PCL, FRAP

Wprowadzenie

Przyczyną wielu chorób cywilizacyjnych jest zaburzenie homeostazy wewnątrzkomórkowej, związane ze wzrostem stężenia wolnych rodników, określane jako stres oksydacyjny. W konsekwencji, powszechne stało się poszukiwanie produktów spożywczych zawierających substancje bioaktywne, które mogłyby złagodzić skutki tego procesu [Mitek i Gasik, 2007]. Przeciwutleniacze, inaczej antyoksydanty, są to substancje, które opóźniają bądź hamują reakcje utleniania. Występują one przy tym w niewielkich stężeniach w porównaniu z substancją podlegającą utlenianiu [Gliszczyńska-Świgło, 2010].

Żywność pochodzenia roślinnego stanowi bogate źródło substancji biologicznie czynnych, wśród których dużą grupę stanowią związki o działaniu przeciwutleniającym, reprezentowane przez: witaminy (A, C, tokoferole), karotenoidy, polifenole (kwasy fenolowe, flawonoidy czy antocyjany), a także kwasy organiczne, chlorofiliny, glutation, fityniany, tiocyjaniany, indole, izomery kwasu linolowego, Ca oraz Se [Szajdek i Borowska, 2004; Michalczyk i Macura, 2007].

Wśród obfitujących w przeciwutleniacze produktów pochodzenia roślinnego, obok owoców, warzyw, ziaren zbóż, nasion roślin oleistych, herbaty, ziół i przypraw, na szczególną uwagę zasługują kiełki roślinne. O zwiększenie udziału

tych produktów w diecie apelują od dawna lekarze i żywieniowcy, podkreślając związek między ilością i częstotliwością ich spożywania a stanem zdrowia człowieka [Gliszczyńska-Świąło, 2010].

Kielki są jednym z produktów obfitych w substancje bioaktywne [Bustorf-Hirsch, 2007; Lewicki, 2010]. Ponadto, przy niskiej kaloryczności, charakteryzują się bardzo wysoką zawartością składników odżywczych (Tab. 1), są świeże, naturalne, nisko przetworzone, wygodne, ekologiczne i wolne od dodatków chemicznych. Dzięki temu zyskują coraz bardziej na popularności [Gawlik-Dziki i Kowalczyk, 2007; Lewicki, 2010; Świeca i in., 2012]. Kielki nie są wynalazkiem naszych czasów, były znane już w starożytności, zarówno jako wartościowy pokarm w czasie rekonwalescencji, jak i lekarstwo na choroby skórne oraz dolegliwości trawienne [Bustorf-Hirsch, 2007].

Tab. 1. Porównanie średniej zawartości składników odżywczych w kiełkach roślinnych przeznaczonych do spożycia* [w 100 g św. m]

Składnik	Lucerna	Pszenica	Rzodkiewka	Soczewica	Fasola Mung
Energia [kcal]	49	268	52	157	85
Białko [g]	2,9	5,3	4,9	10,9	5,9
Sucha masa [g]	6,2	51,8	11,7	35,4	16,2
Żelazo [mg]	0,92	1,9	1,16	3,46	1,1
Magnez [mg]	16,5	66,2	44,5	44,1	30,2
Miedź [mg]	0,11	0,26	0,09	0,37	0,17
Cynk [mg]	0,87	1,15	1,21	1,38	0,76
Mangan [mg]	0,14	1,85	0,34	0,41	0,2
Wit. C [mg]	14,9	10,8	61,2	30,5	23,4
Wit. B ₁ [mg]	0,26	0,12	0,22	0,38	0,21
Wit. PP [mg]	0,45	2,07	3,09	1,31	1,11

*bez uwzględnienia różnic wynikających z wieku kiełków

Źródło: [Haigh, 1992]

Kielki różnych gatunków roślin korzystnie wpływają na zdrowie człowieka, posiadają zarówno wysoką wartość odżywczą jak i właściwości lecznicze. Kielki rzodkiewki o charakterystycznym, dość ostrym smaku pomagają w leczeniu dolegliwości wątroby, woreczka żółciowego czy oskrzeli, mają właściwości oczyszczające i hamujące rozwój bakterii, drożdży, pleśni [Bustorf-Hirsch, 2007]. Podnoszą tym samym odporność organizmu, wpływają także korzystnie na stan skóry oraz pobudzają apetyt [Piesiewicz i Mielcarz, 2001].

Wykazano, że zawartość sulforafanu (SGS), substancji o działaniu przeciwnowotworowym i antyutleniającym, w kiełkach brokuła jest znacznie wyższa niż w dojrzałej roślinie (10 do 100-krotnie w zależności od wieku kiełków). Sulforafan jest produktem enzymatycznej degradacji glukorafaniny,

jednego z glukozynolanów występujących powszechnie w roślinach z rodziny kapustowatych. Kielki brokułu wspomagają leczenie wrzodów żołądka, są zalecane w profilaktyce nowotworów układu pokarmowego oraz pęcherza, prostaty, piersi czy płuc [Bustorf–Hirsch, 2007; Świeca i in., 2012].

Dużymi walorami zdrowotnymi charakteryzują się kielki lucerny. Zawierają szczególnie dużo witaminy C, białka, enzymów oraz związków mineralnych. Wzmacniają mięśnie, kości, zęby, pomagając przy dolegliwościach artretycznych i reumatycznych. Fasola mung (*Vigna radiata*) to gatunek stosowany powszechnie w kuchni azjatyckiej i wegetariańskiej, w kuchni europejskiej obecny głównie w postaci kielków. Jako warzywo strączkowe zawiera ona dużo białka (25%), witamin (głównie K, C i z grupy B) oraz biopierwiastków (szczególnie Mn, Cu, P, Fe). Wartościowe są także kielki innych roślin strączkowych (np. soczewicy, soi, ciecioriki) oraz kielki roślin oleistych (słonecznika, dyni) czy zbóż (ryżu, żyta, pszenicy, prosa, owsa, jęczmienia) [Bustorf–Hirsch, 2007; Lewicki, 2010].

Kielki, które są bardzo zdrowym pożywieniem, można spożywać na wiele sposobów – zarówno na surowo, jak i w sałatkach, zupach, nadzieniach czy jako dodatek do kanapek – korzystając z wielu dostępnych przepisów kulinarnych [Bustorf–Hirsch, 2007]. Gotowe kielki są dostępne w sprzedaży, ale w ograniczonym zakresie, a ze względu na krótki okres przydatności do spożycia (5–7 dni) nie mogą być magazynowane w warunkach domowych. Alternatywą dla zakupu jest prowadzenie własnej uprawy kielków, z wykorzystaniem szerokiego asortymentu nasion dostępnych na rynku i uwzględnieniem zróżnicowanego czasu kiełkowania, po którym kielki danego gatunku osiągają optymalne walory sensoryczne i zdrowotne [Samotyja i in., 2007].

Ze względu na sprzyjające warunki do rozwoju mikroflory, istotne jest by do uprawy stosować nasiona dobrej jakości lub poddane dezynfekcji. W celu ograniczenia liczby drobnoustrojów chorobotwórczych w kielkach, proponowane są różne metody fizyczne i chemiczne, tj. dezynfekcja nasion etanolem, podchlorynem sodu czy też nadtleniem wodoru. W warunkach domowych alternatywę mogą stanowić metody naturalne, np. nawadnianie rosnących kielków naparem herbaty [Michalczyk, 2012] lub krótkotrwałe (5–20s) zanurzenie kielków w gorącej wodzie bezpośrednio przed spożyciem [Lewicki, 2010].

Celem badań było określenie aktywności antyoksydacyjnej kielków pochodzących z domowej uprawy z uwzględnieniem warunków hodowli.

Materiał i metody badań

Do badań wykorzystano kielki roślin pochodzących z domowej uprawy, z zastosowaniem nasion dedykowanych do uprawy kielków (Lobelia II, Chrzanów; wyjątek kapusta czerowona–Torseed, Toruń): rzodkiewki (*Raphanus sativus* var. *sativus*), brokułu (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck), lucerny (*Medicago*

sativa L.) oraz kapusty czerwonej (*Brassica oleracea* L. *conv. capitata* var. *rubra*). Nasiona, moczo 5 godz., następnie hodowano w kielkownicy firmy Bio-natura w warunkach domowych (temperatura pokojowa 20–22 °C, nawadnianie dwa razy dziennie). Kielki pozyskiwano w 3. i 4. dniu uprawy. Hodowlę prowadzono w warunkach naturalnego światła dziennego (~12L:12D) oraz w ciemności. Do moczenia nasion i nawadniania uprawy zastosowano wodę wodociągową o zawartości składników mineralnych 400 mg/dm³ oraz mineralną (1800 mg/dm³). Każdy eksperyment wykonano w dwóch równoległych powtórzeniach.

Próbki kielków o masie 1 g rozdrabniano w moździerzu z użyciem żelu krzemionkowego, następnie zalewano 10 cm³ 96% alkoholu etylowego. Ekstrakcję prowadzono przez 15 min. w temp. 40°C w termostatowanej wytrząsarce następnie wirowano z prędkością 12 000xg przez 5 minut. Badania wstępne, przeprowadzone z użyciem wody, 80% acetonu i 96% etanolu jako ekstrahenta, wykazały największą aktywność antyoksydacyjną etanolowych ekstraktów kielków (dane nieprezentowane).

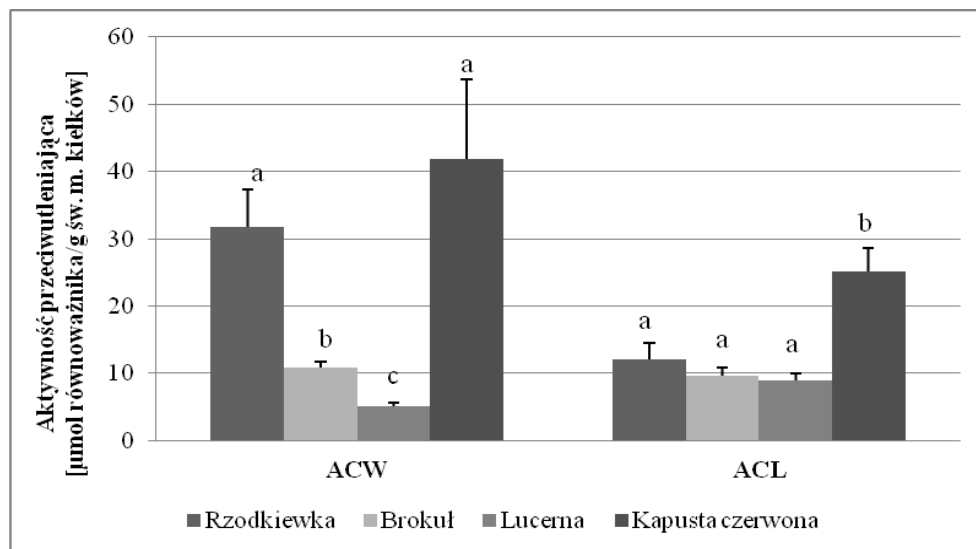
Do badania aktywności przeciwutleniającej kielków wykorzystano metodę PCL (photochemiluminescencyjną) z zastosowaniem systemu Photochem® (Analityk Jena, Niemcy), używając gotowych zestawów odczynników dostarczonych przez producenta (Standard kit, Jena). Metoda PCL pozwala na równoczesną ocenę pojemności antyoksydacyjnej związków rozpuszczalnych w wodzie (ACW) i tłuszczach (ACL). Główną cechą tej metody jest kombinacja prostego sposobu wytwarzania wolnych rodników i ich bardzo czułej detekcji chemiluminometrycznej [Dżugan i Kisała, 2011]. Natężenie luminescencji indukowanej przez niezneutralizowane przez próbkę rodniki jest wykorzystywane do automatycznego obliczenia wartości potencjału oksydacyjnego w oparciu o krzywą wzorcową, w przeliczeniu na równoważniki kwasu askorbinowego [$\mu\text{mol AA/g}$ św. m.] w metodzie PCL–ACW lub Troloksu [$\mu\text{mol Tx/g}$ św. m.] w metodzie PCL–ACL. Analizy przeprowadzono przy 100-krotnym rozcieńczeniu ekstraktów. Oznaczenia wykonano w 3 powtórzeniach.

Jako metodę referencyjną zastosowano test oceny siły redukującej FRAP, polegający na określeniu zdolności próbki do redukcji jonów Fe^{3+} do jonów Fe^{2+} , kompleksowanych przez TPTZ (2,4,6-tris(2-pirydylo)-1,3,5-triazyna, Sigma Aldrich), z wytworzeniem intensywnego niebieskiego zabarwienia o maksimum absorbancji przy długości fali 593 nm [Benzie i Strain, 1996]. Całkowitą zdolność redukującą wyrażano w równoważnikach Troloksu ($\mu\text{mol Tx/g}$ św. m. kielków) Krzywą wzorcową wykonano dla etanolowego roztworu Troloksu (Sigma Aldrich) w stężeniach 0-100 $\mu\text{mol/próbkę}$. Oznaczenie wykonano w 3 powtórzeniach.

Wyniki przedstawiono jako średnią arytmetyczną z trzech powtórzeń analiz przeprowadzonych dla próbek kielków pozyskanych z dwóch równoległych eksperymentów. Zależności korelacyjne (współczynnik korelacji Spearmana) oraz istotność różnic między grupami obliczono z wykorzystaniem programu Statistica 7.1, przyjmując poziom istotności statystycznej $p < 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Badania przeprowadzone metodą PCL-ACW i PCL-ACL wykazały, że największą aktywnością przeciwutleniającą charakteryzują się kiełki kapusty czerwonej (Rys. 1). Dla kiełków rzodkiewki, brokułu i lucerny stwierdzono wartości znacznie niższe, o 25, 75 i 90% (ACW) oraz o 50, 60 i 65% (ACL), w porównaniu do kapusty.

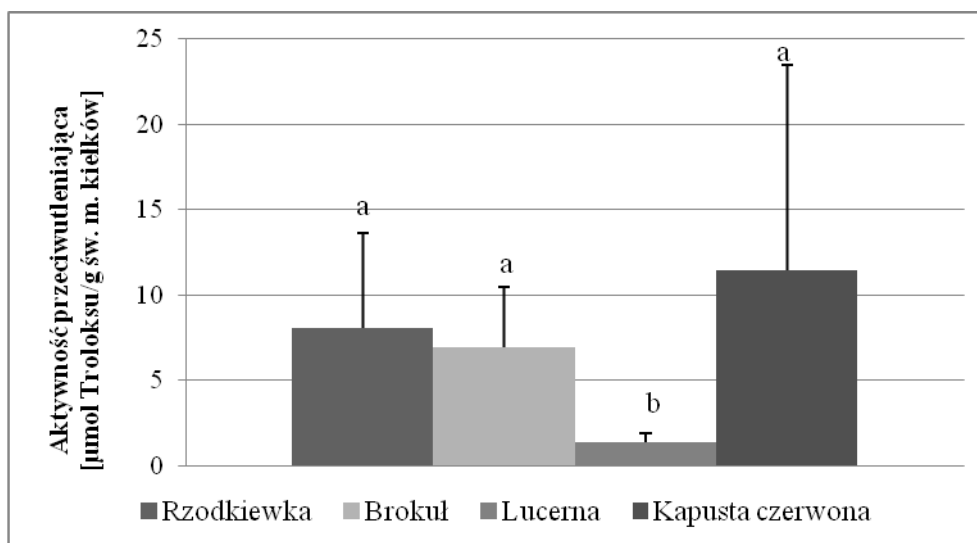


Rys. 1. Aktywność antyoksydacyjna 4-dniowych kiełków wyznaczona metodą fotochemiluminescencji PCL, z podziałem na antyoksydanty hydrofilowe (ACW) i hydrofobowe (ACL)

^{abc} średnie oznaczone różnymi literami są statystycznie różne ($p < 0,05$), oddzielnie dla ACW i ACL

Stosunek potencjału antyoksydacyjnego frakcji hydrofilowej (ACW) do hydrofobowej (ACL) wynosił 2,63; 1,66; 1,13; 0,56, odpowiednio dla rzodkiewki, kapusty czerwonej, brokułu i lucerny. Te proporcje wskazują na gatunkowo zróżnicowany profil substancji przeciwutleniających obecnych w kiełkach, gdzie dla roślin krzyżowych (Brassica) przeważają antyoksydanty hydrofilowe, podczas gdy kiełki lucerny (rośliny bobowate) są obfitszym źródłem antyoksydantów hydrofobowych.

W badaniach całkowitej zdolności redukującej ekstraktów kiełków, przeprowadzonych metodą FRAP, wykazano spadek wartości badanego parametru w szeregu: kapusta czerwona > rzodkiewka > brokuł > lucerna (Rys. 2), przy czym obserwowana tendencja była analogiczna jak w metodzie PCL.



Rys. 2. Całkowita zdolność redukująca 4-dniowych kiełków wyznaczona metodą FRAP

^{abc} średnie oznaczone różnymi literami są statystycznie różne ($p < 0,05$)

Wyniki analiz przeprowadzonych metodami bazującymi na odmiennych mechanizmach (FRAP-redukcja kationu żelaza(III), PCL-neutralizacja anionorodnika ponadtlenkowego) były dodatnio skorelowane, a obliczone współczynniki korelacji-istotne statystycznie (Tab. 2). Najwyższą zależność stwierdzono dla wyników uzyskanych metodą FRAP i ACW ($r=0,928$).

Tab. 2. Korelacja wyników uzyskanych metodą PCL i ACW (r - współczynnik korelacji, p - poziom istotności)

	FRAP (n=18)		ACL (n=18)		ACW (n=18)	
	r	p	r	p	r	p
FRAP (n=18)	1	-	0,878	0,021	0,9285	<0,001
ACL (n=18)	0,878	0,021	1	-	0,908	0,012
ACW (n=18)	0,928	<0,0001	0,908	0,012	1	-

Przydatność metody PCL do badania potencjału antyoksydacyjnego wykazano dla owoców [Popov i Levin, 2000; Tsao i in., 2005; Hagedus i in., 2010], warzyw [Dżugan i in., 2011] i nasion [Zielińska i in., 2007]. Wyniki uzyskiwane metodą PCL w tych badaniach były dobrze skorelowane z wynikami metod standardowo stosowanych do oceny aktywności przeciwutleniającej: FRAP, DPPH a także zawartością związków fenolowych ($r > 0,8$). Badania Tsao i in. [2005], prowadzone dla miąższu i skórek jabłek oddzielnie wykazały, że tylko w przypadku

zwiększonego udziału flawon-3-oli (tj. katechina, epikatechina, procyanidyny), metoda PCL nie daje prawdziwych wyników ($r \leq 0,3$).

W celu zbadania wpływu wieku kiełków na ich aktywność antyoksydacyjną, dokonano oceny potencjału antyoksydacyjnego kiełków rzodkiewki (2- i 3-dniowych) oraz brokułu (3- i 4-dniowych), uwzględniając zalecenia producenta nasion odnośnie czasu kiełkowania. W obu przypadkach stwierdzono znacznie wyższy ($p < 0,05$) potencjał antyoksydacyjny dla „młodszych” kiełków (Tab. 3). W kolejnym dniu uprawy, przy zastosowaniu metody PCL-ACW, stwierdzono obniżenie analizowanego parametru o 44% dla kiełków rzodkiewki i o 48% dla brokułu. Podobną tendencję wykazano stosując metodę FRAP, przy czym obserwowane różnice były mniejsze (28% dla rzodkiewki i 35% dla brokułu) i statystycznie nieistotne ($p > 0,05$).

Tab. 3. Aktywność antyoksydacyjna kiełków pozyskanych w różnych warunkach domowej uprawy

Czynnik	Aktywność antyoksydacyjna	
	PCL-ACW [μmol AA/g św. m]	FRAP [μmol Tx/g św. m]
Czas		
<i>Kielki rzodkiewki</i>		
2-dniowe	74,84±11,32	15,75±6,21
3-dniowe	41,64±7,03*	11,34±4,62
<i>Kielki brokułu</i>		
3-dniowe	13,04±2,45	8,50±3,02
4-dniowe	6,84±1,76*	5,55±2,74
Światło/Ciemność		
<i>Kielki rzodkiewki 3-dniowe</i>	41,64/43,72	11,30/11,80
<i>Kielki brokułu 4-dniowe</i>	6,84/11,68*	5,55/7,30
Woda		
wodociągowa/mineralna		
<i>Kielki kapusty czerw. 4-dniowe</i>	34,48/30,06	14,00/15,00
<i>Kielki lucerny 4-dniowe</i>	5,06/5,04	9,90/10,05

*statystycznie istotne różnice w wierszach ($p < 0,05$)

Analogicznie, Dobrowolska-Iwanek i in. [2013] stwierdzili obniżenie aktywności antyoksydacyjnej kiełków grochu i słonecznika w procesie kiełkowania. Wykorzystując metodę FRAP wykazali spadek siły redukującej dla kiełków grochu (o 14% pomiędzy 5 i 7 dniem zbioru) oraz słonecznika (o 36% pomiędzy 5 i 8 dniem zbioru). Równocześnie dla kiełków gryki wykazali wzrost potencjału przeciwutleniającego w miarę przedłużania czasu kiełkowania, o 76% pomiędzy 5 i 8 dniem uprawy. Badania Sun-Ju i in. [2007] wskazują, że w trakcie

kiełkowania gryki następuje istotny wzrost zawartości rutyny, kwasu chlorogenowego i flawonoidów, składników kształtujących aktywność przeciwutleniającą kiełków. Natomiast Zielińska i in. [2008], stosując wykorzystując metodę PCL-ACL stwierdzili, że wraz z długością okresu kiełkowania ekstrakty korzeni kiełków gryki wykazują niższą aktywność antyoksydacyjną (375,8 i 288,73 μmol Troloksu/g s.m. w 6 i 8 dniu odpowiednio). Wydaje się, że te niejednoznaczne tendencje mogą być wynikiem stosowania do pomiaru aktywności antyoksydacyjnej odmiennych metod analitycznych, co uniemożliwia standaryzację wyników i prowadzenie analiz porównawczych.

Badania wpływu światła na potencjał przeciwutleniający kiełków metodą PCL-ACW wykazały, że wyhodowane w warunkach pozbawionych światła kiełki brokułu posiadają wyższą ($p < 0,05$) aktywność przeciwutleniającą (Tab. 3), przy czym analogiczną tendencję obserwowano w metodzie FRAP ($p > 0,05$). Światło nie wpłynęło istotnie na właściwości antyoksydacyjne kiełków rzodkiewki. W obu przypadkach dla kiełków wyhodowanych bez dostępu światła obserwowano niższą zawartość chlorofilu, składnika o korzystnych właściwościach prozdrowotnych [Michalczyk i Macura, 2008].

Wiadomo, że wpływ światła na proces kiełkowania roślin jest zróżnicowany, wiele gatunków uprawnych to rośliny nefotoblastyczne. Badania Dobrowolskiej-Iwanek i in. [2013] nad wpływem naturalnego światła na potencjał przeciwutleniający kiełków nie przyniosły jednoznacznej odpowiedzi, pozytywny wpływ światła obserwowano wyłącznie dla kiełków gryki. Natomiast kiełki grochu i słonecznika zebrane w piątym dniu, hodowane w ciemności odznaczały się wyższą aktywnością antyoksydacyjną niż kiełki hodowane w świetle naturalnym, jednak dla roślin o dłuższym okresie kiełkowania zależność ta była odwrotna. Pozytywny wpływ światła na zawartość związków fenolowych i aktywność antyoksydacyjną wykazano dla 3- i 4-dniowych kiełków soczewicy [Świeca i in., 2012], przy zastosowaniu kontrolowanej stymulacji. W przeprowadzonych badaniach, uprawę kiełków prowadzono w warunkach domowych, przy zmiennym natężeniu światła i długości dnia świetlnego, dlatego obserwowany ujemny wpływ światła na właściwości antyoksydacyjne kiełków brokułu wymaga potwierdzenia w warunkach kontrolowanej stymulacji światłem.

Analiza wpływu jakości wody użytej do nawadniania kiełków na zawartość przeciwutleniaczy metodą ACW (Tab. 3) wykazała, że użycie wody wysokozmineralizowanej obniżyło ($p > 0,05$) aktywność antyoksydacyjną kiełków kapusty czerwonej z 34,48 $\mu\text{mol/g}$ do 30,06 $\mu\text{mol/g}$, podczas gdy nie wpłynęło na właściwości kiełków lucerny (różnica 0,4%).

Wnioski

1. Badania wykazały, że kiełki roślin charakteryzują się wysokim potencjałem antyoksydacyjnym, przy czym jest on uzależniony od gatunku i czasu kiełkowania.

2. Najbardziej odpowiednia do badania potencjału antyoksydacyjnego kiełków roślinnych okazała się metoda PCL–ACW; wysoko skorelowana z metodami PCL–ACL i FRAP.
3. Wykazano, że kiełki „młodsze” posiadają wyższą aktywność przeciwutleniającą, a światło i jakość wody użytej do nawadniania nie wpływają istotnie na poziom analizowanego parametru.
4. Domowa uprawa kiełków, ze względu na dostępność, prostotę i niskie koszty, pozwala na pozyskiwanie, w sposób ciągły i zgodny z preferencjami smakowymi konsumentów, wartościowego składnika diety o działaniu antyoksydacyjnym.

Literatura

- [1] Benzie I.F., Strain J.J.: The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 1996, 15, 70-76.
- [2] Bustorf–Hirsch M.: Kiełki. Żywność i lek w naszej kuchni. Oficyna Wyd. „Interspar”, Warszawa, 2007.
- [3] Dobrowolska–Iwanek J., Chłopicka J., Malejka A.: Aktywność antyoksydacyjna kiełków wybranych roślin w zależności od warunków hodowli. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 2013, 94(2), 348-350.
- [4] Dżugan M., Kisała J.: Application of the Photochem system in agricultural investigation. W: *Nowoczesne metody analizy surowców rolniczych*. Cz. Puchalski i G. Bartosz (red), Wyd. UR, Rzeszów, 2011, 193 - 203.
- [5] Dżugan M., Kleban E., Balawejder M., Leżański P., Pogocki D.: Effect of irradiation on the chemical composition and antioxidant activity of garlic (*Allium sativum* L.). W: *Xenobiotics. Environmental exposure, toxicity and physiological response*. Dżugan M., Formicki G. (eds), Wyd. UR Rzeszów, Rzeszów, 2011, 305-317.
- [6] Gawlik–Dziki U., Kowalczyk D.: Wpływ warunków ekstrakcji na aktywność przeciwutleniającą ekstraktów z kiełków rzodkiewki. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, 1(50), 132-139.
- [7] Gliszczyńska–Świąło A.: Przeciwutleniające i proutleniające właściwości wybranych składników żywności jako wyróżniki jej jakości. Wyd. Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, Poznań, 2010.
- [8] Hegedus A., Engel R., Abranko L., Balogh E., Blazovics A., Herman R., Halasz J., Ercisli S., Pedryc A., Stefanovits-Banyai E.: Antioxidant and antiradical capacities in apricot (*Prunus Armeniaca* L.) fruits: variations from genotypes, years and analytical methods. *Journal of Food Science*, 2010, 75, 722-730.
- [9] Haigh R.: *Zdrowa żywność – zdrowa kuchnia*. Polska Oficyna Wydawnicza „BGW”, Warszawa, 1992.

- [10] Lewicki P.P.: Kielki nasion jako źródło cennych składników odżywczych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, 6 (73), 18-33.
- [11] Michalczyk M.: Wpływ naparów herbaty czarnej i zielonej na zanieczyszczenie mikrobiologiczne oraz wzrost kiełków rzodkiewki. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, 1 (80), 175-186.
- [12] Michalczyk M., Macura R.: Wpływ warunków przechowywania na jakość wybranych, dostępnych w obrocie handlowym, mało przetworzonych produktów warzywnych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, 3 (58), 96-107.
- [13] Mitek M., Gasik A.: Polifenole w żywności. Właściwości przeciwutleniające. *Przemysł Spożywczy*, 2007, 62(9), 36-39.
- [14] Piesiewicz H., Mielcarz M.: Kielki w żywieniu człowieka. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*, 2001, 48(3), 10-14.
- [15] Popov I., Levin G.: Photosensitized chemiluminescence, its medical and industrial applications for anyioxidizability tests. W: *Chemiluminescence in analytical chemistry*. Garcia-Campana A.M. and Baeyenes W.R. (eds), Marcel Dekker, New York, 2000, 497-527.
- [16] Samotyja U., Zdziebłowski T., Szlachta M., Małecka M.: Przeciwutleniające właściwości ekstraktów z kiełków roślin. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, 5 (54), 122-128.
- [17] Sun-Ju K., Zaidul I.S.M., Maeda T., Suzuki T., Hashimoto N., Takigawa S., Noda T., Matsuura-Endo Ch., Yamauchi H. A time-course study of flavonoids in the sprouts of tartary (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) buckwheats. *Scientia Horticulturae*, 2007, 115(1), 13-18.
- [18] Szajdek A., Borowska J.: Właściwości przeciwutleniające żywności pochodzenia roślinnego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, 4(41), 5-28.
- [19] Świeca M., Gawlik–Dziki U., Dziki D., Baraniak B.: Kielki brokułu jako źródło potencjalnie bioprzyswajalnych antyoksydantów. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2012, XLV, 3, 488-493.
- [20] Świeca M., Gawlik–Dziki U., Kowalczyk D., Złotek U., Impact of germination time and type of illumination on the antioxidant compounds and antioxidant capacity of *Lens culinaris* sprout. *Scientia Horticulturae*, 2012, 140, 87-95.
- [21] Tsao R., Yang R., Xie S., Sockovie E., Kahanizadeh S.: Which phenolic compounds contribute to the total antioxidant activities of apple? *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2005, 53, 4989-4995.;
- [22] Zielińska–Nowak D., Michalska A.: Antioxidant capacity of termally-treated buckwheat. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2007, 57(4), 465-470.

- [23] Zielińska D., Wiczowski W., Piskula M.K.: Evaluation of chemiluminescent, spectrophotometric and cyclic voltammetry methods for the measurement of the antioxidant activity: the case of roots separated from buckwheat sprouts. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2008, 58 (1), 65-72.
- [24] Zieliński H., Piskula M.K., Kozłowska H. Biologically active compounds in Cruciferae sprouts and their changes after thermal treatment. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2005, 14/55(4), 375-380.

CZYNNIKI ŻYWIENIOWE W DIECIE CIĘŻARNYCH I ICH ZNACZENIE DLA PRAWIDŁOWEGO ROZWOJU ICH POTOMSTWA

PAULINA IWANIAK, EWA TOMASZEWSKA, PIOTR DOBROWOLSKI,
AGNIESZKA TOMCZYK, NATALIA BURMAŃCZUK, ANTONI GAWRON

Streszczenie

Podczas rozwoju prenatalnego płód ma zdolność adaptacji metabolicznej do warunków, w których się rozwija nawet, jeśli są one odmienne od prawidłowych procesów fizjologicznych. Zmiany w odżywianiu ciężarnej samicy skutkują przystosowaniem się płodu do odmiennych warunków rozwoju, mogących w trwały sposób zaprogramować postnatalne procesy fizjologiczne. Programowanie prenatalne dotyczy wielu układów organizmu i odzwierciedla działanie różnych czynników indukujących zmiany w rozwijających się strukturach, narządach, podczas okresów specyficznej dla nich wrażliwości. Przykładem takich czynników są kwasy: 2-oksoglutarynowy (2-Ox) oraz β -hydrokso- β -metylomasłowy (HMB), które jako naturalne metabolity żywieniowe wykazują korzystne działanie na m.in. układ kostnoszkieletowy i pokarmowy. Z drugiej strony mamy substancje toksyczne jak akryloamid, wykorzystywany w przemyśle i powstający przy obróbce termicznej żywności. Wyniki współczesnych badań charakteryzują efekty prenatalnej ingerencji, ujawniające się w okresie rozwoju i dojrzałości organizmu. Zidentyfikowano jak dotąd nieliczne mechanizmy odpowiedzialne za obserwowane zjawiska programowania rozwoju. Dlatego też dalsze badania pozwolą wyjaśnić różnorodne efekty kliniczne oraz rolę, jaką w tych procesach odgrywają różne czynniki żywieniowe.

Słowa kluczowe: prenatalne programowanie, kwas 2-oksoglutarynowy, kwas β -hydrokso- β -metylomasłowy, akryloamid

Wstęp

Rozwój jest złożonym procesem regulowanym przez kompleks czynników odmiennych w okresie życia prenatalnego i postnatalnego. Czynniki żywieniowe mogą zahamować lub zmienić rozwój genetycznie zdeterminowanych struktur. Zmiany funkcjonalne, strukturalne i metaboliczne zaistniałe w wyniku tych oddziaływań w okresie prenatalnym mają na ogół charakter przystosowawczy. Dojrzałość somatyczna i neurohormonalna płodu warunkuje neonatalną adaptację, która zależy od rozwoju układu oddechowego, krążenia lub immunologicznego

[McMillen i in., 2001; Owen i in., 2005; Śliwa i in., 2007]. Dalszy rozwój osobniczy człowieka jak i zwierząt zależy także od stopnia dojrzałości układu pokarmowego i ruchowego [Leenhouwers i in., 2002; Sangild i in., 2000]. Wzrost i mineralizacja układu szkieletowego są zdeterminowane genetycznie oraz podlegają modyfikacji żywieniowej [Breier i in., 2001; Han i Carter, 2001]. Składniki odżywcze dostarczane do płodu z dietą ciężarnej w pierwszych miesiącach życia wpływają na masę kostną osiąganą w wieku dorosłym, określaną jako szczytową [Symonds i in., 2001]. Dlatego wpływ czynników żywieniowych na rozwój postnatalny kształtuje się w zależności od genetycznej wrażliwości płodu i stanu zdrowia samej ciężarnej jak i od etapu rozwoju, na którym zadziałał czynnik. Programowanie jako określenie jest szeroko używane w odniesieniu do zmian o charakterze trwałym w przebiegu procesów fizjologicznych lub metabolicznych okresu płodowego, które zmieniają dojrzałość somatyczno-hormonalną organizmu w późniejszym życiu [Śliwa i in., 2004]. Do czynników odgrywających istotną rolę w żywieniowym programowaniu okresu prenatalnego i wczesno neonatalnego zaliczany jest niedobór lub nadmiar podstawowych substancji odżywczych. W miarę wzrostu płodu lub noworodka zmienia się ilość i jakość podstawowych składników pokarmowych niezbędnych dla prawidłowego ich rozwoju, a które są czerpane nie tylko z bieżąco spożytych przez matkę składników odżywczych ale i z istniejących macicznych rezerw. W sytuacji gdy rezerwy są niedostateczne i mocno uzależnione od aktualnego spożycia, to odpowiednia suplementacja diety może przynieść poprawę wzrostu płodu.

Kwas 2-oksoglutarynowy - naturalna substancja biologicznie aktywna

Kwas 2-oksoglutarynowy (2-Ox; kwas α -ketoglutarynowy, AKG) jest naturalną substancją biologicznie czynną, fizjologicznie występującą w organizmie, która bierze udział w przemianach cyklu Krebsa oraz syntezie aminokwasów i białek. 2-Ox łączy procesy transaminacji z glukoneogenezą. Występuje w mitochondrialnym łańcuchu oddechowym, przenosząc równoważniki redukujące przez błonę mitochondrialną za pośrednictwem par substratów sprzężonych z dehydrogenazami w tzw. mostku jabłczanowo-asparaginowym. 2-Ox jest donorem energii oraz pełni rolę zmiatacza jonów amonowych przez ich transformację do glutaminy w wątrobie, chroniąc organizm przed zatruciem mocznikiem, szczególnie tkanki nerwowej [Śliwa i in., 2005; Tataru i in., 2003].

Badania ostatnich lat wykazały, że stany stresowe, niedożywienie oraz słabo zbilansowana dieta prowadzą do ujemnego bilansu azotu w organizmie z równoczesnym zahamowaniem wzrostu, podczas gdy glutamina i jej pochodne jak kwas 2-oksoglutarynowy mogą przeciwdziałać tym efektom [Kristensen i in., 2002]. Glutamina stanowi ponad połowę całkowitej puli wolnych aminokwasów we krwi krążącej, powstaje w organizmie jako monoamid kwasu glutaminowego w wyniku przekształcenia kwasu glutaminowego i jest warunkowo niezbędnym aminokwasem endogennym. Glutamina jest syntetyzowana w wielu tkankach, ale

tylko płuca, mózg, mięśnie szkieletowe i tkanka tłuszczowa mogą uwalniać ją do krwi [Graham i in., 2000]. Glutamina podwyższa odporność organizmu biorąc udział w tworzeniu antyoksydantów oraz glutationu, substancji warunkującej tempo namnażania komórek układu odpornościowego [Caldier i Newsholme, 2002]. Jest głównym źródłem energii dla limfocytów [Burrin i Stoll, 2003]. Podawana pacjentom po transplantacji szpiku redukuje infekcje, namnażanie bakterii gram-ujemnych oraz poziom cytokin IL-6 i IL-8, zmniejszając reakcje zapalne w przewodzie pokarmowym. Glutamina wpływa na procesy wchłaniania metabolitów trawienia i bakteryjną homeostazę jelitową [Caldier i Newsholme, 2002, Kristensen i in., 2002; Pierzynowski i in., 2002; Salvalaggio, 2002]. Odżywki zawierające glutaminę podawane w chorobach zapalnych jelit wykazują wpływ troficzny [Boza i in., 2000]. 2-Ox podany enteralnie jest prawie całkowicie metabolizowany w żołądku i dwunastnicy, a mniej niż 5% dociera do krwi [Burrin i Stoll, 2003]. Glutamina wykazuje również działanie systemowe, stymulując nie tylko procesy wzrostowe. Jej obecność jako neuromediatora stwierdzono w centralnym układzie nerwowym, gdzie wpływa na ogólny rozwój organizmu szczególnie w okresie prenatalnym. Ponadto wykazano, że glutamina reguluje także lokalnie funkcje komórek kostnych [Chenu, 2002]. Stwierdzono, że śródstawowa iniekcja glutaminy do komórek chrzęstnych jest potencjalną metodą leczenia, która opóźnia progresję schorzeń takich jak osteoporoza czy zapalenie kości i stawów. W wyniku przemian z 2-Ox, oprócz glutaminy powstają w organizmie inne ważne aminokwasy, takie jak asparagina, arginina oraz prolina, niezbędne w syntezie białek kolagenowych. Suplementacja diety kwasem 2-oxoglutarowym prowadzi również do wzrostu poziomu proliny i hydroksyproliny w mięśniach szkieletowych, co stymuluje przemiany anaboliczne tej tkanki. Dlatego też, zapotrzebowanie na glutaminę wzrasta szczególnie w stanach intensywnego wzrostu somatycznego. Niedożywienie i niedojrzałość neonatalna oraz stany upośledzonej czynności trawiennej przyczyniają się do powstania deficytu glutaminy, gdyż jej ilość syntetyzowana w organizmie, w warunkach metabolicznego obciążenia, jest niewystarczająca [Caldier i Newsholme, 2002]. Glutamina jest składnikiem większości białek roślinnych i zwierzęcych. Kazeina zawiera około 24 % glutaminy, białka serwatkowe 7 %, a białko kukurydzy i soi 6 %, nadając im kwaśny smak. Glutamina i kwas glutaminowy są bardzo podobnymi związkami, które ulegają w organizmie wzajemnym przekształceniom [Graham i in., 2000]. W przypadku niedoboru glutaminy w organizmie musi być ona wytwarzana z innych aminokwasów w wielu komórkach i tkankach. Jest to bardzo kosztowny proces biorąc pod uwagę straty ilościowe i jakościowe innych niezbędnych aminokwasów potrzebnych do budowy mięśni. Dlatego musi zostać dostarczona z zewnątrz. Ze względu na wysoką stabilność w roztworach 2-Ox jest stosowany jako źródło i substytut glutaminy.

β-hydroksy-β-metylomaślan- dobry antykatabolik?

Prawidłowe żywienie jest jednym z kluczowych elementów determinujących osiągnięcie wysokich wyników oraz zachowanie odpowiedniego stanu zdrowia sportowców. Intensywny wysiłek fizyczny uniemożliwia często pokrycie zwiększonych potrzeb organizmu na energię i niezbędne składniki pokarmowe wyłącznie za pomocą standardowej diety. Dlatego też, w celu zwiększenia zdolności wysiłkowych oraz zmniejszenia ryzyka kontuzji coraz popularniejsze staje się stosowanie suplementacji diety preparatami wspomagającymi wzrost wydolności, wytrzymałości oraz siły zawodników. β-hydroksy-β-metylomaślan (HMB), jako metabolit leucyny może być wytwarzany endogennie u człowieka, a także przyjmowany wraz z pokarmem. W dostępnym piśmiennictwie naukowym dotyczącym HMB wiele prac wskazuje na antykataboliczne działanie tego związku. Widoczne jest ono przede wszystkim w okresie dużego wysiłku fizycznego i towarzyszącym uszkodzeniom mięśniowym, co może wynikać z potencjalnego oddziaływania HMB na pobudzenie syntezy i/lub hamowanie rozkładu białek mięśniowych [Zanchi i in., 2011].

Licznie przeprowadzone dotąd badania potwierdziły pozytywny wpływ suplementacji HMB na zmniejszenie utraty masy mięśniowej i zwiększenie redukcji tkanki tłuszczowej. Rekomendowana w literaturze naukowej podaż HMB wynosi 3 g na dobę. Należy podkreślić, że HMB jako suplement diety nie może być stosowany jako substytut zróżnicowanej diety. Współczesny rynek suplementów diety jest ogromny. Preparaty HMB można znaleźć pod różną postacią (kapsułek, tabletek, płynną). Często agresywna reklama wprowadza dezorientację wśród społeczeństwa. Wskazuje to na konieczność prowadzenia rzetelnych badań w tym zakresie, pozwalających na weryfikację stosowania suplementów HMB, dostępnych na rynku w dużej ilości.

Akryloamid - potencjalnie rakotwórczy związek występujący w żywności

Coraz większe znaczenie w żywieniowym programowaniu odgrywają substancje toksyczne jak akryloamid (ACR). Ten rozpuszczalny w wodzie monomer winylowy, szeroko rozpowszechniony w przemyśle, stosuje się do wytwarzania polimerów i kopolimerów zawierających polarne grupy funkcyjne. Akryloamid powstaje w produktach spożywczych poddawanych obróbce termicznej, zarówno w przemyśle spożywczym jak i gospodarstwach domowych, wskutek degradacji asparaginy w obecności cukrów redukujących. Co więcej literatura naukowa wskazuje na silną dodatnią korelację między poziomem cukrów redukujących a formowaniem akryloamidu [Yaylayan i in., 2003]. Podgrzewane produkty żywnościowe pochodzenia roślinnego zawierają znaczne ilości akryloamidu, zwłaszcza w przypadku zbóż i ziemniaków- roślin bogatych w asparaginę i cukry. Ponadto, obróbka termiczna pożywienia może powodować powstawanie substancji kancerogennych z innych niekancerogennych substancji. Nasza żywność jest przetworzona w coraz większym stopniu. W systemie klasyfikacji Unii

Europejskiej akryloamid występuje w kategorii drugiej, jako kancerogen i mutagen, oraz w trzeciej, jako substancja toksyczna dla reprodukcji. Badania metabolizmu ACR dowodzą, że najniższe stężenie akryloamidu w moczu kobiet i mężczyzn wynosi 1 ng/ml, w mleku matki 5 ng/ml, a w łożysku 2 ng/ml [Sorgel i in., 2002]. Prawdopodobnie 90% ACR jest metabolizowane i tylko niewielka jego część wydalana jest wraz z moczem, co oznacza, że akryloamid jest wolno usuwany z organizmu. Z kolei płody narażone są na dawki ACR, porównywalne z tymi jakie przyjmuje z pożywieniem matka. Brak wykształconej bariery krew-mózg u płodów, dodatkowo naraża mózg na toksyczny wpływ akryloamidu. Dlatego matki spożywające dużo przetworzonej termicznie żywności, bogatej w substraty akryloamidu, dodatkowo narażają swoje potomstwo na jego działanie neurotoksyczne [Sorgel i in., 2002]. Pierwsze badania nad neurotoksycznymi właściwościami ACR wykazały, że ekspozycja ludzi i zwierząt laboratoryjnych na akryloamid może wywoływać ataksję, słabość mięśni szkieletowych oraz utratę wagi [Spencer i in., 1974].

Wpływ kwasu 2-oksoglutazarowego, β -hydroksy- β -metylomaślanu oraz akryloamidu w diecie ciężarnej kobiety na rozwój potomstwa - w modelach zwierzęcych

Prowadzone w ostatnich latach badania na zwierzętach wykazały, że 2-Ox podawany *per os* ciężarnej świni w ostatnich tygodniach ciąży zwiększał masę ciała prosiąt, a dalej podawany *per os* noworodkom zwiększał wytrzymałość mechaniczną jak i gęstość mineralną kości długich [Śliwa i in., 2006]. Korzystne działanie diety zawierającej 2-Ox w okresie neonatalnym widoczne jest również w sytuacjach, w których rozwój został zaburzony przez prenatalne działanie glikokortykoidów. Neonatalna podaż 2-Ox przyczyniła się do poprawy struktury chrząstki stawowej i wzrostowej [Tomaszewska i in., 2012a]. Działanie 2-Ox jest również widoczne w przewodzie pokarmowym przez wpływ na rozwój czynnościowy poszczególnych odcinków jelit [Pierzynowski i in., 2002; Salvalaggio, 2002; Tomaszewska i in., 2012b].

Szczególną uwagę zwracają badania dotyczące rozwoju perinatalnego na materiale zwierzęcym, które wykazały dodatkowo korzystny wpływ HMB na wzrost wartości parametrów mechanicznych, gęstości mineralnej badanych kości oraz masę głównych narządów wewnętrznych noworodków macior, u których w okresie ostatnich 2 tygodni ciąży stosowano suplementację HMB. Co mogłoby być przydatne w prewencji i terapii chorób układu kostnego u ludzi. Uwagę zwracają także badania, które wykazały korzystny wpływ podaży HMB na stymulację aktywności układu immunologicznego [Crowe i in., 2003].

Nie ma skutecznej metody, która mogłaby zapobiec spożywaniu ACR, dlatego istotną rolę odgrywają badania na zwierzętach nad jego toksycznym działaniem. Powszechnie wykorzystywanym modelem w badaniach eksperymentalnych są myszy, szczury czy świny. Badania prowadzone na zwierzętach umożliwiają

obserwacje na poziomie molekularnym, biochemicznym, histologicznym, narządowym i behawioralnym zjawisk występujących również u człowieka. ACR podany przez ostatnie 35 dni ciąży śwince morskiej w dawce 3,0 mg/kg masy ciała wykazał negatywny wpływ na rozwój jelita cienkiego. ACR działając w okresie płodowym wpłynął również negatywnie na sploty nerwowe jelita cienkiego, które uległy powiększeniu, czego efektem może być istotna zmiana aktywności ruchowej oraz czynności wydzielniczej jelita, wpływając negatywnie na procesy trawienia w późniejszym życiu potomstwa [Tomaszewska i in., 2014].

Podsumowanie

Wiele dowodów wskazuje na ogromną rolę nie tylko stanu zdrowia ciężarnej, ale i jej diety na programowanie przyszłego rozwoju jej potomstwa. Negatywny wpływ wywiera niewłaściwe odżywianie ciężarnej matki. Programowanie żywieniowe dotyczy różnych układów i odzwierciedla działanie wielu czynników podczas specyficznej dla nich wrażliwości, indukując zmiany w rozwijających się strukturach, które mogą przetrwać bądź ujawnić się w późniejszym życiu [Bertram i Hanson, 2002; Matthews, 2001]. Koniecznym jest określenie wpływu czynników żywieniowych w diecie ludzi na wzrost i rozwój organizmu i poszczególne jego układy. Należy jednak pamiętać, że podstawą programowania perinatalnego są interakcje pomiędzy genami a środowiskiem, w którym funkcjonuje ciężarna. Wpływ czynników stymulujących w okresie neonatalnym może wykazywać dodatkowe działanie selektywnie wzmacniając prenatalnie indukowane efekty. Zidentyfikowano niektóre, wciąż nieliczne mechanizmy odpowiedzialne za obserwowane zjawiska programowania rozwoju. Intensywne badania na zwierzętach i prowadzone obserwacje u ludzi pozwolą wyjaśnić tak różnorodne efekty kliniczne oraz rolę, jaką w tych procesach odgrywają różne czynniki żywieniowe.

Literatura:

- [1] Bertram C.E., Hanson M.A.: Prenatal programming of postnatal endocrine responses by glucocorticoids. *Reproduction*, 2002, 124, 459-467.
- [2] Boza J., Turini M., Moennoz D., Montigon F., Vuichoud J., Gueissaz N., Gremaud G., Pouteau E., Piguët-Welsch J., Finot P., Ballevre O.: Effect of glutamine supplementation of the diet on tissue protein synthesis rate of glucocorticoid – treated rats. *Nutrition*, 2000, vol. 17, 1.
- [3] Breier B.H., Vickers M.H., Ikenasio B.A., Chan K.Y., Wong W.P.S.: Fetal programming of appetite and obesity. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 2001, 185, 73-79.
- [4] Burrin D., Stoll B.: Enhancing Intestinal Function to improve growth and efficiency. 9th International symposium on digestive physiology in pigs, Banff AB, Canada, 2003, vol. 1, 121-137.

- [5] Caldier P., Newsholme P.: Glutamine and the immune system. Nutrition and immune function. CAB International, 2002.
- [6] Chenu C.: Glutamatergic regulation of bone remodeling. Journal of musculoskel neuron interact, 2002, 2, 282-284.
- [7] Crowe M.J., O'Connor D.M., Lukins J.E.: The effects of beta-hydroxy-betamethylbutyrate (HMB) and HMB/creatine supplementation on indices of health in highly trained athletes. Journal of sport nutrition and exercise metabolism, 2003, 13 (2), 184-197.
- [8] Graham T.E., Sgro V., Friars D., Gibala M.J.: Glutamate ingestion: the plasma and muscle free amino acid pools of resting humans. Journal of physiology and endocrinology metabolism, 2000; 278, 83-89.
- [9] Han V.K.M., Carter A.M.: Control of growth and development of the fetoplacental unit. Current opinion in pharmacology, 2001, 1, 632-640.
- [10] Kristensen N.B., Jungvid H., Fernandes J.A., Pierzynowski S.G.: Absorption and metabolism of alpha-ketoglutarate in growing pigs. Journal of animal physiology and animal nutrition, 2002, 86, 1-7.
- [11] Leenhouders J.I., Knol E.F., Lende T.: Differences in late prenatal development as an explanation for genetic differences in piglets survival. Livestock production science, 2002, 78, 57-62.
- [12] Matthews S.G.: Antenatal glucocorticoids and the development brain: mechanisms of action. Seminars in neonatology, 2001, 6, 309-317.
- [13] McMillen I.C., Adams M.B., Ross J.T.: Fetal growth restriction: adaptations and consequences. Reproduction, 2001, 122, 195-204.
- [14] Owen D., Andrews M.H., Matthews S.G.: Maternal adversity, glucocorticoids and programming of neuroendocrine function and behavior. Neuroscience & biobehavioral reviews, 2005, 29, 209-226.
- [15] Pierzynowski S.G., Valvedre Piedra J.L., Hommel-Hanses T., Studziński T.: Glutamine's importance in gut health. Feed Mix, 2002, 10, 26-29.
- [16] Salvalaggio P.: Bacterial translocation of glutamine. Nutrition, 2002, 18, 435-436.
- [17] Sangild P.T., Fowden A.L., Trahair J.F.: How does the foetal gastrointestinal tract develop in preparation for enteral nutrition after birth?. Livestock production science, 2000, 66, 141-150.
- [18] Śliwa E., Dobrowolski P.: Perinatal programming of skeletal system. Journal of Pre-Clinical and Clinical Research, 2007, 1, 112-118.
- [19] Śliwa E., Kowalik S., Tatara M. R., Studziński T.: Effect of maternal administration of dexamethasone during last weeks of pregnancy on foetal skeletal system in pigs. Bull Vet Inst Pulawy, 2004, 48, 449-452.
- [20] Śliwa E., Tatara M.R., Nowakowski H., Pierzynowski S.G., Studziński T.: Effect of maternal dexamethasone and alpha-ketoglutarate administration on skeletal development during the last three weeks of prenatal life in pigs. Journal of maternal-fetal & neonatal medicine, 2006, 19, 489-493.

- [21] Śliwa E., Wawrzyniak-Gacek A., Tatar M. R., Kowalik S., Łuszczewska-Sierakowska I., Krupski W., Majcher P., Pierzynowski S. G., Studziński T.: The influence of dexamethasone and alpha-ketoglutarate on the development of skeletal system in pigs. *Medycyna Weterynaryjna*, 2005b, 61, 526-531.
- [22] Sorgel F., Weissenbacher R., Kinig-schippers M., Hofmann A., Illauer M., Skott A., Landersdorfer C.: Acrylamide: increased concentrations in homemade food and first evidence of its variable absorption from food, variable metabolism and placental and breast milk transfer in humans. *Chemotherapy*, 2002, 48, 267-274.
- [23] Spencer P.S., Schaumburg H.H.: A review of acrylamide neurotoxicity. Part II. Experimental animal neurotoxicity and pathologic mechanisms. *The Canadian Journal of Neurological Sciences*, 1974, 1, 170-92.
- [24] Symonds M.E., Budge H., Stephenson T., McMillen I.C.: Fetal endocrinology and development- manipulation and adaptation to long- term nutritional and environmental challenges. *Reproduction*, 2001, 121, 853-862.
- [25] Tatar M.R., Pierzynowski S.G., Majcher P., Krupski W., Wawrzyniak-Gacek A., Filip R., Silmanowicz P., Studziński T.: Wpływ podawania alfa-ketoglutaranu (AKG) na mineralizację, własności mechaniczne i strukturalne kości łokciowej indyka w warunkach osteotomii i odnerwieni. *Ortop Traumatol Rehabil*, 2003, 5, 666-672.
- [26] Tomaszewska E., Dobrowolski P., Puzio I., Prost L., Kurlak P., Sawczuk P., Badzian B., Hułas-Sstasiak M., Kostro K.: Acrylamide-induced prenatal programming intestine structure in guinea pig. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 2014, 65, 1, 107-115.
- [27] Tomaszewska E., Dobrowolski P., Puzio I.: Postnatal administration of 2-oxoglutaric acid improves the intestinal barrier affected by the prenatal action of dexamethasone in pigs. *Nutrition*, 2012b, 28, 190-196.
- [28] Tomaszewska E., Dobrowolski P., Wydrych J.: Postnatal administration of 2-oxoglutaric acid improves articular and growth plate cartilages and bone tissue morphology in pigs prenatally treated with dexamethasone. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 2012a, 63, 547-554.
- [29] Yaylayan V.A., Wnorowski A., Locas C.P.: Why asparagine needs carbohydrates to generate acrylamide. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2003, 5, 1753–1757.
- [30] Zanchi N.E., Gerlinger-Romero F., Guimarães-Ferreira L., de Siqueira Filho M.A., Felitti V., Lira F.S., Seelaender M., Lancha A.H. Jr.: HMB supplementation: clinical and athletic performance-related effects and mechanisms of action. *Amino Acids*, 2011, 40 (4), 1015-1025.

PORÓWNANIE WŁAŚCIWOŚCI PRZECIWRODNIKOWYCH WYBRANYCH HERBAT OWOCOWYCH

MONIKA KARAŚ, DARIUSZ KOWALCZYK, ANNA JAKUBCZYK,
EWELINA ZIELIŃSKA

Streszczenie

Właściwości przeciwutleniające substancji roślinnych często związane są z ich korzystnym wpływem na zdrowie ludzkie. Celem niniejszej pracy było porównanie zdolności przeciwrodnikowych naparów sześciu herbat owocowych różniących się składem, a co za tym idzie zawartością związków fenolowych i barwą. Właściwości przeciwutleniające naparów wyrażono jako zdolność do neutralizacji wolnych rodników DPPH[•] i ABTS^{•+}. Dodatkowo oznaczono zawartość całkowitą związków fenolowych oraz barwę naparów. Wszystkie badane napary herbat owocowych wykazywały aktywność przeciwrodnikową, która była dodatnio skorelowana ze stężeniem związków polifenolowych. Otrzymane wyniki wykazały, iż największą zawartością związków polifenolowych (156,2 i 159 mg GAE/100 ml) i jednocześnie najlepszą aktywnością przeciwrodnikową wobec DPPH[•] (57,09 i 67,96%) i ABTS^{•+} (98,49 i 98,92%) charakteryzowały się napary herbat odpowiednio „Lipton” oraz „Saga”. Najmniejszą zawartością związków polifenolowych (63,80 mg GAE/100 ml) i jednocześnie najniższą zdolnością neutralizowania wolnych rodników odznaczał się napar herbaty „Minutka” (30,23% wobec DPPH[•] oraz 52,66% wobec ABTS^{•+}). Nie stwierdzono zależności pomiędzy barwą naparów, a ich zdolnością przeciwrodnikową oraz zawartością związków polifenolowych.

Słowa kluczowe: właściwości przeciwrodnikowe, związki fenolowe, herbaty owocowe

Wprowadzenie

W ostatnich latach znacznie wzrosło zainteresowanie produktami roślinnymi mającymi zastosowanie w profilaktyce i leczeniu wielu schorzeń dietozależnych. Substancje roślinne, wykazujące niską wartość odżywczą, charakteryzują się różnorodnością budowy chemicznej i zaliczane są do: witamin (A, C i tokoferole), polifenoli (kwasy fenolowe, flawonoidy wraz z antocyjanami), alkaloidów, mikro- i makroelementów czy glukozylanów. Biologiczna aktywność tych związków często wiąże się z ich zdolnością przeciwutleniającą. Liczne badania naukowe wykazały, że spożywanie żywności bogatej w naturalne przeciwutleniacze jest

jednym ze sposobów zapobiegania chorobom aktywowanym lub przyspieszanym przez reaktywne formy tlenu (RFT). Wysoka reaktywność wolnych rodników sprawia, że na poziomie komórkowym mogą one oddziaływać z kluczowymi makrocząsteczkami (np. lipidami, białkami, DNA) i w ten sposób zmieniać ich biologiczną funkcję. Organizmy aerobowe w odpowiedzi na te zagrożenia wykształciły wiele enzymatycznych (katalaza, peroksydaza glutationowa, dysmutaza ponadtlenkowa) i nieenzymatycznych (białka wiążące metale przejściowe) mechanizmów obrony przed działaniem tych niebezpiecznych związków. Jednak w przypadku uszkodzenia naturalnej bariery ochronnej organizmu, zbyt intensywne procesy wolnorodnikowe czy też długotrwała ekspozycja na działanie rodników prowadzi do zaburzenia równowagi pro- i przeciwutleniającej organizmu. Brak równowagi pomiędzy generacją reaktywnych form tlenu, a zdolnościami przeciwutleniającymi organizmu określany jest stresem oksydacyjnym [Wartanowicz i Ziemiański, 1999; Jensen, 2003, Halliwell, 2012]. W ostatnich latach zebrano wiele dowodów na to, że stres oksydacyjny przyczynia się do powstawania wielu patologii, a w konsekwencji prowadzić może do takich schorzeń jak: nowotwory, choroby sercowo-naczyniowe, starzenie się organizmu czy też choroby neurologiczne (Parkinson, Alzheimer) [Gilgun-Sherki i in., 2004]. Nie oznacza to jednak, że wolne rodniki są główną przyczyną wymienionych chorób, mogą jednak występując w nadmiarze intensyfikować rozwój uszkodzeń w narządach.

Przeciwutleniacze stanowią dość liczną grupę różnorodnych związków pochodzenia roślinnego, spośród których związki polifenolowe są dominujące [Pandey i Rizvi, 2009]. Przeciwutleniacze pochodzące z naturalnych źródeł dzieli się na dwie grupy tzw. pierwotne i wtórne. Związki należące do pierwszej grupy są składnikami naturalnie obecnymi w surowcach roślinnych i zwierzęcych, natomiast wtórne powstają w procesach przetwarzania żywności [Korczak i in., 1999]; np.: polifenole powstające podczas wędzenia, S-nitrozocysteina wytwarzana w procesie peklowania [Rutkowski i in., 1997] oraz produkty reakcji Maillarda [Maniak i Targoński, 2001].

Oprócz zastosowania naturalnych przeciwutleniaczy w przemyśle spożywczym są one atrakcyjne z klinicznego punktu widzenia. Liczne badania epidemiologiczne potwierdziły skuteczność diety bogatej w owoce i warzywa w zapobieganiu procesom starzenia się i powstawaniu chorób cywilizacyjnych.

Ponieważ przyczyną wielu schorzeń są procesy wolnorodnikowe, uważa się że naturalne przeciwutleniacze pochodzenia roślinnego wykazują prozdrowotny wpływ na organizm człowieka [Bartoszek, 2002; Vitaglione i Fogliano, 2004; Szajdek i Borowska, 2004].

W ostatnich latach znacznie wzrosło zainteresowanie konsumentów herbatą owocową ze względu na jej właściwości smakowe, zapachowe oraz działanie prozdrowotne. Obecnie na rynku polskim znajduje się bardzo szeroki asortyment herbat owocowych zróżnicowanych pod względem składu, formy handlowej

(saszetki lub luzem) jak i producentów. Najczęściej jako komponenty herbat owocowych stosowane są susze owoców takich jak: malina, dzika róża, głóg, czarna porzeczka, aronia, wiśnia, czarny bez, czarna jagoda i jabłka, a także owoców cytrusowych. Ponadto bardzo często herbaty dodatkowo zawierają kwiat hibiskusa, a niekiedy także niewielki dodatek mięty, melisy, lipy czy cynamonu. Nie jest do nich dodawana tradycyjna czarna herbata. Mimo iż nazwy herbat owocowych (np. malinowa) sugerowałyby, że mamy do czynienia z produktem jednoskładnikowym to w rzeczywistości jest ona zawsze mieszaniną kilku suszy owocowych. Ponadto, większość herbat owocowych w końcowym etapie produkcji jest aromatyzowana [Podsędek i Anders, 2004].

Celem niniejszej pracy była ocena zawartości związków polifenolowych ogółem, właściwości przeciwutleniających wyrażonych jako zdolność do neutralizacji wolnych rodników (DPPH i ABTS⁺) oraz natężenia barwy czerwonej naparów sześciu herbat owocowych.

Materiał i metody badań

Materiał badawczy

Materiał badawczy stanowiły herbaty owocowe pochodzące od sześciu producentów, zakupione w sieci handlu detalicznego w Lublinie. Skład herbat, według informacji zawartej na opakowaniu przedstawiono w tab. 1.

Przygotowanie naparów

10 g każdej z herbat zmielono w młynku laboratoryjnym. Napary przygotowano zalewając 0,5g rozdrobnionego materiału 100 ml wody destylowanej o temp. 95°C. Próby pozostawiono na 20 minut pod przykryciem. Po ostudzeniu do temperatury pokojowej napary przesączono przez bibułę filtracyjną i wykorzystano do dalszych badań.

Oznaczanie zawartości związków fenolowych

Zawartość związków fenolowych w badanych naparach oznaczono metodą Singleton'a i Rossi [1965]. Do 1 ml naparu (rozcieńczonego wodą w stosunku 1:1) dodano 2 ml odczynnika Folina (rozcieńczonego wodą w stosunku 1:5), po 3 minutach dodano 10 ml 10% Na₂CO₃ i wymieszano. Absorbancję zmierzono po 30 minutach na spektrofotometrze przy długości fali 725 nm wobec próby kontrolnej. Całkowitą zawartość związków fenolowych, wyrażoną jako ekwiwalent kwasu galusowego (mg GAE/ml), obliczono wg wzoru:

$$X = \frac{A + 0,003}{0,6477}$$

X – zawartość związków fenolowych (mg GAE/100ml)

A – absorbancja

Tab. 1. Skład herbat owocowych (wg deklaracji producentów)

Nazwa herbaty	Wyprodukowano przez:	Skład
Owocowa leśna suszy do przygotowania naparu	Bastek Coffee & Tea sp. jawna dla Carrefour Polska Sp. z.o.o.	suszone owoce: tarniny, dzikiej róży, czarnego bzu, głogu, suszony kwiat hibiskusa-malwy sudańskiej, suszone owoce: jarzębiny, jabłka, maliny
Owocowo-ziołowa o smaku owoców leśnych	Herbapol-Lublin S.A.	owoc aronii (47,3%), kwiat hibiskusa, aromat, owoce: bzu czarnego (2%), jarzębiny (1,6%), borówki czernicy (1%), jeżyny (0,4%)
Owocowa, aromatyzowana, ekspresowa. Dzika róża z czarną porzeczką	Lipton, Unilever Polska S.A.	hibiskus (57,6%), dzika róża (24,7%), aromat (14,4%), maltodekstryna, jeżyna (0,5%), czarna porzeczka (0,5%), malina (0,3%), jagoda (0,3%)
Owocowa ekspresowa aromatyzowana z dodatkiem soku owocowego (Owocowa z jeżyną, maliną i jagodami)	Minutka, Mokate S.A.	kwiat hibiskusa, jabłko, czarna porzeczka 7%, aromaty, malina 6%, korzeń lukrecji 4%, jeżyna 4%, jagoda 4%, suszony sok owocowy 2%, kwas jabłkowy-regulator kwasowości
Owocowa (Dzika róża z owocami leśnymi)	Saga, Unilever Polska S.A.	hibiskus, dzika róża (32%), aromat owoców leśnych, owoce leśne (1,2%): borówka (0,2%), jeżyna (0,2%), malina (0,2%), maltodekstryna
Owoce leśne herbata owocowa	Vitax, Multeafil Sp. z.o.o. dla Tetley Polska sp. z.o.o.	hibiskus, jabłko, aronia, liść jeżyny, aromaty, liść mięty, owoc dzikiej róży, kwas cytrynowy- regulator kwasowości, owoce: bzu czarnego, czarnej porzeczki (1,0%), jagody (0,1%), jeżyny (0,1%), maliny (0,1%), poziomki (0,1%)

Oznaczenie aktywności przeciwnadkwasowej wobec DPPH'

Właściwości przeciwnadkwasowe oznaczono wobec DPPH' (1,1-difenylo-2-pikrylohydrazylu) zgodnie z metodą Brand-Wiliams'a i in. (1995). Do 0,04 ml naparu dodano 1,96 ml metanolewego roztworu DPPH' o stężeniu 6×10^{-5} mol/dm³ i wymieszano. Po 10 minutach zmierzono absorbancję przy długości fali 515 nm. Próbę kontrolną stanowił metanol w miejsce badanego naparu.

Aktywność przeciwnadkwasową wyrażono jako % neutralizacji wolnych rodników DPPH' według wzoru podanego przez Yen'a i Duha [von Gadow i in., 1997].

$$(\%) = \frac{A_{C(0)} - A_{A(t)}}{A_{C(0)}} \times 100$$

gdzie:

$A_{C(0)}$ - absorbancja próby kontrolnej w czasie 0

$A_{A(t)}$ - absorbancja próby badanej zmierzona po 10 minutach

Oznaczenie aktywności przeciwrodnikowej wobec ABTS^{•+}

Właściwości przeciwrodnikowe oznaczono wobec ABTS^{•+} (2,2-azinobis-3-etylobenzenotiazolino-6-kwas sulfonowy) zgodnie z metodą podaną przez Re i in. [1993]. Do 1,8 ml wodnego roztworu ABTS^{•+} o stężeniu 7 mmol/dm³ dodano 0,04 ml badanego naparu. Po 10 minutach zmierzono absorbancję przy długości fali 734 nm. Próbę kontrolną stanowiła woda w miejsce badanego naparu. Aktywność przeciwrodnikową wyrażono jako % neutralizacji wolnych rodników ABTS^{•+} według wzoru:

$$(\%) = \frac{A_{C(0)} - A_{A(t)}}{A_{C(0)}} \times 100$$

gdzie:

$A_{C(0)}$ - absorbancja próbki kontrolnej w czasie 0

$A_{A(t)}$ - absorbancja próbki z badanym ekstraktem zmierzona po 10 minutach

Oznaczenie barwy naparów

Pomiar barwy naparów (rozcieńczonych wodą destylowaną w stosunku 1:1) przeprowadzono metodą spektrofotometryczną (UV/VIS Lambda 40) w 1-centymetrowych kuwetach szklanych. Czerwoną barwę oznaczano rejestrując absorbancję przy długości fali 520 nm. Wyższa wartość absorbancji świadczy o większej intensywności barwy naparu.

Wszystkie oznaczenia wykonano w trzech powtórzeniach, a uzyskane wyniki uśredniono.

Wyniki i dyskusja

Zawartość związków fenolowych w badanych naparach herbat owocowych, wyrażoną jako ekwiwalent kwasu galusowego (mg GAE/100ml), przedstawiono w tab. 2. Całkowita zawartość związków fenolowych w badanych naparach kształtowała się na zróżnicowanym poziomie od 63,80 mg GAE/100 ml (herbata Minutka) do 159,00 mg GAE/100 ml (herbata Saga).

Zaobserwowane zróżnicowanie w zawartości polifenoli w naparach jest najprawdopodobniej wynikiem odmiennego składu badanych herbat. Herbata „Saga”, charakteryzująca się największą zawartością związków fenolowych, zawiera dużą ilość owoców dzikiej róży (32%, tab. 1) oraz maliny, borówki, jeżyny i hibiskusa. Napar z herbaty „Lipton” charakteryzował się podobnie wysoką zawartością polifenoli ogółem (156,20 mg GA/100 ml) jak napar z herbaty „Saga”. Na uwagę zasługuje fakt, iż herbatę „Lipton” również cechuje stosunkowo wysoka zawartość owoców dzikiej róży (24,7%, tab. 1), a obie herbaty pochodzą od tego samego producenta (tab. 1). Niestety w przypadku pozostałych herbat, zawierających owoce dzikiej róży, producenci nie deklarują na opakowaniu procentowego udziału tego składnika w herbacie. Uniemożliwia to zatem

prawidłową interpretację otrzymanych wyników, co do wpływu zawartości owoców dzikiej róży w herbacie na zawartość związków polifenolowych. Niemniej jednak herbata o najmniejszej zawartości związków fenolowych to mieszanka, która nie zawiera w swoim składzie owoców dzikiej róży (tab. 1).

Badane napary herbat charakteryzowały się zróżnicowanymi właściwościami przeciwrodnikowymi wobec DPPH[•] (tab. 2).

Tab. 2. Zawartość związków fenolowych, natężenie barwy czerwonej oraz aktywność przeciwrodnikowa naparów wybranych herbat owocowych

Próba	Zawartość związków fenolowych [mgGA/100ml]	Natężenie barwy czerwonej [absorbancja 520nm]	Zdolności do neutralizacji wolnych rodników [%]	
			DPPH [•]	ABTS ^{•+}
Carrefour	77,60 ± 19,89	0,26 ± 0,02	30,38 ± 1,67	65,30 ± 1,74
Herbapol	84,73 ± 0,34	0,56 ± 0,05	41,05 ± 9,17	64,94 ± 8,69
Lipton	156,20 ± 0,66	0,21 ± 0,02	57,09 ± 1,39	98,49 ± 0,17
Minutka	63,80 ± 0,15	0,25 ± 0,02	30,23 ± 3,34	52,66 ± 6,96
Saga	159,00 ± 0,39	0,44 ± 0,02	67,96 ± 3,26	98,92 ± 0,23
Vitax	82,33 ± 0,12	0,25 ± 0,03	33,18 ± 5,01	59,84 ± 0,16

Otrzymane wyniki wykazały, że najsilniejszymi właściwościami przeciwrodnikowymi wobec DPPH[•] charakteryzował się napar herbaty „Saga”, który neutralizował 67,96% rodników, a najsłabszymi napar herbata „Minutka”, który redukował 30,23% wolnych rodników.

Analizując skład herbat (tab. 1) stwierdzono, że kompozycja składników wybranych herbat w znaczący sposób warunkowała ich właściwości przeciwrodnikowe. Herbata „Saga” o największej zdolności „wygaszania” rodników DPPH[•], zawierała owoc dzikiej róży w zadeklarowanej przez producenta ilości 32%. Ponadto zawierała kwiat hibiskusa, owoc maliny, borówki i jeżyny. Na drugim miejscu pod względem zdolności przeciwrodnikowych wobec DPPH[•] znalazła się herbata „Lipton”, która podobnie jak „Saga” również zawiera stosunkowo dużą ilość suszu owoców dzikiej róży (24,7%) oraz hibiskus, malinę, jeżynę, jagodę oraz czarną porzeczkę.

W badaniach przeprowadzonym przez Szlachtę i Małecką (2008) szczególnie wysoką aktywność przeciwutleniającą wykazały następujące susze owocowe: dzika róża 80,1%, hibiskus 57,9%, malina 40,7%. Podobnie w pracy Pacholek i in. [2014] najwyższymi właściwościami przeciwutleniającymi charakteryzowały się susze z dzikiej róży i aronii. Wyniki otrzymane w niniejszej pracy potwierdzają, że napary z herbat zawierających owoce dzikiej róży wykazują najwyższą aktywność przeciwrodnikową. Napary z herbat „Carrefour”, „Minutka” i „Vitax”

charakteryzowały się natomiast najniższą zdolnością neutralizowania rodników generowanych z DPPH, wynoszącą 30,23%.

Ocenę zdolności przeciwrodnikowych badanych naparów herbat, wykonano również z użyciem ABTS⁺ (tab. 2). Najwyższą aktywność przeciwrodnikową wobec ABTS⁺, podobnie jak i DPPH, wykazały napary z herbat „Saga” i „Lipton”, odpowiednio 98,92% i 98,49%. Natomiast herbata „Minutka” charakteryzowała się najniższą zdolnością redukcji rodnika ABTS⁺ (52,66%). Otrzymane wyniki sugerują, że aktywność przeciwrodnikowa naparu z tej herbaty związana jest z brakiem w jej składzie, w odróżnieniu od pozostałych badanych herbat, suszu z owoców dzikiej róży.

W tab. 2 przedstawiono wpływ rodzaju herbaty na intensywność barwy czerwonej. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że największą intensywnością barwy czerwonej, wyraźnie odbiegającą od pozostałych naparów, odznaczał się napar z herbaty „Herbapol”. W skład tej herbaty wchodzi owoce aronii (47,3%), które znacząco intensyfikują barwę naparu (tab.1). Na drugim miejscu pod względem barwy znalazła się herbata Saga, natomiast pozostałe napary herbat wykazywały stosunkowo podobne natężenie barwy (tab. 2).

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że im wyższa zawartość związków fenolowych w naparach tym większa aktywność przeciwrodnikowa wobec DPPH jak i ABTS⁺ (współczynnik determinacji $R^2=0,928$ i $0,983$). Istnieje zatem zależność pomiędzy zawartością polifenoli, a zdolnością naparów herbat owocowych do neutralizacji wolnych rodników. Im większa zawartość polifenoli tym lepsze właściwości przeciwutleniające herbaty.

Nie stwierdzono zależności pomiędzy zawartością polifenoli, a barwą naparów badanych herbat owocowych ($R^2=0,005$), a co za tym idzie nie zaobserwowano zależności pomiędzy natężeniem barwy naparów a zdolnością do redukcji rodnika DPPH oraz ABTS⁺ (tab. 2).

Wnioski

1. Największą zawartością związków polifenolowych i jednocześnie najlepszymi zdolnościami neutralizowania rodników DPPH i ABTS⁺ odznaczały się napary herbat „Saga” oraz „Lipton”. Najmniejszą zawartością związków polifenolowych i jednocześnie najniższą zdolnością neutralizowania wolnych rodników odznaczał się napar herbaty „Minutka”.
2. Herbata „Herbapol” odznaczała się najintensywniejszą barwą naparu spośród wszystkich przebadanych mieszanek.
3. Nie stwierdzono zależności pomiędzy barwą naparów a zawartością związków polifenolowych czy też aktywnością przeciwrodnikową.

4. Deklarowany przez producenta skład jakościowy herbat, nie pozwala przewidywać jakości uzyskanych naparów pod kątem zawartości związków polifenolowych, aktywności przeciwutleniającej oraz nasycenia barwy.

Literatura

- [1] Bartoszek A., Forc A., Grześkowiak J.: Antioxidative properties of some vegetable products traditional for diets in central Europe - short raport. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 2002, 11(52), 67-70.
- [2] Brand-Williams W., Cuvelier M.E., Berset C.: Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie, 1995, 28, 25-30.
- [3] Gilgun-Sherki Y., Melamed E., Offen D.: The role of oxidative stress in the pathogenesis of multiple sclerosis: The need for effective antioxidant therapy. Journal of Neurology, 2004, 251, 261-268.
- [4] Halliwell B.: Free radicals and antioxidants: updating a personal view. Nutrition Reviews, 2012, 70 (5), 257-265.
- [5] Jensen S.J.: Oxidative stress and free radicals. Journal of Molecular Structure, 2003, 666-667, 387-392.
- [6] Korczak J., Janitz W., Hęś M., Nogała-Kalucka M., Gogolewski M.: Stabilizacja oleju rzepakowego przy wykorzystaniu naturalnych przeciwutleniaczy. Rośliny Oleiste, 1999, 20, 569-579.
- [7] Maniak B., Targoński Z.: Przeciwutleniacze naturalne występujące w żywności. Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny, 1996, 40, 7-10.
- [8] Pacholek B., Krawczyk K., Żak E.: Potential use of dried fruit pomaces to create sensory properties and antioxidant activity of fruit teas. Towaroznawcze Problemy Jakości, 2014, 3, 77-84.
- [9] Pandey K.B., Rizvi S.I.: Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2009, 2(5), 270-278.
- [10] Podśędek A., Anders B.: Aktywność antyoksydacyjna naparów herbatek owocowych. Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, 2004, 3, 283-289.
- [11] Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice- Evans, C.: Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Biology and Medicine, 1999, 26, 1231-1237.
- [12] Rutkowski A., Kozłowska H.: Preparaty żywnościowe z białka roślinnego. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1981.
- [13] Singleton V.L., Rossi J.A.: Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 1965, 16, 144-158.

- [14] Szajdek A., Borowska J.: Właściwości przeciwutleniające żywności pochodzenia roślinnego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, 4 (41), 5-28.
- [15] Szlachta M., Małecka M.: Właściwości przeciwutleniające herbatek owocowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, 1 (56), 92-100.
- [16] Vitaglione P., Fogliano V.: Use of antioxidants to minimize the human health risk associated to mutagenic/carcinogenic heterocyclic amines in food. *Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*, 2004, 802(1), 189-99.
- [17] von Gadow A., Joubert E., Hansmann C.F.: Comparison of the antioxidant activity of Aspalathin with that of other plant phenols of Rooibos Tea (*Aspalathus linearis*), α -tocopherols, BHT and BHA., *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1997, 45 (3), 632-638.
- [18] Wartanowicz M., Ziemiański S.: Stres oksydacyjny oraz mechanizmy obronne. *Żywnienie Człowieka i Metabolizm*, 1999, 26, 67-80.

ZNACZENIE ŻYWIENIOWE UTLENIONYCH POCHODNYCH CHOLESTEROLU W MIĘSIE I PRODUKTACH MIĘSNYCH

MAŁGORZATA KARWOWSKA, JUSTYNA LIBERA, KAROLINA M.
WÓJCIAK

Streszczenie

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie wpływu utleniania lipidów na wartość żywieniową oraz zdrowotność mięsa i produktów mięsnych, ze szczególnym uwzględnieniem pochodnych utleniania cholesterolu powstających w mięsie podczas przetwarzania i przechowywania. Mięso, z uwagi na budowę i obecność fosfolipidów membran komórkowych, w których głównie zlokalizowane są nienasycone kwasy tłuszczowe, jak również obecność substratów reakcji oksydacji (nienasyconych kwasów tłuszczowych, białek, w tym barwników hemowych, cholesterolu) oraz składników działających prooksydacyjnie (jony metali), jest podatne na procesy utleniania. W wielu badaniach udowodniono, że produkty utleniania lipidów wykazują szkodliwe działanie biologiczne, a niektóre zostały powiązane z etiologią różnych chorób neurodegeneracyjnych, układu krążenia oraz nowotworów. Szczególnie istotne z punktu widzenia bezpieczeństwa i zdrowotności mięsa i produktów mięsnych są produkty utleniania cholesterolu (PUCh), które powstają w żywności w wyniku nieenzymatycznych reakcji występujących podczas obróbki cieplnej, przetwarzania i przechowywania produktów pochodzenia zwierzęcego. Produkty utleniania cholesterolu charakteryzuje szerokie spektrum złożonych aktywności biologicznych m.in. działanie mutagenne, kancerogenne, hamujące syntezę DNA oraz biosyntezę cholesterolu oraz zaburzenie działania błon komórkowych. Zawartość oksysteroli w żywności pochodzenia zwierzęcego zależy od temperatury stosowanej podczas jej wytwarzania, czasu obróbki cieplnej oraz warunków i długości przechowywania. Wyniki prowadzonych w tym zakresie badań wskazują, że świeże mięso nieprzetworzone zazwyczaj zawiera nieznaczne ilości PUCh, podczas gdy mięso poddane obróbce kulinarnej staje się znaczącym źródłem oksysteroli w diecie człowieka.

Słowa kluczowe: produkty utleniania cholesterolu, mięso, produkty mięsne

Wprowadzenie

Utlenianie składników mięsa i wyrobów mięsnych, obok rozwoju drobnoustrojów, jest główną przyczyną pogarszania ich jakości podczas przechowywania [Falowo i in., 2014]. Podatność mięsa na procesy oksydacyjne

zachodzące podczas przechowywania, określana stabilnością oksydacyjną, uwarunkowana jest przede wszystkim dobrostanem zwierząt, warunkami hodowli i rodzajem skarmianych pasz oraz przebiegiem procesu technologicznego, w tym również stosowanymi składnikami dodatkowymi. W szczególności stabilność oksydacyjna mięsa uzależniona jest od zawartości substratów reakcji oksydacji (nienasyconych kwasów tłuszczowych, białek, w tym barwników hemowych, cholesterolu), obecności i skuteczności działania przeciwutleniaczy endo- i egzogennych oraz składników działających prooksydacyjnie (jony metali) [Wąsowicz i in., 2004].

Szczególna podatność mięsa na procesy utleniania związana jest z jego budową i obecnością fosfolipidów membran komórkowych, ponieważ w nich głównie zlokalizowane są nienasycone kwasy tłuszczowe, a duża powierzchnia błon komórkowych i bliskość składników działających pro oksydacyjnie, zawartych w komórkach, sprzyja reakcjom utlenienia. Składnikiem strukturalnym błon komórkowych jest również cholesterol, który z uwagi na swoją budowę łatwo ulega oksydacji [Hur i in., 2007].

Przemiany oksydacyjne zachodzące w mięsie i produktach mięsnych ograniczają ich trwałość poprzez wpływ na zmiany cech sensorycznych (tekstury, barwy, smaku, zapachu), wartość odżywczą oraz na bezpieczeństwo zdrowotne z uwagi na toksyczne związki przemian oksydacyjnych, do których należą m.in. oksysterole [Contini i in. 2014]. W wyniku utleniania kwasów tłuszczowych powstaje wiele różnorodnych produktów zarówno lotnych, wpływających na cechy sensoryczne, jak i nielotnych, które pogarszają cechy fizykochemiczne i rzutują na jakość zdrowotną żywności. Produkty utleniania lipidów, zarówno pierwotne jak i wtórne, są bardzo reaktywne i wchodzą w reakcje z innymi składnikami mięsa, zmieniając ich właściwości fizyczne i chemiczne. W efekcie interakcji następuje obniżenie zawartości aminokwasów oraz zmiany strawności białka [Hęś i Korczak, 2007]. Jednak szczególne znaczenie dla bezpieczeństwa zdrowotnego żywności ma powstawanie związków wykazujących szkodliwe działanie w organizmie człowieka. W wielu badaniach udowodniono, że produkty utleniania tłuszczów zawartych w diecie są łatwo wchłaniane przez jelito, a ich stężenie w osoczu krwi wzrasta wielokrotnie po spożytym posiłku [Bałasińska i Mazur, 2004]. Produkty utleniania lipidów wykazują szkodliwe działanie biologiczne, a niektóre zostały powiązane z etiologią różnych chorób neurodegeneracyjnych i układu krążenia, jak również różnych rodzajów raka [Duthie i in., 2013].

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie wpływu utleniania lipidów na wartość żywieniową oraz zdrowotność mięsa i produktów mięsnych, ze szczególnym uwzględnieniem pochodnych utleniania cholesterolu powstających w mięsie i produktach mięsnych.

Produkty utleniania cholesterolu (PUCh)

Mechanizm powstawanie produktów utleniania cholesterolu

Cholesterol jest steroidem zwierzęcym zawierającym w swej strukturze skondensowany układ czteropierścieniowy cyklopentanoperhydrofenantrenu i 8-węglowy, nasycony łańcuch boczny oraz grupę hydroksylową w pozycji 3β [Otaegui-Arrazola i in., 2010]. Ze względu na obecność w cząsteczce wiązania nienasyconego może podlegać licznym reakcjom chemicznym, w tym oksydacji [Orczewska-Dudek i in., 2012]. W tabeli 1 podano nomenklaturę i pochodzenie oksysteroli najczęściej występujących w żywności pochodzenia zwierzęcego. Produkty utleniania cholesterolu, obok grupy hydroksylowej w pozycji 3β , zawierają dodatkowy atom lub atomy tlenu w postaci grup hydroksylowych, epoksydowych lub ketonowych zlokalizowanych w obrębie układu pierścieniowego lub w łańcuchu bocznym. Powstają one w wyniku reakcji nieenzymatycznych, jak działanie reaktywnych form tlenu czy produktów peroksydacji lipidów oraz jako konsekwencja działania enzymów na szlakach syntezy kwasów żółciowych i hormonów steroidowych.

Tab. 1. Nomenklatura i pochodzenie oksysteroli najczęściej występujących w żywności pochodzenia zwierzęcego [Wielkoszyński, 2003; Brown i Jessup, 2009; Orczewska-Dudek i in., 2012]

Nazwa zwyczajowa	Nazwa systematyczna	Skrót używany w pracy	Pochodze- nie
Cholesterol	Cholest-5-en- 3β -ol	Ch	-
7α -hydroksycholesterol	Cholestan- 3β , 7α -diol	7α -OH-Ch	E/N*
7β -hydroksycholesterol	Cholestan- 3β , 7β -diol	7β -OH-Ch	N
7-ketocholesterol	Cholest-5-en- 3β -ol-7-on	7-keto-Ch	N
α -epoksyd cholesterolu	Cholestan- 5α , 6α -epoksy- 3β -ol	α -epoksy-Ch	N
β -epoksyd cholesterolu	Cholestan- 5β , 6β -epoksy- 3β -ol	β -epoksy-Ch	N
19-hydroksycholesterol	Cholest-5-en- 3β , 19-diol	19-OH-Ch	?
25-hydroksycholesterol	Cholest-5-en- 3β , 25-diol	25-OH-Ch	E
Cholestantriol	Cholestan- 3β , 5α , 6β -triol	Ch-triol	N

* E – enzymatyczne, N – nieenzymatyczne

Utlenianie cholesterolu w żywności zachodzi przede wszystkim w wyniku nieenzymatycznych reakcji występujących podczas obróbki cieplnej, przetwarzania i przechowywania produktów pochodzenia zwierzęcego. Uważa się, że pierwotnymi produktami utleniania cholesterolu są 7α i 7β -wodoronadtlenki powstające w wyniku utraty atomu wodoru przy węglu w pozycji 7 na skutek ataku reaktywnych form tlenu na cząsteczkę cholesterolu [Brown i Jessup, 2009]. Produktami ich rozpadu są 7α -hydroksycholesterol, 7β -hydroksycholesterol i 7-ketocholesterol. Inicjatorem powstawania produktów utleniania cholesterolu

(PUCh) w wyniku procesu utleniania może być kation metalu przejściowego, kation tlenowy ($O-O^+$), rodniki pochodzące z rozpadu wodoronadtlenków (RO^* , HO^*), rodnik obecny w surowcu lub powstający w procesie jego przetwarzania [Czernecki, 2012]. W przypadku, gdy atak wolnego rodnika dotyczy podwójnego wiązania zlokalizowanego pomiędzy atomami węgla w pozycji 5 i 6 powstają α - i β -epoksycholesterol, które ulegając hydrolizie tworzą cholestantriol [Bosinger i in., 1993]. 25-hidroksycholesterol może powstawać w wyniku enzymatycznej hydroksylacji bocznego łańcucha cholesterolu z udziałem 25-hydroksylazy cholesterolowej [Rozner i Garti, 2006].

Biologiczna rola pochodnych utleniania cholesterolu

Oksysterole zawarte w pożywieniu są absorbowane w przewodzie pokarmowym i transportowane przez lipoproteiny krwi do tkanek. Istnieją dowody negatywnego wpływu produktów utleniania cholesterolu na zdrowie człowieka [Guardiola i in., 1996; Valenzuela i in., 2003; Poli i in., 2009]. Oksysterole posiadają odmienne właściwości fizykochemiczne i różną od niezmodyfikowanych steroli aktywność biologiczną. Mechanizmy oddziaływań oksysteroli na poziomie komórkowym obejmują szerokie spektrum złożonych aktywności biologicznych i pozostają nie do końca zbadane. Wśród charakterystycznych efektów tych związków można wymienić działanie mutagenne, kancerogenne, hamujące syntezę DNA oraz biosyntezę cholesterolu oraz zaburzenie działania błon komórkowych [Sottero i in., 2009]. Produkty utleniania cholesterolu mają silne właściwości osłabiające syntezę cholesterolu. Mogą również zastępować cholesterol w błonach powodując zmianę ich płynności, a w konsekwencji przepuszczalność.

Cytotoksyczność produktów utleniania cholesterolu (PUCh) jest przedmiotem intensywnych badań ze względu na potencjalne powiązanie oksysteroli z rozwojem miażdżycy jak i niektórych nowotworów m.in. okrężnicy. W literaturze zaproponowano kilka mechanizmów działania cytotoksycznego produktów utleniania cholesterolu: perturbacje poziomu wewnątrzkomórkowego wapnia, modyfikacje błon liposomowych i mitochondrialnych. Ponadto, oksysterole i inne produkty peroksydacji lipidów indukują reakcje cytotoksyczne, które mogą sprzyjać powstawaniu ROS i dalszej peroksydacji lipidów [Sottero i in., 2009]. Obecny stan wiedzy wskazuje na cytotoksyczne działanie produktów utleniania cholesterolu w stosunku do komórek śródbłonna i mięśni gładkich tętnic stanowiące przyczynę zmian miażdżycowych. Stwierdzono, że najbardziej toksycznymi oksysterolami dla komórek są: cholestanetriol, 25-, 26-hidroksycholesterole, 7-ketocholesterol, 7 α - i 7 β -hidroksycholesterole. Epoksydy cholesterolu są bardzo aktywne jako czynniki powodujące stłuszczenie komórek [Czernecki, 2012].

W wielu badaniach udowodniono, że produkty utleniania tłuszczów zawartych w diecie są łatwo wchłaniane przez jelito, a ich stężenie w osoczu krwi wzrasta wielokrotnie po spożytym posiłku [Bałasińska i Mazur, 2004]. Linstein i Wolfram

[1998] zaobserwowali, że u osób po spożyciu produktów zawierających duże ilości utlenionego cholesterolu (salami i parmezanu), po 3-5 godzinach następował znaczny wzrost stężenia utlenionego wolnego cholesterolu w osoczu. Wzrost stężenia pochodnych utlenionych 7- α , 7- β , 7-ketocholesterolu u tych osób wystąpił po 6-8 godzinach. Na podstawie przedstawionego doświadczenia autorzy, porównując skład chylomikronów i testowanej żywności, stwierdzili, że chociaż utleniony cholesterol absorbowany jest w jelicie cienkim, to jednak pojawiają się wyraźne różnice w biodostępności jego pojedynczych utlenionych form.

Występowanie pochodnych utleniania cholesterolu w żywności

Zawartość oksysteroli w żywności pochodzenia zwierzęcego zależy od temperatury stosowanej podczas jej wytwarzania, czasu obróbki cieplnej oraz warunków i długości przechowywania [Orczewska-Dudek i in., 2012]. Dodatkowo na ilość powstających produktów utleniania cholesterolu ma wpływ obecność wielonienasyconych kwasów tłuszczowych oraz ilość składników wykazujących działanie przeciwutleniające. Zawartość oksysteroli w żywności zazwyczaj nie przekracza 1% cholesterolu całkowitego. Tylko w szczególnych przypadkach nawet 10% lub więcej cholesterolu obecnego w żywności może ulegać utlenianiu [Derewiaka i Obiedziński, 2009; Hur i in., 2007].

Dominującymi produktami utleniania cholesterolu występującymi w mięsie i produktach mięsnych są: 7-keto-Ch, β - i α -izomery 5,6-epoxycholesterolu i 7-hydroxycholesterol [Garcia-Requeiro i Marascheillo, 1997; Hur i in., 2007; Soto-Rodríguez i in., 2008]. Zawartość produktów utleniania cholesterolu w mięsie i wybranych produktach mięsnych przedstawiono w tabeli 2.

Świeże mięso nieprzetworzone zazwyczaj zawiera nieznaczne ilości pochodnych utleniania cholesterolu (PUCh), podczas gdy mięso poddane obróbce kulinarnej staje się znaczącym źródłem oksysteroli w diecie człowieka [Hur i in., 2007]. Temperatura obróbki cieplnej oraz warunki przechowywania (obecność tlenu, dostęp światła, temperatura) są kluczowymi czynnikami wpływającymi na powstawanie oksysteroli. Badania Derewiaki i Obiedzińskiego [2009] wykazały, że zawartość produktów utleniania cholesterolu w mięsach i produktach mięsnych po smażeniu (17,5-34,9 $\mu\text{g/g}$ tłuszczu) była istotnie wyższa niż przed smażeniem (2,2-10,7 $\mu\text{g/g}$ tłuszczu). Conchillo i in. [2005] wykazali wpływ obróbki cieplej oraz warunków i czasu przechowywania na całkowitą zawartość oksysteroli w mięsie. Stwierdzili, że obecność produktów utleniania cholesterolu w surowym, grillowanym i pieczonym mięsie kurczęcym była odpowiednio 1,6-, 5,9- oraz 1,94-razy wyższa podczas przechowywania w warunkach tlenowych w porównaniu do przechowywania próżniowego. Jednocześnie próby mięsa poddanego obróbce cieplnej (w szczególności pieczone) przechowywane w warunkach dostępu tlenu charakteryzowały się najwyższą zawartością PUCh.

Tab. 2. Zawartość utlenionych pochodnych cholesterolu w mięsie i produktach mięsnych

Rodzaj produktu	Suma produktów utleniania cholesterolu	Referencje
Surowe mięso kurczące (przechowywane przez 3 miesiące)	7,40 µg/g tłuszczu	Conchillo i in. [2005]
Mięso i produkty mięsne <i>Przed smażeniem</i>	2,2-10,7 µg/g tłuszczu	Derewiaka i Obiedziński [2009]
<i>Po smażeniu</i>	17,5-34,9 µg/g tłuszczu	
Mięso wołowe	0,1 µg/g	Boselli i in. [2009]
Mięso wołowe	<8 µg/g	Feroli i in. [2010]
Szynka surowo dojrzewająca	0,8 ppm	Sanchez-Molinero i in. [2010]
Modelowe wieprzowe produkty mięsne	5,1-30,4 µg/100g produktu	Karwowska i Dolatowski [2014]

Biorąc pod uwagę biologiczną rolę pochodnych utleniania cholesterolu, kluczowym zagadnieniem w ocenie jakości żywności pochodzenia zwierzęcego jest monitorowanie obecności oksysteroli oraz opracowywanie metod zapobiegania ich tworzenia podczas przetwarzania i przechowywania. Wiele przeprowadzonych badań wykazało, że dodatek przeciwutleniaczy do żywności chroni cholesterol przed utlenianiem przy zastosowaniu wysokiej temperatury. Badania Bariuso i in. [2015] potwierdziły skuteczność ekstraktu melisy w hamowaniu powstawania utlenionych pochodnych cholesterolu w modelowym układzie poddanym obróbce cieplnej w temperaturze 180°C. Badania przeprowadzone przez Janoszkę [2010] nad skutecznością dodatku cebuli i czosnku do potraw z mięsa wieprzowego wskazały na hamowanie powstawania 7-ketocholesterolu i 7-hydroksycholesterolu o ponad 88%. Badania Karwowskiej i Dolatowskiego [2014] nad wpływem dodatku nasion gorczycy na stopień utlenienia cholesterolu w świeżych i przechowywanych produktach mięsnych poddanych obróbce cieplnej przeprowadzone z zastosowaniem chromatografu gazowego sprzężonego ze spektrometrem masowym wykazały obecność 7 produktów utleniania cholesterolu w produktach świeżych i przechowywanych: 7 α - oraz 7 β -hydroksysteroli, 5,6 α - oraz 5,6 β -epoksyysteroli, 7-ketosteroli oraz trioli. Na podstawie analizy otrzymanych wyników autorzy stwierdzili obniżenie zawartości poszczególnych produktów utlenienia cholesterolu w produktach z dodatkiem gorczycy w porównaniu do próby kontrolnej. Jednocześnie zasugerowali, że odpowiedzialnymi za zjawisko zapobiegania utlenianiu lipidów mogą być w głównej mierze związki fenolowe zawarte w nasionach gorczycy oraz powstające w wyniku zastosowanej obróbki cieplnej wyrobów mięsnych z gorczycą.

Podsumowanie

Z uwagi na potencjalne ryzyko zdrowotne spożywania żywności zawierającej produkty utleniania cholesterolu ważne jest poznanie mechanizmów powstawania oraz sposobów ograniczania ich tworzenia w żywności. Oddziaływanie oksysteroli na poziomie komórkowym obejmuje szerokie spektrum złożonych aktywności biologicznych, jednakże pozostaje nie do końca zbadane. Tworzenie produktów utleniania cholesterolu w żywności można ograniczyć poprzez stosowanie temperatury minimalnej zapewniającej bezpieczeństwo zdrowotne produktów, zastosowanie pakowania próżniowego lub atmosfery gazów ochronnych, zapewnienie niskiej temperatury przechowywania bez dostępu światła, poprzez żywieniowe wzbogacanie mięsa w przeciwutleniacze jak również wprowadzanie związków przeciwutleniających podczas przetwarzania.

Literatura

- [1] Bałasińska B., Mazur A.: Utlenione tłuszcze z diety mogą uczestniczyć w rozwoju miażdżycy. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*, 2004, 58, 176-182.
- [2] Bariuso B., Ansorena D., Calvo M.I., Caverio R.Y., Astiasarán I.: Role of *Melissa officinalis* in cholesterol oxidation: Antioxidant effect in model systems and application in beef patties. *Food Research International*, 2015, 69, 133-140.
- [3] Boselli E., Rodriguez-Estrada M.T., Fedrizzi G., Caboni M.F.: Cholesterol photosensitised oxidation of beef meat under standard and modified atmosphere at retail conditions. *Meat Science* 2009, 81, 224–229.
- [4] Bosinger S., Luf W., Brandtl E.: Oksysterols: The occurrence and biological effects. *International Dairy Journal*, 1993, 3, 1.
- [5] Brown J., Jessup W.: Oxysterols: sources, cellular storage and metabolism, and new insights into their roles in cholesterol homeostasis. *Molecular Aspects of Medicine*, 2009, 30, 111-122.
- [6] Conchillo A., Ansorena D., Astiasaran I.: Intensity of lipid oxidation and formation of cholesterol oxidation products during frozen storage of raw and cooked chicken. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2005, 84, 141-146.
- [7] Contini C., Alvarez R., O'Sullivan M., Dowling D.P., Gargan S.O., Monahan F.J.: Effect of an active packaging with citrus extract on lipid oxidation and sensory quality of cooked turkey meat. *Meat Science*, 96, 1171-1176.
- [8] Czernecki T.: Wpływ produktów utleniania cholesterolu na organizm człowieka, *Journal of NutriLife*, 2012, 08, url:<http://www.NutriLife.pl/index.php?art=49> [dostęp: 2015.04.16]
- [9] Derewiaka D., Obiedziński M.: Oxysterol content in selected meats and meat products. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 2009, 8(3), 5-13.

- [10] Duthie G., Campbell F., Bestwick C., Stephen S., Russell W.: Antioxidant effectiveness of vegetable powders on the lipid and protein oxidative stability of cooked turkey meat patties: Implication for health. *Nutrients*, 2013, 5(4), 1241-1252.
- [11] Falowo A.B., Fayemi P.O, Muchenje V.: Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. *Food Research International*, 2014, 64, 171-181.
- [12] Ferioli F., Dutta P.C., Caboni M.F.: Cholesterol and lipid oxidation in raw and pan-fried minced beef stored under aerobic packaging. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2010, 90, 1050–1055.
- [13] Garcia-Requeiro J.A., Marascheillo C.: Procedure for the determination of eight cholesterol oxides in poultry meat using on-column and solvent venting capillary gas chromatography. *Journal of Chromatography A*, 1997, 764, 279–293.
- [14] Guardiola F., Codony R., Addis P.B., Refecas M., Boatella J.: Biological effects of oxysterols: Current status. *Food and Chemical Toxicology*, 1996, 2, 193–211.
- [15] Hęs M., Korczak J.: The effect of lipid oxidation products on the nutrition value of proteins. *Nauka Przyroda Technologie*, 2007, 1, 1, #4.
- [16] Hur S.J., Park G.B., Joo S.T.: Formation of cholesterol oxidation products (COPs) in animal products. *Food Control*, 2007, 18(8), 939-947.
- [17] Janoszka B.: 7-Ketocholesterol and 7-hydroxycholesterol in pork meat and its gravy thermally treated without additives and in the presence of onion and garlic. *Meat Science*, 2010, 86, 976–984.
- [18] Karwowska M., Dolatowski Z.J.: Effect of mustard on lipid oxidation in model pork meat product. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 2014, 116, 311–318.
- [19] Linseisen J., Wolfram G.: Absorption of cholesterol oxidation products from ordinary foodstuff in humans. *Ann. Nutr. Met.*, 1998, 42, 221-230.
- [20] Orczewska-Dudek S., Bederska-Łojewska D., Pieszka M., Pietras M.: Cholesterol and lipid peroxides in Animals products and health implications – a review. *Annals of Animal Science*, 2012, 12(1), 25-52.
- [21] Otaegui-Arrazola A., Menendez-Carreno M., Ansorena D., Astiasaran I.: Oxysterols: A world to explorer. *Food and Chemical Toxicology*, 2010, 48, 3289-3303.
- [22] Poli G., Sottero B., Gargiulo S., Leonarduzzi G., Cholesterol oxidation products in the vascular remodeling due to atherosclerosis. *Molecular Aspects of Medicine*, 2009, 30, 180–189.
- [23] Rozner S., Garti N.: The activity and absorption relationship of cholesterol and phytosterols. *Colloids and Surfaces A*, 2006, 283, 435–456.

- [24] Salejda A.M., Krasnowska G., Tril U., Próba wykorzystania przeciwutleniających właściwości ekstraktu zielonej herbaty w produkcji modelowych przetworów mięsnych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, 5, 107-118.
- [25] Sanchez-Molinero F., Garcia-Regueiro J.A., Arnau J.: Processing of dry-cured ham in a reduced-oxygen atmosphere: effects on physicochemical and microbiological parameters and mite growth. *Meat Science*, 2010, 84, 400-408.
- [26] Soto-Rodríguez I., Campillo-Velázquez P.J., Ortega-Martínez J., Rodríguez-Estrada, M.T.: Cholesterol oxidation in traditional Mexican dried and deep-fried food products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2008, 21, 489-495.
- [27] Sottero B., Gamba P., Gargiulo S., Leonarduzzi G., Poli G.: Cholesterol oxidation products and disease: an emerging topic of interest in medicinal chemistry. *Current Medicinal Chemistry*, 2009, 16(6), 685-705.
- [28] Valenzuela A., Sanhueza J., Nieto S., Cholesterol oxidation: Health hazard and the role of antioxidants in prevention. *Biological Research*, 2003, 36, 291–302.
- [29] Wąsowicz E., Gramza A., Hęś M., Jeleń H.H., Korczak J., Małecka M., Mildner-Szkudlarz S., Rudzińska M., Samotyja U., Zawirska-Wojtasiak R.: Oxidation of lipids in food. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2004, 13(54), SI 1, 87-100.

KONSUMENCKIE ZAINTERESOWANIE DZICZYZNĄ

JANUSZ KILAR, MARIA RUDA, MAGDALENA KILAR

Streszczenie

Celem badań była ocena zainteresowania dziczyzną wśród mieszkańców Podkarpacia. Badania metodą ankietową według autorskiego kwestionariusza wywiadu przeprowadzono od września do grudnia 2013 roku. Losowa próba ankietowanych liczyła 1030 osób. Zebrane wyniki badań opracowano według kryterium: płci, wieku, wykształcenia i miejsca zamieszkania respondentów. Stwierdzono, że dziczyznę spożywa 32,82% ankietowanych, więcej w grupie mężczyzn – 33,50%, osób w wieku do 25 lat – aż 78,57%, o średnim wykształceniu – 41,57% i mieszkańców wsi – 38,36%. Wśród powodów nie spożywania dziczyzny 66,47% badanych podało, że nigdy nie próbowało tego mięsa, 63,30% było zdania, że jest to produkt trudno dostępny w handlu, a 61,85% wskazało na zbyt wysoką cenę. Spożywanie tego mięsa w przyszłości rozważa 41,19% badanych. Najwięcej osób (66,31%) spożywa mięso z dzika, a najmniej (11,24%) z zająca. Dla 36,39% atrakcyjnym mięsem jest jelenina. O wyborze dziczyzny decydują: wysoka wartość odżywcza (65,08% wskazań), specyficzne walory smakowe (39,94%), tradycje rodzinne (30,76%) oraz chęć urozmaicenia diety (26,63%).

Słowa kluczowe: dziczyzna, zainteresowanie, mieszkańcy Podkarpacia

Wprowadzenie

Dziczyzna, wielopojęciowe słowo, kojarzone najczęściej z mięsem pozyskiwanym ze zwierząt łownych, dziko żyjących i hodowanych fermowo. W Polsce podstawowe źródło dziczyzny stanowią zwierzęta z populacji dziko żyjących, głównie: jelenie, sarny, dziki, daniela i zające, a z ptactwa: bażanty i kuropatwy [Dziedzic, 2014]. Od lat 90-tych ubiegłego wieku, pewnego znaczenia w ilościowym zwiększaniu oferty rynkowej dziczyzny nabiera fermowy chów jeleniowatych [Borys i in., 2012]. Prawnie, fermowy chów jeleniowatych w naszym kraju usankcjonowała Ustawa o organizacji hodowli i rozrodzie zwierząt gospodarskich [2001], którą jelen szlachetny (*Cervus elaphus*), daniel europejski (*Dama dama*) i jelen sika (*Cervus nippon*) zostały uznane za zwierzęta gospodarskie. Z danych Głównego Inspektoratu Weterynarii wynika, że w 2013 roku w Polsce było 522 fermy utrzymujące około 31 tys. zwierząt, z których prawie 80% stanowiły daniela [www.wetgiw.gov.pl].

Polska, obok Austrii, Słowenii i Węgier należy do czołowych europejskich producentów dziczyzny. W 2011 roku skup zwierzyny łownej wynosił 9267 ton

(w przeliczeniu na mięso 6300 ton), co stanowi około 0,2% produkcji mięsa ogółem [GUS Leśnictwo, 2012].

To powszechne kiedyś w polskiej kuchni mięso [Szymańko i Szczepański, 2007; Werpachowski i Zalewski, 2012], dzisiaj jest produktem ekskluzywnym, a ze względu na wysokie ceny, niszowym w handlu detalicznym [Baruk i in., 2014; Simińska i in., 2011; Popczyk, 2012]. Statystyczny mieszkaniec naszego kraju spożywa rocznie zaledwie 0,08 kg dziczyzny [Simińska i in., 2011], a mógłby blisko 2 kg [GUS, 2014]. Polska dziczyzna stała się towarem eksportowym. W 2011 roku eksport dziczyzny stanowił prawie 95% jej produkcji. Blisko 70% eksportu polskiej dziczyzny trafia na rynek niemiecki [GUS Leśnictwo, 2012], gdzie roczne spożycie tego mięsa wynosi około 0,6 kg/osobę [Górecka i Szymańko, 2010]. W Europie smakoszami dziczyzny są jeszcze Czesi, Luksemburczycy, Francuzi i Włosi [Simińska i in., 2011].

Dziczyzna uznawana jest za mięso wysokiej jakości, kulinarne i do przetwórstwa [Cygan-Szczegielniak i Janicki, 2012; Kasprzyk, 2012; Szymańko i in., 2007; Żmijewski i in., 2007]. Na tle jakości mięsa ze zwierząt rzeźnych z gospodarstw rolniczych wyróżnia się walorami dietetycznymi, smakowymi i bardzo dobrym składem chemicznym [Florek i Drozd, 2013; Hoffman i Wiklund, 2006; Szymańko i in., 2007; Skorupski i Wierzbicka, 2014]. Cenne właściwości zdrowotne dziczyzny dokumentuje zawartość białka o wysokiej wartości biologicznej [Daszkiewicz i in., 2013; Kilar i Ruda, 2014a; Hoffman i Wiklund, 2006], niska zawartość tłuszczu [Biesiada-Drzazga i in., 2011; Strazina i in., 2013], przeważający udział kwasów tłuszczowych o działaniu hipocholesterolemicznym [Dahlan i Norfarizan-Hanoon, 2007; Bryś i in., 2014; Kilar i Ruda, 2014a; Strazina i in., 2013], zawartość Ca, Fe, Zn [Strazina i in., 2013] oraz ryboflawiny, kobalaminy, retinolu i niacyny [Górecka i Szymańko, 2010; Florek i Drozd, 2013]. Obserwowane korzystne proporcje ilościowo-jakościowe białka i tłuszczu w dziczyźnie wydają się mieć ścisły związek z aktywnym trybem życia zwierząt oraz specyficzną różnorodnością biologiczną naturalnych żerowisk [Dziedzic, 2014; Kilar i Ruda, 2014b]. Niewątpliwie, tryb i środowisko życia zwierząt kształtują też jeden z najważniejszych wyróżników sensorycznych dziczyzny, to jest jej smak, a także barwę [Daszkiewicz i in., 2014; Florek i Drozd, 2013].

Postrzeganie mięsa przez współczesnych konsumentów w kategoriach nowych korzyści jak walory zdrowotne, smakowość i ochrona środowiska przy jego produkcji [Jeżewska-Zychowicz, 2014; Kosicka-Gębska i Gębski, 2014; Niewczas, 2013; Sajdakowska i in., 2011] daje szansę na większe zainteresowanie niszowym mięsem [Baruk i in., 2014], również dziczyzną.

Celem badań była ocena zainteresowania dziczyzną wśród mieszkańców Podkarpacia.

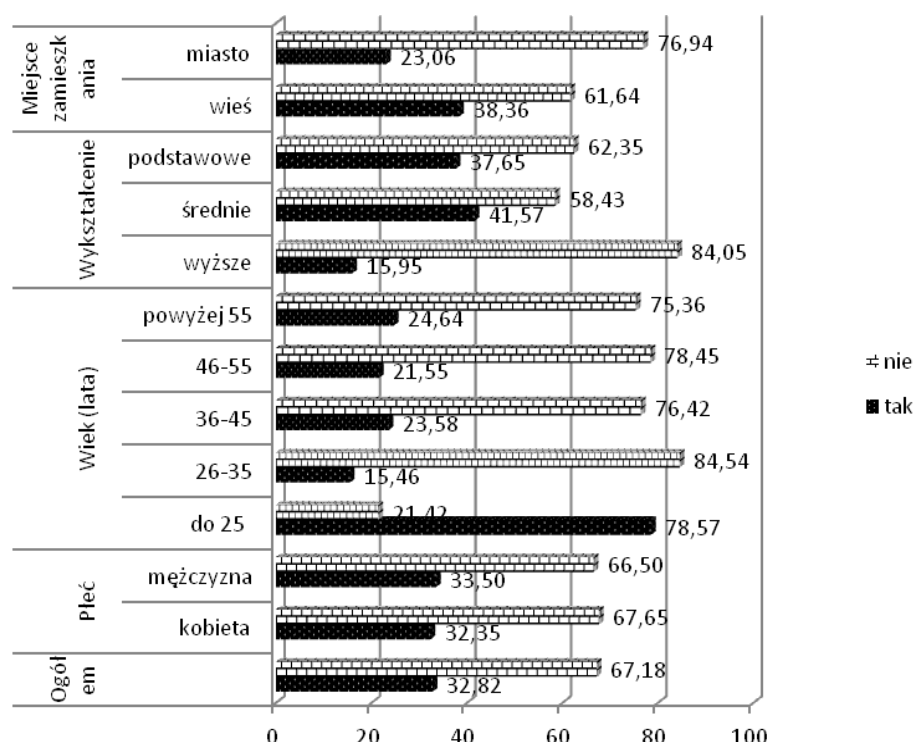
Materiał i metody badań

Badania empiryczne przeprowadzono od września do grudnia 2013 roku na grupie 1030 losowo wybranych dorosłych mieszkańców Podkarpacia. Miały one charakter badań ilościowych wykonanych metoda ankietową według autorskiego kwestionariusza wywiadu. Sformułowane pytania były typu zamkniętego z możliwością wyboru jednej lub kilku odpowiedzi. Uzyskane wyniki badań opracowano według kryteriów: płeć, wiek, wykształcenie i miejsce zamieszkania respondentów posługując się pakietem STATISTICA 11. W badaniu ponad połowę ogółu (59,13%) stanowiły kobiety. Uwzględniając kryterium wieku to osoby do 25 lat stanowiły 20,39%, w wieku 26-35 lat – 20,10%, w wieku 36-45 lat – 22,23%, w wieku 46-55 lat – 23,88%, a w wieku powyżej 55 lat – 13,40%. Wśród respondentów najwięcej (51,84%) legitymowało się wykształceniem średnim, 31,66% zadeklarowało wykształcenie wyższe, a 16,50% było o wykształceniu podstawowym. Więcej respondentów, bo 63,78% pochodziło ze wsi.

Wyniki i dyskusja

Względy różnic ilościowo-jakościowych wartości żywieniowej mięsa przemawiają za spożywaniem tego produktu z różnych gatunków zwierząt [Pisula i Pospiech, 2011]. W 2013 roku w strukturze spożycia mięsa największy udział miało mięso wieprzowe (55,64%) i drobiowe (41,54%). Wołowina stanowiła 2,35%, a inne mięsa (dziczyzna, baranina, konina, koźlecina) stanowiły zaledwie 0,47% (0,30 kg). Przy czym jeszcze w 2005 roku inne mięsa miały 0,75% udziału w spożyciu mięsa ogółem [GUS, 2014]. Przytoczone dane wskazują, że Polacy w diecie mięsnej preferują wieprzowinę i mięso drobiowe i najprawdopodobniej tylko nieliczni ją urozmaicają.

Z przeprowadzonych badań wynika, że dziczyznę co najmniej kilka razy w roku konsumowało 338 respondentów, co stanowi tylko 32,82% ogółu badanych (rys. 1). Nie stwierdzono, aby wskaźnik osób spożywających dziczyznę, różnicowała płeć. Natomiast znaczne zróżnicowanie tego wskaźnika odnotowano przy analizie kryterium wieku i wykształcenia. Uwzględniając wiek to najwięcej osób (78,57%) spożywających dziczyznę było w grupie wiekowej do 25 lat, a najmniej - bo tylko 15,46% w przedziale wieku 26-35 lat. Przy kryterium wykształcenia, grupą dominującą, byli respondenci z wykształceniem średnim (41,57%). Uwagę zwraca fakt małej liczby osób spożywających dziczyznę (15,95%) o statusie wykształcenia wyższego. Spożywanie dziczyzny zadeklarowało też mniej mieszkańców miasta (rys. 1). Kosicka-Gębska i Gębski [2014] podają, że spośród 1500 badanych osób, dziczyzny nie spożywało 42,3%. W badaniach Salejdy i in. [2013] tylko około 6% ankietowanych zadeklarowało, że kupuje dziczyznę, a grupą najbardziej zainteresowaną tym mięsem były osoby w wieku 46-60 lat.



Rys. 1. Wskaźnik respondentów spożywających dziczyznę (%)

Wobec dużej liczby osób (692) nie spożywających dziczyzny, poproszono o wskazanie powodów takiego zachowania. Spośród 7 powodów, przy możliwości wyboru kilku odpowiedzi, ponad 60% respondentów wskazało na 3 główne powody: „nigdy nie próbowałam/em” (66,47%), „trudno dostępna w handlu” (63,30%) oraz „zbyt wysoka cena” (61,85%). Niewiele, bo 7,51% badanych przyznało, że dziczyzna im nie smakuje, a 5,49% zadeklarowało, że nie potrafi przyrządzać tego mięsa (tab. 1).

Z badań Nogalskiej i Rejman [2014] wynika, że dla osób niejadających dziczyzny najpoważniejszymi barierami były: niska dostępność tego mięsa w sprzedaży (48%), brak zwyczaju jego spożywania (47%) oraz wysokie ceny produktów żywnościowych z dziczyzny (28%). Ekspozowany przez respondentów problem dostępności dziczyzny potwierdza prawie zerowa oferta w powszechnej sprzedaży detalicznej [Skorupski i Wierzbička, 2014]. Produkt jest niekiedy osiągalny w dużych miastach lub w sklepach z ekskluzywną żywnością [Popczyk, 2012]. Dzik z populacji dziko żyjących jest produktem sezonowym z powodu określonych prawnie okresów odstrzału [Dziedzic, 2014]. Z kolei małe hodowle fermowe przeznaczają mięso głównie na własne potrzeby, a z dużych prawie wszystkie tusze są eksportowane [Borys i in., 2012].

Tab. 1. Uwarunkowania powodów nie spożywania dziczyzny (%)

Wyszczególnienie	Powody nie spożywania dziczyzny						
	1	2	3	4	5	6	7
Ogółem	7,51	66,47	3,03	9,39	61,85	63,30	5,49
Płeć							
kobieta	7,66	66,02	4,13	8,74	62,62	63,11	6,07
mężczyzna	7,14	67,15	1,43	10,36	60,71	63,57	6,07
Wiek (lata)							
do 25	11,11	66,67	6,66	6,66	73,34	66,67	15,55
26-35	8,57	65,14	1,71	8,00	62,29	56,57	5,71
36-45	5,71	64,00	2,28	11,43	58,29	70,29	5,14
46-55	6,23	66,84	3,10	9,33	59,07	64,77	5,18
powyżej 55	9,61	72,12	4,80	9,61	67,31	58,66	1,92
Wykształcenie							
wyższe	7,66	65,33	3,64	9,48	61,32	63,51	4,01
średnie	8,33	68,27	2,56	9,29	63,14	60,88	3,37
podstawowe	4,71	64,15	2,83	9,43	59,44	69,82	3,77
Miejsce zamieszkania							
wieś	6,66	65,43	2,71	9,38	63,21	62,97	6,67
miasto	8,71	67,94	3,48	9,41	59,93	63,76	3,83

Objaśnienia:

1. nie smakuje mi
2. nigdy nie próbowałam/em
3. względy religijne
4. nie jem mięsa
5. zbyt wysoka cena
6. trudno dostępna w handlu
7. nie potrafię przyrządzić

Uwarunkowania biologiczne i środowisko bytowania powodują, że każdy gatunek zwierząt łownych zachowuje pewną odrębność cech jakościowych mięsa [Hoffman i Wiklund, 2006; Daszkiewicz i in., 2014; Żmijewski i in., 2007; Biesiada-Drzazga i in., 2011; Kilar i Ruda, 2014b], co też ma znaczący wpływ na decyzje konsumenckie. Nogalska i Rejman [2014] wykazały, że najczęściej spożywanym gatunkiem mięsa zwierząt łownych jest dzik (81% wskazań). Podobnych wyborów dokonują również konsumenci z Podkarpacia (tab. 2). Na konsumpcję mięsa z dzika wskazało 63,31% respondentów. Smakoszami mięsa z dzika okazali się mężczyźni, mieszkańcy wsi, osoby w wieku powyżej 55 lat z wyższym wykształceniem. Z dalszej analizy tabeli 2 wynika, że spora grupa respondentów (36,39%) konsumuje też jedno z najdroższych na rynku mięs – jeleninę. W jeleninie również gustują osoby starsze i z wyższym wykształceniem oraz mieszkańcy miasta i kobiety. Najmniej popularne w konsumpcji okazało się mięso z zająca i z dzikiego ptactwa.

Tab. 2. Wybory mięsa z różnych gatunków zwierząt przez osoby spożywające dziczyznę (%)

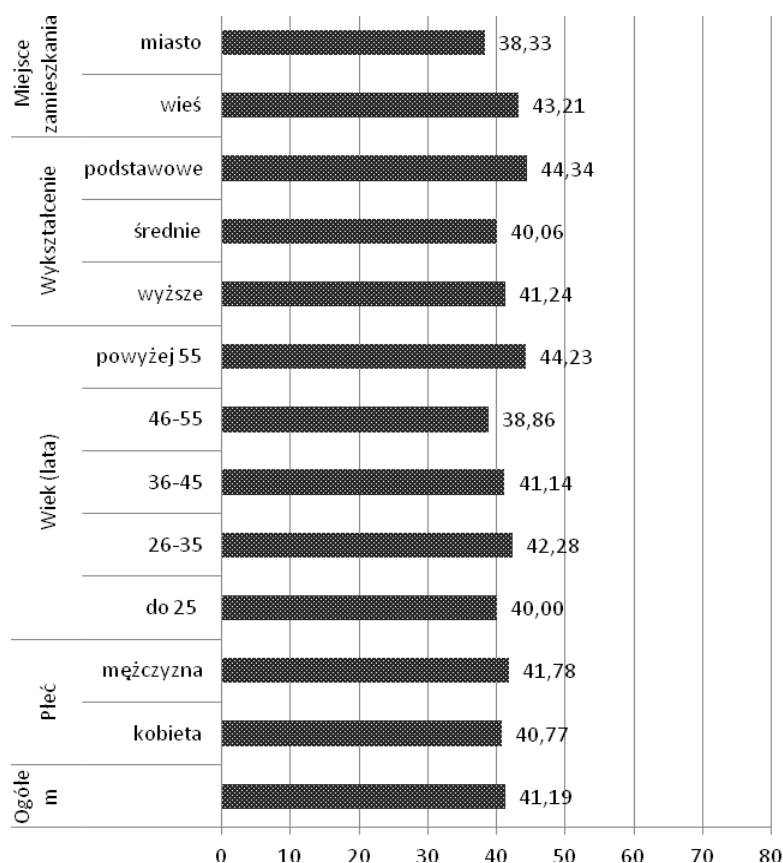
Wyszczególnienie	Gatunek zwierząt					
	dzik	sarna	jeleń	daniel	zając	dzikie ptactwo
Ogółem	63,31	22,78	36,39	16,27	11,24	15,38
Płeć						
• kobieta	60,40	22,84	37,05	17,26	11,67	13,19
• mężczyzna	67,37	22,69	35,46	14,89	10,63	18,44
Wiek (lata)						
• do 25	63,64	21,82	32,73	15,75	9,09	15,76
• 26-35	62,50	18,75	40,62	12,50	12,50	21,87
• 36-45	64,75	22,22	37,03	18,51	18,51	11,11
• 46-55	56,60	26,41	37,73	16,98	11,32	15,09
• powyżej 55	76,47	26,47	47,05	17,64	8,82	14,70
Wykształcenie						
• wyższe	65,38	21,15	38,46	23,07	11,54	3,84
• średnie	63,06	26,57	37,39	15,76	11,71	18,91
• podstawowe	62,50	10,94	31,25	12,50	9,37	12,50
Miejsce zamieszkania						
• wieś	65,08	23,41	36,11	18,65	8,73	15,87
• miasto	58,14	20,93	37,21	9,30	18,60	13,95

Tab. 3. Czynniki wyboru dziczyzny przez osoby spożywające to mięso (%)

Wyszczególnienie	Czynniki wyboru dziczyzny			
	walory odżywcze	walory smakowe	tradycje rodzinne	urozmaicenie diety
Ogółem	65,08	39,94	30,76	26,63
Płeć				
• kobieta	61,93	42,64	30,45	24,36
• mężczyzna	69,50	36,17	31,20	29,79
Wiek (lata)				
• do 25	67,27	38,18	30,90	24,24
• 26-35	50,00	34,37	37,50	25,00
• 36-45	64,81	46,30	29,62	31,48
• 46-55	75,47	41,51	26,42	28,30
• powyżej 55	52,94	41,18	32,35	29,42
Wykształcenie				
• wyższe	73,08	36,54	30,76	30,77
• średnie	63,06	40,09	29,27	26,13
• podstawowe	65,62	26,56	32,81	25,00
Miejsce zamieszkania				
• wieś	59,92	41,27	33,34	26,19
• miasto	80,23	36,05	23,26	27,91

Decydując się na spożywanie dziczyzny z powodu głównie wartości odżywczych (tab. 3), badani respondenci wpisują się w silny trend zachowań współczesnych konsumentów dbałości o zdrowie [Hoffman i Wiklund, 2006; Kosicka-Gębska i Gębski, 2014; Baruk i in., 2014]. Stwierdzono, że wartość

odżywczą dziczyzny doceniają szczególnie osoby mieszkające w mieście, w przedziale wieku 46-55 lat oraz o wykształceniu wyższym i mężczyźni (tab. 3). Dla prawie 40% badanych ważnym czynnikiem spożywania dziczyzny są walory smakowe, 30,76% wskazało na tradycje rodzinne, a 26,63% wybiera dziczyznę dla urozmaicenia diety mięsnej (tab. 3).



Rys. 2. Wskaźnik respondentów nie jedzących dziczyzny a deklarujących jej spożywanie w przyszłości (%)

Uzyskane wyniki badań wskazują, że grono podkarpackich konsumentów dziczyzny może być większe. Z grupy 692 respondentów nie spożywających dziczyzny, wprowadzenie w przyszłości tego mięsa do diety zadeklarowało 41,19% (rys. 2), przy niewielkim zróżnicowaniu w poszczególnych kryteriach oceny. Ta deklaracja może być sygnałem do podjęcia działań reorganizacji oferty podaźowej dziczyzny.

Wnioski

1. Dzikie mięso spożywa około 30% badanych mieszkańców Podkarpacia. Przyjmując pięciostopniową skalę oceny to zainteresowanie tym cennym produktem żywnościowym jest małe.
2. Najbardziej popularną dziczyzną jest mięso z dzika i jelenia.
3. Najpoważniejszym czynnikiem skłaniającym do spożywania dziczyzny jest wartość odżywcza. Dużą grupę badanych, dziczyzna interesuje z powodu walorów smakowych.
4. Brak możliwości zdegustowania, niedostępność w handlu i zbyt wysoka cena dziczyzny stanowią najpoważniejsze bariery z powodu których blisko 70% badanych mieszkańców Podkarpacia nie spożywa tego mięsa.

Praca zrealizowana w ramach badań podstawowych na rzecz rolnictwa ekologicznego „Określenie dobrych praktyk, standardów i zasad utrzymywania przy ekologicznym chowie zwierząt jeleniowatych z przeznaczeniem na produkcję mięsa” finansowanych przez Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi, nr decyzji PKre-029-22-22/13(703).

Literatura

- [1] Baruk A.J., Iwanicka A., Gruszecki T.M.: Wybrane postawy i zachowania polskich nabywców wobec żywności niszowej. Roczniki Naukowe SERiA, 2014, XVI, 4, 22-27.
- [2] Biesiada-Drzazga B., Socha S., Janocha A., Banaszkiewicz T., Koncerewicz A.: Ocena wartości rzeźnej i jakości mięsa bażantów łownych (*Phasianus colchicus*). ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2011, 1(74), 79-86.
- [3] Borys B., Bogdaszewska Z., Bogdaszewski M.: Dynamiczny wzrost fermowej hodowli danieli i jeleni w Polsce. Wiadomości Zootechniczne, 2012, L, 1, 33-44.
- [4] Bryś J., Wiśniewska H., Ciemniowska-Żytkiewicz H., Bryś A.: Charakterystyka tłuszczów pochodzących z dziczyzny. Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, 2014, XLVII(3), 320-324.
- [5] Cygan-Szczegielniak D., Janicki B.: Wpływ wieku i płci saren na kruchość oraz inne cechy jakości mięśnia longissimus Lumborum. ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2012, 6(85), 127-137.
- [6] Daszkiewicz T., Wilga K., Janiszewski P., Śmiecińska K., Kubiak D.: Porównanie jakości mięsa jeleni szlachetnych (*Cervus Elaphus* L.) pozyskanych na terenie Polski i Węgier. ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2014, 4(89), 77-89.
- [7] Dahlan I., Norfarizan-Hanoon A.A.: Fatty Acid Profiles and Cholesterol Composition of Venison from Farmed Deer. Journal of Animal and Veterinary Advances, 2007, 6(5), 650-657.

- [8] Dziedzic R.: Łowiectwo – istota, kultura, funkcjonowanie, znaczenie. Studia Wrocławskie, 2014, 16, 90-105.
- [9] Florek M., Drozd L.: Związki bioaktywne w mięsie jeleniowatych. Medycyna Weterynaryjna, 2014, 69(9), 535-539.
- [10] Główny Urząd Statystyczny. Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2014.
- [11] Główny Urząd Statystyczny. Leśnictwo 2012. Informacje i opracowania statystyczne, 2013.
- [12] Główny Inspektorat Weterynarii. www.wetgiw.gov.pl data dostępu 28.02.2015.
- [13] Górecka J., Szymański T.: Walory żywieniowe dziczyzny. Magazyn Przemysłu Mięsnego, 2010, 1-2, 20-21.
- [14] Hoffman L.C., Wiklund E.: Game and venison – meat for the modern consumer. Meat Science, 2006, 74, 197-2008.
- [15] Jeżewska-Zychowicz M.: Konsumencka percepcja korzyści z konsumpcji żywności wysokiej jakości. ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2014, 2(93), 214-224.
- [16] Kasprzyk A.: Przydatność technologiczna i kulinarna mięsa mieszańców pochodzących z krzyżowania dzika (*Sus scrofa scrofa*) z wybranymi rasami hodowlanymi świń. Rozprawy Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, 2012.
- [17] Kilar J., Ruda M.: The nutrition value of organic meat from the loin of deer and fallow deer. Proceedings of the 6th International Conference on the “QUALITY AND SAFETY IN FOOD PRODUCTION CHAIN”. Wrocław, 2014a, 72.
- [18] Kilar J., Ruda M.: Dobrostan pokarmowy jeleni w ekologicznym chowie fermowym. Materiały konferencyjne LXXIX Zjazdu Naukowego Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego „Systemy produkcji zwierzęcej w XXI wieku. Siedlce, 2014b, 259.
- [19] Kosicka-Gębska M., Gębski J.: Wpływ wyróżników jakości na zachowania konsumentów mięsa. Roczniki Naukowe SERIA, XVI, 2014, 1, 98-104.
- [20] Nagalska H.M., Rejman K.: Wiedza konsumentów o dziczyźnie i zachowania nabywcze na rynku tego mięsa. Marketing i Rynek, 2014, 6, 488-499.
- [21] Niewczas M.: Kryteria wyboru żywności. ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2013, 6(91), 204-219.
- [22] Pisula A., Pospiech E. (red.): Mięso – podstawy nauki i technologii. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 2011.
- [23] Popczyk B.: Problemy handlu dziczyzną. W: Gwiazdowicz D.J. (red.) Problemy współczesnego łowiectwa w Polsce. Poznań, 2012, 137-150.

- [24] Sajdakowska M., Gutkowska K., Żakowska-Biemans S., Kowalczyk I.: Postrzeganie konsumentów jakości produktów żywnościowych pochodzenia zwierzęcego na podstawie wyników badań jakościowych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 2011, 569, 209-218.
- [25] Salejda A.M., Korzeniowska M., Krasnowska G.: Zachowania konsumentów na rynku mięsa. *Nauki Inżynierskie i Technologie*, 2013, 4(11), 94-110.
- [26] Simińska E., Bernacka H., Sadowski T.: Sytuacja na światowym i krajowym rynku dziczyzny. *Annals of Warsaw University of Live Science – SGGW Animal Science*, 2011, 50, 89-96.
- [27] Skrupski M., Wierzbicka A.: Dzikizna jako źródło zdrowej żywności – problemy i perspektywy. *Studia i materiały CEPL w Rogowie*, 2014, 16, 38(1), 171-174.
- [28] Strazdina V., Jemeljanova A., Sterna V.: Nutrition value of wild animal meat. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences*, 2013, B, 67 (4/5), 373-377.
- [29] Szmańko T., Górecka J., Korzeniowska M., Malicki A., Eeremenko E.: Comparison of chosen quality parameters of meat from wild boar and domestic pigs. *Polish Journal Food and Nutrition Science*, 2007, 57, 4(C), 523-528.
- [30] Szmańko T., Szczepański J.: Charakterystyka technologiczna i wartość żywieniowa dziczyzny. *Prace Instytutu Zarządzania i Inżynierii Rolnej PWSZ w Sulechowie. Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka*, 2007, 1, 109-117.
- [31] Werpachowski M., Zalewski D.: Dzikizna mięso niedoceniane przez polskich konsumentów. *Przegląd Hodowlany*, 2012, 3-4, 29-31.
- [32] Żmijewski T., Cierach M., Kwiatkowska A.: Wartość użytkowa tusz zwierząt łownych. *Rocznik Instytutu Przemysłu Mięsnego i Tłuszczowego*. 2007, SLV/2, 17-23.
- [33] Ustawa o organizacji hodowli i rozrodzie zwierząt gospodarskich. (Dz. U. 2001 nr 129, poz. 1348).

ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH MIKRO- I MAKROELEMENTÓW W TRADYCYJNYCH SERACH OWCZYCH I KOZICH

MAGDALENA KONIECZNY

Streszczenie

W pracy dokonano oceny zawartości wybranych mikro- i makroelementów w tradycyjnych, ekologicznych serach owczych i kozich. Wykazano, że sery objęte badaniami różniły się profilem mineralnym. W serze kozim włoskim stwierdzono wyższą zawartość Ca, Na i Mg w porównaniu z serem typu oscypek, a bundz kozi zawierał więcej Ca i K w porównaniu z bundzem owczym. Wśród serów z mleka owczego korzystniejszy profil mineralny stwierdzono w serach typu oscypek, natomiast wśród serów kozich w serze włoskim wędzonym.

Słowa kluczowe: mleko, ser owczy, ser kozi, ekologia

Wprowadzenie

Składniki mineralne stanowią ok. 4% masy ciała i pełnią w organizmie człowieka funkcje budulcowe, biochemiczne i odżywcze. Wpływają więc na zdrowie fizyczne oraz psychiczne. Jednym z ważniejszych źródeł minerałów w diecie człowieka jest mleko oraz jego przetwory. Zawartość mikro- i makroelementów w mleku i różnorodnych produktach z niego wytwarzanych jest bardzo zróżnicowana i zależy od wielu czynników, m.in. gatunku, rasy czy systemu utrzymania zwierząt [Zamberlin, 2012]. Mleko owiec i kóz charakteryzuje się bogatym profilem mineralnym, a ze względu na swoje właściwości i skład chemiczny jest dobrym surowcem do produkcji serów. W Polsce produkcja ta (poza małymi wyjątkami) ogranicza się do górzystych terenów południowej Polski. Niektórym tym produktom (np. oscypkowi i serowi o nazwie bundz) nadano nawet certyfikaty potwierdzające tradycyjne metody ich wytwarzania oraz związek z regionem. Niestety ochroną taką nie zostały objęte sery wywarzane na terenie Bieszczad i Beskidu Niskiego, mimo że w tym regionie zapoczątkowano przetwórstwo mleka owczego i koziego [Piekut, 2004].

W krajowym i zagranicznym piśmiennictwie nie brakuje informacji na temat profilu mineralnego mleka owczego i koziego. Wiele dostępnych na ten temat publikacji dostarcza dużą różnorodność i rozbieżność wyników [Hejtmánková i in., 2002; Szczepanik i Libudzisz, 2000; Haenlein, 1996]. Sytuacja ta może wynikać z tego, że zawartość poszczególnych związków mineralnych zależy od różnych czynników, np. sposobu żywienia, fazy laktacji czy rasy.

W przypadku produktów z mleka owczego i koziego badania w tym zakresie prowadzili m.in. Gajewska in. [1997], którzy analizowali zawartość składników pokarmowych w przetworach z mleka koziego dostępnych w sprzedaży detalicznej. Baran i in. [2011] badali skład mineralny serów wyprodukowanych z mleka owczego i koziego, a Borys i in. [2006] oceniali zawartość makro- i mikroelementów podpuszczkowych serów owczych. Mimo to, w dostępnym piśmiennictwie brakuje informacji na temat serów wytwarzanych wg tradycyjnych metod z surowca ekologicznego. Fakt ten może wynikać z tego, że gospodarstwa ekologiczne w Polsce zakładano dopiero pod koniec lat 90-tych, a rozwój przetwórstwa ekologicznego rozwijał się w ostatnim dziesięcioleciu.

Pomimo, że aktualna sytuacja pogłowia owiec i kóz w Polsce nie jest zadawalająca należy podkreślić stały wzrost zainteresowania konsumentów produktami regionalnymi. Dzisiejszy konsument świadomie wybiera produkty, których jakość gwarantuje tradycyjny sposób wytwarzania, a surowiec do ich produkcji powstaje w gospodarstwach organicznych.

W związku z powyższym należy podejmować badania mające na celu ocenę żywności lokalnej, od lat produkowanej wg tradycyjnych receptur, a uzyskane wyniki badań mogą zostać wykorzystane podczas rejestracji takich produktów w europejskich i krajowych systemach ochrony.

Celem pracy była ocena zawartości wybranych mikro- (jodu i selenu) i makroelementów (wapnia, sodu, potasu, magnezu) i w tradycyjnych serach owczych i kozich wytwarzanych w atestowanych, ekologicznych gospodarstwach na terenie Bieszczad i Beskidu Niskiego.

Materialy i metody badań

Doświadczenie przeprowadzono w dwóch prywatnych, atestowanych ekologicznych gospodarstwach położonych na terenie Bieszczad i Beskidu Niskiego, południowo-wschodniej Polski, jedno zajmujące się hodowlą owiec, a drugie kóz. Materiał doświadczalny stanowiły regionalne sery wyprodukowane z mleka owczego (z 25% dodatkiem mleka krowiego) i koziego wg tradycyjnej technologii. Mleko do produkcji serów pozyskiwano od 45 owiec rasy polska owca górska i 45 kóz użytkowych w typie karpackim. Doświadczenia przeprowadzono w czasie sezonu pastwiskowego, tj. od maja do końca września.

Średnia wieku owiec i kóz wynosiła 4-5 lat, natomiast masa ciała owiec - matek 45-50 kg, a kóz – matek 40-50 kg. Średnia wydajność mleka badanych owiec w okresie laktacji wynosiła 70-80 kg, natomiast kóz 405 kg. W sezonie letnim zwierzęta żywione były zielonką pastwiskową, natomiast w zimie sianem i sianokiszonką. Dodatkowo po wykotach zwierzęta dokarmiane były treściwymi paszami ekologicznymi. Zwierzęta utrzymywane były w sposób alkiezowo-pastwiskowy.

Ze świeżego mleka zbiorczego owiec i kóz, które zostały włączone do badań, produkowano dziesięciokrotnie (2-krotnie w każdym miesiącu) sery

podpuszczkowe: owcze – sery typu oscypek i bundz oraz kozie – ser kozi wołoski wędzony, bundz oraz bryndzę. Sery produkowano wg tradycyjnej technologii.

Wszystkie sery wytwarzano z mleka niepasteryzowanego. Surowcem serowarskim do produkcji serów typu oscypek oraz bundz było w 75% mleko owcze i w 25% mleko krowie (rasa polska czerwona), które pochodziło z tego samego gospodarstwa co mleko owcze. Ze względu na 75% udział mleka owczego w surowcu serowarskim w dalszej części pracy sery te określa się jako owcze.

Sery z masy parzonej, tj. ser typu oscypek owczy i ser kozi wołoski są serami twardymi. W procesie ich wytwarzania mleko o temperaturze 30 °C zaprawiano podpuszczką, pod wpływem której po ok. 20-30 min. powstał skrzep. Następnie skrzep poddawano krojeniu, mieszaniu i osuszaniu gęstwy serowej. W przypadku serów wytwarzanych z mleka koziego do skrzepu dodawano gorącą wodę. Następnie masę serową ugniatano w drewnianym naczyniu i zanurzano w gorącej wodzie (w przypadku serów z mleka owczego w temperaturze 80 °C, a serów kozich w temperaturze 40 °C). Czynność tę powtarzano 2-3 krotnie. Uzyskana masa serowa pod wpływem gorącej wody stała się elastyczna i łatwo się kształtowała. Następnie formowano sery, nadając im kształt oselki i zanurzano w solance (owcze – 24 h w 15% solance; kozie – 5 h w 20% solance). Sery osuszano i poddawano wędzeniu (od 2 do 5 dni).

Ser typu bundz jest serem miękkim, białym i podobnie jak sery z masy parzonej wytwarzanym z mleka surowego. Niepasteryzowane mleko o temperaturze 30 °C zaprawiano podpuszczką, w którym zanotowano powstawanie skrzepu po ok. 30 minutach. Powstały skrzep poddawano rozbijaniu (krojono i mieszano) oraz osuszano (ok. 20-25 min.) Uzyskaną masę serową przenoszono się do chusty serowarskiej i pozostawiano na kilkanaście godzin.

Bryndza kozia została wytworzona z 14-dniowego bundzu, który poddany był dojrzewaniu w temperaturze ok. 15°C i przy wilgotności względnej powietrza 90%. Bundz krojono i poddawano mieleniu, a następnie soleniu.

W próbach mleka i serów oznaczono zawartość makroelementów: wapnia (Ca), sodu (Na), potasu (K), magnezu (Mg) oraz mikroelementów jodu (J) i selenu (Se). Oznaczenia składników mineralnych wykonano metodą:

- Ca, Na, K, Mg metodą ASA P017 wersja 1 i 2. Zasada metody polega na pomiarze selektywnej absorpcji promieniowania emitowanego przez lampę z katodą oznaczanego pierwiastka przez atomy tego pierwiastka powstające w płomieniu acetylenowo-powietrznym podczas rozpylania badanego roztworu, otrzymanego w wyniku rozpuszczenia próbki zawierającej substancje mineralne lub po spopieleniu i rozpuszczeniu próbki zawierającej substancje organiczne.
- Se – wg P017 wersja 2 zał.2 „Oznaczanie zawartości selenu w produktach pochodzenia roślinnego i zwierzęcego metodą wodorkową absorpcyjnej spektrofotometrii atomowej (HG AAS)”. Zasada metody polega na mineralizacji próbki w mieszaninie kwasów i wyzwoleniu selenowodoru

za pomocą borowodorku sodu. Selenowodor zostaje wprowadzony do ogrzewanego atomizera umieszczonego na drodze promieniowania lampy spektrometru z katodą selenową. Na podstawie pomiarów absorbancji przy długości fali 196,0 nm określona zostaje zawartość selenu w próbce.

- I – wg wersja 2 z 12.11.2007 „Oznaczanie jodu w produktach pochodzenia zwierzęcego i roślinnego metodą katalityczno-kinetyczną z pomiarem spektrofotometrycznym”. Metoda polega na spaleniu materiału z dodatkiem węglanu potasu w piecu elektrycznym, rozpuszczeniu popiołu w kwasach i oznaczeniu jodu metodą kolorymetryczną, bazującą na katalizowanej przez jod reakcji Sandell’a –Kolthoff’a. Szybkość reakcji jest proporcjonalna do logarytmu stężenia jodu w roztworze. W czasie analizy obserwowano stężenie Ce^{+4} wykonując kolorymetryczny pomiar absorbancji roztworu na początku reakcji i po określonym czasie, przy długości fali 420 nm wobec wody.

W pracy dokonano następujących porównań profilu mineralnego badanych serów:

- wyprodukowanych z tego samego surowca serowarskiego, ale wg innej technologii,
- wyprodukowanych wg podobnej technologii, ale z innego surowca serowarskiego.

Analizę statystyczną danych przeprowadzono za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji z wykorzystaniem pakietu Statistica v.6 (StatSoft, Kraków 2006). Jako źródło zmienności wyróżniono rodzaj mleka oraz rodzaj serów wyprodukowanych wg zbliżonych technologii. Istotność różnic pomiędzy średnimi wartościami badanych parametrów określano za pomocą testu NIR Fishera (przy poziomie istotności $p \leq 0,01$ i $p \leq 0,05$).

Wyniki i dyskusja

W tabeli nr 1 przedstawiono wyniki dotyczące zawartości badanych składników mineralnych w mleku krowim, owczym oraz surowcach przeznaczonych do produkcji serów (mleko owcze z 25% dodatkiem mleka krowiego oraz mleko kozie). Mleko owcze znacząco różniło się od mleka koziego profilem mineralnym w zakresie badanych makro- i mikroelementów. Mleko to zawierało więcej Ca, Na, Mg, I i Se, natomiast mniej K w porównaniu do mleka pozyskanego od kóz (tab.1). Wskazane różnice zostały potwierdzone statystycznie ($p \leq 0,01$; $p \leq 0,05$). Podkreślenia wymaga fakt, że 25% substytucja mleka owczego mlekiem krowim spowodowała w uzyskanym surowcu serowarskim zmniejszenie zawartości Ca, Na, I i Se (różnice przy $p \leq 0,01$; $p \leq 0,05$).

Zawartość makroelementów w mleku owczym była wyższa w porównaniu z badaniami Al-Wabel [2008], ale niższa (za wyjątkiem Na) niż w przypadku badań Borys i in. [2006]. Pierwiastkiem występującym w śladowych ilościach w mleku jest jod. Według Park i in. [2007] jego ilość jest porównywalna w mleku owczym, kozim i krowim (20-22 $\mu\text{g/kg}$). W badaniach własnych stwierdzono

prawie trzykrotnie większą zawartość jodu w mleku owczym w porównaniu z kozim. W badaniach Pauliková et al. [2007] wykazano, że ilość jodu jest mocno zróżnicowana w zależności od miejsca występowania (regionu) zwierząt oraz sposobu żywienia. W mleku kozim stwierdzono 53 µg/kg zawartości jodu, co mogłoby wskazywać na region o niskim jego stężeniu. Niemniej jednak nie można zapominać, że mleko pochodziło z okresu żywienia pastwiskowego, a jak twierdzą wspomniani wyżej autorzy zielona masa zawiera mniej jodu w porównaniu z paszami objętościowymi.

W badaniach własnych stwierdzono, że średnia zawartość Se była prawie dwukrotnie wyższa w mleku owczym (1,6 µg/100g) w porównaniu z kozim (0,84 µg/100g). Wykazane różnice mogą wynikać nie tylko z cech gatunkowych, ale również osobniczych, fizjologicznych czy żywieniowych. Uzyskane wyniki nie potwierdzają badania Park et al. [2007]. Według autorów mleko kozie cechuje się wyższą zawartością Se (1,33 µg/100g) w porównaniu z mlekiem owczym. Ponadto, mleko owiec i kóz, które zostało włączone do doświadczenia charakteryzowało się wyższą zawartością Se w porównaniu z mlekiem krowim badanym przez Koreňovská [2003].

Tab. 1. Zawartość wybranych makro- i mikroelementów w mleku krowim, owczym oraz surowcach do produkcji serów

Cecha		Mleko krowie *		Mleko owcze	Surowiec do produkcji serów	
					Mleko owcze (75%)+ mleko krowie (25%)	Mleko kozie
Ca (g/kg)	$\bar{x}$ SD	1,09 0,11		1,59 ^{Aa} 0,08	1,39 ^b 0,12	1,33 ^B 0,09
Na (g/kg)	$\bar{x}$ SD	0,36 0,07		0,64 ^A 0,15	0,45 ^C 0,05	0,32 ^B 0,05
K (g/kg)	$\bar{x}$ SD	1,12 0,05		1,03 ^A 0,07	1,07 ^A 0,08	1,86 ^B 0,09
Mg (g/kg)	$\bar{x}$ SD	0,12 0,04		0,18 ^a 0,02	0,16 0,03	0,14 ^b 0,01
I (µg/100g)	$\bar{x}$ SD	6,21 1,12		13,7 ^{Aa} 1,12	10,48 ^{Ab} 1,15	5,3 ^B 0,32
Se (µg/100g)	$\bar{x}$ SD	1,05 0,09		1,60 ^{Aa} 0,25	1,32 ^{Ab} 0,32	0,84 ^B 0,12

* - jednoczynnikowej analizie wariancji i w szacowaniu istotności różnic nie poddawano wyników składu mineralnego mleka krowiego.

Różnice między średnimi wartościami oznaczone różnymi literami są statystycznie istotne; A, B, C – różnice istotne przy $p \leq 0,01$, a, b – przy $p \leq 0,05$.

Średnią zawartość badanych makro- i mikroelementów w serach z masy parzonej (typu oscypek owczy i ser kozio wołoski) przedstawiono w tabeli 2. W serze produkowanym z mleka koziego stwierdzono wyższą zawartość Ca, Na ($p \leq 0,01$) oraz Mg ($p \leq 0,05$), natomiast niższą K ($p \leq 0,01$) w porównaniu z serem typu oscypek. Pomimo, że w serze kozim wołoskim wykazano wyższą zawartość jodu w porównaniu z serem owczym, to różnice te nie zostały potwierdzone statystycznie. Zawartość Se w w/w serach kształtowała się na podobnym poziomie. Sery owcze z masy parzonej badane przez Borys i in. [2006] zawierały 10,29 g Ca; 9,85g Na; 0,5g Mg w 1 kg. Należy podkreślić, że sery tego gatunku zawierały ponad dwukrotną ilość K (1,19 g/kg) w porównaniu z serami typu oscypek badanymi w ramach niniejszej pracy. Wykazane różnice wyników badań własnych z danymi przedstawionymi przez w/w autorów (niższa zawartość Ca, Na i K w serach typu oscypek) mogą wynikać z różnic w technologii produkcji, np: zastosowania bardziej stężonego roztworu soli podczas wyrobu serów oraz ich produkcji z mleka pasteryzowanego. Ponadto, w badaniach prowadzonych przez Borys i in. [2006] w celu skrócenia procesu koagulacji mleka pod wpływem podpuszczki zastosowano CaCl_2 , co mogło mieć istotny wpływ na zawartość Ca w serach.

Średnia zawartość Se w badanych serach zawierała się w przedziale 0,027-0,054 mg/kg. Najniższą jego ilość stwierdzono w bundzu produkowanym z mleka koziego (0,027 mg/kg), natomiast w pozostałych serach zawartość Se wynosiła od 0,050-0,054 mg/kg (5-5,4 $\mu\text{g}/100\text{g}$). Jak podaje Holland i in. [1995] zawartość Se w różnych rodzajach serów jest mocno zróżnicowana i wynosi: w serze brie - 3,6 μg , cheddar - 12 μg , śmietankowym - 1 μg , cottage - 4 μg , edam - 6,4 μg , feta - 5 μg , gouda - 8 μg , stilton - 11 μg w 100 g. Zawartość selenu w serach warunkowana jest z jednej strony jego ilością w paszy stasowanej w żywieniu zwierząt (w przypadku małych przeżuwaczy utrzymywanych w warunkach ekologicznych jest to zielonka pastwiskowa i pasze objętościowe), a z drugiej strony zależy od przebiegu procesu technologicznego. Podkreślić należy, ilość selenu w roślinach zależna jest od jego zawartości i dostępności w glebie [Reykdal i in., 2011].

Dokonując oceny zawartości badanych makro- i mikroelementów w serach typu bundz produkowanych z mleka owczego i koziego (tab. 3) stwierdzono wyższą zawartość Ca i K, a niższą Na ($p \leq 0,01$) w bundzu produkowanym z mleka koziego w porównaniu z bundzem owczym. Wyższą zawartością Se i I charakteryzował się bundz owczy ($p \leq 0,05$). W badanych serach wykazano podobną ilość Mg.

Tab. 2. Zawartość wybranych makro- i mikroelementów w serze typu oscypek i serze kozim wołoskim wędzonym

Cecha		Ser typu oscypek owczy	Ser kozi wołoski wędzony
Ca (g/kg)	$\bar{x}$ SD	7,16 ^A 1,04	11,06 ^B 0,98
Na (g/kg)	$\bar{x}$ SD	9,65 ^A 1,17	12,14 ^B 1,89
K (g/kg)	$\bar{x}$ SD	0,47 ^A 0,75	0,06 ^B 0,17
Mg (g/kg)	$\bar{x}$ SD	0,44 ^a 0,04	0,57 ^b 0,10
I (mg/kg)	$\bar{x}$ SD	0,57 ^a 0,24	0,75 ^a 0,16
Se (mg/kg)	$\bar{x}$ SD	0,054 ^a 0,017	0,050 ^a 0,014

Różnice między średnimi wartościami oznaczone różnymi literami są statystycznie istotne; A, B – różnice istotne przy $p \leq 0,01$; a, b – przy $p \leq 0,05$.

W grupie badanych serów kozich najwyższą zawartością Ca, Na, I i Se charakteryzował się ser wołoski wędzony, natomiast bundz zawierał najwięcej K (tab. 4). Z uwagi na fakt produkcji serów z tej samej partii mleka należy sądzić, że decydującym elementem wpływającym na zawartość składników mineralnych w tym przypadku miała technologia ich wytwarzania. Ponadto, zaznaczenia wymaga fakt, że profil mineralny serów może ulegać zmianie podczas ich dojrzewania. Niektóre ze składników mineralnych mogą migrować pomiędzy warstwą wewnętrzną, a zewnętrzną sera [Zamberlin i in., 2012]. Wśród serów kozich bryndza produkowana była z bundzu, który poddawany był 14-dniowemu procesowi dojrzewania. Zatem można założyć, że ten fakt również mógł wpływać na zróżnicowaną zawartość badanych składników mineralnych w analizowanych serach kozich.

Gajewska i in. [1997], badając sery wytwarzane z mleka koziego podkreśliła związek zawartości makro- i mikroelementów z technologią ich wytwarzania. Wspomniani autorzy analizowali profil mineralny w przetworach z mleka koziego, w tym w serach, które były dostępne na polskim rynku żywnościowym. Zawartość Ca w różnych rodzajach badanego twarogu zawierała się w przedziale od 86 mg/100 g (w przypadku twarogu z czosnkiem i twarogu francuskiego „Chavoroux”) do 426 mg/100 g (w przypadku twarogu tłustego). W zależności od rodzaju sera, zawartość Mg wahała się od 6 mg/100 g w twarogu staropolskim do 39 mg/100 g w serze twardym holenderskim. W przypadku poziomu Na wykazano

znaczny poziom jego zróżnicowania, a zawartość tego makroelementu wynosiła od 28 mg/100 g w twarogu tłustym do 409 mg/100 g w serze twardym holenderskim, natomiast K od 63 mg/100 g w twarogu francuskim „chavroux” do 557 mg/100 g w twarogu z czosnkiem.

Tab. 3. Zawartość wybranych makro- i mikroelementów w serach typu bundz owczy i kozi

Cecha		Bundz owczy	Bundz kozi
Ca (g/kg)	$\bar{x}$ SD	4,83 ^A 0,39	7,28 ^B 0,37
Na (g/kg)	$\bar{x}$ SD	0,49 ^A 0,12	0,25 ^B 0,04
K (g/kg)	$\bar{x}$ SD	0,81 ^A 0,18	1,29 ^B 0,09
Mg (g/kg)	$\bar{x}$ SD	0,37 ^a 0,03	0,41 ^a 0,05
I (mg/kg)	$\bar{x}$ SD	0,19 ^a 0,01	0,09 ^b 0,03
Se (mg/kg)	$\bar{x}$ SD	0,050 ^a 0,012	0,027 ^b 0,016

Różnice między średnimi wartościami oznaczone różnymi literami są statystycznie istotne; A, B – różnice istotne przy $p \leq 0,01$; a, b – przy $p \leq 0,05$

Uzyskane wyniki badań własnych wskazują na wyższą zawartość Ca (ser wołoski – 1106 mg, bundzu – 728 mg i bryndzy – 643 mg w 100 g sera), Mg (ser wołoski – 57 mg, bundzu – 41 mg i bryndzy – 68 mg w 100 g sera) we wszystkich analizowanych serach kozich w porównaniu do wyników podanych przez Gajewską i in. [1997]. Podobnie jak w badaniach w/w autorów wyniki badań własnych potwierdzają znaczne zróżnicowanie poziomu Na i K, chociaż zawartość Na w ocenianych ekologicznych serach była wyższa. Ilość Na zawierała się w przedziale od 25 mg/100 g (bundz kozi) do 1214 mg/100 g (ser kozi wołoski), natomiast K od 75 mg/100 g (w serze kozim wołoskim) do 129 mg/100 g (w bundzu kozim). Wysoka zawartość Na w serze kozim wołoskim i bryndzy koziej związana jest z zastosowaniem soli w procesie technologicznym.

Ser owczy typu oscypek w porównaniu do bundzu owczego charakteryzował się wyższą zawartością Ca, Na, Mg i I ($p \leq 0,01$). Natomiast bundz zawierał więcej K ($p \leq 0,01$). Badane sery nie różniły się pod względem ilości Se (tab. 5).

Tab. 4. Porównanie zawartości wybranych makro- i mikroelementów w 3 gatunkach sera koziego

Cecha		Ser wołoski wędzony	Bundz kozi	Bryndza kozia
Ca (g/kg)	$\bar{x}$ SD	11,06 ^A 0,98	7,28 ^{BC} 0,37	6,43 ^C 0,88
Na (g/kg)	$\bar{x}$ SD	12,14 ^A 1,89	0,25 ^B 0,04	6,64 ^C 3,35
K (g/kg)	$\bar{x}$ SD	0,75 ^{AC} 0,17	1,29 ^B 0,09	0,93 ^C 0,28
Mg (g/kg)	$\bar{x}$ SD	0,57 ^a 0,10	0,41 ^a 0,05	0,68 ^a 0,85
I (mg/kg)	$\bar{x}$ SD	0,75 ^A 0,16	0,09 ^B 0,03	0,44 ^C 0,12
Se (mg/kg)	$\bar{x}$ SD	0,050 ^A 0,014	0,027 ^B 0,016	0,040 ^{AB} 0,005

Różnice między średnimi wartościami oznaczone różnymi literami są statystycznie istotne; A, B, C – różnice istotne przy $p \leq 0,01$.

Tab. 5. Porównanie zawartości wybranych makro- i mikroelementów w dwóch rodzajach sera owczego

Cecha		Oscypek owczy	Bundz owczy
Ca (g/kg)	$\bar{x}$ SD	7,16 ^A 1,04	4,82 ^B 3,95
Na (g/kg)	$\bar{x}$ SD	9,64 ^A 2,17	0,49 ^B 0,12
K (g/kg)	$\bar{x}$ SD	0,47 ^A 0,06	0,81 ^B 0,18
Mg (g/kg)	$\bar{x}$ SD	0,44 ^A 0,04	0,37 ^B 0,03
I (mg/kg)	$\bar{x}$ SD	0,58 ^A 0,24	0,19 ^B 0,01
Se (mg/kg)	$\bar{x}$ SD	0,053 ^a 0,017	0,050 ^a 0,012

Różnice w wierszach między średnimi wartościami oznaczone różnymi literami są statystycznie istotne; A, B – różnice istotne przy $p \leq 0,01$.

Borys i in. [2006], badając sery produkowane z mleka merynosów wskazali na znaczne różnice w profilu makro- i mikroelementów, co mogło być spowodowane różnicami w procesie ich wytwarzania. Ser owczy typu oscypek zawierał mniej Ca i K, natomiast charakteryzował się zbliżoną zawartością Mg i Na w porównaniu z serem podpuszczkowym z masy parzonej wytworzonym z mleka merynosów. W serze typu bundz wykazano niższą ilość Ca, Na i K w porównaniu z bundzem badanym przez ww. autorów.

Należy podkreślić, że badane sery owcze charakteryzowały się zdecydowanie wyższą zawartością Ca, Na i Mg w porównaniu do serów kwasowych i kwasowo-podpuszczkowych analizowanych przez Baran i in. [2011], natomiast niższą zawartością K. Wskazane różnice można tłumaczyć nie tylko innym sposobem wytwarzania serów, ale wynikać one mogły również z zastosowania jako surowca serowarskiego mleka różnych ras owiec (w przypadku serów kwasowych i kwasowo-podpuszczkowych sery produkowano z mleka owiec rasy Bergschaf).

Wnioski

1. Sery owcze i kozie różniły się profilem mineralnym. W serze kozim wołoskim stwierdzono wyższą zawartość Ca, Na, i Mg, natomiast niższą K w porównaniu z serem typu oscypek. W serach tych nie stwierdzono różnic w ilości I i Se.
2. Bundz kozie charakteryzował się większą zawartością Ca i K, natomiast mniejszą zawartością Na, I i Se w porównaniu z bundzem otrzymanym z mleka owczego.
3. W grupie serów wytworzonych z mleka owczego korzystniejszym składem mineralnym cechowały się sery typu oscypek, natomiast wśród badanych serów z mleka koziego sery wołoskie wędzone.
4. Tradycyjne, ekologiczne sery owcze i kozie z uwagi na korzystny skład mineralny stanowią wartościową grupę przetworów mlecznych.

Literatura

- [1] Al-Wabel N.A.: Mineral contents of milk of cattle, camel, goats and sheep in the central region of Saudi Arabia. *Asian Journal of Biochemistry*, 2008, 3(60), 373-375.
- [2] Baran J., Pieczonka W., Pompa-Roborzyński M.: Składniki mineralne w serach i serwatce otrzymanych z mleka owczego i koziego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, 5(78), 132-140.
- [3] Borys M., Pakulski T., Borys B., Pakulska E., Węgrzyn E.: The content and retention of some major and trace minerals in sheep's milk and cheese. *Archiv für Tierzucht*, 2006, 49, 263-267.
- [4] Gajewska R., Zenon G., Nabrzyski M.: Zawartość składników pokarmowych w niektórych przetworach z mleka koziego. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 1997, 48, 409-414.

- [5] Haenlein G.F.W.: Nutritional value of dairy products of ewes and goat milk. *Sheep Dairy News*, 1996, 13(1), 10-16.
- [6] Hejtmánková A., Kučerová J., Miholová D., Kolihová D., Orsák M.: Levels of selected macro- and microelements in goat milk from farms in the Czech Republic. *Czech Journal Animal of Science*, 2002, 47, 253-260.
- [7] Holland B., Welch A.A., Unwin I.D., Buss D.H., Paul A.A., Southgate D.A.T.: *The Composition of Foods*, 5th Edition: Royal Society of Chemistry and Ministry of Agriculture, London 1995. Fisheries and Food.
- [8] Koreňovská M., Optimization of selenium determination in vegetables, fruits and dairy products by flow injection hydride generation atomic absorption spectrometry. *Chemical Papers*, 2003, 57(3), 155-157.
- [9] Park Y.W., Juárcz M., Ramos M., Haenlein G.F.W.: Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 2007, 68, 88-113.
- [10] Paulíková I., Seidel H., Nagy O., Kováč G.: Milk iodine content in Slovakia. *Acta Veterinaria Brno*, 2007, 77, 533-538.
- [11] Piekut M.: Spożycie serów w Polsce. *Przegląd Mleczarski*, 2004, 12, 4-9.
- [12] Reykdal O., Rabieh S., Steingrimsdottir L., Gunnlaugsdottir H.: Minerals and trace elements in Icelandic dairy products and meat. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2011, 24, 980-986.
- [13] Szczepanik A., Libudzisz Z.: Mleko kozie i jego właściwości. *Przegląd Mleczarski*, 2000, 5, 136-139.
- [14] Zamberlin Š., Antunac N., Havranek J., Samaržija D.: Mineral elements in milk and dairy products. *Mljekarstvo*, 2012, 62(2), 111-125.

ŻYWIENIE CZŁOWIEKA JAKO ELEMENT PRZECIW STARZENIU SIĘ ORGANIZMU

MAŁGORZATA KOSTECKA, MONIKA BOJANOWSKA, AGNIESZKA
HALSKA

Wprowadzenie

Starzenie się organizmu i następująca po nim starość to ciągle najslabiej poznany etap osobniczego rozwoju człowieka. W ostatnich latach wzrasta zainteresowanie tym okresem życia, co bez wątpienia ściśle wiąże się ze stale rosnącą populacją osób w podeszłym wieku.

Celem pracy jest ukazanie działań profilaktyki żywieniowej wpływającej na zapobieganie starzeniu się organizmu oraz przywracających właściwe jego funkcjonowanie u osób w starszym wieku.

Starzenie się i starość

Zarówno starzenie się, jak i starość są zjawiskami biologicznymi i należą do kolejnych etapów ludzkiego życia [Nowicka, 2008].

Badaniem czynników wpływających na starzenie się człowieka oraz chorobami związanymi z tym okresem życia zajmują się gerontologia i geriatria. Gerontologia dotyczy wszechstronnej analizy zjawiska starzenia się człowieka, uwzględnia warunki zdrowotne i społeczne optymalne dla życia osób w podeszłym wieku. Geriatria jest to dziedzina medycyny klinicznej, która zajmuje się procesem biologicznego starzenia się oraz chorobami współistniejącymi ze starzeniem [Polak i in., 2007].

Termin „starzenie się” definiowany jest jako pewien proces przebiegający w czasie. Natomiast „starość” rozumiana jest jako stan lub etap w życiu człowieka, dotyczy wieku metrykalnego i biologicznego. Pojęcie starzenie się ma charakter dynamiczny i jest sprzężony z narastającym upośledzeniem funkcji organizmu oraz prawdopodobieństwem śmierci, natomiast starość charakteryzuje się statycznością. Starzenie się to proces naturalny, którego nie można cofnąć, zatrzymać czy odwrócić. Każdy człowiek przechodzi przez ten proces w sposób indywidualny [Kulik i in., 2011].

Wśród przyczyn wpływających na starzenie się człowieka wyróżnić można czynniki biologiczne, takie jak: zmniejszona aktywność ruchowa, niewłaściwe odżywianie, lekomania, palenie tytoniu, nadużywanie alkoholu. Równie istotne są czynniki społeczne, do których należą: nagła zmiana warunków życia (np. przejście na emeryturę), osamotnienie, zła sytuacja materialna, nieumiejętność korzystania z czasu wolnego, niski stopień wykształcenia.

Zmiany fizjologiczne i patologiczne zachodzące w ustroju osób starszych

Starzenie się jest naturalnym, nieuniknionym procesem charakteryzującym się postępującym obniżeniem wielu funkcji organizmu, występowaniem chorób oraz niedożywieniem. Poważne zmiany podczas starzenia się organizmu zachodzą w układzie pokarmowym. Wraz z wiekiem dochodzi do zaniku receptorów zmysłowych błon śluzowych, gruczołów wydzielniczych oraz mięśniówki przewodu pokarmowego. Częstym objawem jest ograniczenie czynności motorycznej przewodu pokarmowego i zwolnienie ruchów perystaltycznych, co może powodować zaleganie treści pokarmowej i zaparcia.

U ludzi starszych występuje upośledzenie odczuwania smaku i zapachu spowodowane procesem inwolucyjnym, chorobą lub stosowaniem leków, niejednokrotnie wywołując utratę apetytu. Nieprawidłowe odczuwanie smaku/zapachu potraw jest przyczyną niekorzystnego nadmiernego spożycia przypraw, w tym soli kuchennej i cukru, co może sprzyjać rozwojowi nadciśnienia i otyłości [Gabrowska i Spodaryk, 2006]. Zmiany występują również w gruczołach ślinowych, które zmniejszają wydzielanie śliny.

W błonie śluzowej żołądka zmiany zanikowe prowadzą do zmniejszania wydzielania soku żołądkowego, przede wszystkim kwasu solnego, w mniejszym stopniu pepsyny. Występują również zmiany w wątrobie i trzustce powodujące ograniczenie wydzielania żółci oraz soku trzustkowego i insuliny [Roszkowski, 2010].

Czynniki wpływające na sposób żywienia ludzi starszych

Częste problemy zdrowotne i spadek sprawności nasilają się stopniowo, a znaczny udział w ich pojawianiu ma niewłaściwy styl życia. Prawidłowe żywienie może łagodzić, nawet częściowo ograniczyć występowanie wielu niekorzystnych objawów, charakterystycznych dla wieku podeszłego. Oprócz błędów dietetycznych, na sposób żywienia osób starszych wpływają także inne czynniki, które można podzielić na pierwotne i wtórne.

Do czynników pierwotnych zaliczyć można:

- nieznaną zasad prawidłowego żywienia,
- postępującą niesprawność,
- izolację społeczną i samotność,
- niewystarczające środki finansowe [Kolanowski i Jędrzejczyk, 1999].

Osoby w wieku podeszłym często nie przestrzegają zasad racjonalnego żywienia, co niekiedy wynika z braku posiadanej wiedzy. W efekcie posiłki spożywane są nieregularnie, w zbyt małej ilości, ubogie w składniki odżywcze i mało urozmaicone [Piórecka, 2010].

Ważnymi czynnikami wpływającymi na żywienie i stan odżywienia osób starszych są warunki ekonomiczne i socjalne. Często osoby mające niskie dochody finansowe nie posiadają środków do pozyskania niezbędnej im żywności, nie mogą zatem zapewnić sobie bezpieczeństwa żywnościowego. Bezpieczeństwo

żywnościowe to fizyczny i ekonomiczny dostęp do żywności w dostatecznej ilości oraz o odpowiednio wysokiej jakości. Samotność, ograniczone zasoby finansowe, brak wiedzy dotyczącej żywienia mogą ograniczać właściwy dobór i różnorodność produktów.

Do czynników wtórnych można zaliczyć:

- utratę apetytu,
- braki w użębieniu powodujące trudności w żuciu pokarmów,
- zaburzenia we wchłanianiu składników pokarmowych,
- stosowanie leków [Kolanowski i Jędrzejczyk, 1999].

Sposób odżywiania osób w starszym wieku, często nie odpowiada racjonalnym zasadom i prowadzi do niedoboru składników odżywczych, zarówno w diecie jak i w organizmie. Konieczne jest podejmowanie działań, które zmieniłyby zachowania dotyczące regularności spożywania posiłków, urozmaicenia diety, sposobu przygotowywania potraw oraz stosowanych używek. Zdrowe i właściwe odżywianie chroni przed różnymi chorobami, jak również zwiększa poczucie dobrobytu człowieka [Jabłoński i Kaźmierczak, 2005], a także decyduje o prawidłowym funkcjonowaniu organizmu i może przyczynić się do opóźniania naturalnego, postępującego wraz z wiekiem procesu starzenia się [Wyka, 2009].

Czynniki żywieniowe zapobiegające starzeniu się

Osoby starsze należą do jednej z grup wiekowych, które są najbardziej narażone na niedobory witamin, których głównym zadaniem jest regulacja procesów metabolicznych [Wyka, 2009].

W wieku podeszłym w dużym stopniu wzrasta zapotrzebowanie na witaminy: A, C, D, E, z grupy B oraz na składniki mineralne takie jak: wapń i fosfor. Wzrost zapotrzebowania na witaminę A wynika z faktu, że należy ona do związków o działaniu antyoksydacyjnym. Witamina A wykazuje działanie przeciwzapalne oraz antyproliferacyjne, chroni również przed chorobami serca. Ponadto witamina ta spowalnia procesy starzenia się skóry, wpływa na regenerację kolagenu i elastyny, odpowiedzialnych za jej sprężystość i gładkość.

Ważną funkcją witaminy A jest udział w procesie widzenia, ponieważ wchodzi ona w skład barwnika siatkówki oka. Hipowitaminoza A może skutkować uszkodzeniem wzroku. Doskonałym źródłem witaminy A są produkty pochodzenia zwierzęcego tj.: jaja, wątroba, ryby, oleje rybne, mleko. W produktach pochodzenia roślinnego witamina występuje w czerwonych, żółtych, pomarańczowych i ciemnozielonych warzywach (marchew, dynia, papryka, nać pietruszki, szpinak, brokuły, pomidory) oraz w owocach (wiśnie, pomarańcze, brzoskwinie) [Jarosz i in., 2012].

Bardzo ważną rolę w diecie osób starszych pełnią witaminy z grupy B. Wywierają one pozytywny wpływ na stan tkanki mózgowej, prawidłową pracę mięśni i serca, metabolizm, uczestniczą w procesie utleniania komórek oraz przemiany glukozy. Witamina B₆ u osób starszych wzmacnia układ odpornościowy

organizmu, wpływa na prawidłowe funkcjonowanie układu nerwowego, uczestniczy w tworzeniu hemoglobiny. Wzrost zapotrzebowania na witaminę B₆ wynika z jej udziału w przemianach białek i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych oraz z faktu, że wiele leków zmniejsza jej wchłanianie. Dobrym źródłem witaminy B₆ są warzywa liściaste (szpinak, kapusta), kielki pszenicy, soja, groszek zielony, fasola, orzechy, banany, mięso drobiowe, ryby, jaja [Jarosz i in., 2010].

Istotną rolę we właściwym funkcjonowaniu organizmu pełni witamina B₁₂, uczestniczy w wytwarzaniu czerwonych krwinek, wpływa na prawidłowe funkcjonowanie układu nerwowego osób starszych, zapewnia dobry nastrój i równowagę psychiczną, pobudza apetyt. Witamina B₁₂ odgrywa również istotną rolę w prawidłowym funkcjonowaniu układu sercowo-naczyniowego, pomaga zmniejszyć poziom homocysteiny we krwi, który jest czynnikiem ryzyka rozwoju m.in. zmian miażdżycowych i zakrzepowych. Źródłem witaminy B₁₂ są produkty pochodzenia zwierzęcego tj.: mięso i jego przetwory, ryby, jaja, produkty mleczne [Jarosz i in., 2012].

Najlepszym przeciwutleniaczem dla osób starszych jest witamina C [Piórecka, 2010]. Odpowiada za sprawne funkcjonowanie układu krwionośnego, obniża ciśnienie krwi, chroni przed miażdżycą i odkładaniem się cholesterolu, przyspiesza gojenie się ran i zrastanie kości. Witamina ta znajduje się w produktach pochodzenia roślinnego zwłaszcza w warzywach i owocach [Jarosz i in., 2012]. W podeszłym wieku zwiększone jest zapotrzebowanie na witaminę D w porównaniu z zapotrzebowaniem osoby dorosłej w średnim wieku. Witamina D jest niezbędna dla metabolizmu kości i mięśni, dodatkowo bierze udział w procesie wchłaniania wapnia i fosforu z przewodu pokarmowego oraz przyczynia się do utrzymania zdrowego szkliwa zębów. Dobrym jej źródłem, oprócz syntezy skórnej są tłuste ryby (łosoś, dorsz, tuńczyk, makrela), produkty mleczne, żółtka jaj, tran, oleje rybne [Piórecka, 2010].

Kolejną witaminą, która odgrywa ważną rolę w diecie osób starszych jest witamina E. Jest jednym z najbardziej skutecznych przeciwutleniaczy, który chroni przed uszkodzeniem komórek wywołanym przez reaktywne formy tlenu. Ponadto witamina E poprawia krążenie krwi, zmniejsza ryzyko chorób serca oraz wzmacnia układ odpornościowy organizmu. Jej źródłem są oleje roślinne, migdały, margaryna, jaja, marchewka, brukselka, kielki pszenicy, mąka pełnoziarnista, mleko [Piórecka, 2010].

Zalecenia dotyczące spożycia większej ilości składników mineralnych przez osoby starsze są zbliżone do zaleceń dla osób w wieku średnim. Wyjątek stanowią wapń i fosfor, na które zapotrzebowanie w starszym wieku wyraźnie wzrasta. Wynika to ze zmniejszenia wchłaniania i przyswajalności tych makroelementów oraz z faktu, że ich niedobór powoduje ubytek masy kostnej, postępujący w miarę starzenia się organizmu [Jarosz i in., 2010]. Wapń poza układem szkieletowym, bierze udział w przewodnictwie bodźców nerwowych, kurczliwości mięśni,

uczestniczy w krzepnięciu krwi; fosfor zaś bierze udział w przemianach energetycznych, pomaga w utrzymaniu równowagi kwasowo- zasadowej w organizmie [Jarosz i in., 2012]. Produktami bogatymi w wapń i fosfor są: sery podpuszczkowe i twarogowe, mleko, napoje mleczne, jaja, groch, fasola, ryby, jarmuż [Brzozowska, 2006].

Zasady żywienia osób starszych

Zasady żywienia osób starszych muszą uwzględniać specyficzne potrzeby i warunki zdrowotne tej grupy osób. Ważne jest, że sposób żywienia i przyzwyczajenia z tym związane, jeżeli nawet są nieprawidłowe, należy zmieniać powoli i stopniowo. Po wielu latach określonego sposobu żywienia, organizm jest dostosowany do stałego spożywania pewnych produktów i potraw, a z wiekiem maleje jego naturalna zdolność adaptacji [Roszkowski, 2010].

Aby organizm osób starszych mógł prawidłowo funkcjonować należy dostosować

się do zasad prawidłowego żywienia:

- urozmaicanie diety poprzez spożywanie różnorodnych produktów, szczególnie tych o dużej wartości odżywczej,
- ograniczenie spożycia cukru oraz tłuszczu pochodzenia zwierzęcego (masło, smalec), a używanie margaryny, oleju roślinnego,
- unikanie spożywania potraw i produktów ciężko strawnych,
- codzienne spożywanie warzyw i owoców, najlepiej w postaci surowej,
- unikanie spożywania większej ilości soli i ostrych przypraw,
- regularne spożywanie 4-5 posiłków o mniejszej objętości,
- unikanie przejadania się i niedopuszczenie do nadwagi,
- wypijanie około 2 litrów płynów, najlepiej niegazowanych i niesłodzonych,
- ograniczenie spożywania alkoholu,
- prowadzenie aktywnego fizycznie i umysłowo trybu życia;

Zalecenia te mają charakter uniwersalny i są adresowane do całej populacji osób starszych, ale mogą ulegać zmianie w sytuacji, gdy ze względów zdrowotnych konieczne jest stosowanie specjalnej diety [Roszkowski, 2010].

W ocenie sposobu żywienia bardzo istotne jest określenie udziału poszczególnych składników odżywczych w codziennej diecie. Wartość kaloryczna przyjmowanych posiłków powinna być zgodna z aktualnym zapotrzebowaniem organizmu osoby starszej. W okresie zwiększonego wysiłku, lub też choroby należy szczególnie zwracać uwagę na bilans energetyczny spożywanych pokarmów. Pomiędzy 20 a 80 rokiem życia obniża się zapotrzebowanie kaloryczne, aż o 30% co powoduje konieczność ograniczenia kalorii w diecie [Jurczak i in., 2011]. U osób starszych mniejsze zapotrzebowanie na energię wynika ze zmniejszenia podstawowej przemiany materii związanej ze spadkiem

beztłuszczowej masy ciała, jak również z mniejszego poziomu aktywności fizycznej.

Pobranie energii z pożywienia musi odpowiadać zapotrzebowaniu organizmu i być dostosowane do jego wydatku energetycznego. Nadmiar energii w stosunku do zapotrzebowania może prowadzić do nadwagi lub otyłości. Nie tylko nadmierna, ale również zbyt mała masa ciała jest niekorzystna dla procesu zdrowienia, szczególnie w starszym wieku [Jarosz i in., 2010].

Dietoterapia przeciwstarzeniowa- żywność spowalniająca procesy starzenia

Badania epidemiologiczne i dane doświadczalne wskazują, że dieta odgrywa kluczową rolę w patogenezie wielu związanych z wiekiem chorób przewlekłych, a także w biologii się starzenia się organizmu [Rizza i in., 2014; Pan i in., 2012]. Żywność spowalniająca procesy starzenia podnosi psychofizyczny komfort życia. Zbadano wpływ epigenetyczny diety na proces starzenia się - poprzez ograniczenie kalorii oraz konsumpcję żywności bogatej w antyoksydanty, takiej jak czerwone wino, warzywa, owoce, probiotyki lub prebiotyki [Chrysohoou i Stefanadis, 2013].

Istotny wpływ hamujący na procesy degeneracyjne wykazuje:

- żywność funkcjonalna, tj. o specjalnie zaprojektowanym składzie korzystnie oddziałującym na zdrowie osób starszych. Do żywności funkcjonalnej należą produkty spożywcze takie jak: soki i napoje owocowe o mniejszej zawartości cukrów oraz bez syntetycznych środków konserwujących i barwników, jogurty zawierające żywe kultury bakterii i prebiotyczne oligosacharydy. W diecie osób starszych korzystne działanie wykazują produkty wzbogacane gdyż są one alternatywą dla suplementów, których nadmierne stosowanie może prowadzić do interakcji z lekami [Roszkowski, 2010].
- żywność nieprzetworzona - sprzyja zdrowiu i opóźnia efekty starzenia się. Orzechy, pełnoziarnista mąka, nasiona i rośliny strączkowe zawierają kompozycje składników pokarmowych oraz błonnika, które współdziałają w zapewnieniu prawidłowego funkcjonowania komórek i narządów. Nasiona roślin strączkowych zawierają związki o działaniu przeciwnowotworowym: błonnik, witaminy oraz polifenole. Regulują stężenie glukozy we krwi co zmniejsza ryzyko udaru, pogorszenia wzroku, chorób nerek oraz rozwoju cukrzycy typu II. Orzechy zmniejszają stężenie cholesterolu i innych tłuszczów we krwi, są dobrym źródłem NNKT, witaminy E, magnezu i kwasu foliowego [Piórecka, 2010].

Piramida zdrowego żywienia dla osób starszych jest graficznym przedstawieniem grup produktów spożywczych wchodzących w skład wzorcowej dziennej racji pokarmowej (Rys. 1). Dieta oparta na piramidzie żywieniowej wpływa na spowolnienie procesu starzenia się, jak również pomaga zachować zdrowie. Podstawą piramidy żywieniowej jest właściwe nawadnianie organizmu. Wraz z wiekiem zawartość wody w organizmie zmniejsza się ze względu na

spadek beztłuszczowej masy ciała, w tym głównie tkanki mięśniowej. Odpowiednia podaż płynów jest w żywieniu osób starszych bardzo ważna, ze względu na słabsze odczuwanie pragnienia. Woda jest niezbędna do prawidłowego przebiegu procesu trawienia, transportowania składników odżywczych, jak również usuwania produktów przemiany materii. Istotną funkcją wody jest również udział w regulacji temperatury ciała. W celu zapewnienia właściwego nawodnienia organizmu osoby starsze powinny regularnie pić wodę w ilości co najmniej 2000ml, nie czekając na pojawienie się uczucia pragnienia [Jurczak i in., 2011].

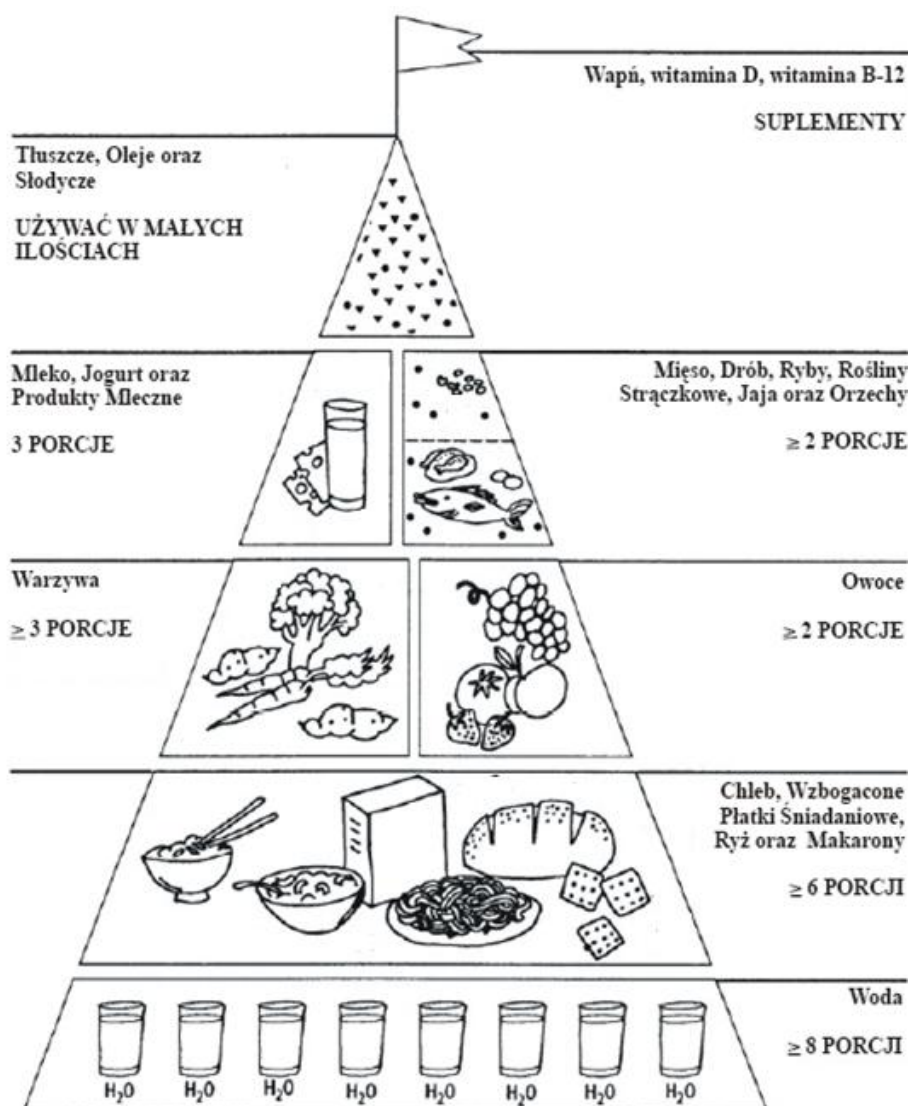
Produkty zbożowe, których głównym składnikiem są węglowodany złożone powinny występować w towarzystwie warzyw i owoców. Preferowane są produkty z mąk razowych, kasza gryczana, ryż, wzbogacone płatki śniadaniowe. Zalecane jest spożywanie większej ilości warzyw niż owoców w postaci surowej, gotowanej lub w formie świeżych soków, gdyż są bardzo dobrym źródłem witamin, składników mineralnych, naturalnych przeciwutleniaczy i błonnika.

Kolejną grupą produktów jest mleko i jego przetwory. Są one trudnym do zastąpienia źródłem wapnia. Dostarczają także białka i witaminy B2. W diecie osób starszych zalecane są produkty mleczne o obniżonej zawartości tłuszczu. Natomiast w celu podniesienia kaloryczności diety można zalecić dodatek mleka w proszku do potraw np. zup.

Następna grupa produktów, których główną cechą jest duża zawartość białka powinna być obecna w diecie osób starszych przynajmniej w postaci 1-2 porcji dziennie. Preferowanym produktem są tu ryby i nasiona roślin strączkowych. Mięso drobiowe uważane jest za zdrowsze niż wieprzowe lub wołowe.

Na wierzchołku piramidy zlokalizowano tłuszcze oraz słodczy, które należy spożywać w niewielkich ilościach. W starszym wieku ważna jest również suplementacja witaminą B12, D oraz wapniem ze względu na ubytki masy kostnej.

Zaleca się także częste podawanie posiłków małych objętościowo. Przy sporządzaniu potraw stosuje się techniki kulinarne, które wpływają na łatwiejsze trawienie oraz na lepsze przyswajanie pokarmów. Należą do nich: gotowanie w wodzie lub na parze, pieczenie w folii lub pergaminie, rozdrabnianie, przecieranie, miksowanie. Zalecana ilość błonnika w diecie wynosi 24g/dobę [Jurczak i in., 2011].



Rys. 1. Piramida żywienia dla osób starszych, opracowanie własne na podstawie Tufts University's USDA Human Nutrition Research Center on Aging

Podsumowanie

Pomimo dostępu do powszechnej edukacji zdrowotnej, niewielu osobom udaje się dożyć sędziwego wieku, zwykle z powodu błędów popełnianych już w młodości między innymi w zakresie odżywiania. Warto pamiętać, że nigdy nie jest za późno, aby dokonać zmian w codziennym życiu i poprawić jego jakość.

- W starszym wieku dochodzi do istotnego zachwiania równowagi w funkcjonowaniu ustroju. Obok zmian w układzie krążenia, nerwowym

i odpornościowym, zdecydowanie pogarsza się wydajność układu pokarmowego. Zmniejsza się wydzielanie soków trawiennych i zwalnia perystaltyka jelit, co w konsekwencji powoduje nasilenie niestrawności.

- Dieta osób w wieku podeszłym musi być modyfikowana tak, aby zapewnić odpowiednią podaż substancji odżywczych i nie dopuścić do rozwoju negatywnych skutków złego żywienia. Nie tylko sam wiek, ale również liczne schorzenia występujące u osób starszych mogą prowadzić do niedoborów żywieniowych i w rezultacie do wyniszczenia organizmu.
- U osób starszych następuje pogorszenie przyswajania składników mineralnych i witamin. Prawidłowo skomponowany jadłospis powinien dostarczać optymalną ilość składników takich jak: wapń, fosfor oraz witamin- A, C, D, E oraz z grupy B. Niektóre z witamin uważane są za czynnik zmniejszający ryzyko rozwoju niezakaźnych chorób przewlekłych m.in. chorób układu krążenia, niektórych nowotworów czy osteoporozy.
- Niezwykle istotnym elementem diety osób starszych jest spożywanie odpowiedniej ilości płynów, aby zapewnić organizmowi odpowiednie nawilżenie oraz zapobiec odwodnieniu.
- Szczególnie ważne w żywieniu osób starszych jest zmniejszenie spożywania tłuszczu zwierzęcego, ostrych przypraw, ograniczenie spożycia alkoholu, natomiast w większej ilości zalecane jest spożywanie owoców i warzyw oraz produktów bogatych w NNKT.
- Bardzo istotny jest wpływ aktywności fizycznej w profilaktyce przeciwstarzeniowej. Aktywność ruchowa jest czynnikiem opóźniającym procesy starzenia, wydłużającym okres sprawności i samodzielności ludzi starszych.

Literatura

- [1] Brzozowska A.: Składniki mineralne. w: Gawęcki J., Hryniewiecki L.: Żywnienie człowieka - podstawy nauki o żywieniu, PWN Warszawa, 2006.
- [2] Chrysohoou C, Stefanadis C.: Longevity and diet. Myth or pragmatism? *Maturitas*, 2013, 76(4), 303-307.
- [3] Gabrowska E., Spodaryk M.: Zasady żywienia osób w starszym wieku. *Gerontologia Polska*, 2006,14(2), 57–62.
- [4] Jabłoński E., Kaźmierczak U.: Odżywianie się osób w podeszłym wieku, *Gerontologia Polska*. 2005, 13(1), 48–54.
- [5] Jarosz M., Rychlik E., Sajor I.: Populacja osób w starszym wieku. w: Jarosz M.: Praktyczny podręcznik dietetyki. IŻŻ, Warszawa 2010.
- [6] Jarosz M., Stoś K., Walkiewicz A., Stolińska H., Wolańska D., Gielecińska I., Wierzejska R., Kłys W., Przygoda B., Iwanow K.: Witaminy. w: Normy żywienia dla polskiej populacji - nowelizacja, Wydawnictwo PZH, Warszawa 2012.

- [7] Jurczak I., Barylski M., Irzyński R.: Znaczenie diety u osób w wieku podeszłym - ważny aspekt prewencji zdrowia czy nieistotna codzienność? *Geriatrics*, 2011, 5, 127-133.
- [8] Kolanowski W., Jędrzejczyk H.: Żywność dla osób w specyficznych stanach fizjologicznych i inna. w: Świderski F., Żywność wygodna i żywność funkcjonalna. Wydawnictwo WNT, Warszawa 1999.
- [9] Kulik T., Janiszewska M., Piróg E., Pacian A., Stefanowicz A., Żołnierczuk-Kieliszek D., Pacian J.: Sytuacja zdrowotna osób starszych w Polsce i innych krajach europejskich. *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu*, 2011, 17(2), 90-95.
- [10] Nowicka A.: Biologiczne, psychologiczne i społeczne aspekty starzenia się i starości cz.I, Starość jako faza życia człowieka, Wybrane problemy osób starszych, Oficyna Wydawnicza Impuls Kraków, 2008.
- [11] Pan MH, Lai CS, Tsai ML, Wu JC, Ho CT.: Molecular mechanisms for anti-aging by natural dietary compounds. *Mol Nutr Food Res*, 2012, 56(1), 88-115.
- [12] Piórecka B.: Podstawy prawidłowego żywienia osób w starszym wieku. [Basics of proper nutrition of elderly people] w: Szczerbińska K., Wilczek-Rużyczka E.(red.) Jak promować zdrowy styl życia i zmieniać zdrowotne zachowania osób starszych. *Zdrowie i Zarządzanie*, Kraków 2010.
- [13] Polak A., Porzych K., Kędziora-Kornatowska K., Motyl J., Porzych M., Słupski M., Lackowska D.: Poznawczy i praktyczny wymiar gerontologii-interdyscyplinarnej nauki o starzeniu się i starości. *Gerontologia Polska*, 2007, 15(3), 51-53.
- [14] Rizza W., Veronese N., Fontana L.: What are the roles of calorie restriction and diet quality in promoting healthy longevity? *Ageing Res Rev*, 2014, 13, 38-45.
- [15] Roszkowski W.: Żywnienie osób starszych. w: Hasik J., Gawęcki J.: Żywnienie człowieka zdrowego i chorego, PWN Warszawa, 2010.
- [16] Wyka J.: Stan odżywienia ludzi po 60 roku życia w aspekcie uwarunkowań żywieniowych, zdrowotnych, środowiskowych i socjodemograficznych, Wydawnictwo UP Wrocław, 2009.

**WPLYW PODAWANIA EKSTRAKTU Z KAWY NA
WYTRZYMAŁOŚĆ KOŚCI U MYSZY GENETYCZNIE
ZMODYFIKOWANYCH APOE/LDLR^{-/-} ŻYWIONYCH DIETĄ
NISKOWĘGLOWODANOWĄ, WYSOKOPROTEINOWĄ**

RENATA B. KOSTOGRYS, MAGDALENA FRANCZYK-ŻARÓW,
AGNIESZKA FILIPIAK-FLORKIEWICZ, KINGA TOPOLSKA, IZABELA
CZYŻYŃSKA-CICHOŃ, ANNA DRAHUN, MAREK SADY, IWONA
WYBRAŃSKA

Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu ekstraktu z kawy na wytrzymałość kości u myszy genetycznie zmodyfikowanych ApoE/LDLR^{-/-} żywionych dietą niskowęglowodanową, wysokoproteinową. Badania przeprowadzono na 13 myszach, które zostały podzielone na dwie grupy. Pierwsza grupa (n=7) żywiona była dietą niskowęglowodanową, wysokobiałkową (LCHP), natomiast druga (n=6) dietą LCHP z dodatkiem kawy. Po zakończeniu doświadczenia zwierzęta laboratoryjne poddano eutanazji. Następnie pobrano prawą kość udową. Analizie poddano masę ciała zwierząt oraz masę, długość i twardość kości.

Na podstawie przeprowadzonych badań nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic w masie ciała myszy żywionych dietą LCHP, a dietą z dodatkiem kawy. Nie wykazano istotnego wpływu diety z dodatkiem kawy na długość kości. Wykazano różnice statystyczne między masą kości. Dieta nie miała wpływu na twardość kości myszy.

Słowa kluczowe: myszy ApoE/LDLR^{-/-}, wytrzymałość kości, kawa

Wprowadzenie

Głównymi przyczynami zgonów na świecie (w tym także w Polsce) są choroby układu sercowo-naczyniowego oraz nowotwory [Ziołkowski i in., 2009; Petersen, 2003]. Do najważniejszych czynników ryzyka ww. chorób należą: nieprawidłowy styl życia (błędy żywieniowe, brak aktywności fizycznej, palenie tytoniu, nadużywanie alkoholu) oraz choroby współtowarzyszące, tj. otyłość, cukrzyca typu 2, czy nadciśnienie tętnicze [Aravanis, 1983].

Szczególną uwagę zwraca zachodni model żywienia, który charakteryzuje się wysokim spożyciem tłuszczów nasyconych, jak również cukrów prostych, przy niskim spożyciu owoców i warzyw. W związku z rosnącą epidemią otyłości,

popularność zdobywają alternatywne diety redukcyjne. Jedną z nich jest dieta LCHP (low-carbohydrate high-protein diet) polegająca na ograniczaniu spożycia węglowodanów oraz zwiększaniu podaży białka. Badania sugerują, że wprowadzenie restrykcji węglowodanowych może okazać się skutecznym działaniem w odniesieniu do chorób sercowo-naczyniowych [Volek, Fernandez i in., 2008; Parikh, McDaniel i in., 2005]. Z drugiej jednak strony, w literaturze fachowej pojawiają się przesłanki mówiące, że długotrwałe stosowanie diety LCHP może prowadzić do zmian miażdżycowych [Denke, 2001; Foo, Hellen i in., 2009]. Obniżenie masy ciała w oparciu o założenia ww. diety może mieć niekorzystny wpływ na poziom antyoksydantów, biomarkerów sercowo-naczyniowych oraz procesów metabolicznych w organizmie [Johnstone, Lobley i in., 2011]. Wykazano przy tym, że cząsteczki utlenionych tłuszczów mogą ponadto hamować różnicowanie się osteoblastów w kościach [Parhami, Garfinkel, 2000].

W badaniach nad skutecznością działania diety LCHP wykorzystuje się różne modele zwierzęce, m.in. szczury szczepu Wistar, czy myszy ApoE. Aktualnie jednym z najbardziej popularnych modeli są myszy ApoE/LDLR^{-/-}, które rozwijają hiperlipidemię i miażdżycę bez konieczności stosowania diety aterogennej [Csányi i in., 2012].

Coraz więcej dowodów naukowych potwierdza związek pomiędzy miażdżycą a osteoporozą, przy czym jako ich punkt wspólny najczęściej wskazuje się hiperlipidemię. Zaobserwowano współzależność między stężeniem lipidów a zmianami miażdżycowymi i gęstością mineralną kości. Przypuszcza się, że osoby chore na osteoporozę mają wyższe stężenie lipidów we krwi, a tym samym są bardziej narażone na choroby układu sercowo-naczyniowego. Tłuszcze wpływają na mineralizację w ścianie tętnic, a także prowadzą do resorpcji kości poprzez zatrzymywanie dojrzewania osteoblastów, a pobudzanie osteoklastów. Zmiany zachodzące w tkance kostnej prowadzą do zmniejszenia wytrzymałości, a w konsekwencji zwiększenia podatności kości na złamanie [Foltyn i in., 2003; Hofbauer i in., 2007].

Kolejnym ogniwem łączącym miażdżycę i osteoporozę jest odkryty w ostatnim czasie układ OPG/RANKL/RANK, który wpływa na metabolizm kostny oraz regulację wapnienia naczyniowego. Ligand RANKL wytwarzany jest przez limfocyty T, które biorą udział w etiopatogenezie miażdżycy [Foltyn i in., 2003].

Problem spożycia kawy budzi wiele kontrowersji. Są prace, które dowodzą jej niekorzystnego wpływu na układ kostny. Zjawisko to opisano już w 1982 roku, jednak wyniki przeprowadzonych badań nie są jednoznaczne. Przypuszcza się, że nadmierne spożycie kawy przyczynia się do zwiększonego wydalania wapnia, a kofeina jest jednym z czynników wpływających na rozwój osteoporozy. Alkaloid ten może wpływać na zmiany w strukturze kości oraz zwiększać ryzyko złamań [Szkop, 2001; Włodarek, 2009; Bojarowicz i Przygoda, 2012; Higdon i Frei, 2006]. Sugeruje się, że kofeina wywołuje apoptozę osteoblastów oraz zwiększa w nich

ekspresję receptorów glikokortykoidów, jednak wpływ kawy oraz kofeiny na rozwój osteoporozy nie jest jeszcze do końca poznany.

W związku z tym głównym celem pracy było określenie zmian twardości kości udowej myszy ApoE/LDLR^{-/-}, żywionych dietą LCHP, po wprowadzeniu do niej ekstraktu z kawy (5ml/100g diety). Przeanalizowano również wpływ ww. diety na masę ciała zwierząt, a także masę i długość kości udowej.

Material i metody badań

Zwierzęta doświadczalne, skład diety

W doświadczeniu, przeprowadzonym za zgodą Lokalnej Komisji Etycznej nr 1 w Krakowie, wykorzystano myszy genetycznie zmodyfikowane szczepu Apolipoprotein E-deficient and Low-Density Lipoprotein Receptor Knockout Mice (ApoE/LDLR^{-/-}).

Zwierzęta żywiono dietą niskowęglowodanową i wysokobiałkową (Dieta I - LCHP), zgodnie z Foo i in. [2009]. Źródło tłuszczu stanowiło masło, podawane w ilości 210 g/kg diety. Modyfikacja diety eksperymentalnej polegała na wprowadzeniu dodatku ekstraktu z kawy kolumbijskiej, 100% Arabica, w ilości 5ml/100g diety (Dieta II – LCHP+K). Roztwór sporządzono z 50g grubo mielonej kawy kolumbijskiej, którą zalano 100ml wrzącej wody destylowanej. Kawę parzono przez 5 min. w zaparzaczu z tłoczkiem, a następnie po odcisnięciu, przesączono przez filtr papierowy. Wystudzony przesącz dodawano bezpośrednio do diety. Zawartość kofeiny w ekstrakcie wynosiła 590 mg/100 ml naparu (oznaczenie wykonano metodą jodometryczną). Zwierzęta otrzymywały kofeinę dawce 35,4mg kofeiny/kg m.c./dobę. Skład diet przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Skład diet eksperymentalnych[g/kg diety]

Składnik	Dieta I	Dieta II (LCHP +K)
skrobia kukurydziana	50	50
kazeina	524	524
sacharoza	118,486	118,486
olej sojowy	-	-
masło	210	210
celuloza	50	50
mieszanka mineralna*	35	35
mieszanka witaminowa*	10	10
cholina	2,5	2,5
tert-butylohydrochinon	0,014	0,014
ekstrakt z kawy [ml/100g diety]	0	5

*Skład mieszanki mineralnej i mieszanki witaminowej wg AIN-93G

Układ doświadczenia

W doświadczeniu wykorzystano trzynastoletnie, czteromiesięczne samice myszy ApoE/LDLR^{-/-} o początkowej masie ciała 23±2,7g. Zwierzęta zostały podzielone losowo na dwie grupy i umieszczone w klatkach z trocinami, z nieograniczonym dostępem do wody destylowanej i diety (grupa I – dieta LCHP, n=7; grupa II – dieta LCHP + K, n=6), na okres 10. tygodni.

Myszy ważono na wadze technicznej. Doświadczenie przeprowadzono w pomieszczeniu o temperaturze 22-25°C, z zachowaniem 12-godzinnej cyklu światła i ciemności. Po jego zakończeniu zwierzęta zostały poddane eutanazji poprzez wstrzyknięcie heparyny i podanie thiopentalu (40mg/100g m.c.). Następnie myszy zważono i pobrano od nich prawą kość udową.

Analiza pobranego materiału

Pobrane kości udowe wypreparowano (tj. oczyszczono z tkanki mięśniowej), po czym zważono je na wadze analitycznej, zmierzono ich długość za pomocą suwmiarki i zabezpieczono do czasu wykonania dalszych analiz (w temp -20°C).

Następnie zbadano wytrzymałość kości testem trzypunktowego zginania. Wytrzymałość mechaniczną, wyrażoną jako siłę potrzebną do złamania kości w połowie jej długości, oznaczono przy użyciu teksturometru TA-XT plus Texture Analyser - Stable Micro Systems z przystawką Warnera-Bratzlera. Prędkość przesuwu noża wynosiła 5,0 mm/s.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej, z wykorzystaniem testu ANOVA (STATISTICA v. 10.0), po wcześniejszym sprawdzeniu założeń testu. Za znamienne statystycznie istotne przyjęto zmiany przy poziomie istotności $p < 0,05$.

Wyniki i dyskusja

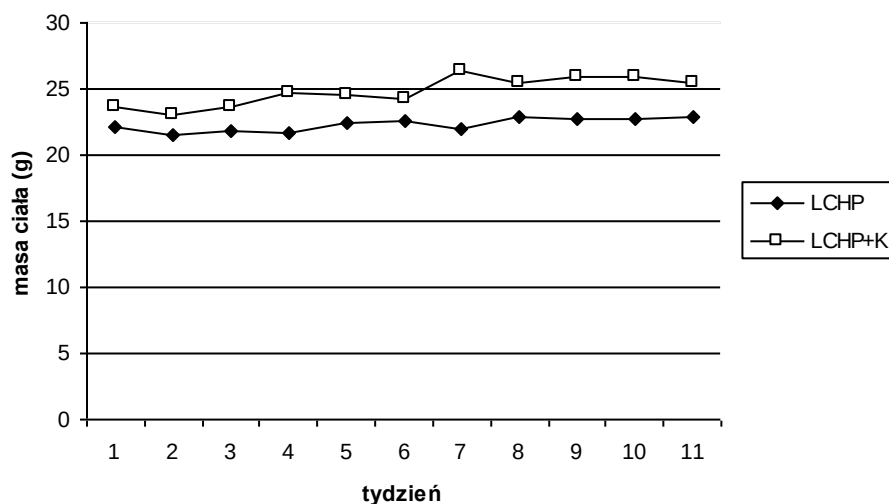
Zmiany masy ciała zwierząt po spożyciu diety LCHP bez i z dodatkiem ekstraktu z kawy

W przeprowadzonym doświadczeniu, masa ciała zwierząt spożywających ekstrakt z kawy z dietą LCHP nie różniła się znacząco ($p=0,07$) od wyników uzyskanych w grupie kontrolnej (I) (Rycina 1). Zaobserwowano jedynie tendencję do większego przyrostu masy ciała u myszy żywionych dietą LCHP + K, szczególnie w 7. tygodniu doświadczenia (różnica wynosiła 4,4g).

Podobne wyniki uzyskali Sakamoto i in. [2001], w badaniu z udziałem szczurów szczepu Wistar żywionych dietą z dodatkiem dwóch dawek kawy – niskiej tj. 6,2g/kg diety (0,62%) oraz wysokiej tj. 13,6g/kg diety (1,36%). Nie stwierdzili oni znaczących różnic w masie ciała pomiędzy zwierzętami z grupy kontrolnej, a tymi, które spożywały kawę z dietą. Również Kovacs i in. [2004] nie stwierdzili istotnego wpływu podaży kofeiny (104 mg/d) na masę ciała u kobiet i mężczyzn.

Tymczasem badania Zheng i in. [2004] wskazały na zmniejszenie masy ciała zwierząt doświadczalnych, myszy ICR, po wprowadzeniu do ich diety zawierającej

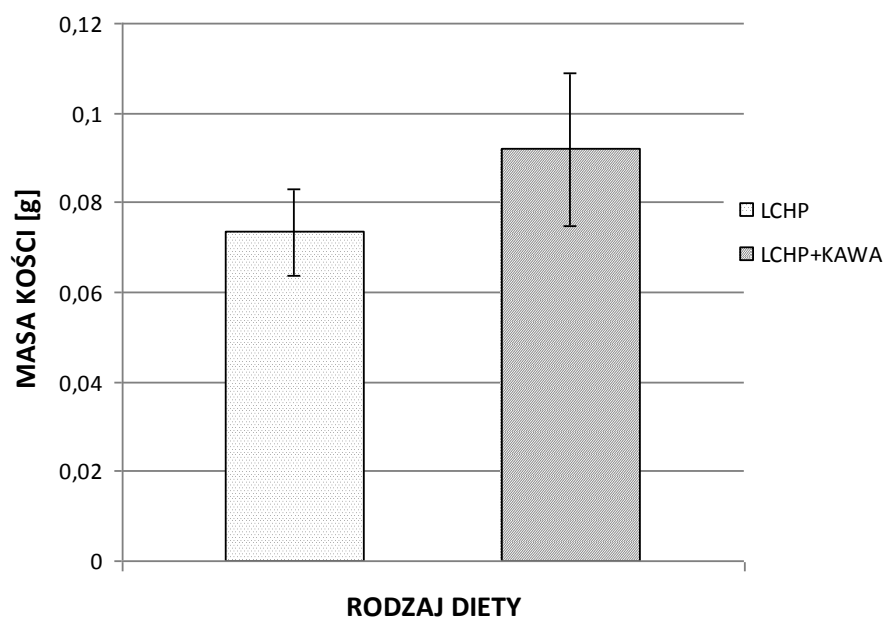
0.05% kofeiny. Huang i in. [2002] również zaobserwowali, że spożywanie kofeiny w ilości 10mg/100g m.c./dzień przez 10 tygodni istotnie zmniejszało masę ciała u szczurów szczepu Wistar.



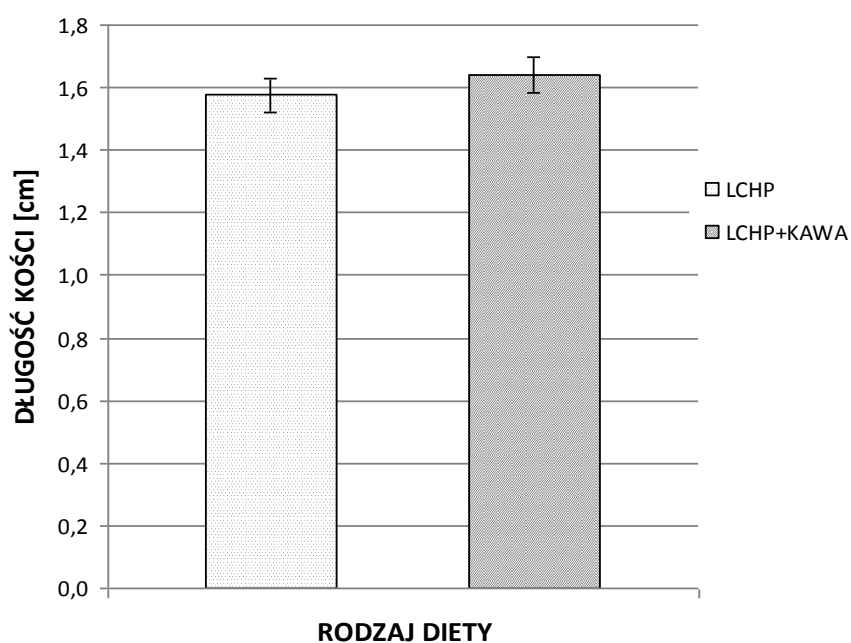
Ryc. 1. Zmiany masy ciała [g] myszy $ApoE/LDLR^{-/-}$ w zależności od spożytej diety (LCHP vs. LCHP+K)

Zmiany masy i długości kości udowej myszy $ApoE/LDLR^{-/-}$ po spożyciu diety LCHP bez i z dodatkiem ekstraktu z kawy

Na podstawie wyników pomiarów kości udowych zwierząt wykazano, że ich masa różniła się znacząco ($p=0,037$) w zależności od podawanej myszom diety i była istotnie wyższa w grupie LCHP+K (0,0919 g) w porównaniu z grupą LCHP (0,0735g) (Ryc. 2). Nie obserwowano natomiast takiej zależności jeśli chodzi o długość ww. kości – uzyskane dla obu grup wyniki nie różniły się istotnie statystycznie ($p=0,057$) (Ryc. 3).



Ryc. 2. Zmiany masy kości udowej myszy ApoE/LDLR^{-/-} po spożyciu diety LCHP bez i z dodatkiem ekstraktu z kawy

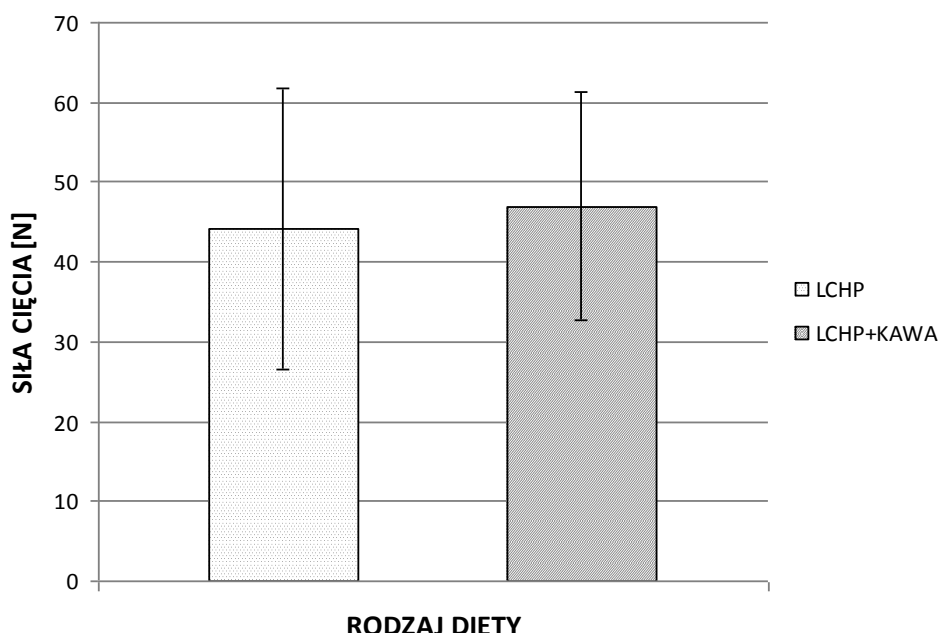


Ryc. 3. Zmiany długości kości udowej myszy ApoE/LDLR^{-/-} po spożyciu diety LCHP bez i z dodatkiem ekstraktu z kawy

Sakamoto i in. [2001] stwierdzili, że podawanie szczurom szczepu Wistar kawy w diecie nie wpływało na zmniejszenie masy oraz długości kości zwierząt. Podobnie Huang i in. [2002] w badaniu z udziałem rosnących samców szczura szczepu Wistar wykazali, iż kofeina w dawce 10mg/100g m.c./dzień powoduje tylko nieistotne statystycznie obniżenie masy kości.

Wpływ ekstraktu z kawy na twardość kości myszy ApoE/LDLR^{-/-} żywionych dietą LCHP

W przeprowadzonym badaniu nie wykazano istotnego wpływu ekstraktu z kawy w dawce 5ml/kg diety na twardość kości udowej myszy, chociaż zaobserwowano tendencję do zwiększania wartości tego parametru w grupie LCHP+K (46,98N) w porównaniu do grupy LCHP (44,18N) (Rycina 4).



Ryc. 4. Zmiany twardości kości udowej myszy ApoE/LDLR^{-/-} po spożyciu diety LCHP bez i z dodatkiem ekstraktu z kawy

Inne wyniki otrzymała Folwarczna i in. [2013] w doświadczeniu z udziałem samic szczura Wistar – zdrowych, a także pozbawionych jajników. Wykazali oni korzystne oddziaływanie kofeiny (20mg/kg m.c./dzień, podawanie p o) na kość, tj. wzrost mineralizacji, poprawę struktury oraz wytrzymałości kości gąbczastej u zwierząt z niedoborem estrogenów.

Inne wyniki otrzymał Huang i in. [2002], którzy w badaniu z udziałem młodych szczurów szczepu Wistar wskazali, że gęstość mineralna kości była mniejsza u zwierząt żywionych dietą z dodatkiem kofeiny.

Wnioski

1. Żywnienie myszy ApoE/LDLR^{-/-} dietą niskowęglowodanową, wysokobiałkową z dodatkiem kawy nie wpływało istotnie statystycznie na masę ciała zwierząt, ani też na długość ich kości udowej, w porównaniu do grupy spożywającej dietę bez dodatku kawy (LCHP).
2. Zwierzęta z grupy LCHP+K charakteryzowały się znacząco większą masą kości udowej aniżeli te z grupy LCHP.
3. Dodatek ekstraktu z kawy w dawce 5ml/100g diety nie wpłynął istotnie na twardość kości myszy spożywających dietę LCHP.

Publikacja została zrealizowana w ramach grantu koordynowanego przez by JCET-UJ, No POIG.01.01.02-00-069/09

Literatura

- [1] Aravanis C.: The classic risk factors for coronary heart disease: experience in Europe. *Prev. Med.* 1983, 12, 16–19.
- [2] Bojarowicz H., Przygoda M., Kofeina. Cz. I. Powszechność stosowania kofeiny oraz jej działanie na organizm Caffeine. Part I. Common use of caffeine and its effect on human organism *Probl. Hig. Epidemiol.* 2012, 93(1), 8-13.
- [3] Csányi G., Gajda M., Franczyk-Zarow M., Kostogrys R., Gwoźdź P., Mateuszuk L., Sternak M., Wojcik L., Zalewska T., Walski M., Chlopicki S.: Functional alterations in endothelial NO, PGI₂ and EDHF pathways in aorta in ApoE/LDLR^{-/-} mice. *Prostaglandins Other Lipid Mediat.* 2012, Aug; 98(3-4): 107-15. doi: 10.1016/j.prostaglandins.2012.02.002. Epub 2012, 24.
- [4] Denke M.A.: Metabolic Effects of High- Protein, Low- Carbohydrate Diets, *Am J Cardiol*, 2001, 88, 59-61.
- [5] Foltyn W., Kos-Kudła B., Siemińska L., Strzelczyk J., Kajdaniuk D., Marek B.: Osteoporoza i miażdżyca- wspólna etiopatogeneza?, *Pol. J. Endoc.*, 2003, 3, 316-320.
- [6] Folwarczna J., Pytlik M., Zych M., Cegiela U., Kaczmarczyk-Sedlak I., Nowińska B., Śliwiński L.: Favorable effect of moderate dose caffeine on the skeletal system in ovariectomized rats. *Mol Nutr Food Res*, 2013, 57, 10, 1772-1784.
- [7] Foo S.Y., Heller E.R., Wykrzykowska J., Sullivan C.J., Manning-Tobin J.J., Moore K.J., Gerszten R.E., Rosenzweig A.: Vascular effects of low-carbohydrate high- protein diet, *PNAS*, 2009, 106, 15418-15423.
- [8] Higdon J.V., Frei B.: Coffee and health: a review of recent human research. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2006, 46(2), 101-23.
- [9] Hofbauer L.C., Brueck C.C., Singh S.K., Dobnig H.: Osteoporosis in patients with diabetes mellitus. *J. Bone Miner. Res.* 2007, 22(9), 1317-28.

- [10] Huang T.H., Yang R.S., Hsieh S.S., Liu S.H.: Effects of Caffeine and Exercise on the Development of Bone: A Densitometric and Histomorphometric Study in Young Wistar Rats. *Bone*, 2002, 30, 293–299.
- [11] Johnstone A.M., Lobley G.E., Horgan G.W., Bremner D.M., Fyfe C.L., Morrice P.C., Duthie G.G.: Effects of a high-protein, low-carbohydrate v. High-protein, moderate-carbohydrate weight-loss diet on antioxidant status, endothelial markers and plasma indices of the cardiometabolic profile. *Br. J. Nutr.*, 2011, 106, 282-291.
- [12] Kovacs E.M., Lejeune M.P., Nijs I., Westerterp-Plantenga M.S.: Effects of green tea on weight maintenance after body-weight loss. *Br. J. Nutr.* 2004, 91(3), 431-7.
- [13] Parhami F., Garfinkel A., Demer L.L.: Role of Lipids in Osteoporosis, *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.*, 2000, 20, 2346-2348.
- [14] Parikh P., McDaniel M.C., Ashen M.D., Miller J.I., Sorrentino M., Chan V., Blumenthal R.S., Sperling L.S.: Diets and Cardiovascular Disease An Evidence- Based Assessment, *JACC*, 2005, 45, 9.
- [15] Petersen P. The World Oral Health Report 2003: continuous improvement of oral health in the 21st century 3 the approach of the WHO Global Oral Health Programme. *Community Dent. Oral Epidemiol.* 2003, 31 (supl.), 3–23.
- [16] Reeves P.G., Nielsen F.H., Fahey G.C. Jr. AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. *J. Nutr.* 1993, 123(11), 1939-51.
- [17] Sakamoto W., Nishihira J., Fujie K., Iizuka T., Handa H., Ozaki M., Yukawa S.: Effect of coffee consumption on bone metabolism. *Bone*. 2001, 28(3), 332-6.
- [18] Szkop I.: Czynniki żywieniowe a metabolizm tkanki kostnej. *Żyw. Człow. Metab.*, 2001, 28, 71-85.
- [19] Volek J.S., Fernandez M.L., Feinman R.D., Phinney S.D.: Dietary carbohydrate restriction induces a unique metabolic state positively affecting atherogenic dyslipidemia, fatty acid partitioning, and metabolic syndrome, *Prog. Lipid. Res.*, 2008, 47, 307-318.
- [20] Włodarek D.: Znaczenie diety w zapobieganiu osteoporozie, *Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii*, 2009, 5, 4, 245–253.
- [21] Zheng G., Sayam K., Okubo T., Juneja L.R., Oguni I.: Anti-obesity effects of three major components of green tea, catechins, caffeine and theanine, in mice. *In Vivo*, 2004, 18, 55–62.
- [22] Ziolkowski M., Kubica A., Sinkiewicz W., Maciejewski J.: Zmniejszanie umieralności na chorobę niedokrwinną serca w Polsce - sukces terapii czy prozdrowotnego stylu życia? *Folia Cardiologica Excerpta*, 2009, 4, 5, 265–272.

ORZECHY JADALNE JAKO ŹRÓDŁO SKŁADNIKÓW BIOAKTYWNYCH

KLAUDIA KULIK, BOŻENA WASZKIEWICZ-ROBAK

Streszczenie

W pracy omówiono zawartość podstawowych składników odżywczych (białka, tłuszczu) oraz wybranych składników bioaktywnych (aminokwasy, fitosterole, tokoferol, kwas foliowy, magnez, miedź, błonnik pokarmowy) w różnych orzechach jadalnych. W części analitycznej oznaczono profil i zawartość poszczególnych kwasów tłuszczowych, uznanych w świetle badań naukowych jako przynoszące szczególne korzyści dla zdrowia. Stwierdzono, że orzechy jadalne charakteryzują się dość zróżnicowaną zawartością tłuszczu i zróżnicowanym profilem kwasów tłuszczowych. Najwięcej kwasów SFA zawierają orzechy piniowe i brazylijskie, MUFA – orzechy laskowe, a PUFA – orzechy włoskie. Orzechy nie mogą być uznane jako źródło kwasów EPA i DHA, natomiast są dobrym źródłem kwasów ALA (orzechy włoskie) i LA (orzechy włoskie i brazylijskie i piniowe).

Słowa kluczowe: orzechy jadalne, wartość odżywcza, składniki bioaktywne, kwasy tłuszczowe

Wprowadzenie

Orzechy jadalne są coraz częstszym składnikiem diety człowieka, co wiąże się nie tylko z ich łatwiejszą dostępnością, ale również z coraz większą świadomością ich dobroczynnego działania, udokumentowanego w różnych badaniach naukowych. Najczęściej spożywane są orzechy brazylijskie, laskowe, macadamia, pekan, nerkowce, migdały, pinii, włoskie oraz pistacjowe należące do grupy tzw. "tree nuts", czyli orzechów drzewnych [O'Neil i in., 2010].

Dominującym składnikiem orzechów stanowiącym od ok. 40 do ok. 76 g/100 g jest tłuszcz, ale uwagę zwraca też wysoka zawartość białka wynosząca od ok. 10 do ok. 25 g w 100 g [Awad-Allah, 2013]. Z punktu widzenia żywieniowego i zdrowotnego ważne są zawarte w orzechach pewne makro- i mikroskładniki, które w układzie pojedynczym lub wskutek interakcji z innymi składnikami żywności, odpowiadają za działania prewencyjne bądź nawet terapeutyczne [Bolling i in., 2010].

W tabeli 1 podano najważniejsze składniki zawarte w różnych orzechach uznane jako biologicznie aktywne, korzystnie wpływające na organizm człowieka. Spośród nich na szczególną uwagę zasługują: wolne aminokwasy, błonnik

pokarmowy, magnez, miedź, kwas foliowy, tokoferole, związki polifenolowe, czy wielonienasycone kwasy tłuszczowe. Natomiast w tabeli 2 zestawiono zawartość wybranych makroskładników, w tym składników bioaktywnych w orzechach jadalnych.

Tab. 1. Wybrane składniki bioaktywne i ich działanie na organizm ludzki

Składnik orzechów	Udokumentowane w badaniach naukowych działanie w organizmie człowieka
Wolne aminokwasy	L-arginina - prekursor tlenu azotu, przyczyniający się do poprawy elastyczności naczyń krwionośnych, zależnych od śródbłonna; niski stosunek argininy do lizyny obniża poziom LDL w osoczu krwi
Błonnik pokarmowy	Obniża poziom glikemii poposiłkowej, na skutek jego fermentacji powstają krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe, co zapobiega powstaniu stanu zapalnego; obniża poziom LDL w surowicy krwi
Magnez	Zapobiega ogólnoustrojowemu zapaleniu, insulinooporności, cukrzycy typu 2; prawidłowe funkcjonowanie śródbłonna; zapobiega arytmii komór serca
Antyoksydanty, w tym: flawonoidy, polifenole, tokoferole	Zapobiegają powstaniu stanu zapalnego, na skutek właściwości przeciwutleniających oraz modulacji szlaków przesyłania sygnałów w tym wpływ na czynnik transkrypcji jądrowej κB , co skutkuje m.in. modulowaniem genów zapalnych makrofagów; modulacja insulinooporności - przywracanie w osoczu prawidłowego stosunku utlenionego do zredukowanego glutationu oraz poprawa odpowiedzi komórek β na glukozę i działanie insuliny; zwiększają odporność LDL na oksydację
Jedno- i wielonienasycone kwasy tłuszczowe	Kwas α -linolenowy - działa przeciwzapalnie, niższy całkowity poziom cholesterolu, poprawa profilu lipoprotein i apolipoprotein w osoczu krwi
Kwas foliowy	Obniża poziom homocysteiny we krwi
Miedź	Obniża poziom cholesterolu we krwi i ciśnienie krwi

Źródło: Liu i in., 2002, Barbagallo i in., 2003, Ros i in., 2004, Song i in., 2005, Rahman i in., 2006, Qi i in., 2006, Kris-Etherton i in., 2008, Ma i in., 2008, Volpe I in., 2008, Ros, 2009, Bulló i in., 2010 oraz Galisteo i in., 2010 [cyt. za:] Casas-Agustench i in., 2010 oraz Sabate i Wien, 2010.

Najwięcej białka zawierają orzeszki ziemne i pistacjowe, a także migdały. Ilości te są porównywalne bądź znacznie wyższe do zawartości tego składnika w produktach pochodzenia zwierzęcego. Białko orzechów znane jest jako białko o dość niskiej wartości biologicznej, ale z uwagi na niski udział lizyny w stosunku do argininy (stosunek tych aminokwasów względem siebie wynosi od 0,01 do 0,57) uznane jest jako czynnik sprzyjający zmniejszeniu ryzyka rozwoju chorób krążeniowych [Brufau i in., 2006; Sabate i Wien, 2010].

Zawartość błonnika pokarmowego w orzechach kształtuje się na poziomie od 3 do 12 g w 100 g, co umożliwia pokrycie dziennego zapotrzebowania na ten składnik w ilości od 5 do 10% po spożyciu 30 g orzechów [Ros, 2010].

Orzechy nie zawierają cholesterolu (Tab. 2), ale zawierają znaczącą ilość steroli roślinnych odgrywających ważną rolę strukturalną membran, stabilizujących podwójną warstwę fosfolipidów, analogicznie do cholesterolu w błonach komórkowych zwierząt. Najwyższą zawartością fitosteroli charakteryzują się orzechy ziemne i pistacjowe (214-220 mg w 100 g) [Ros, 2010].

Tab. 2. Zawartość wybranych makroskładników w orzechach jadalnych

Rodzaj orzechów	Zawartość składników tłuszczowych			Zawartość składników białkowych			Stosunek Lizyna/ Arginina	Błonnik pokarmowy (g)
	tłuszcz ogółem (g)	cholesterol (g)	fitosterole (mg)	białko ogółem (g)	lizyna (g)	arginina (g)		
Migdały	50,6 ²	0 ³	10 ²	21,3 ²	0,58 ³	2,44 ³	0,24 ³	8,8 ²
Brazylijskie	66,4 ²	0 ³	b.d.	14,3 ²	0,51 ¹	2,2 ³	0,23 ¹	8,5 ²
Nerkowca	46,4 ²	0 ³	158 ²	18,2 ²	0,93 ³	2,12 ³	0,44 ³	5,9 ²
Laskowe	60,8 ²	0 ³	96 ²	15,0 ²	0,42 ³	2,21 ³	0,19 ³	10,4 ²
Macadamia	75,8 ²	0 ³	116 ²	7,9 ²	0,02 ³	1,4 ³	0,01 ³	6,0 ²
Pekan	72,0 ²	0 ³	102 ²	9,2 ²	0,29 ²	1,18 ³	0,25 ³	8,4 ²
Ziemne	49,2 ²	0 ³	220 ²	25,8 ²	0,09 ³	3,08 ³	0,03 ³	8,5 ²
Piniowe	68,4 ²	0 ³	141 ²	13,7 ²	0,04 ¹	1,39 ³	0,19 ¹	3,7 ²
Pistacjowe	44,4 ²	0 ³	214 ²	20,6 ²	1,14 ³	2,01 ³	0,57 ³	9,0 ²
Włoskie	65,2 ²	0 ³	72 ²	15,2 ²	0,42 ³	2,28 ³	0,18 ³	6,4 ²

Źródło wg oznaczeń: ^{1/}-Brufau i in., 2006; ^{2/}-Ros, 2010, ^{3/}-Sabate i Wien, 2010.

b.d.- brak danych

Orzechy są źródłem kwasu foliowego, magnezu i miedzi (Tab. 3). Kwas foliowy odgrywa istotną rolę w detoksykacji homocysteiny - aminokwasu zawierającego siarkę, która ma właściwości aterogenne i gromadzi się w osoczu w przypadku deficytowego stężenia kwasu foliowego. Odpowiedni poziom spożycia magnezu i miedzi poprawia insulinooporność, zapobiega nadciśnieniu tętniczemu i arytmii serca. Najwięcej kwasu foliowego zawierają orzechy ziemne (145 µg/100 g), laskowe (113 µg/100 g) i włoskie (98 µg/100 g) [Ros, 2010].

Orzechy znane są też jako źródło witamin przeciwutleniających niezbędnych do ochrony przed stresem oksydacyjnym. Migdały, orzechy laskowe i pini są dobrym źródłem przede wszystkim α-tokoferolu, a orzechy włoskie i pistacjowe zawierają znaczne ilości γ-tokoferolu (odpowiednio 20,8 i 22,5 mg/100g) uznanego jako istotny czynnik przeciwmiażdżycowy [Bolling i in. 2010; Sabate i Wien, 2010].

Tab. 3. Zawartość wybranych witamin i składników mineralnych w wybranych orzechach

Rodzaj orzechów	Zawartość wybranych składników			
	α -tokoferol (mg)	kwask foliowy (μ g)	Mg (mg)	Cu (mg)
Migdały	26,2 ⁴	29 ²	275 ²	1,0 ⁴
Brazylijskie	5,7 ¹	22 ²	376 ²	1,8 ³
Nerkowca	0,9 ⁴	25 ²	292 ²	2,2 ⁴
Laskowe	15,0 ⁴	113 ²	163 ²	1,7 ⁴
Macadamia	0,5 ⁴	11 ²	130 ²	0,8 ⁴
Pekan	1,4 ⁴	22 ²	121 ²	1,2 ⁴
Ziemne	8,3 ⁴	145 ²	168 ²	1,1 ⁴
Piniowe	9,3 ¹	34 ²	251 ²	1,5 ³
Pistacjowe	2,3 ⁴	51 ²	121 ²	1,3 ⁴
Włoskie	0,7 ⁴	98 ²	158 ²	1,6 ⁴

Źródło wg oznaczeń: ^{1/} - Bolling i in., 2010; ^{2/} - Ros, 2010; ^{3/} - Rodushkin i in., 2011; ^{4/} - Sabate i Wien, 2010.

Spośród innych składników o właściwościach przeciwutleniających wymienia się różne związki polifenolowe, np. antocyjany, flawonoidy, lignany, naftochinony, kwasy fenolowe, a w szczególności kwas galusowy, proantocyjanidyny, stilbeny i garbniki hydrolizowalne (taniny) [Bolling i in., 2010].

Przeciętna zawartość magnezu w 100 g orzechów waha się od 121 mg (pistacjowe) do 376 mg brazylijskie, a zawartość miedzi od 0,8 mg (macadamia) do 2,2 mg (nerkowce) [Ros, 2010; Sabate i Wien, 2010].

Wiele badań naukowych wskazujących na prozdrowotne oddziaływanie orzechów wiąże te działania z profilem kwasów tłuszczowych tłuszczu zawartego w orzechach. Dlatego też w niniejszej pracy skupiono uwagę nad porównaniem profilu i zawartości kwasów tłuszczowych w siedmiu rodzajach orzechów oraz oszacowaniu możliwości ich wykorzystania jako źródła wybranych bioaktywnych kwasów tłuszczowych w diecie.

Material i metody badań

Material badawczy stanowiły orzechy jadalne: laskowe, pistacjowe, macadamia, pinii, włoskie, brazylijskie i nerkowca. Orzechy zakupiono w opakowaniach detalicznych z 3 różnych partii dla każdego rodzaju. Zawartość tłuszczu oznaczono metodą Soxhleta [PN-EN ISO 659:2010]. Profil kwasów tłuszczowych oznaczono metodą chromatografii gazowej. W badaniu wykorzystano chromatograf GC THERMO FID o temperaturze 250°C. Czasy retencji określono przy użyciu wzorca Supelco 37 (Component FAME Mix). Całkowity czas trwania jednej analizy wynosił 60 minut. Wyniki otrzymywane w formie chromatogramów,

poddano analizie, w tym integracji przy użyciu programu (GC Solution). Wszystkie oznaczenia dla każdej z 3 partii produktów, wykonano w co najmniej 3 powtórzeniach. Analizę statystyczną wyników (wartości średnie, SD, ANOVA) wykonano w programie statystycznym Statgraphics v. 5.1., zakładając poziom istotności $\alpha = 0,05$.

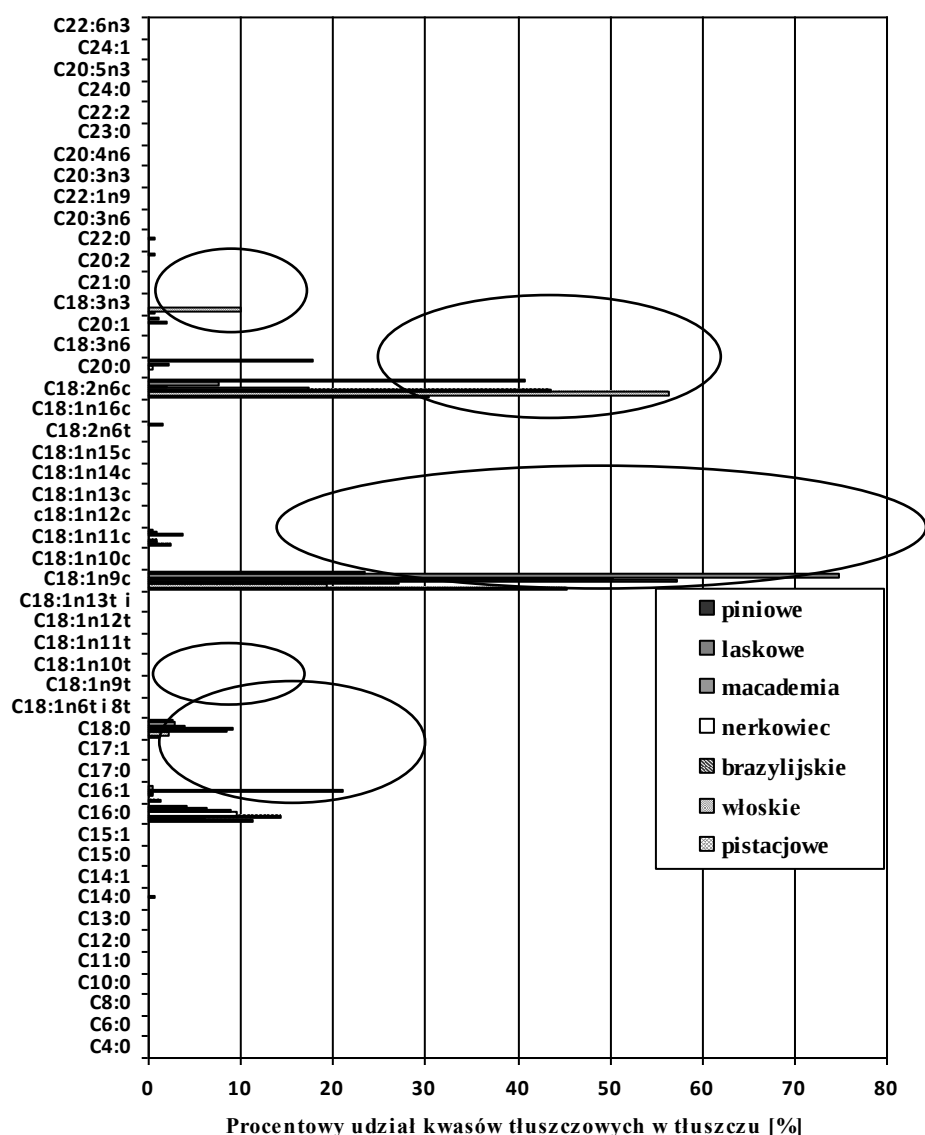
Wyniki i dyskusja

Profil i zawartość kwasów tłuszczowych w różnych orzechach

Na Rys. 1. przedstawiono profil kwasów tłuszczowych tłuszczu badanych orzechów. Orzechy brazylijskie i pistacjowe wyróżniały się wysoką zawartością kwasu palmitynowego (C16:0), orzechy macadamia wysoką zawartością kwasu palmitoleinowego (C16:1 n-7). W orzechach włoskich stwierdzono najwięcej kwasu linolowego (C18:2 n-6), α -linolenowego (C18:3 n-3) oraz jednocześnie najmniej kwasu oleinowego (C18:1 n-9), przy czym ilość kwasu ALA (C18:3 n-3) w pozostałych rodzajach wynosiła od 0,1 g/100g dla orzechów laskowych do 0,6 g/100 g dla orzechów pistacjowych, tj. prawie dziesięciokrotnie mniej w porównaniu do orzechów włoskich. Orzechy laskowe zawierały najwięcej kwasu oleinowego (C18:1 n-9), również orzechy nerkowca, macadamia i pistacjowe zawierały go w znacznej ilości. Kwas LA (C18:2 n-6) w znacznych ilościach występował w tłuszczu orzechów brazylijskich, piniowych oraz pistacjowych. Kwas LA uważany jest za najważniejszy ze wszystkich kwasów n-6, między innymi dlatego, że mogą być z niego otrzymywane pozostałe kwasy z tej grupy, tj. ALA czy γ -linolenowy (GLA) [Zielińska i Nowak, 2014].

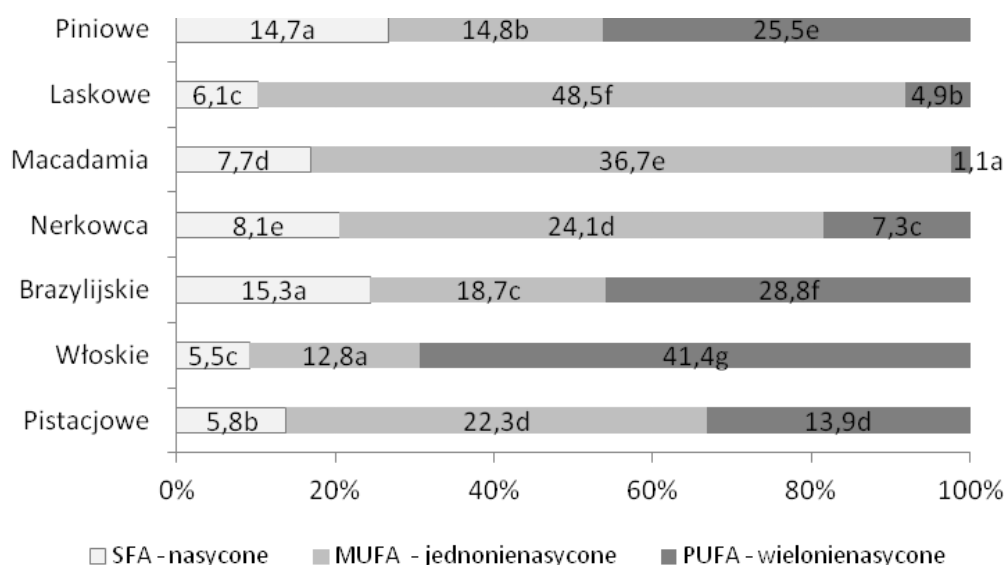
Na uwagę zasługuje kwas palmitoleinowy (C16:1 n-7), który poza orzechami macadamia zawarty jest w dość specyficznych olejach roślinnych, takich jak w oleju z rokitnika, czy w oleju z awokado. Jego udział w diecie poprawia gospodarkę lipidową krwi redukując poziom cholesterolu frakcji LDL oraz triacylogliceroli [Vannice i Rasmussen, 2014].

Na Rys. 2 przedstawiono udział kwasów tłuszczowych SFA (nasyconych), MUFA (jednonienasyconych) i PUFA (wielonienasyconych) w tłuszczu różnych orzechów. Badane orzechy okazały się dobrym źródłem nienasyconych kwasów tłuszczowych, co zgodne jest z danymi literaturowymi [Amaral i in., 2006; Li i Hu, 2011].



Rys. 1. Porównanie profilu kwasów tłuszczowych tłuszczu zawartego w badanych orzechach

Niską zawartością kwasów nasyconych (SFA) odznaczały się orzechy włoskie (5,5 g/100 g) i laskowe (6,1 g/100 g). Najwięcej kwasów nienasyconych (PUFA) zawierał tłuszcz orzechów włoskich (41,4%), a następnie brazylijskich (28,8%) i piniowych (25,5%). Najwięcej kwasów mononienasyconych (MUFA) zawierał tłuszcz orzechów laskowych (48,5%) i orzechów macadamia (36,7%).

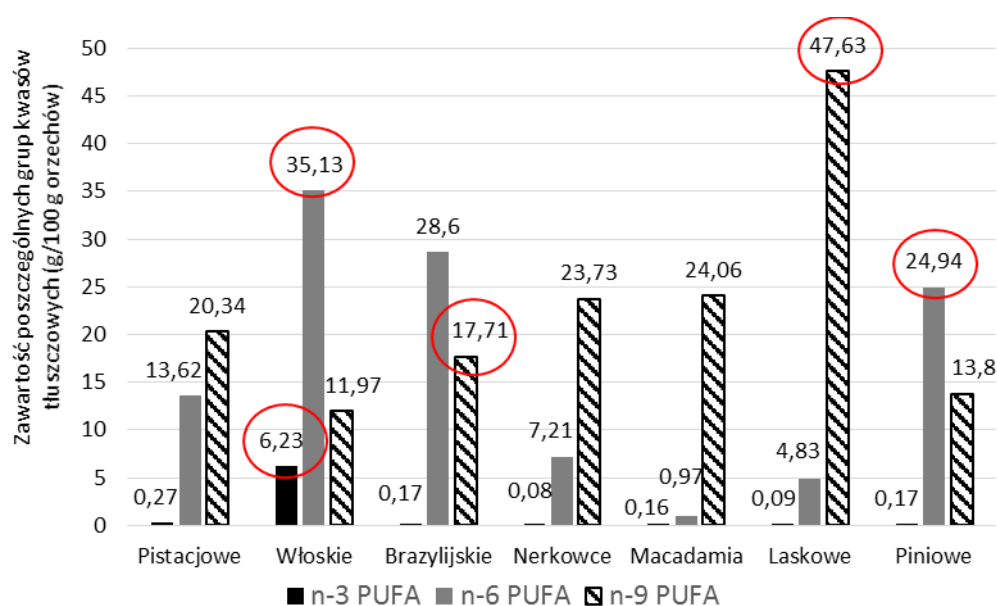


Jednakowe oznaczenia literowe oznaczają brak istotnej różnicy między porównywanymi średnimi (ANOVA, $p = 0,05$)

Rys. 2. Udział różnych grup kwasów tłuszczowych (SFA - nasyconych, MUFA - jednonienasyconych i PUFA – wielonienasyconych) w tłuszczu badanych orzechów

Ponieważ badane orzechy charakteryzowały się zróżnicowaną zawartością tłuszczu, profil kwasów tłuszczowych tłuszczu orzechów może nie korelować z udziałem poszczególnych kwasów w orzechach, jako w produkcie bezpośrednio spożywanym. Dlatego też na Rys. 3. przedstawiono zawartość wybranych grup kwasów tłuszczowych w przeliczeniu na 100 g orzechów.

Spośród kwasów tłuszczowych PUFA, w orzechach laskowych dominowały kwasy z rodziny n-3 (6,23 g/100 g orzechów). Ich zawartość w pozostałych orzechach była znikoma i wynosiła od 0,08 (orzechy laskowe i nerkowca) do 0,17 g/100 g (brazylijskie, piniowe, macadamia) oraz 0,27 w 100 g orzechów pistacjowych.



Rys. 3. Porównanie zawartości różnych grup kwasów tłuszczowych w 100 g badanych orzechów

Możliwości zastosowania orzechów w diecie w świetle zaleceń żywieniowych

W Tabeli 4. przedstawiono aktualne zalecenia żywieniowe rekomendowane przez różne organizacje światowe zajmujące się zdrowiem człowieka, dotyczące spożycia tłuszczu i jego poszczególnych frakcji. Zgodnie z tymi zaleceniami, tłuszcz dostarczony z dietą powinien stanowić od 20 do 35% wartości energetycznej diety, co wobec przyjętej, referencyjnej wartości energetycznej diety wynoszącej 2000 kcal stanowi od 44 do 78 g dziennie.

Spożycie jednej porcji badanych orzechów ustalonej na 30 g realizuje codzienne zapotrzebowanie na tłuszcz w ilości od 16-25% (dolne granice rekomendowanego spożycia) do 28 - 43% (górne wartości rekomendowanego spożycia) – Tab. 5. Kwasy tłuszczowe PUFA n-3 powinny być dostarczane z dietą w ilości od 1,1 do 4,4 g [Vannice i Rasmussen, 2014].

Tab. 4. Rekomendowane zalecenia i spożycie tłuszczu oraz jego wybranych frakcji wg różnych organizacji światowych w odniesieniu do referencyjnej wartości energetycznej diety ustalonej na poziomie 2000 kcal

Organizacja	Wartość energetyczna z tłuszczu (%)	Wielonienasycone kwasy tłuszczowe PUFA (n-3)	Wielonienasycone kwasy tłuszczowe PUFA (n-6)	Jednonienasycone kwasy tłuszczowe MUFA	Nasycone kwasy tłuszczowe SFA
(Dietary Guidelines for Americans)	20-35	Zalecane oleje zamiast tłuszczów stałych, owoce morza (zamiast mięsa/drobiu)	Zalecane oleje zamiast tłuszczów stałych	Zalecana dieta śródziemnomorska	< 10%
US Zalecane dzienne spożycie	20-35	AI dla ALA - 1,1-1,6 g/dzień, 0,6-1,2% energii; do 10% dla EPA+DHA	5-10% energii, AI dla LA 12-17 g/dzień		Najmniej jak to możliwe
Academy of Nutrition and Dietetics	20-35	AI dla ALA - 1,1-1,6 g/dzień; 500 mg/dzień EPA+DHA	3-10% energii	15-20 % energii	< 7%, max. spożycie 10%
American Heart Association	25-35	Zalecane ryby > 2 razy/tydzień	LA - 5-10% energii	Zalecane oleje zamiast tłuszczów zwierzęcych	< 7%
WHO/FAO	20-35	0,5-2% energii, min. 0,5% dla ALA, 250-500 mg/dzień EPA+DHA	AI dla LA - 2-3% energii		< 10%; SFA zastępować PUFA
EFSA	20-35	AI dla ALA 0,5% energii, 250 mg/dzień EPA+DHA	AI dla LA - 4% energii		Najmniej jak to możliwe
International Society for the Study of Fatty Acids and Lipids		ALA - 0,7% energii, 500 mg/dzień EPA+DHA	AI dla LA - 2% energii		
Rekomendowane spożycie	44 – 78 g (20-35% WE diety 2000 kcal)	1,1 - 4,4 g ALA - 1,1 – 1,6 g	6,7 - 22 g LA - 4,4 - 22 g	33 - 44,4 g	15,6 - 22 g

Źródło: Vannice i Rasmussen, 2014

Tab. 5. Zawartość tłuszczu w badanych orzechach oraz procent realizacji jego dziennego zapotrzebowania po spożyciu 30 g orzechów

Rodzaj orzechów	Zawartość tłuszczu w orzechach		% realizacji zalecanego dziennego zapotrzebowania na tłuszcz po spożyciu 30 g orzechów
	w g/100 g	w 1 porcji (g/ 30 g)	
Pistacjowe	44,9	13,5	30 - 17
Włoskie	62,4	18,7	42,5 - 24
Brazylijskie	65,3	19,6	45 - 25
Nerkowca	41,4	12,4	28 - 16
Macadamia	47,6	14,3	32,5 - 18
Laskowe	63,8	19,1	43 - 24,5
Piniowe	59,0	17,7	40 - 23

W Tabeli 6 zestawiono zawartość tych kwasów w 100 g oraz 1 porcji (30 g), jak również wyliczono % realizacji ich zalecanego dziennego spożycia.

Tab. 6. Zawartość PUFA n-3 w 1 porcji (30 g) badanych orzechów oraz procent realizacji ich zalecanego dziennego spożycia

Rodzaj orzechów	Zawartość PUFA n-3 w orzechach w 1 porcji (g/ 30 g)	% realizacji zalecanego dziennego zapotrzebowania na PUFA n-3 po spożyciu 30 g orzechów
Pistacjowe	0,08	7,3 - 1,8
Włoskie	1,87	170,0 - 42,5
Brazylijskie	0,05	4,5 - 1,1
Nerkowca	0,02	1,8 - 0,5
Macadamia	0,05	4,5 - 1,1
Laskowe	0,03	2,7 - 0,7
Piniowe	0,05	4,5 - 1,1

Z żywieniowego punktu widzenia ważny jest kwas ALA (α -linolenowy C18:3) należący do PUFA n-3 (Tab. 7). Jest czynnikiem obniżający poziom lipidów we krwi, obniżający ryzyko stanu zapalnego naczyń krwionośnych, obniżający ciśnienie tętnicze krwi, a nawet działający ochronnie na metabolizm kości. Zalecane dzienne spożycie ALA wskazywane jest na 1,1 - 1,6 g [Vannice i Rasmussen, 2014].

Tab. 7. Zawartość kwasu ALA w 1 porcji (30 g) badanych orzechów oraz procent realizacji jego zalecanego dziennego spożycia

Rodzaj orzechów	Zawartość kwasu ALA w orzechach w 1 porcji (g/ 30 g)	% realizacji zalecanego dziennego zapotrzebowania na ALA po spożyciu 30 g orzechów
Pistacjowe	0,08	7,3 - 5,0
Włoskie	1,86	169,1 - 116,3
Brazylijskie	0,05	4,5 - 3,1
Nerkowca	0,02	1,8 - 1,3
Macadamia	0,04	3,6 - 2,5
Laskowe	0,02	1,8 - 1,3
Piniowe	0,05	4,5 - 3,1

Codzienna dieta powinna zawierać od 6,7 do 22 g kwasów PUFA n-6 [Vannice i Rasmussen, 2014]. Orzechy włoskie, brazylijskie i piniowe już w przypadku niższej granicy rekomendowanych wartości zapewniają ponad 100% jego dziennego zapotrzebowania w 30 g. Orzechy macadamia odznaczają się szczególnie niską zawartością kwasów PUFA n-6 (Tab. 8.).

Tab. 8. Zawartość PUFA n-6 w 1 porcji (30 g) badanych orzechów oraz procent realizacji ich zalecanego dziennego spożycia

Rodzaj orzechów	Zawartość PUFA n-6 w orzechach w 1 porcji (g/ 30 g)	% realizacji zalecanego dziennego zapotrzebowania na PUFA n-6 po spożyciu 30 g orzechów
Pistacjowe	4,09	61,0 - 18,6
Włoskie	10,54	157,3 - 47,9
Brazylijskie	8,58	128,1 - 39,0
Nerkowca	2,16	32,2 - 9,8
Macadamia	0,29	4,3 - 1,3
Laskowe	1,45	21,6 - 6,6
Piniowe	7,48	111,6 - 34,0

Wśród PUFA n-6 dominuje kwas linolowy (LA), szczególnie w orzechach piniowych, brazylijskich, włoskich i pistacjowych (Tab. 9). Dość dobrym źródłem tego kwasu wydają się być orzechy włoskie, ale także brazylijskie. Kwas LA odgrywa szczególną rolę w zmniejszaniu ryzyka rozwoju chorób sercowo-naczyniowych, powoduje obniżenie triacylogliceroli w surowicy krwi, obniża poziom cholesterolu LDL [Szponar i in., 2012].

Tab. 9. Zawartość kwasu LA w 1 porcji (30 g) badanych orzechów oraz procent realizacji jego zalecanego dziennego spożycia

Rodzaj orzechów	Zawartość LA w orzechach w 1 porcji (g/ 30 g)	% realizacji zalecanego dziennego zapotrzebowania na LA po spożyciu 30 g orzechów
Pistacjowe	4,08	93 - 18,5
Włoskie	10,53	239 - 48
Brazylijskie	8,52	194 - 39
Nerkowca	2,16	49 -10
Macadamia	0,27	6 - 1
Laskowe	1,44	33 -7
Piniowe	7,23	164 - 33

ALA w organizmie ludzkim w niewielkim stopniu może ulegać metabolicznej interkonwersji na drodze przemian enzymatycznych do form długołańcuchowych EPA (od 5 do 15%) i DHA (poniżej 1%). Tym samym przemianom ulegają także kwasy na-6, których prekursorem jest kwas linolowy (C18:2n-6), a formą długołańcuchową kwas arachidonowy (C20:4n-6). EPA i DHA wykazują wiele funkcji fizjologicznych: modulują proces powstawania zapaleń, biorą udział w agregacji płytek krwi, wzroście i proliferacji komórek, skurczu mięśni oraz obniżeniu poziomu triacylogliceroli w surowicy krwi. Ich korzystne spożycie ustalono na 250-500 mg [Szponar i in., 2012; Vannice i Rasmussen, 2014].

Badane orzechy nie są mogą być uznane jako źródło kwasów EPA i DHA (tab. 10). Spożycie 30 g może zrealizować zalecane dzienne zapotrzebowanie jedynie od 0,5 do 1,8%.

Tab. 10. Zawartość EPA i DHA w 1 porcji (30 g) badanych orzechów oraz procent realizacji ich zalecanego dziennego spożycia

Rodzaj orzechów	Zawartość EPA i DHA w orzechach		% realizacji zalecanego dziennego zapotrzebowania na EPA i DHA po spożyciu 30 g orzechów
	mg/100 g	w 1 porcji (mg/ 30 g)	
Pistacjowe	11,0	3,30	1,3 - 0,7
Włoskie	9,9	2,97	1,2 - 0,6
Brazylijskie	8,9	2,67	1,1 - 0,5
Nerkowca	10,7	3,21	1,3 - 0,6
Macadamia	8,0	2,40	1,0 - 0,5
Laskowe	9,1	2,73	1,1 - 0,5
Piniowe	14,9	4,47	1,8 - 0,9

Wnioski

1. Orzechy jadalne charakteryzują się dość zróżnicowaną zawartością tłuszczu i zróżnicowanym profilem kwasów tłuszczowych. Najwięcej kwasów SFA zawierają orzechy piniowe i brazylijskie, MUFA – orzechy laskowe, a PUFA – orzechy włoskie.
2. Niezależnie od rodzaju orzechów, spożycie jednej porcji ustalonej na 30 g realizuje dzienne zapotrzebowanie na tłuszcz w ilości od 16-25% (dolne granice rekomendowanego spożycia) do ok. 30-40% (dla górnych zalecanych wartości).
3. Orzechy nie mogą być uznane jako źródło kwasów EPA i DHA, natomiast są dobrym źródłem kwasów ALA (orzechy włoskie) i LA (orzechy włoskie i brazylijskie i piniowe).

Literatura

- [1] Amaral J.S., Casal S., Citova I., Santos A., Seabra R.M., Oliveira B.P.P.: Characterization of several hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars based in chemical, fatty acid and sterol composition. *European Food Research and Technology*, 2006, 222(3/4), 274-280.
- [2] Awad-Allah M.A.A.: Evaluation of selected nuts and their proteins functional properties. *Journal of Applied Sciences Research*, 2013, 9(1), 885-896.
- [3] Bolling B.W., McKay D.L., Blumberg J.B.: The phytochemical composition and antioxidant actions of tree nuts. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 2010, 19(1), 117-123.
- [4] Brufau G., Boatella J., Rafecas M.: Nuts, source of energy and macronutrients. *British Journal of Nutrition*, 2006, 96(2), 24-28.
- [5] Casas-Agustench P., Bulló M., Salas-Salvadó J.: Nuts, inflammation and insulin resistance. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 2010, 19(1), 124-130.
- [6] Li D., Hu X.: Fatty acid content of commonly available nuts and seeds. [w]: Preedy V.R. i in. (red.), *Nuts and seeds in health and disease prevention*. 2011, r. 4., 35-42, online Elsevier, dostęp: 20 grudnia 2014.
- [7] O'Neil C.E., Keast D.R., Fulgoni V.L., Nicklas T.A.: Tree nut consumption improves nutrient intake and diet quality in US adults: an analysis of National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 1999-2004. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 2010, 19(1), 142-150.
- [8] PN-EN ISO 659: 2010. Nasiona oleiste – Oznaczanie zawartości oleju.
- [9] Rodushkin I., Baxter C.D., Engström E.: Inorganic constituents of nuts and seeds. [w]: Preedy V.R. i in. (red.), *Nuts and seeds in health and disease prevention*. 2011, r. 7., 65-72, online Elsevier, dostęp: 20 grudnia 2014.
- [10] Ros E.: Health benefits of nuts consumption. *Nutrients*, 2010, 2(7), 652-682.
- [11] Sabate J., Wien M.: Nuts, blood lipids and cardiovascular disease. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 2010, 19(1), 131-136.

- [12] Szponar L., Mojska H., Ołtarzewski M.: Tłuszcze. [w]: Jarosz M. (red.), Normy żywienia dla populacji polskiej - nowelizacja. Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa, 2012, 44-48.
- [13] Vannice G., Rasmussen H.: Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: Dietary Fatty Acids for Healthy Adults. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 2014, 114(1), 136-153.
- [14] Zielińska A., Nowak I.: Kwasy tłuszczowe w olejach roślinnych i ich znaczenie w kosmetyce. *Chemicz*, 2014, 68(2), 103-110.

ROLA MIĘSA W ŻYWIENIU OSÓB O ZWIĘKSZONEJ AKTYWNOŚCI FIZYCZNEJ

AGNIESZKA LATOCH, AGNIESZKA MALIK, STANISŁAW MLEKO,
DARIUSZ M. STASIAK, MARTA TOMCZYŃSKA-MLEKO

Streszczenie

Aktywność fizyczna wraz z odpowiednią dietą jest nierozłączną częścią zdrowego stylu życia. Celem pracy była ocena sposobu odżywiania się osób o zwiększonej aktywności fizycznej, korzystających z siłowni, ze szczególnym uwzględnieniem mięsa w codziennej diecie. Badaniem ankietowym objęto 100 osób korzystających z siłowni. Kryterium oceny była płeć ankietowanych, ich wiek, częstotliwość korzystania z siłowni, staż treningowy oraz systematyczność treningów. Kobiety, jako główny powód wyjścia na siłownię wskazują uzyskanie zgrabniej sylwetki oraz chęć aktywnego spędzenia czasu. Mężczyznom zależy na wzmocnieniu siły, wytrzymałości mięśniowej i zwiększaniu masy mięśniowej. Większość ankietowanych spożywa 3-4 posiłki dziennie. Dzielne spożycie mięsa wynosi średnio 300 g. Przy wyborze rodzaju mięsa ankietowani kierują się wartością odżywczą oraz walorami smakowymi, ale jednocześnie osoby te najchętniej konsumują smażoną lub pieczoną wieprzowinę. Posiłki ankietowanych składają się z dań przygotowanych samodzielnie oraz kupowanych dań gotowych. Tylko kilku ankietowanych stosuje dietę specjalnie dla nich przygotowaną przez trenera. Większość mężczyzn korzystających z siłowni stosuje suplementy białkowe.

Słowa kluczowe: aktywność fizyczna, mięso, dieta

Wprowadzenie

Aktywność fizyczna wraz z odpowiednią dietą stanowi nierozłączną część zdrowego stylu życia. Regularny wysiłek fizyczny ma istotne znaczenie w prewencji nadwagi i otyłości. Stymuluje funkcje oddechowe i naczyniowo-sercowe (zwiększa dopływ krwi do serca, obniża ciśnienie). Poprawia koordynację ruchową i zwiększa kondycję organizmu, pomaga utrzymać siłę mięśni oraz elastyczność stawów. Łagodzi stres i napięcie nerwowe. To wszystko sprawia, że przyczynia się także do lepszej sprawności fizycznej w starszym wieku. Ze względu na to, że każdy człowiek jest inny (płeć, wiek, stan zdrowia, tryb życia) dieta powinna być dostosowana do potrzeb danej osoby. Przestrzeganie zasad racjonalnego żywienia pomaga osobom aktywnym fizycznie efektywnie trenować,

szybko regenerować siły oraz zmniejszać ryzyko występowania chorób i kontuzji [Eksterowicz, 2007; Żywnienie sportowców..., 2007; Charzewska i in., 2012].

Celem pracy była ocena sposobu odżywiania się osób o zwiększonej aktywności fizycznej, korzystających z siłowni, ze szczególnym uwzględnieniem mięsa i jego przetworów w codziennej diecie. Kryterium oceny była płeć ankietowanych, ich wiek, częstotliwość korzystania z siłowni, staż treningowy oraz systematyczność treningów.

Material i metody badań

Badanie przeprowadzono w kwietniu 2014 roku w losowo wybranych siłowniach w Lublinie. Badaniem objęto 100 osób. Dobór ankietowanych był losowy. Charakterystykę respondentów przedstawiono w tabeli 1.

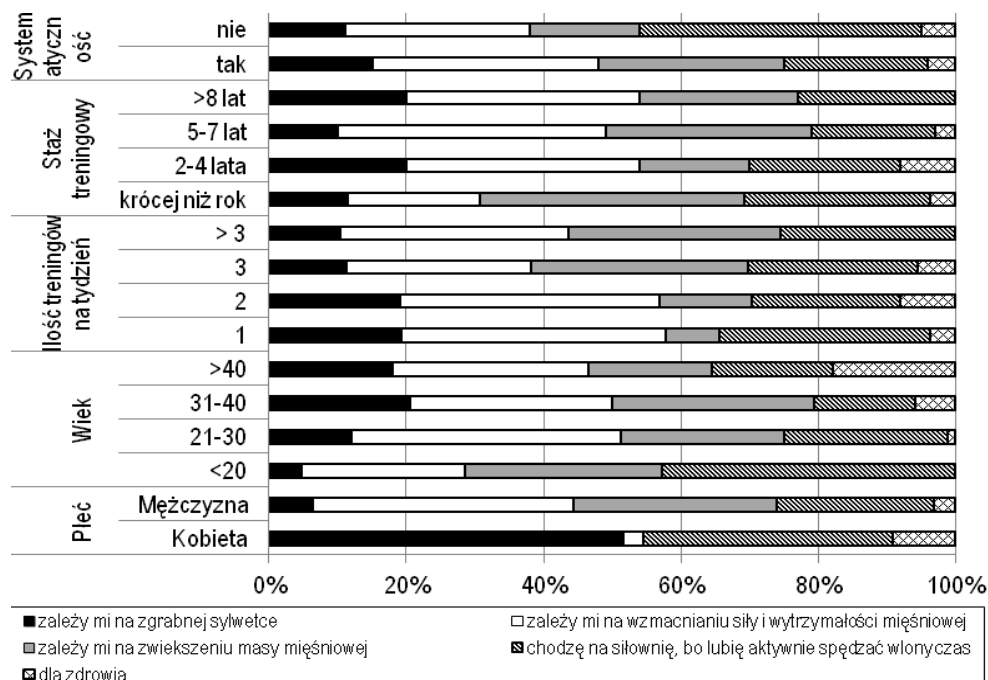
Tab. 1. Charakterystyka respondentów

Kryterium		n	[%]
Płeć	kobieta	17	17
	mężczyzna	83	83
Wiek	< 20 lat	12	12
	21 – 30 lat	53	53
	31 – 40 lat	21	21
	> 40 lat	14	14
Ilość treningów w tygodniu	1 raz	10	10
	2 razy	21	21
	3 razy	43	43
	> 3 razy	26	26
Staż treningowy	< niż rok	19	19
	2 – 4 lat	39	39
	5 – 7 lat	14	14
	> 8 lat	28	28
Systematyczność treningów	tak	77	77
	nie	23	23

Do przeprowadzenia badań wykorzystano autorski kwestionariusz ankiety zawierający 16 pytań, z czego pięć dotyczyło charakterystyki respondentów. Pozostałe dotyczyły preferencji żywieniowych ze szczególnym uwzględnieniem rodzaju i ilości spożywanego mięsa, w tym osiem pytań miało charakter zamknięty, w których ankietowany mógł wskazać jedną odpowiedź. W pozostałych ankietowany był proszony o wpisanie własnych odpowiedzi. Niektóre pytania dawały możliwość udzielenia odpowiedzi wykraczających poza proponowane opcje, w pytaniach tych można było wybrać więcej niż jedną odpowiedź.

Wyniki i dyskusja

Siłownie i kluby fitness są coraz bardziej popularne wśród osób, które chcą prowadzić aktywny tryb życia lub zmienić swoją sylwetkę. Jednocześnie są to miejsca spędzania wolnego czasu i spotykania się z ludźmi. Innym, wyjście na siłownię pomaga odreagować stres.

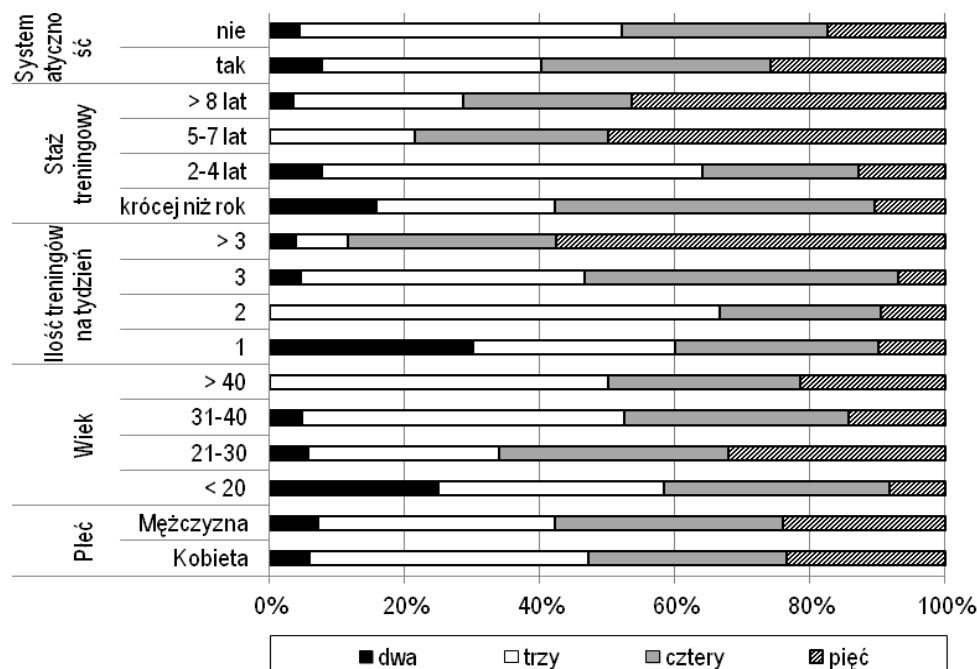


Rys. 1. Powody korzystania z siłowni przez ankietowanych

Połowa badanych kobiet (50%), jako główny powód wyjścia na siłownię (rys. 1), wskazywała uzyskanie zgrabnej sylwetki. Drugą najbardziej popularną odpowiedzią, którą zaznaczyło 35% badanych kobiet, było „chodzę na siłownię, bo lubię aktywnie spędzać czas”. Jedna trzecia mężczyzn (35%) odpowiedziała, że chodzi na siłownię bo zależy im na wzmacnianiu siły i wytrzymałości mięśniowej, tyle samo zaznaczyła, że chcą zwiększyć masę mięśniową.

W odżywianiu ludzi uprawiających sport oraz aktywnych fizycznie musi zostać utrzymana równowaga pomiędzy dostarczeniem energii i wszystkich niezbędnych składników odżywczych a wydatkiem energetycznym. Jadłospis osób o wzmożonej aktywności fizycznej powinien składać się z czterech lub pięciu posiłków [Charzewska i in., 2012]. Wśród ankietowanych kobiet, 41% deklarowało, że spożywa trzy posiłki dziennie, zaś 24% - cztery (rys. 2). Jedna trzecia ankietowanych mężczyzn je trzy posiłki dziennie, tyle samo - cztery. Jedna czwarta przyznała, iż konsumuje pięć posiłków dziennie, przy czym przeszło połowa z nich (15%) to osoby w przedziale wiekowym 21 – 30 lat, które mają

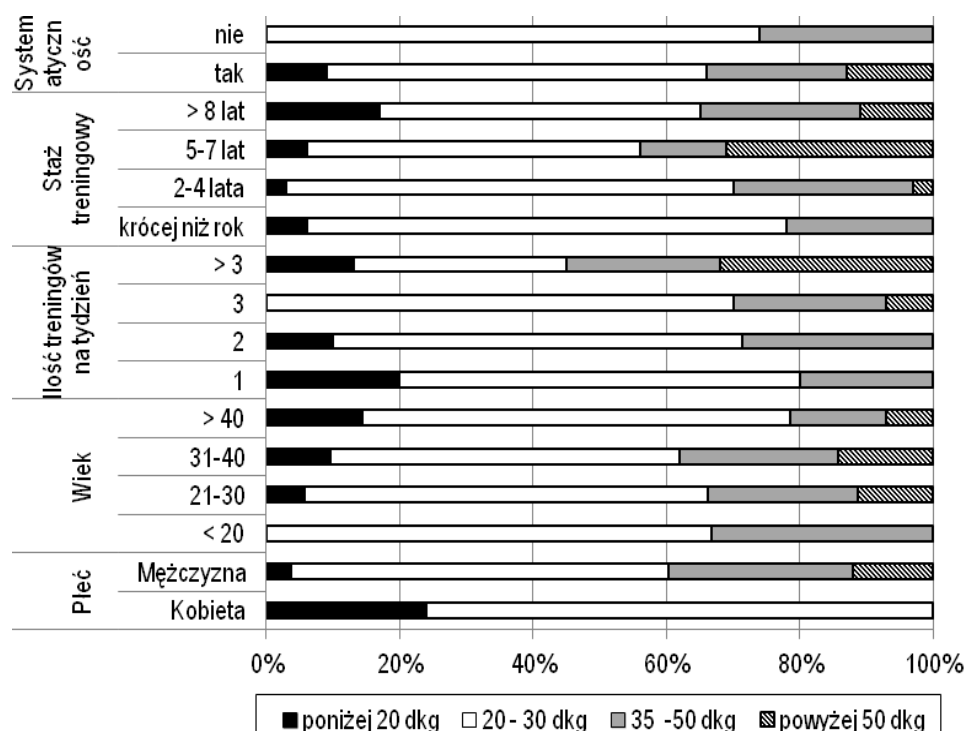
dłuższy staż treningowy niż 8 lat i uczęszczają na siłownię częściej niż trzy razy w tygodniu. Do spożywania dwóch posiłków w ciągu dnia przyznało się 7% mężczyzn.



Rys. 2. Liczba posiłków spożywana w ciągu dnia przez ankietowanych

Ilościowy i jakościowy dobór posiłków w ciągu dnia zależy od pory treningów i trybu życia. W prawidłowym bilansowaniu diety bardzo ważne jest też przestrzeganie regularności przyjmowania posiłków. Najpóźniej do 2 godzin po treningu należy spożyć posiłek zawierający odpowiednią ilość pełnowartościowego i łatwo przyswajalnego białka zwierzęcego. Zwiększone ukrwienie mięśni w tym okresie sprzyja szybkiej odbudowie białka [Bean, 2008]. Aktywni fizycznie ankietowani spożywając mniej niż 4 posiłki dziennie nie dostarczają organizmowi w racjonalny sposób odpowiedniej ilości energii i składników odżywczych. Najczęściej popełniającymi błędy żywieniowe w tym zakresie są osoby poniżej dwudziestego roku życia, korzystające z siłowni raz w tygodniu i ze stażem treningowym krótszym niż rok.

Wysiłek fizyczny wiąże się z koniecznością spożywania mięsa. Mięso stanowi źródło pełnowartościowych białek, tłuszczów, witamin z grupy B i niektórych składników mineralnych. Białko zwierzęce w przeciwieństwie do białek roślinnych zawiera wszystkie niezbędne w diecie człowieka aminokwasy niezbędne do prawidłowego rozwoju organizmu i budowy tkanek. Składnik ten nie może być zastąpiony innym składnikiem odżywczym.

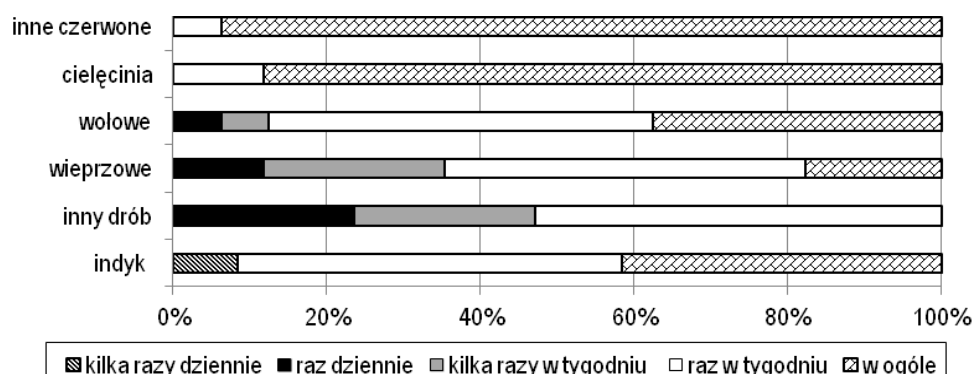


Rys. 3. Ilość mięsa i jego przetworów spożywa w ciągu dnia przez ankietowanych

W 2013 roku średnie spożycie mięsa bez podrobów na 1 mieszkańca w Polsce wynosiło 63,8 kg, w tym: 35,5 kg wieprzowiny, 1,5 kg wołowiny, 26,5 kg drobiu i 0,3 kg pozostałych rodzajów mięsa [GUS, 2014]. Daje to średnio 175 g dziennie na osobę. W celu określenia ilości spożycia mięsa przez respondentów poproszono ich o wskazanie średniej przyjmowanej dziennej racji tego składnika. Ponad trzy czwarte kobiet deklaroowało dzienne spożycie mięsa na poziomie 200 – 300 g, pozostałe respondentki spożywały poniżej 200 g mięsa dziennie (rys. 3). Wśród mężczyzn, przeszło połowa spożywała dziennie 200 – 300 g mięsa. Jedna trzecia badanych mężczyzn deklaroowała, że spożywa od 350 do 500 g mięsa dziennie. Wśród mężczyzn byli i tacy (12%), którzy twierdzili, że jedzą ponad 500 g mięsa. Byli to głównie mężczyźni, którzy znajdowali się w przedziale wiekowym powyżej 40 lat, ich staż treningowy wynosił więcej niż 8 lat, zaś ilość treningów powyżej 3 w ciągu tygodnia (rys 3). Spożywając mniej niż 350 g mięsa dziennie podczas intensywnego wysiłku fizycznego respondenci nie są w stanie dostarczyć organizmowi wystarczającej ilości składników odżywczych i budulcowych, pochodzących z tego cennego surowca.

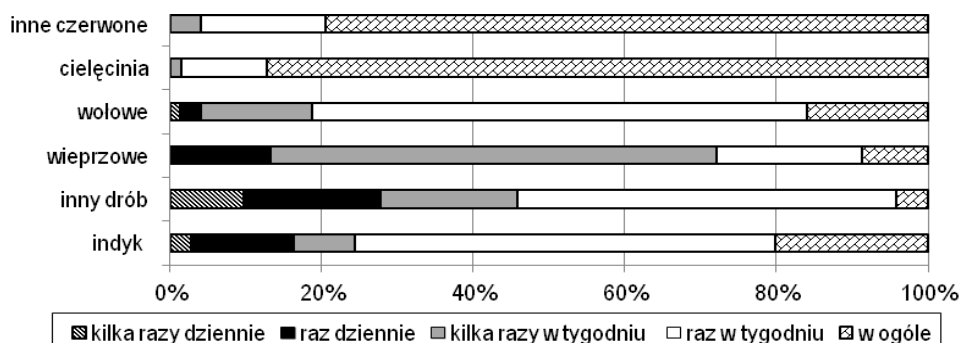
Najbardziej wiarygodne w ocenie zapotrzebowania człowieka na białko jest ustalenie bilansu azotowego. Aby osiągnąć pożądany przyrost masy i siły niezbędne jest uzyskanie tzw. dodatniego bilansu azotowego [Gertig i Przysławski,

2006]. W ciągu doby w organizmie człowieka od 200 do 300 gramów białka ulega rozpadowi, ale tylko 20 do 30 gramów aminokwasów zostaje wydalonych. Białko jest zużywane głównie w procesach metabolicznych. Zalecane dzienne spożycie białka wynosi 0,9 g/kg m.c./dzień [Jarosz, 2012]. Dla sportowców podejmujących ciężki wysiłek fizyczny zaleca się spożycie 1,7 g białka /kg m.c./dzień [Kostka i in. 2012]. Dlatego wskazane jest, aby w każdym posiłku osób o zwiększonej aktywności fizycznej występowało białko zwierzęce.



Rys. 4. Częstość spożywania różnych gatunków mięs przez kobiety

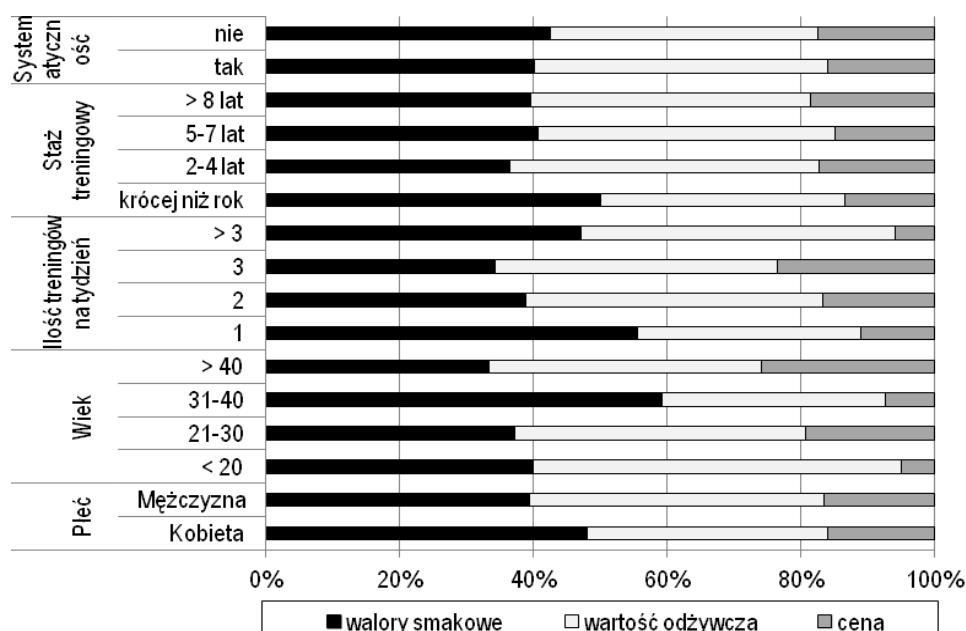
Najczęściej spożywanym przez ankietowane kobiety mięsem jest indyk, konsumowany przez 9% respondentek kilka razy dziennie (rys. 4). Przeszło 20% kobiet raz dziennie spożywa mięso drobiowe inne niż indyk. Jedna czwarta respondentek deklaruowała, że kilka razy w tygodniu spożywa inne niż indyk mięso drobiowe oraz wieprzowinę. Ponad 88% respondentek stwierdziła, że w ogóle nie spożywa cielęciny i innego niż wołowina i wieprzowina mięsa czerwonego.



Rys. 5. Częstość spożywania różnych gatunków mięs przez mężczyzn

Mężczyźni, którzy jedzą mięso codziennie wybierają głównie mięso drobiowe, w tym indycze oraz wieprzowinę (rys. 5). Przeszło połowa ankietowanych mężczyzn odpowiedziała, że kilka razy w tygodniu je mięso wieprzowe.

Konsumpcję wołowiny raz w tygodniu deklarowało przeszło 60% respondentów. Z powyższej analizy wynika, że osoby aktywne fizycznie najczęściej spożywają mięso wieprzowe, a stosunkowo małą ilość mięsa indyczego. Lepiej wybierać mięso białe, które jest bardziej dietetyczne z uwagi na niższą wartość energetyczną, mniejszą zawartość tłuszczów (głównie kwasów tłuszczowych nasyconych) i cholesterolu. Tłuszcze zawarte w mięsie białym są wartościowsze niż w mięsie czerwonym ze względu na znaczny udział kwasów tłuszczowych nienasyconych, w szczególności kwasów: linolowego, linolenowego i arachidowego.

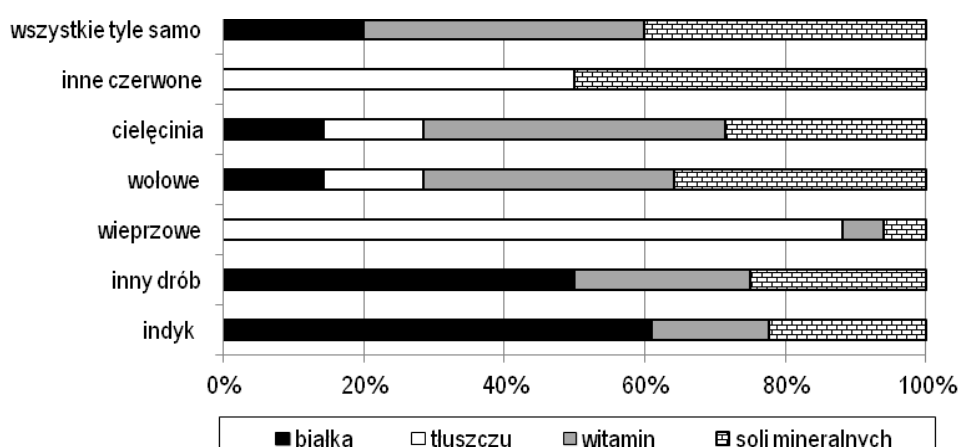


Rys. 6. Kryteria wyboru przy zakupie mięsa

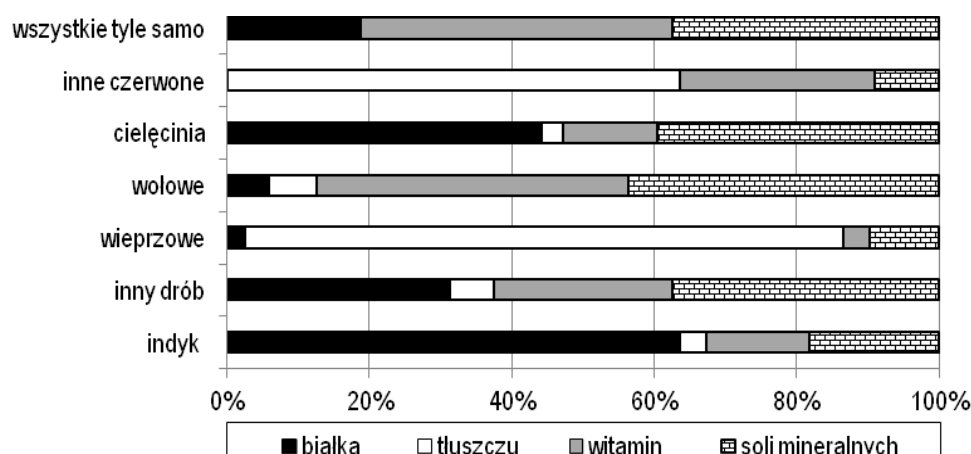
Ilość i jakość żywności w dużej mierze zależy od nas, jednak jakość produktów przetworzonych zależy od technologii przekształcania surowca w produkt finalny. Ważne jest więc bycie świadomym konsumentem. Warto wybierać produkty o lepszej jakości, zdrowotności oraz w najkorzystniejszej cenie. W pytaniu na temat preferencji przy wyborze mięsa (można było wybrać więcej niż jedną odpowiedź) (rys. 6), niespełna połowa kobiet odpowiedziała, że sugeruje się walorami smakowymi, a 18% odpowiedziało, że zwraca uwagę na cenę. Wśród mężczyzn najczęściej wybieraną odpowiedzią (42%) była wartość odżywcza. Przeszło jedna trzecia badanych mężczyzn przy wyborze mięsa sugeruje się walorami smakowymi. Osoby aktywne fizycznie powinny kierować się w swoich wyborach głównie dostarczeniem odpowiedniej ilości składników odżywczych.

Mięso zajmuje bardzo ważne miejsce w diecie człowieka. Różne gatunki mięsa dostarczają różnych ilości poszczególnych witamin i składników mineralnych.

Mięso wołowe spośród innych rodzajów mięs jest najbogatsze w żelazo, cynk i witaminę B₁₂. Mięso wieprzowe zawiera więcej, niż inne gatunki mięsa, witaminy B₁. W mięsie kurcząt znajduje się najwięcej witaminy PP. Uwzględnianie w diecie różnych gatunków mięsa daje szansę na pokrycie zapotrzebowania na wszystkie składniki. Wybierając mięso należy pamiętać, że kaloryczność różnych rodzajów mięsa znacznie różni się od siebie. Osoby aktywne fizycznie powinny wybierać głównie mięso indyjskie lub wołowe, a ograniczyć spożycie mięsa wieprzowego. Z przeprowadzonych badań wynika, że kobiety uważają, że najwięcej białka zawiera mięso drobiowe, 16% kobiet wskazało wołowinę i cielęcinę (rys. 7).



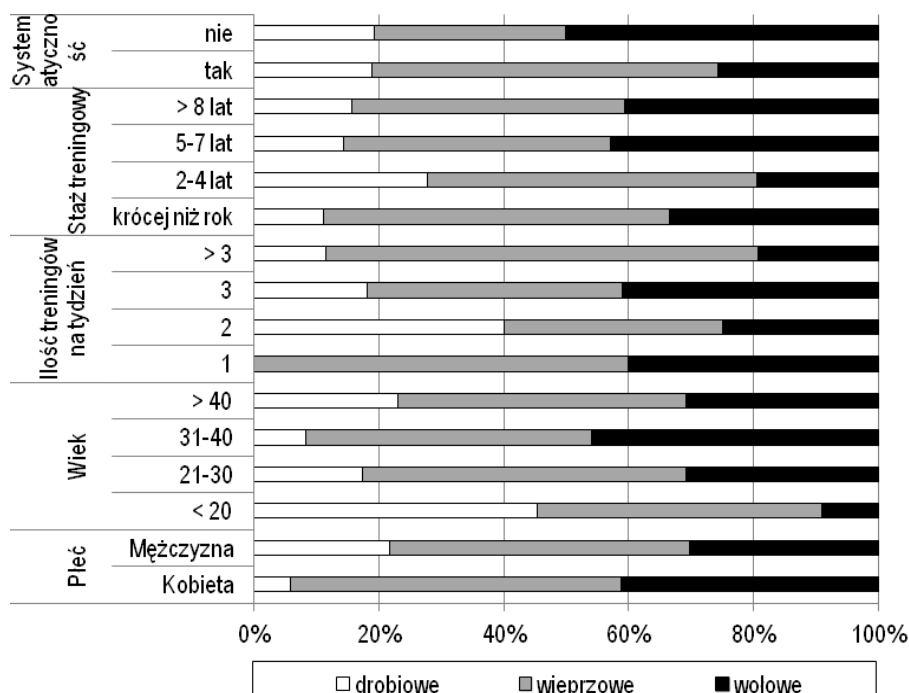
Rys. 7. Odpowiedzi ankietowanych kobiet na pytanie „Jaki rodzaj mięsa Pani zdaniem zawiera najwięcej białka, tłuszczu, witamin, soli mineralnych?”



Rys. 8. Odpowiedzi ankietowanych mężczyzn na pytanie: „Jaki rodzaj mięsa Pana zdaniem zawiera najwięcej białka, tłuszczu, witamin, soli mineralnych?”

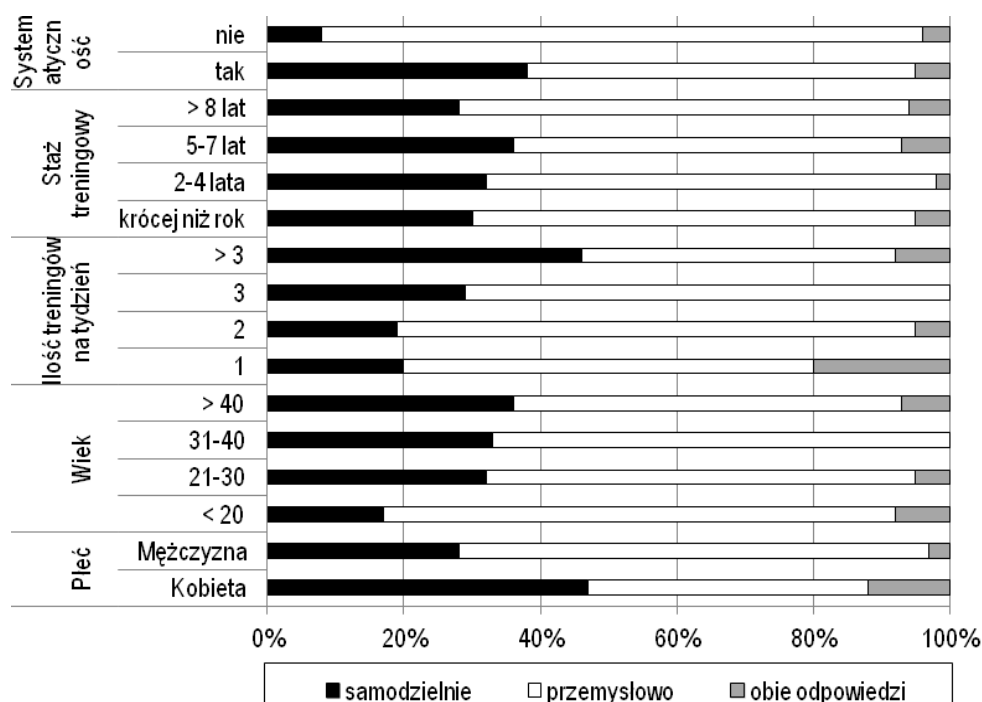
W grupie mężczyzn 62% uważa, że najwięcej białka zawiera mięso z indyka (rys 8). Według 80% ankietowanych mężczyzn, najwięcej tłuszczu zawiera wieprzowina, a najmniej cielęcina (3%). Niespełna połowa badanych mężczyzn stwierdziła, że mięso wołowe dostarcza najwięcej witamin, pozostali zaś, że wszystkie gatunki mięs zawierają po tyle samo witamin. Wśród badanych mężczyzn 40% odpowiedziało, iż mięso wołowe dostarcza najwięcej soli mineralnych, a jedna trzecia, że cielęcina oraz mięso drobiowe inne niż indyk (rys. 8).

Ankietowani uważają, że mięso czerwone dostarcza najwięcej kalorii. Tylko 5% kobiet i aż 22% mężczyzn wskazało na mięso drobiowe (rys. 9). Mężczyźni, którzy wybrali mięso drobiowe, w większości mają mniej niż 20 lat, uczęszczają na siłownię dwa razy w tygodniu, a ich staż treningowy znajduje się w przedziale od 2 do 4 lat (rys. 9). Duże zróżnicowanie odpowiedzi dotyczących zawartości podstawowych składników i kaloryczności poszczególnych gatunków mięsa dowodzi, iż badana grupa osób nie odpowiedniej wiedzy w tym względzie. Może mieć to wpływ na niewłaściwy dobór mięsa spożywanego po intensywnym wysiłku fizycznym. W konsekwencji może powodować, że nie nastąpią oczekiwane efekty, a organizm po wyczerpującym wysiłku nie będzie w stanie zregenerować się.



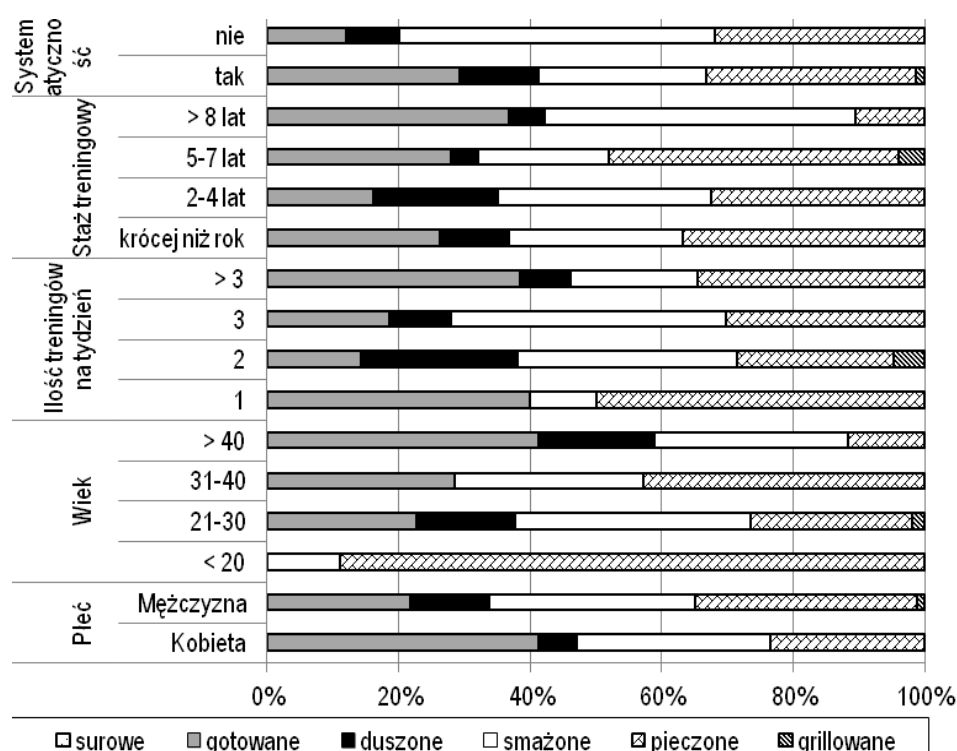
Rys. 9. Odpowiedzi ankietowanych na pytanie: „Jaki rodzaj mięsa dostarcza najwięcej kalorii?”

Rola przetworów mięsnych w normalnej diecie została ostatnio ponownie doceniona dzięki najnowszym osiągnięciom przemysłu w zakresie hodowli trzody chlewnej ukierunkowanej na produkcję chudego mięsa. Oznacza to nie tylko niższą zawartość tłuszczu w stosunku do wędlin produkowanych kilka lat temu, ale i znaczny wzrost zawartości kwasów tłuszczowych wielonienasyconych i w efekcie - redukcję kwasów tłuszczowych nasyconych. Dzięki temu stosunek pomiędzy poszczególnymi rodzajami kwasów tłuszczowych jest zgodny z aktualnymi zaleceniami żywieniowymi. Produkty mięsne są cennym źródłem białek, witaminy z grupy B oraz żelaza i cynku. Wadą jest wysoka zawartość sodu będąca wynikiem stosowania soli w procesie produkcyjnym. Blisko połowa ankietowanych kobiet (44%) deklaruje, że spożywa dania i przetwory mięsne przygotowane samodzielnie (rys. 10). Potrawy przetworzone przemysłowo spożywa niespełna 12% respondentek. Trzy czwarte ankietowanych mężczyzn przyznaje, że korzysta z produktów mięsnych przetworzonych przemysłowo. Osoby preferujące samodzielne przygotowanie potraw mięsnych są starsi, bardziej systematyczni i trenują więcej niż trzy razy w tygodniu. Przygotowując samodzielnie potrawy z mięsa mamy świadomość co faktycznie się tam znajduje, możemy kontrolować ilość użytych dodatków i zastosować najlepszą dla nas obróbkę termiczną.



Rys. 10. Sposób przygotowania posiłków mięsnych spożywanych przez ankietowanych

Ważnym elementem planowania żywienia jest także prawidłowe przygotowanie potraw. Aby unikać strat składników należy stosować odpowiednią obróbkę termiczną. Straty w czasie obróbki mięsa mogą powstawać na skutek wyparowania lub rozpuszczenia w wywarze. Gdy obróbka odbywa się bez wody, wówczas straty powstają głównie przez wyciek soku mięsnego. Zalecaną techniką kulinarną jest gotowanie, najlepiej na parze [Ziemlański, 2001]. Wśród ankietowanych kobiet najpowszechniej stosowaną techniką obróbki termicznej mięsa jest gotowanie (40%) (rys 11). Badani mężczyźni preferują pieczenie (38%) i smażenie (35%). Gotowanie wybrało 21% mężczyzn. Większość respondentów – mężczyzn i kobiet (40%), którzy wybrali gotowanie jako najczęściej stosowaną obróbkę termiczną mięsa - miało więcej niż 40 lat, uczęszczały one na siłownię raz (38%) lub więcej niż trzy razy w tygodniu (36%). Wśród tych osób jedna trzecia korzysta z siłowni więcej niż 8 lat. Wyniki uzyskanych badań świadczą o nieznajomości wpływu technik przygotowania mięsa na straty składników pokarmowych.

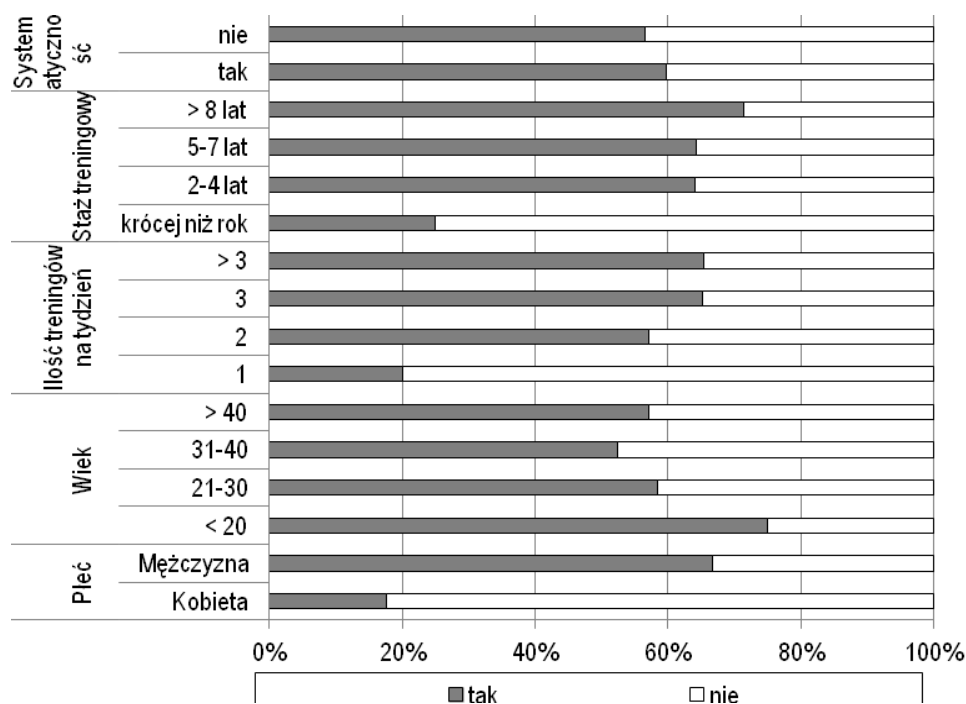


Rys. 11. Preferowany przez ankietowanych rodzaj obróbki termicznej mięsa

Celem stosowania suplementów białkowych jest przyrost masy mięśniowej, wspomaganie wysiłku wytrzymałościowego i wspomaganie redukcji tkanki tłuszczowej. Odżywki wysokobiałkowe zawierają od 70 do 95% białka. Korzystanie z nich powinno być ściśle dostosowane do diety osób aktywnych

fizycznie i stanowi uzupełnienie ilości białka w pożywieniu do pożądanej wielkości. Suplementy białkowe stosuje się zazwyczaj po głównych posiłkach lub jako oddzielny posiłek [Ziemiański, 2001]. Spośród badanych kobiet 83% odpowiedziało, że nie stosuje odżywek białkowych (rys. 12). W grupie mężczyzn ich stosowanie deklarowało 67% ankietowanych. Tak duża grupa mężczyzn stosujących odżywki białkowe, może świadczyć o tym, że mężczyźni nie mają świadomości, iż część suplementów można z powodzeniem zastąpić zwiększonym udziałem mięsa wołowego lub drobiu w diecie.

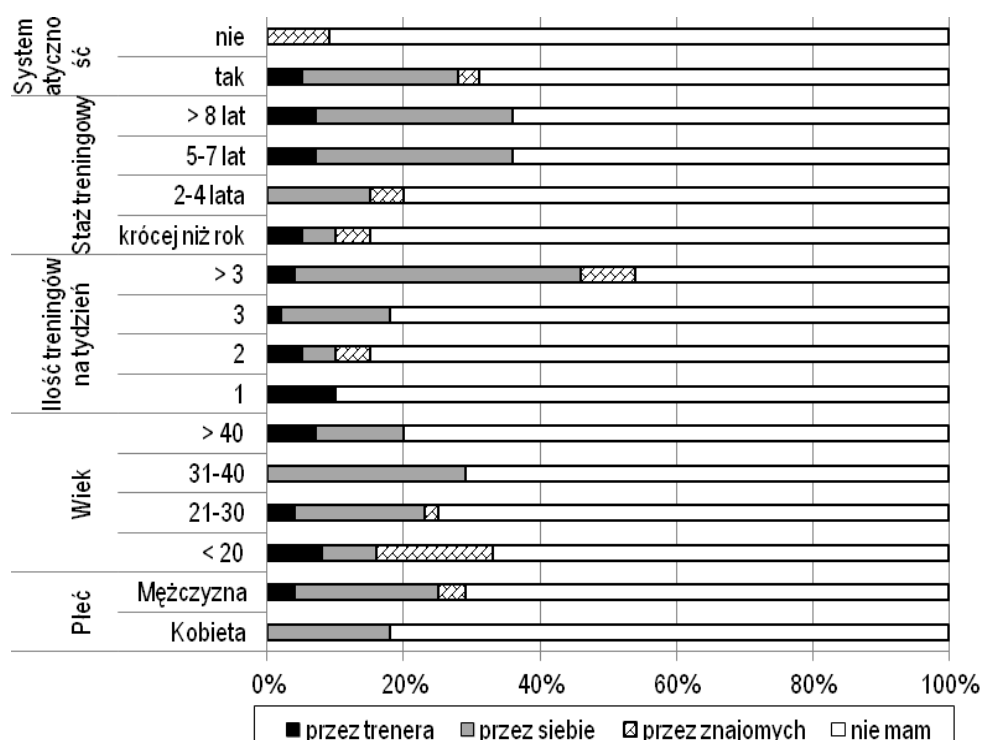
Racjonalny sposób żywienia jest jednym z podstawowych warunków prawidłowego rozwoju psychofizycznego i emocjonalnego oraz właściwego funkcjonowania organizmu. Podstawowym zadaniem, jakie musi spełniać dieta osób aktywnych fizycznie jest pokrycie dodatkowych wymagań żywieniowych. Ułożenie diety jest kwestią indywidualną i dostosowaną do poszczególnych osób [Maughan i Burke, 2000].



Rys. 12. Stosowanie suplementów białkowych przez ankietowanych

Ponad 80% ankietowanych kobiet nie stosuje specjalnie przygotowanej dla siebie diety, pozostałe przyznały, iż stosują dietę którą same sobie ułożyły (rys. 13). Cztery procent mężczyzn zadeklarowało, że korzysta z diety ułożonej przez trenera, wszyscy ci mężczyźni uczęszczają systematycznie na siłownię, a ich staż treningowy wynosi od 5 do 8 lat. Tyle samo mężczyzn (4%) stosuje dietę ułożoną przez znajomych, i w większości są to osoby poniżej dwudziestego roku życia.

Najwięcej, bo 72% mężczyzn odpowiedziało, że nie ma specjalnie ułożonej diety, natomiast 20% korzysta z diety ułożonej przez siebie (rys. 13). Największym wyzwaniem związanym z żywieniem jest dostarczenie wystarczającej ilości i odpowiednie zbilansowanie składników odżywczych. W przypadku osób aktywnych fizycznie należy zwrócić szczególną uwagę na zwiększoną podaż białka, szczególnie pochodzenia zwierzęcego, które jest ważnym budulcem masy mięśniowej. Istnieje ryzyko, że osoby korzystające z siłowni, które nie korzystają ze specjalnie ułożonej dla siebie diety, są narażone na niedostarczenie organizmowi odpowiedniej ilości składników energetycznych i odżywczych, w tym białka, co może mieć konsekwencje zdrowotne.



Rys. 13. Stosowanie przez ankietowanych specjalnie dla nich przygotowanej diety

Podsumowanie

Aktywność fizyczna i odpowiednia dieta stanowią integralną część zdrowego stylu życia. Kobiety, jako główny powód wyjścia na siłownię, wskazują uzyskanie zgrabniej sylwetki oraz chęć aktywnego spędzenia czasu. Mężczyznom zależy na wzmocnieniu siły, wytrzymałości mięśniowej i zwiększaniu masy mięśniowej. Wysiłek fizyczny wiąże się z koniecznością spożywania mięsa, które stanowi źródło tłuszczów, pełnowartościowych białek, witamin z grupy B i niektórych składników mineralnych. Średnie spożycie mięsa w Polsce kształtuje się na poziomie 175 g dziennie na osobę [GUS, 2014]. Ankietowani spożywają średnio

300 g mięsa dziennie. Przy wzmożonym wysiłku fizycznym ta wartość jest niższa od zalecanej. Przy wyborze mięsa respondenci deklarują, że kierują się jego wartością odżywczą oraz walorami smakowymi. Jednak wysokie spożycie wieprzowiny może świadczyć o niskiej świadomości faktycznego składu odżywczego i właściwości prozdrowotnych różnych rodzajów mięs. Może mieć to wpływ na zbyt dużą podaż tłuszczu, w tym kwasów nasyconych i małą białka oraz witamin pochodzących z mięsa. Niskie spożycie wołowiny lub jej wyeliminowanie z diety przez osoby o zwiększonej aktywności fizycznej także świadczy o braku wiedzy ankietowanych na temat korzystnego wpływu biologicznie czynnych składników zawartych w tym mięsie np. sprzężonego kwasu linolowego (CLA), na przyrost tkanki mięśniowej i wspomaganie redukcji tkanki tłuszczowej. Wyniki badań wskazują, że osoby aktywne fizycznie nie stosują odpowiedniej dla nich obróbki termicznej czyli gotowania lub duszenia. Najwięcej osób preferuje smażenie i pieczenie, chociaż w ten sposób pozbawiają mięso cennych składników odżywczych i podnoszą kaloryczność potraw. Respondenci samodzielnie przygotowują dania mięsne, ale także korzystają z gotowych potraw wytworzonych przemysłowo. Posiłki osób aktywnych fizycznie powinny być przygotowywane przez nich samodzielnie. W ten sposób mogliby mieć wpływ na to co jedzą, między innymi w celu ograniczenia spożycia soli i tłuszczów. Tylko kilka osób zadeklarowało, że stosuje dietę specjalnie przygotowaną przez trenera. Stosowanie przez osoby aktywne fizycznie odpowiedniej pod względem wartości energetycznej i odżywczej diety spowodowałoby szybszy przyrost masy mięśniowej, efektywniejszą redukcję tkanki tłuszczowej a treningi w połączeniu z odpowiednio zbilansowaną dietą przyniosłyby oczekiwane efekty.

Literatura

- [1] Bean A.: Żywnienie w sporcie. Kompletny przewodnik. Wyd. I. Wydawnictwo Zysk i S-ka, Poznań, 2008,
- [2] Charzewska J., Rychlik E., Wolnicka K.: Żywnienie osób o zwiększonej aktywności fizycznej. W: Praktyczny podręcznik dietetyki http://www2.mz.gov.pl/wwwfiles/ma_struktura/docs/polzdrow_podrdietetyki_20120522_zal15.pdf , 2012, dostępny 30.03.2015.
- [3] Eksterowicz J.: Zarys żywienia sportowców, Wydawnictwo Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz 2007.
- [4] Gertig H., Przysławski J.: Bromatologia, zarys nauki o żywności i żywieniu, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2006.
- [5] Główny Urząd Statystyczny, Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2014.
- [6] Jarosz M.: Normy żywienia dla populacji polskiej – nowelizacja. Wydawnictwo Instytutu Żywności i Żywienia, Warszawa 2012.

- [7] Kostka T., Szyguła Z., Ziemia A.: Stanowisko Polskiego Towarzystwa Medycyny Sportowej w/s żywienia sportowców <http://www.ptms.org.pl/stanowisko-polskiego-towarzystwa-medycyny-sportowej-w-s-zywienia-sportowcow.html>, dostępny 30.03.2015.
- [8] Maughan R.J., Burke L.M.: Żywnienie, a zdolność do wysiłku. Wydawnictwo Medicina Sportiva, Kraków 2000.
- [9] Ziemiański Ś., Normy żywienia człowieka. Fizjologiczne podstawy. Wyd. I. Wydawnictwo PZWL, Warszawa 2001.
- [10] Żywnienie sportowców. Praktyczny poradnik zdrowia i odżywiania sprzyjającego wysokiej formie opracowany przez Grupę Roboczą do spraw Żywnienia przy Międzynarodowym Komitecie Olimpijskim w oparciu o ustalenia zawarte podczas Konferencji zorganizowanej w siedzibie MKOL w Lozannie w czerwcu 2003 r. http://www.uks-pingwiny.pl/get_file/praktyczny_poradnik_zdrowia.pdf, 2007, dostępny 30.03.2015.

REAKTYWNA EKSTRAKCJA AKTYWNYCH SKŁADNIKÓW ROŚLINNYCH W OBECNOŚCI CYKLODEKSTRYN

MARCIN ŁUKASIEWICZ, PIOTR JAKUBOWSKI, HALINA GAMBUŚ

Streszczenie

Do bioaktywnych składników roślin zaliczane są polifenole. Mają one korzystny wpływ na organizm człowieka: zmniejszają ryzyko występowania chorób układu krążenia, wykazują właściwości antyutleniające, przeciwnowotworowe i przeciwzapalne. Są szeroko rozpowszechnione w surowcach i produktach pochodzenia roślinnego, występują między innymi w nasionach lnu (*Linum usitatissimum*). Ilościowa i jakościowa analiza składników bioaktywnych różnego pochodzenia przeprowadzana jest metodami, w których proces ekstrakcji jako etap wstępny umożliwia wyodrębnienie analizowanego składnika/ów. Jednym z rodzajów ekstrakcji jest ekstrakcja reaktywna polegająca na jednoczesnym rozdzieleniu składników mieszaniny ekstrakcyjnej i prowadzeniu reakcji chemicznej ten proces ułatwiającej. Do tego typu procesu można wykorzystać cyklodekstryny, które dzięki tworzeniu kompleksów inkluzyjnych mogą dodatkowo wpływać korzystnie na przebieg ługowania składników z materiałów roślinnych. W pracy zastosowano reaktywną ekstrakcję (w różnych temperaturach i składzie mieszaniny ekstrakcyjnej) związków aktywnych ze zmieszanych, odtłuszczonych przy użyciu eteru naftowego nasion lnu „Atena” i „Bukoz” w obecności dwóch rodzajów cyklodekstryn (β -cyklodekstryny oraz β -cyklodekstryny metylowanej). Pozwoliło to na określenie wpływu cyklodekstryn oraz warunków reaktywnej ekstrakcji na zawartość wybranych związków biologicznie czynnych.

Słowa kluczowe: ekstrakcja, len, cyklodekstryny, polifenole

Wprowadzenie

Wzrost zapotrzebowania konsumentów na informacje dotyczące zdrowego odżywiania oraz stwierdzony, pozytywny związek pomiędzy dietą a zdrowiem przyczynił się w ostatnich latach do znaczącego rozwoju nauk. Dotyczy to również treści związanych z właściwościami funkcjonalnymi (prozdrowotnymi) surowców roślinnych, w tym owoców i warzyw. Związki obecne w tych produktach pozwalają na opóźnianie procesów starzenia, zmniejszają ryzyko wystąpienia groźnych chorób, głównie układu sercowo-naczyniowego oraz wielu innych zaburzeń [Jimenez-Garcia i in., 2013]. Substancje o takim działaniu nazywane są związkami biologicznie aktywnymi [Sadowska, 2006].

Do bioaktywnych składników roślinnych należy zaliczyć między innymi związki polifenolowe. Te drugorzędowe metabolity roślinne występujące głównie w postaci estrów, bądź glikozydów nie są syntetyzowane w organizmach zwierzęcych. Związki te są heterogeniczne zarówno pod względem właściwości biologicznych, fizyczno-chemicznych, jak również masy cząsteczkowej, czy struktury chemicznej [Rosicka-Kaczmarek, 2004]. Są one spotykane we wszystkich częściach anatomicznych roślin począwszy od korzenia, kończąc na nasionach i owocach. Z kolei ich zawartość zależy od wielu czynników zarówno związanych z klimatem, warunkami uprawy danej rośliny oraz samym rodzajem rośliny [Mitek i Gasik, 2007 b].

Polifenole będące składnikami żywności wpływają na cechy będące wyznacznikami jakości sensorycznej takimi jak smakowość, barwa czy wygląd zewnętrzny produktów. W jabłkach przyczyniają się do charakterystycznego cierpkiego posmaku. Natomiast w czerwonej kapuście obecność antocyjanów, zaliczanych do związków polifenolowych skutkuje jej intensywnie czerwonym kolorem. Polifenole mogą także niekorzystnie wpływać na jakość produktów spożywczych: w winach, bądź sokach powodują powstawanie osadów, mogą przyczyniać się do brunatnienia soków [Mitek i Gasik, 2007 a].

Z powodu różnic w budowie polifenole dzieli się na kilka grup:

- kwasy hydroksycynamonowe,
- stilbeny,
- kwasy hydroksybenzoesowe,
- flawonoidy (flawanole, antocyjany, izoflawony, flawonole, flawanony),
- taniny [Rosicka-Kaczmarek 2004].

Z powodu wysokiego spożycia jabłek owoce te traktuje się jako najważniejsze źródło polifenoli, pozwalające dostarczyć 22 % ogólnej ilości spożywanych związków biologicznie aktywnych. Podstawowym źródłem tych związków oprócz wspomnianych owoców są także warzywa nasiona, herbata, kawa, wino czy czekolada [Mitek i Gasik 2007, b].

Len (*Linum usitatissimum*) jest rośliną jednoroczną zaliczaną do rodziny *Lineaceae*. Nasiona lnu mają barwę od złoto-żółtej do czerwono-brązowej. Jest on wykorzystywany nie tylko w przemyśle włókienniczym, ale ma również zastosowanie w przemyśle farmaceutycznym oraz spożywczym (pod nazwą siemienia lnianego). Największym producentem i eksporterem na świecie siemienia lnianego jest Kanada [Kajla i in., 2014].

Do roku 2000, jak stwierdzili Tolkachev i Zhuchenko „większość cytowań w literaturze (90%) odnosiła się do charakterystyki i zastosowania oleju lnianego”.

Olej ten oraz jego pochodne (kwasy, wodorotlenki, tlenki itp.) znalazły zastosowanie w produkcji spożywczej a także przy otrzymywaniu: żywic epoksydowych, plastyfikatorów, dodatków do asfaltów, lakierów i farb, impregnatów do drewna, granulowanych pestycydów, tuszów do drukarek, kosmetyków, leków [Tolkachev i Zhuchenko, 2000].

Siemię lniane odznacza się wysokim potencjałem odżywczym nie tylko ze względu na obecność tłuszczu czy też wysoką zawartość białka, ale także z powodu obecności w nim rozpuszczalnego błonnika i lignanów. Prozdrowotne korzyści wynikające ze spożywania tych związków związane są z ich aktywnością przeciwutleniającą oraz właściwościami przeciwnowotworowymi [Mueller i in., 2010]. Zasadniczo siemię lniane zawiera trzy rodzaje związków fenolowych: kwasy fenolowe, flawonoidy i lignany. Główne kwasy fenolowe obecne w odtłuszczonej nasionach lnu to: kwas ferulowy (10,9 mg/g), kwas chlorogenowy (7,5 mg/g), kwas galusowy (2,8 mg/g). Inne kwasy fenolowe obecne w nasionach lnu w mniejszych ilościach to glikozydy kwasu *p*-kumarowego, hydroksycynamonowego i hydroksybenzoowego [Kajla i in., 2014].

W jakościowych i ilościowych badaniach związków bioaktywnych w surowcach roślinnych istotnym etapem jest wybór odpowiedniej metody ich ekstrakcji. Jest on jednym z kluczowych czynników wpływających na wynik końcowy. Metoda ekstrakcyjna często określana jest jako „przykład techniki preparatywnej” [Azmir i in., 2013]. Najczęściej stosowanym rozpuszczalnikiem do ekstrakcji składników hydrofilowych z roślin jest woda, jednak podczas takiej ekstrakcji może dochodzić także do ekstrahowania innych związków. Uważa się, że właśnie rozdzielenie ekstrahowanych związków od pozostałych składników matrycy jest jednym z głównych problemów podczas procesu ekstrakcji [Li i in., 2015 a]. Ekstrakcja ciecz-ciecz w połączeniu z dodatkową reakcją wiążącą związki aktywne i umożliwiającą ich efektywne wyługowanie może zwiększać całkowitą wydajność ekstrahowanego produktu [Li i in., 2015]. Jak już wspomniano ekstrakcji materiałów roślinnych można dokonać przy pomocy różnych procedur. W celu zwiększenia wydajności i selektywności ługowania bioaktywnych składników z materiałów roślinnych jako niekonwencjonalne metody w ekstrakcji wykorzystuje się: ultradźwięki, ogrzewanie mikrofalowe, wytlaczanie, zastosowanie płynów nadkrytycznych, pulsacyjne pole elektryczne i inne [Azmir i in., 2013]. Jednym z przykładów takich technik może być również reaktywna ekstrakcja. Polega ona na przeprowadzaniu w pojedynczym urządzeniu rozdziału składników mieszaniny oraz reakcji chemicznej wspomagającej ten rozdział. Prowadzi to do zwiększenia wydajności i jakości ekstraktu oraz pozwala skrócić czas ekstrakcji [Djas i Henczka, 2012].

Cyklodekstryny (CD) z powodu swoich charakterystycznych właściwości wykorzystywane są w wielu gałęziach przemysłu. Te cykliczne oligosacharydy zbudowane są z sześciu (α -cyklodekstryna), siedmiu (β -cyklodekstryna), ośmiu (γ -cyklodekstryna) i więcej jednostek D-glukopiranozowych połączonych ze sobą wiązaniem α -(1-4) [Martin Del Valle, 2004]. Związki te o kształtach toroidalnych pierścieni i różnych rozmiarach hydrofobowych wnęk pozwalających na selektywne kompleksowanie składników niepolarnych mogą tworzyć kompleksy inkluzyjne (typu gość-gospodarz) z wieloma związkami organicznymi i substancjami bioaktywnymi [Górska i Kozłowska, 2008]. Właściwości fizyczno-

chemiczne „gościa” (związku kompleksowanego) ulegają zmianom pod wpływem tymczasowego „pułapkowania” we wnętrzu pierścienia cyklodekstryn (gospodarza). Pozwala to na korzystne modyfikacje związków kompleksowanych: zwiększenie ich rozpuszczalności, zwiększenie odporności na działanie czynników utleniających, wydłużenie czasu przechowywania, poprawę właściwości funkcjonalnych produktu, maskowanie nieprzyjemnych zapachów [Singh i in., 2002].

Celem pracy było określenie wpływu parametrów reaktywnej ekstrakcji odtłuszczonych nasion lnu włóknistego „Atena” i lnu oleistego „Bukoz”, prowadzonej w obecności β -cyklodekstryny oraz β -cyklodekstryny metylowanej na efektywność procesu określoną zawartością wybranych składników o charakterze antyutleniającym w otrzymanych ekstraktach.

Materialy i Metody

Materialy

Proces ekstrakcji przeprowadzono na wcześniej zmielonych i odtłuszczonych przy użyciu eteru naftowego nasionach lnu włóknistego „Atena” (rok zbioru 2005) i lnu oleistego „Bukoz” (rok zbioru 2012) z Zakładu Doświadczalnego Instytutu Włókien Naturalnych w Starym Sielcu. Roztwory lęgujące sporządzono poprzez rozpuszczenie odpowiednich nawazek β -cyklodekstryny CD (Roquette, Francja), β -cyklodekstryny metylowanej RMCD (Wacker, Niemcy) w wodzie destylowanej w celu uzyskania roztworów o stężeniu 10 mmol/dm³, 5 mmol/dm³.

Plan eksperymentu

Wpływ warunków procesowych na ekstrakcje składników funkcjonalnych o charakterze antyoksydacyjnym zbadano przy pomocy metody odpowiedzi powierzchni (ang. Response Surface Methodology). W tym celu posłużono się centralnym planem kompozycyjnym o długości ramienia gwiazdowego $\alpha = 1$ (ang. *face centered compositional design*). Po przeprowadzeniu wstępnych eksperymentów w badaniach właściwych posłużono się trzema czynnikami (temperatura, stężenie CD/RMCD oraz zawartość metanolu) na trzech poziomach. Punkty centralne planu zanalizowano w 5 powtórzeniach, co dało sumaryczną ilość eksperymentów równą 17. Szczegółowy parametry przeprowadzanego eksperymentu przedstawia Tabela 1.

Ekstrakcja

5g odtłuszczonego, wysuszonego lnu umieszczano w butelce na 150 cm³ i zalewano 50 cm³ ekstarhentem o składzie zaprezentowanym w Tabeli 1. Następnie, tak przygotowane mieszaniny inkubowano (w temperaturach 20°C, 35°C, 50°C) przez 4 godziny w łaźni wodnej z wytrząsarką. Po procesie ekstrakcji roztwory odwirowywano w wirówce MPW-65R (MPW Med. Instruments, Polska) przez 10 minut przy 10000 rpm. Otrzymane ekstrakty posłużyły do dalszych oznaczeń.

Tab. 1. Plan eksperymentu

Temperatura, °C	zawartość MeOH, % (v/v)	stężenie CD/RMCD, mM
20	0	0
20	20	0
20	10	5
20	0	10
20	20	10
35	10	0
35	0	5
35	10	5
35	10	5
35	10	5
35	20	5
35	10	10
50	0	0
50	20	0
50	10	5
50	0	10
50	20	10

Oznaczanie polifenoli ogółem

Polifenole ogółem oznaczono metodą Folina – Ciocalletu [Singleton i in., 1999]. Każdy ekstrakt był rozcieńczany 50-krotnie przy użyciu wody destylowanej. Następnie pobierano 5 cm³ tak przygotowanych próbek do wialek o pojemności 7 cm³, dodano 0,25 cm³ odczynnika Folina oraz 0,5 cm³ 7 % węgla sodu. Probki pozostawiono na 30 min w ciemności a następnie mierzono absorbancję przy długości fali 760 nm. Próbę ślepą stanowił roztwór etanolu o stężeniu 96%.

Badanie pojemności antyoksydacyjnej

Pojemność antyoksydacyjną oznaczono przy użyciu odczynnika ABTS ([2,2' – azyno – di – [6-sulfonian – 3 – etylobenzotiazoliny] 98 %) [Re i in., 1999]. Wykonanie roztworu ABTS: Do kolby miarowej na 100 cm³ przeniesiono: 10 cm³ roztworu nadsiarczanu potasu (0,1655 g krystalicznego nadsiarczanu potasu rozpuszczono w 25 cm³ wody destylowanej) i 0,384 g ABTS. Całość uzupełniono do kreski wodą destylowaną i wymieszano. Kolba została owinięta folią aluminiową i pozostawiono ją w temperaturze pokojowej na 14 - 16 h. Po czym mieszaninę rozcieńczono tak, by jej absorbancja mierzona przy długości fali 734 nm mieściła się w przedziale 0,740 – 0,750 nm.

Wykonanie analizy: do wialek odpipetowano 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 i 0,8 cm³ metanolewego roztwór badanej rośliny i dopełniono do 1 cm³ alkoholem metylowym. Dodano 2 cm³ roztworu ABTS, wymieszano i całość inkubowano w cieplarni w temperaturze 30 °C przez 6 minut. Zawartość próbek, które nie uległy odbarwieniu przelano do kuwety pomiarowej (długość drogi optycznej 1cm) i zmierzono jej absorbancję przy długości fali 734 nm wobec metanolu.

Wyniki i dyskusja

Przeprowadzone badania miały na celu określenie wpływu stężenia cyklodekstryny, i metanolu oraz temperatury na zawartość polifenoli ogółem oraz na potencjał antyoksydacyjny (mierzony przy pomocy odczynnika ABTS) w ekstraktach otrzymanych ze zmielonych nasion lnu „Atena” i „Bukoz”.

Na podstawie otrzymanych danych przeprowadzono optymalizację procesu reaktywnej ekstrakcji metodą odpowiedzi powierzchni. W Tabeli 2 przedstawiono parametry funkcji opisującej płaszczyzny odpowiedzi dla zawartości polifenoli. Ponadto wyliczone wartości współczynnika korelacji (R^2) pozwoliły na określenie w jakim stopniu przedstawione modele wyjaśniają zmienność zawartości związków biologicznie aktywnych.

Dane przedstawione w Tabeli 2 wskazują na (istotny statystycznie) wpływ wybranych parametrów procesu ekstrakcji reaktywnej na wydajność procesu liczoną wydajnością polifenoli ogółem. Jak widać, we wszystkich badanych przypadkach istotnym statystycznie czynnikiem determinującym efektywność procesu jest stężenie ko rozpuszczalnika (metanolu). Czynniki te wpływają na proces ekstrakcji w sposób liniowy, a ze względu na jego ujemną wartość stwierdzić można, że zwiększanie zawartości metanolu w układzie ługującym powoduje zmniejszenie stężenia polifenoli w ekstrakcie. Również w sposób liniowy na proces wpływa temperatura. Zwiększanie temperatury powoduje wzrost efektywności procesu (nie dotyczy układu Atena/RMCD). Oprócz tego stwierdzono także pojedynczy przypadek oddziaływania typu kwadratowego (stężenie metanolu w układzie Atena/CD) oraz obecność współczynników mieszanych temperatura względem stężenia metanolu dla układów bazujących na nasionach odmiany Bukoz. We wszystkich przypadkach zaobserwowano wysoką wartość współczynników determinacji co oznacza że otrzymane płaszczyzny odpowiedzi można uznać za opisujące proces w stopniu dobrym (wartości powyżej 0,8), a nawet bardzo dobrym (wartość współczynnika R^2 powyżej 0,9).

Tab. 2. Parametry równania opisującego płaszczyznę odpowiedzi zawartości polifenoli (L – współczynnik liniowy, K – współczynnik kwadratowy)

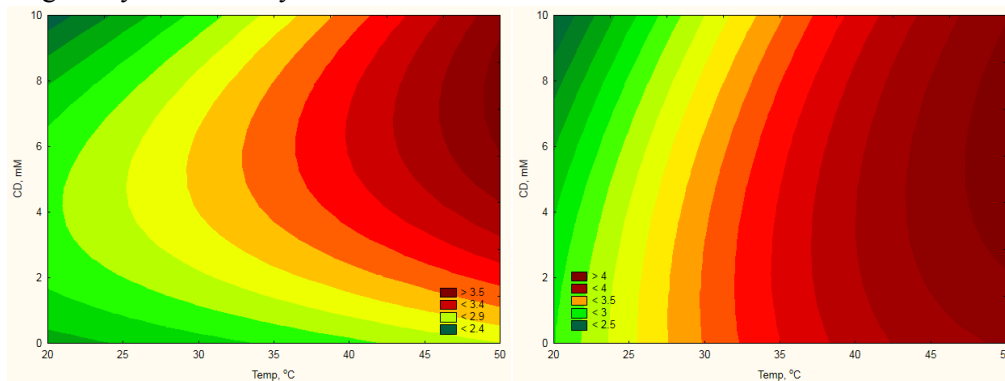
Współ- czynnik	Atena/CD		Bukoz/CD		Atena/RMCD		Bukoz/RMCD	
	Wartość	Błąd St.	Wartość	Błąd St.	Wartość	Błąd St.	Wartość	Błąd St.
Stała	3,1501	0,1511	3,6952	0,2274	3,5837	0,2593	3,7151	0,1235
T(L)	0,7856	0,2234	1,3093	0,3361	-	-	1,1616	0,1825
T(K)	-	-	-	-	-	-	-	-
MeOH (L)	-1,1348	0,2233	-1,7223	0,3361	-1,7592	0,3833	-1,7895	0,1825
MeOH (K)	1,3666	0,4316	-	-	-	-	-	-
CD (L)	-	-	-	-	-	-	-	-
CD (K)	-	-	-	-	-	-	-	-
T wzgl. MeOH	-	-	-1,0156	0,3758			-0,6253	0,2040
T wzgl. CD	-	-	-	-	-	-	-	-
CD wzgl. MeOH	-	-	-	-	-	-	-	-
R ²	0,889		0,885		0,845		0,956	

Na Rysunku 1 (płaszczyzny odpowiedzi) w przykładach A do D pokazano wpływ wybranych parametrów ekstrakcji na zawartość polifenoli ogółem. Wzrost temperatury ekstrakcji powoduje wzrost ilości wyekstrahowanych polifenoli w badanych ekstraktach z nasion lnu „Atena” oraz „Bukoz”. W kolejnych przykładach (od E do H) widać, że wzrost zawartości β -cyklodekstryny CD i RMCD w mieszaninie ekstrakcyjnej pozwala na niewielkie zwiększenie zawartości wyekstrahowanych związków biologicznie czynnych. Wpływ zawartości metanolu w mieszaninie użytej w ekstrakcji również ma znaczenie. Wzrost jego stężenia powoduje, że ilość wyekstrahowanych składników spada.

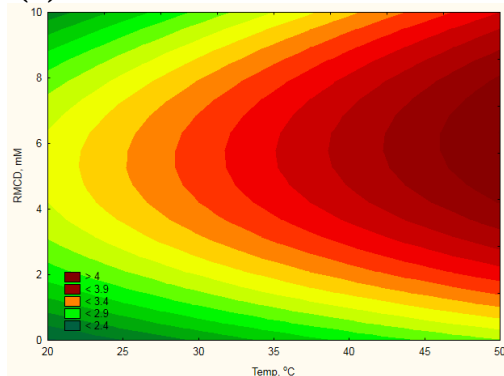
Podobnie jak w Tabeli 2, Tabela 3 przedstawia parametry równań opisujących płaszczyznę odpowiedzi zdolności zmiatania wolnych rodników wyznaczonych przy użyciu odczynnika ABTS. Przedstawione modele dla lnu „Bukoz” w średnim stopniu wyjaśniają zdolność zmiatania wolnych rodników, gdyż wartość współczynnika determinacji wynosi około 0,6. W przypadku lnu „Atena” współczynnik determinacji jest wyższy 0,9, więc zaprezentowane niżej modele dla tej odmiany w dobrym stopniu wyjaśniają zdolność zmiatania wolnych rodników przy użyciu odczynnika ABTS.

Tak jak w przypadku zawartości polifenoli, zdolność zmiatania wolnych rodników zależy od takich parametrów jak zawartość metanolu w mieszaninie ekstrakcyjnej (zależność liniowa, silnie ujemna) oraz obecność cyklodekstryn. Nie stwierdzono bezpośredniego wpływu zawartości cyklodekstryn na wzrost zdolności do zmiatania rodników ABTS. Wpływ tych modyfikatorów ujawnia się w przypadku współczynnika kombinowanego stężenie cyklodekstryny/temperatura i jest statystycznie istotny tylko w przypadku odmiany Atena. Dodatkowo w przypadku współczynnika RMCD/Metanol stwierdzono jego istotny

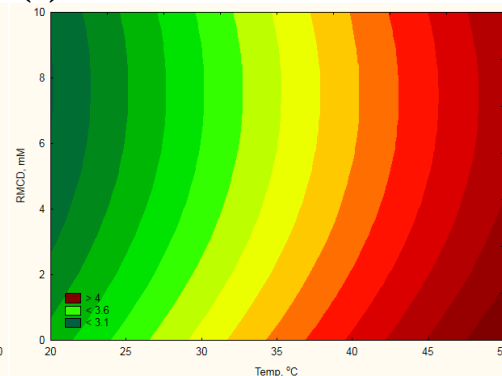
statystycznie na proces ekstrakcji związków zmiatających rodniki ABTS ługowanych z odmiany Atena.



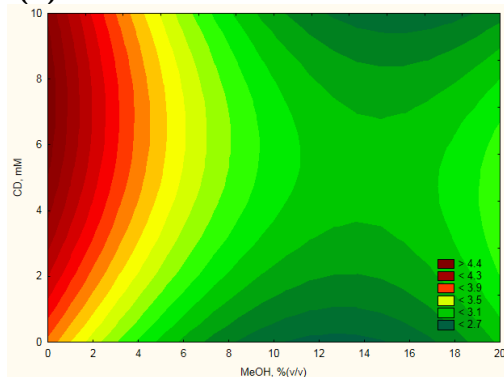
(A)



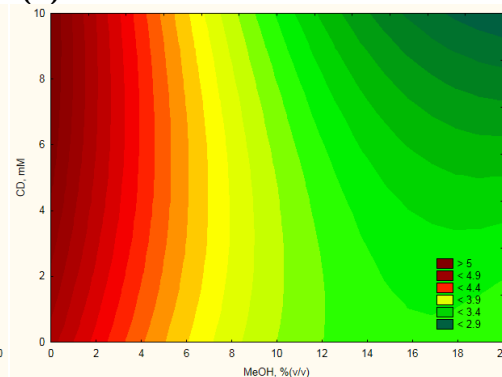
(B)



(C)

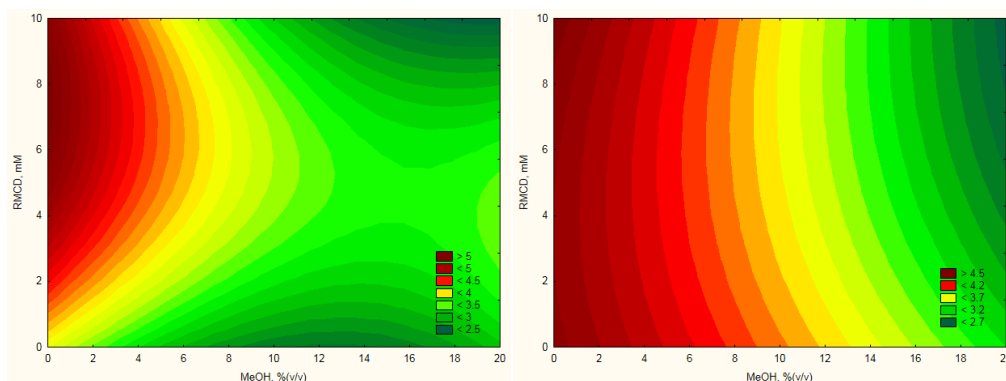


(D)



(E)

(F)



(G)

(H)

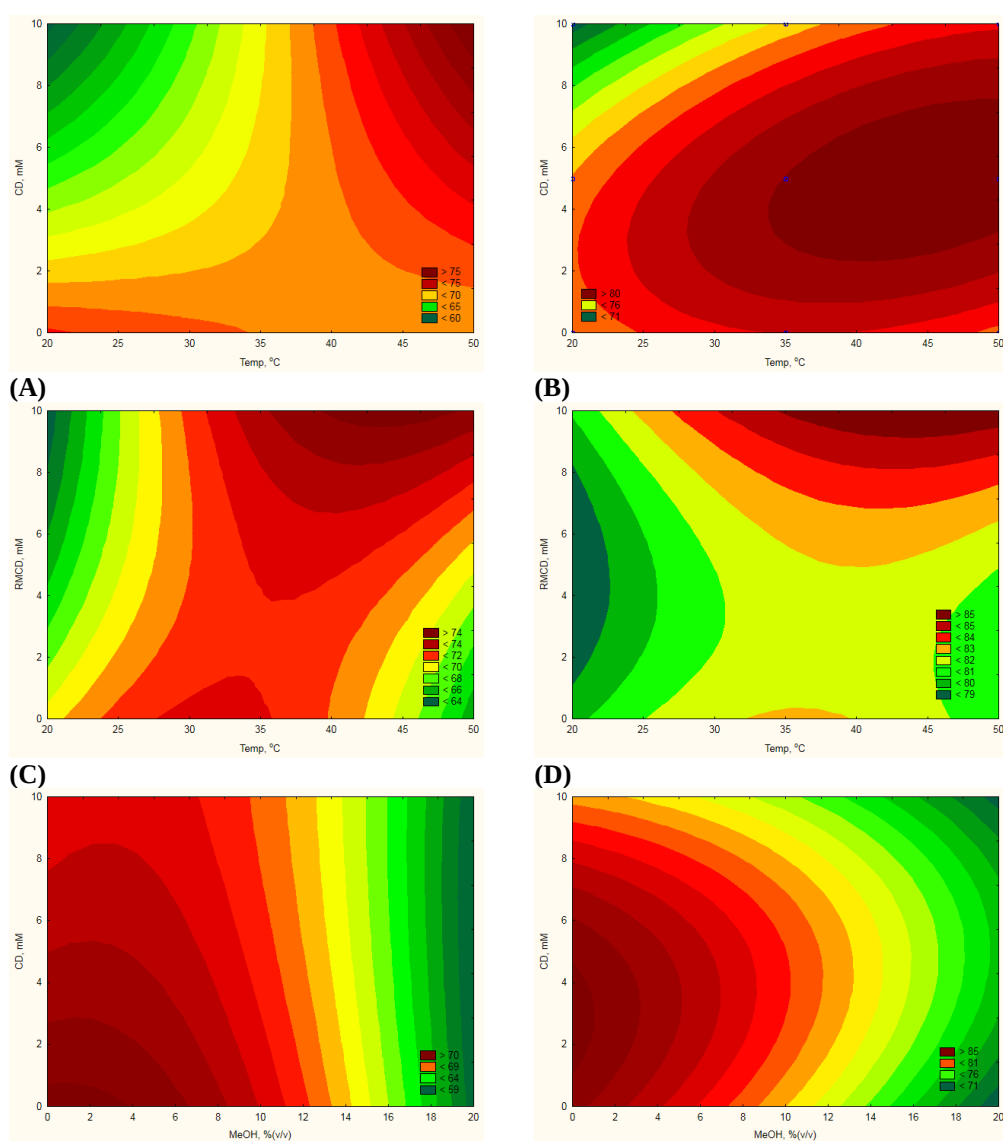
Rys. 3. Płaszczyzny odpowiedzi dla zawartości polifenoli w mg/cm^3 – (A - D) przy stałym stężeniu MeOH równym 10%(v/v); (E-H) w stałej temperaturze 35°C. Lewa kolumna odmiana Atena; prawa kolumna odmiana Bukoz

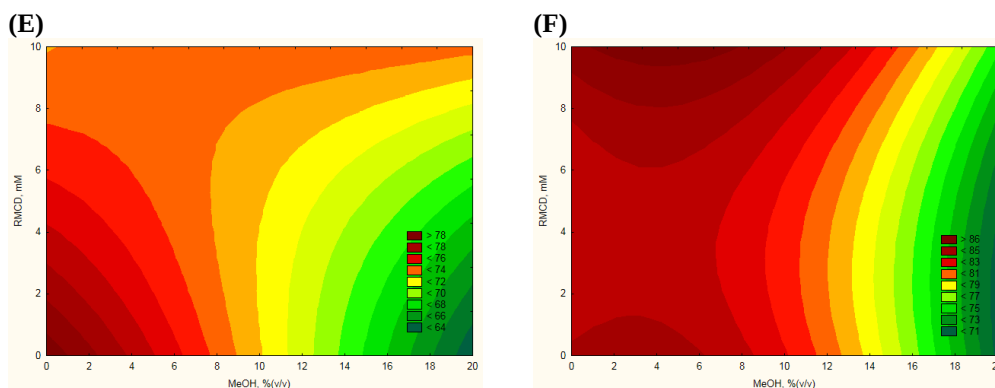
Tab. 3. Parametry równania opisującego płaszczyznę odpowiedzi zdolności zmiatania wolnych rodników (L – współczynnik liniowy, K – współczynnik kwadratowy)

Współ- czynnik	Atena/CD		Bukoz/CD		Atena/RMCD		Bukoz/RMCD	
	Wartość	Błąd St.	Wartość	Błąd St.	Wartość	Błąd St.	Wartość	Błąd St.
Stała	69,5011	1,8250	81,0320	3,2715	72,1149	1,8545	81,7748	3,2142
T(L)	8,1175	2,6974	-	-	-	-	-	-
T(K)	-	-	-	-	-	-	-	-
MeOH (L)	-12,9773	2,6974	-12,1495	4,8354	-8,0107	2,7411	-11,9359	4,7507
MeOH (K)	-	-	-	-	-	-	-	-
CD (L)	-	-	-	-	-	-	-	-
CD (K)	-	-	-	-	-	-	-	-
T wzgl. MeOH	-	-	-	-	-	-	-	-
T wzgl. CD	10,3138	3,0158	-	-	7,7770	3,0646	-	-
CD wzgl. MeOH	-	-	-	-	8,4445	3,0646	-	-
R ²	0,879		0,596		0,891		0,575	

Uważa się, że wraz ze wzrostem temperatury wzrasta ilość ekstrahowanych składników. Jednak w przypadku zbyt wysokiej temperatury możemy spotkać się ze zjawiskiem rozkładu związków termolabilnych, a ponadto może dochodzić do zmian w składzie związków biologicznie aktywnych [Jeszka-Skowron i in., 2014]. Na Rysunku 2 również widać wpływ temperatury na zdolność zmiatania wolnych rodników. Jej wzrost zwiększał zdolność zmiatania wolnych rodników,

prawdopodobnie w wyniku zwiększenia w ekstrakcie stężenia związków o charakterze antyutleniaczy. Wzrostowi zawartości β -cyklodekstryny (CD i RMCD) towarzyszył wzrost zdolności zmiatania wolnych rodników. Wszystkie te zależności odnoszą się do obu rodzajów lnu („Atena”, „Bukoz”). Przedstawione poniżej płaszczyzny odpowiedzi w przykładach od E do H informują, że wzrost zawartości metanolu w mieszaninie ekstrakcyjnej, powoduje jednoznaczny spadek zdolności zmiatania wolnych rodników. Na modelu H przedstawionym na Rysunku 2 widać wyraźnie, tą zależność. Wzrost zawartości metanolu w mieszaninie ekstrakcyjnej od 10 do 17% objętościowych powoduje spadek zdolności zmiatania wolnych rodników z 83 do 75%.





Rys. 4. Płaszczyzny odpowiedzi dla zdolności zmiatania wolnych rodników w % – (A - D) przy stałym stężeniu MeOH równym 10%(v/v); (E-H) w stałej temperaturze 35°C. Lewa kolumna odmiana Atena; prawa kolumna odmiana Bukoz

Wnioski

Na podstawie powyższych wyników zaobserwowano, że:

- wzrost temperatury w większości badanych przypadków powoduje wzrost zawartości wyekstrahowanych składników aktywnych w nasionach lnu obu odmian,
- obecność cyklodekstryn w procesie reaktywnej ekstrakcji również wpływa na zwiększenie zawartości wyekstrahowanych składników,
- wzrost stężenia alkoholu metylowego w mieszaninie reakcyjnej powoduje zmniejszenie efektywności ekstrakcji związków polifenolowych ze zmielonych nasion lnu obu odmian.

Reasumując, można stwierdzić, że ilość wyekstrahowanych składników jest uzależniona od takich parametrów procesu jak: temperatura oraz skład ekstrahenta (stężenie cyklodekstryny i stężenie metanolu). Ponadto prowadzenie reaktywnej ekstrakcji z udziałem cyklodekstryn (kompleksowanie składników ekstrahowanych w układzie gość-gospodarz) pozwala na zwiększenie stężenia ługowanych związków z materiału poddawanego ekstrakcji. Otrzymane wyniki mogą stanowić przyczynek do dalszych szczegółowych badań nad zastosowaniem cyklodekstryn podczas ekstrakcji, gdyż prowadzenie takiego procesu jak twierdzą Djas i Henczka [2012] „w obecności rozpuszczalników organicznych jest nieprzyjazne dla środowiska”. Cyklodekstryny z kolei mogłyby stać się istotnym czynnikiem umożliwiającym wyeliminowanie lub ograniczenie zastosowania rozpuszczalników organicznych.

Literatura

- [1] Azmir J., Zaidul I.S.M., Rahman M.M., Sharif K.M., Mohamed A., Sahena F., Jahurul M.H.A., Ghafoor K., Norulaini N.A.N., Omar A.K.M.: Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: a review. *Journal of Food Engineering*, 2013, 117, 426-436.
- [2] Djas M., Henczka M.: Reaktywna ekstrakcja kwasów karboksylowych z zastosowaniem dwutlenku węgla w stanie nadkrytycznym. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 2012, 6 (51), 310-311.
- [3] Górská A., Kozłowska M.: Zastosowanie cyklodekstryn w przemyśle spożywczym. *Postępy techniki przemysłu spożywczego*, 2008, 18, 80-83.
- [4] Jeszka-Skowron M., Flaczyk E., Kobus-Cisowska J., Kośmider A., Górecka D.: Optymalizacja procesu ekstrakcji związków fenolowych o aktywności przeciwrodnikowej z liści morwy białej za pomocą metody płaszczyzny odpowiedzi (RSM). *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2014, 1 (92), 148-159.
- [5] Jimenez-Garcia S.N., Guevara-Gonzalez R.G., Miranda-Lopez R., Feregrino-Perez A.A., Torres-Pacheco I., Vazquez-Cruz M.A.: Functional properties and quality characteristics of bioactive compounds in berries: Biochemistry, biotechnology, and genomics. *Food Research International*, 2013, 54, 1195–1207.
- [6] Kajla P., Sharma A., Dev R.S.: Flaxseed- a potential functional food source. *Journal Food Science Technology*, 2014, doi: 10.1007/s13197-014-1293-y.
- [7] Li Y., Cai F., Zhang M., Zhang H., Wang Y., Hu P.: Two-stage fractionation of polar alkaloids from *Rhizoma coptidis* by countercurrent chromatography considering the strategy of reactive extraction. *Journal of Chromatography A*, 2015 a, 1378, 58-64.
- [8] Li Y., Song X., Chen G., Sun Z., Xu Y., Yu J.: Preparation of calcium carbonate and hydrogen chloride from distiller waste based on reactive extraction-crystallization process, 2015, doi: 10.1016/j.cel.2014.12.058.
- [9] Martin Del Valle E.M.: Cyclodextrins and their uses: a review. *Process Biochemistry*, 2004, 39, 1033–1046.
- [10] Mitek M., Gasik A.: Polifenole w żywności. Wpływ na cechy organoleptyczne żywności, 2007 a, 5 (61), 34-39.
- [11] Mitek M., Gasik A.: Polifenole w żywności. Właściwości przeciwutleniające. *Przemysł Spożywczy*, 2007 b, 9 (61), 36-44.
- [12] Mueller K., Eisner P., Yoshie-Stark Y., Nakada R., Kirchhoff E.: Functional properties and chemical composition of fractionated brown and yellow linseed meal (*Linum usitatissimum* L.). *Journal of Food Engineering*, 2010, 98, 453-460.
- [13] Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice – Evans C.: Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biology and Medicine*, 1999, 26, 1231 – 1237.

- [14] Rosicka-Kaczmarek J.: Polifenole jako naturalne antyoksydanty w żywności. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*, 2004, 6 (52), 12-16.
- [15] Sadowska K.: Owoce ostropestu plamistego jako prozdrowotny dodatek do pieczywa. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2006, 2 (47), 290-296.
- [16] Singh M., Sharma R., Banerjee U.C.: Biotechnological applications of cyclodextrins. *Biotechnology Advances*, 2002, 20, 341-359.
- [17] Singleton, V.L., Orthofer, R., Lamuela-Raventos, R.M.: Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu Reagent. *Methods in Enzymology*, 1999, 299, 152-178.
- [18] Tolkachev O.N., Zhuchenko A.A. Jr.: Biologically active substances of flax: medicinal and nutritional properties (a review). *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 2000, 7 (34), 360-367.

WYBRANE ZWIĄZKI BIOAKTYWNE W OWOCACH POŁUDNIOWYCH I OTRZYMANYCH Z NICH SOKACH

AGNIESZKA MALIK, MONIKA PYTKA, AGNIESZKA LATOCH,
ZDZISŁAW TARGOŃSKI, WIOLETA GIZA

Streszczenie

Celem pracy było określenie zawartości związków biologicznie aktywnych, w szczególności związków polifenolowych (flawonoidów, flawonoli) i składników mineralnych, występujących w owocach południowych oraz sokach z nich otrzymanych. W pracy starano się porównać zawartość tych związków w owocach oraz określić na ile soki, jako najpopularniejsze przetwory z owoców południowych, zachowują wartość odżywczą owoców. Badania soków otrzymanych w warunkach domowych oraz ich handlowych odpowiedników miały wykazać, które z nich cechują się wyższą zawartością prozdrowotnych substancji i które warto spożywać. Ilość związków bioaktywnych w owocach zależy od wielu czynników, w tym od: regionu geograficznego, klimatu, warunków glebowych, odmiany, terminu zbioru, zaś w przypadku soków od zastosowanych zabiegów technologicznych i czasu przechowywania. Spośród badanych owoców południowych najwyższą zawartość związków fenolowych, w przeliczeniu na kwas galusowy, oznaczono w grejpfrutach różowych (158,03 mg/100 g) oraz w grejpfrutach białych (139,38 mg/100 g). Grejpfruty różowe okazały się również bogatym źródłem flawonoidów (6,99 mg/100 g) i flawonoli (5,57 mg/100 g). Najwyższą aktywnością „zmiatania” rodników DPPH[•] miały owoce kiwi, która wynosiła 1402,77 mmol Trolox/kg. Soki domowe charakteryzowały się niższą zawartością związków biologicznie aktywnych oraz niższą aktywnością przeciwutleniającą, niż owoce z których zostały otrzymane, jednak wyższą, niż ich handlowe odpowiedniki. Pod względem zawartości składników mineralnych owoce południowe oraz soki z nich otrzymywane, okazały się dobrym źródłem potasu, wapnia i magnezu. Najwyższą zawartością potasu charakteryzowały się winogrona czerwone (2049,22 mg/kg) i soki z nich otrzymane (1570 mg/dm³), zaś ananasy można uznać za dobre źródło wapnia (370,51 mg/kg) i magnezu (105,55 mg/kg).

Słowa kluczowe: owoce południowe, soki owocowe, związki fenolowe, aktywność przeciwutleniająca, DPPH[•]

Wprowadzenie

Owoce spełniają ważną rolę w racjonalnym żywieniu człowieka. Spożywane pod różnymi postaciami pomagają pokrywać zapotrzebowanie na cenne dla zdrowia związki przez cały rok. Żywniowcy zalecają spożywanie owoców 2-4 razy w ciągu dnia w ilości 0,3-0,5 kg [Grembecka i in., 2009]. Z badań wynika, że banany, grapefruity, mandarynki i pomarańcze, obok jabłek i owoców sezonowych, są zaliczane do najbardziej lubianych owoców w naszym kraju [Czernyszewicz, 2007]. Ze względu na sezonowość owoców i warzyw oraz różną ich trwałość podczas przechowywania, wygodniej jest spożywać soki, które stały się cenionym środkiem spożywczym [Sokół-Łętowska i Kucharska, 2008]. Ze wszystkich przetworów owocowych soki, obok przecierów, można uznać za najbardziej naturalny produkt [Płocharski, 2006]. Owoce, jak również i soki, stanowią bogate źródło wielu substancji bioaktywnych, a zwłaszcza polifenoli. Celem niniejszej pracy było określenie zawartości związków biologicznie aktywnych, w szczególności związków polifenolowych (flawonoidów, flawonoli) i wybranych składników mineralnych występujących w owocach południowych oraz sokach z nich otrzymanych. W pracy starano się porównać owoce pod względem zawartości tych związków oraz określić na ile soki, jako najpopularniejsze przetwory z owoców południowych, zachowują wartość odżywczą owoców. Ponadto porównano poziom związków biologicznie czynnych w sokach otrzymanych różnymi metodami. Badania soków otrzymanych w warunkach domowych oraz ich handlowych odpowiedników miały wykazać, które z nich cechują się wyższą wartością żywieniową i które warto spożywać.

Materiał i metody badań

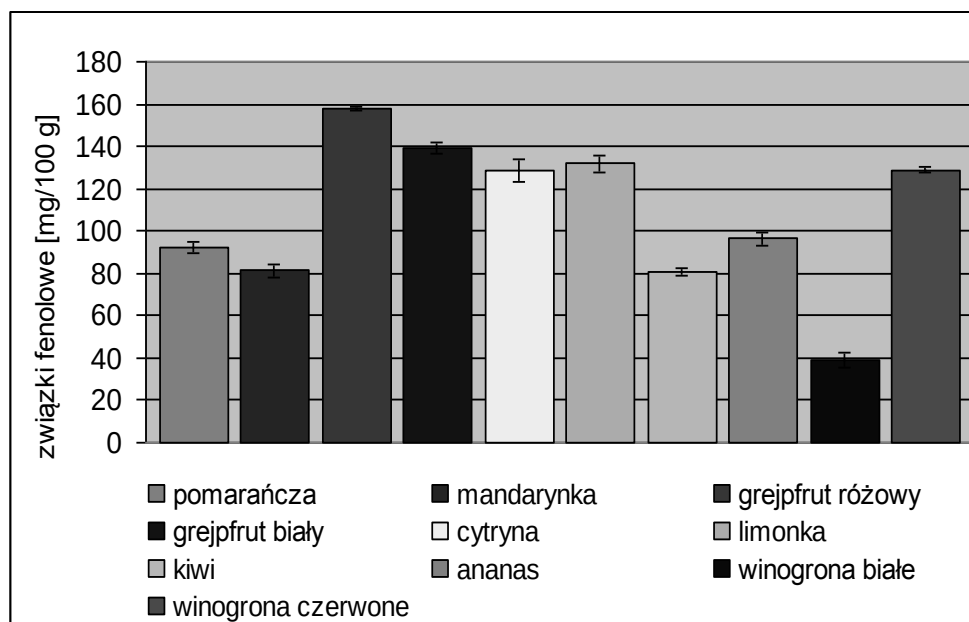
Materiał badawczy stanowiły owoce południowe i przygotowane z nich soki. Analizie poddano następujące owoce: pomarańcze, mandarynki, grejpfruty różowe i białe, cytryny, limonki, kiwi, ananasy, winogrona białe i czerwone. Owoce umyto, usunięto części niejadalne, a pozostałość poddano homogenizacji. Z części owoców sporządzono soki (zwane dalej - sokami domowymi) poprzez wyciśnięcie ich w sokowirówce firmy Zelmer Evita 277,8B. W handlu detalicznym w Lublinie zakupiono soki z danego rodzaju owoców, a w przypadku niedostępności soku, napoje (z cytryn, limonek, kiwi) i nektary (z mandarynek). Były to produkty popularnych producentów (Fortuna, Hortex, Tymbark, Cappy).

Przed przystąpieniem do analiz próby owoców ekstrahowano 0,01M HCl w 80% metanolu przez 30 min. w łaźni ultradźwiękowej, a następnie wirowano przy 12 000 g przez 20 min. Próby soków filtrowano przez filtr bibułowy Whatmann 1 [Gorinstein i in., 2004]. W badanych owocach i sokach określono zawartość związków polifenolowych ogółem metodą z odczynnikiem Folin-Ciocalteu [Singleton i in. 1999] i wyrażono w przeliczeniu na zawartość kwasu galusowego. Zawartość flawonoidów przeprowadzono według metody Markham [1989] i wyrażono w przeliczeniu na stężenie kwercetyny. Zawartość flawonoli

oznaczono metodą Sun i in. [1989] i podano jako zawartość (+)katechiny. Aktywność przeciwutleniającą w układzie z rodnikiem DPPH [2,2-difenylo-1-pikrylohydrazyl] mierzono metodą spektrofotometryczną według Brand-Williams i in. [1995], a wyniki przeliczano na stężenie Trolox'u. Wyniki poddano analizie statystycznej przy wykorzystaniu programu Statistica for Windows.

Wyniki i dyskusja

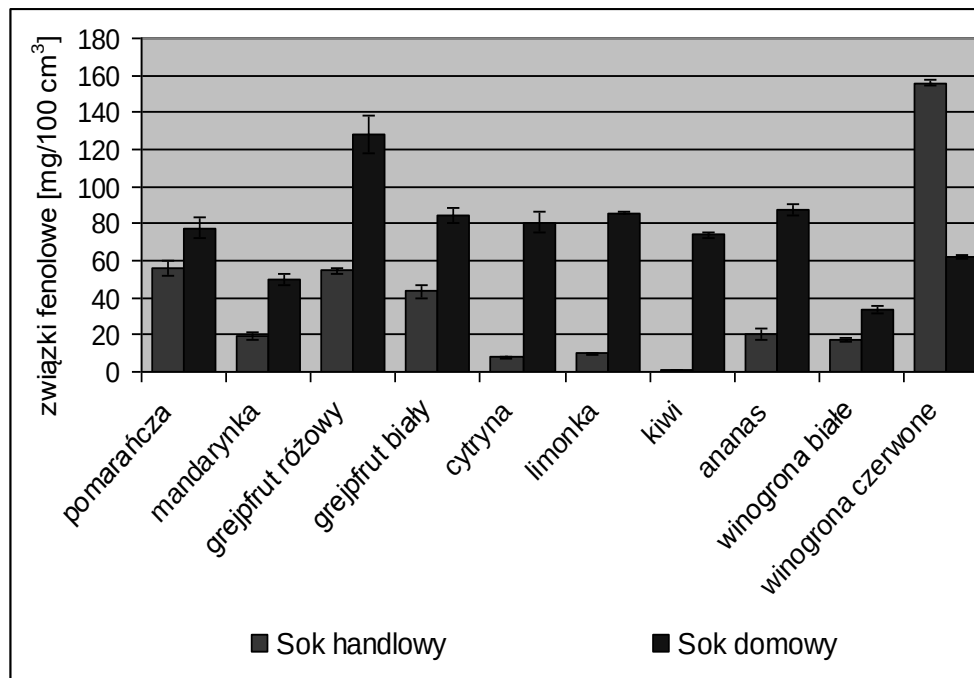
Spośród badanych owoców południowych najwyższą zawartość związków fenolowych w przeliczeniu na kwas galusowy oznaczono w grejpfrutach różowych – 158,03 mg/100 g oraz w grejpfrutach białych – 139,38 mg/100 g. Najniższą zawartość oznaczono w winogronach białych (38,86 mg/100 g). Wartość ta znacząco odbiegała od pozostałych (Rys. 1).



Rys. 1. Zawartość związków fenolowych w owocach południowych

Zawartość polifenoli w owocach takich jak limonki, winogrona czerwone oraz cytryny kształtowała się na poziomie zbliżonym do grejpfrutów białych. Soki handlowe oraz soki otrzymane za pomocą sokowirówki, zwane dalej sokami domowymi, charakteryzowały się niższą zawartością związków fenolowych, niż badane owoce południowe, jednakże wyższym stężeniem polifenoli niż soki handlowe. Wyjątek stanowił sok z czerwonych winogron, który w przeliczeniu na kwas galusowy zawierał 155,77 mg polifenoli w 100 cm³ soku (Rys. 2). Ilość związków bioaktywnych w owocach, w tym flawonoidów w owocach cytrusowych zależy od regionu geograficznego, klimatu, warunków glebowych, typu odmiany, sezonu wegetacyjnego, terminu zbioru oraz przechowywania. Dlatego też autorzy,

którzy badają zawartość bioaktywnych związków z różnych rejonów geograficznych uzyskują różne wyniki [Gorinstein i in., 2006].

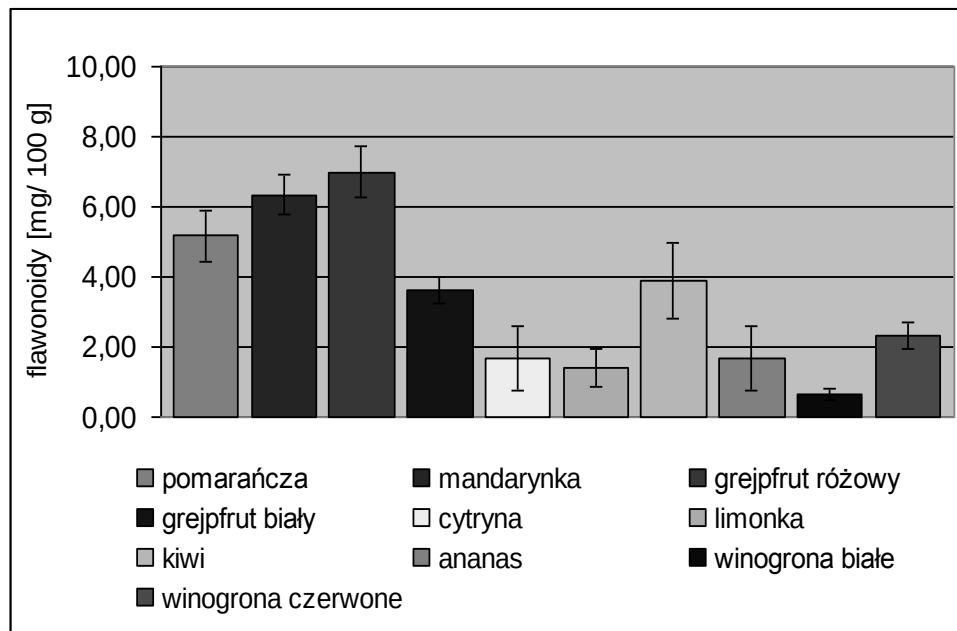


Rys. 2. Porównanie zawartości związków fenolowych w sokach domowych oraz sokach i napojach dostępnych w handlu

Wyniki otrzymane w badaniach własnych kształtowały się na ogół na niższych poziomach. W przypadku handlowego soku pomarańczowego oznaczona zawartość polifenoli ogółem – 56,04 mg/100 cm³ była porównywalna do wyniku otrzymanego przez Michalak-Majewska i in. [2009]. Wyniki uzyskane dla soków z grejfrutów białych oraz różowych dostępnych w handlu, odpowiednio 43,37 mg/100 cm³ i 54,72 mg/100 cm³ były zbliżone, od tych które otrzymali Gardner i in. [2000]. W handlowych sokach pomarańczowych analizowanych przez Zajac i Podsędek [2002], stężenie związków polifenolowych wahało się od 524 do 800 mg/dm³, a dla soków z grejfrutów białych różnych producentów kształtowało na poziomie 518-598 mg/dm³. Są to wartości porównywalne do oznaczeń własnych. Literatura na ogół nie podaje wyników prac badawczych dotyczących zawartości polifenoli w napojach. W badaniach własnych oznaczono w nich bardzo niskie stężenia w porównaniu z sokami. Zestawienie wyników porównawczych soków handlowych oraz ich domowych odpowiedników świadczy o tym, iż soki otrzymane w warunkach domowych są dużo bogatsze w związki polifenolowe.

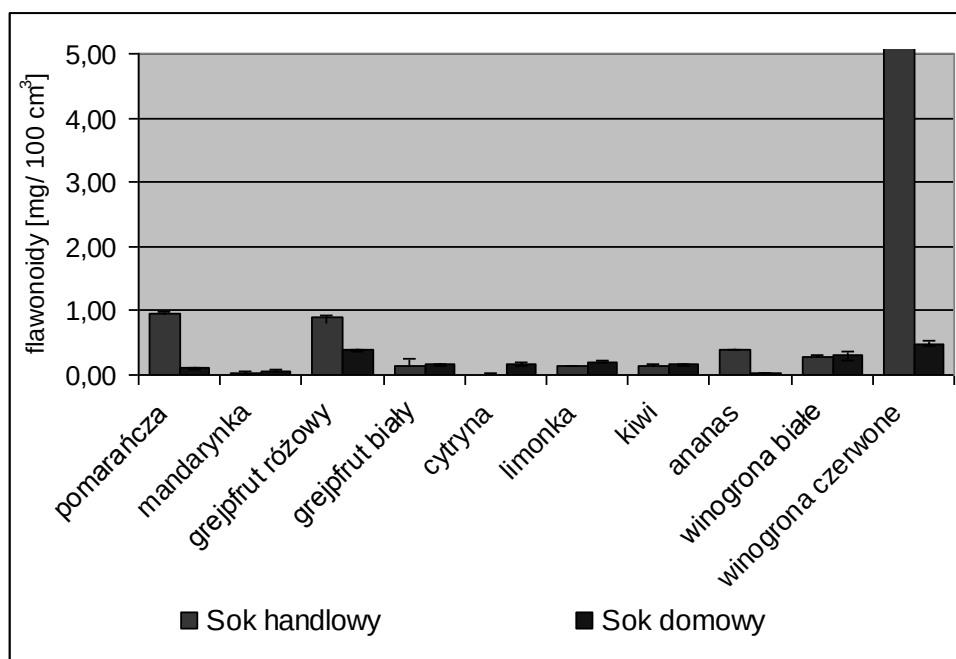
Spośród obszernej grupy związków fenolowych znaczną część stanowią flawonoidy. Najwyższą zawartość flawonoidów w przeliczeniu na stężenie kwercetyny oznaczono w grejfrutach różowych (6,99 mg/100 g) oraz

w mandarynkach – 6,35 mg/100 g (Rys. 3). Niewiele niższą zawartością charakteryzowały się pomarańcze 5,18 mg/ 100 g.



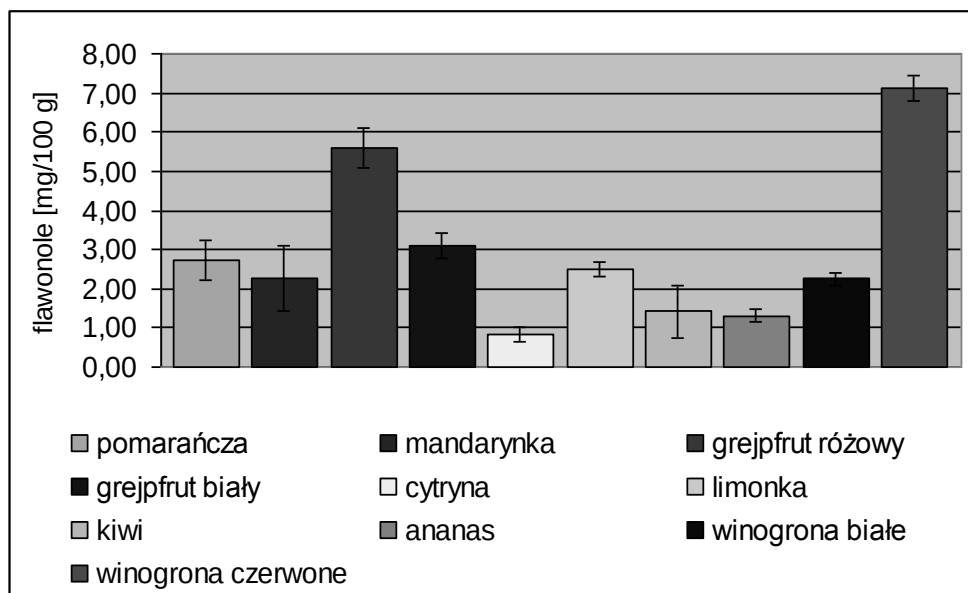
Rys. 3. Zawartość flawonoidów w owocach południowych

W pozostałych owocach średnie zawartości oznaczanych związków wahały się w przedziale od 0,65 mg/100 g w winogronach białych do 3,89 mg/100 g w kiwi. Najwyższą zawartością flawonoidów w obu grupach soków, tj. handlowych i domowych, charakteryzowały się soki z czerwonych winogron (Rys. 4). Sok domowy zawierał 0,49 mg/100 cm³, a sok handlowy aż 5,09 mg/100 cm³. Znaczące różnice w zawartości flawonoidów zanotowano również dla handlowego soku pomarańczowego, który zawierał 9 razy więcej flawonoidów (0,96 mg/100 cm³) niż sok domowy (0,10 mg/100 cm³). Pozostałe soki handlowe zawierały podobne ilości, jak soki domowe otrzymane z tego samego gatunku. Większość opublikowanych badań dotyczących zawartości flawonoidów w owocach oraz sokach została przeprowadzona poprzez oznaczenie tych związków za pomocą wysokosprawnej chromatografii cieczowej. Wyniki zawartości flawonoidów uzyskane w badaniach własnych trudno porównać do wyników otrzymanych w przytaczanych badaniach, gdyż oznaczenia były prowadzone innymi metodami, a wyniki były przeliczane na zawartość kwercetyny. W soku handlowym pomarańczowym oznaczono stężenie flawonoidów na poziomie 0,96 mg/100 cm³. Był to wynik wyższy niż uzyskany w badaniach przez Gorinsteina i in. [2006], gdzie za pomocą HPLC oznaczono zawartość hesperydyny, głównego flawonoidu w soku pomarańczowym handlowym na poziomie 0,08 mg/100 cm³.

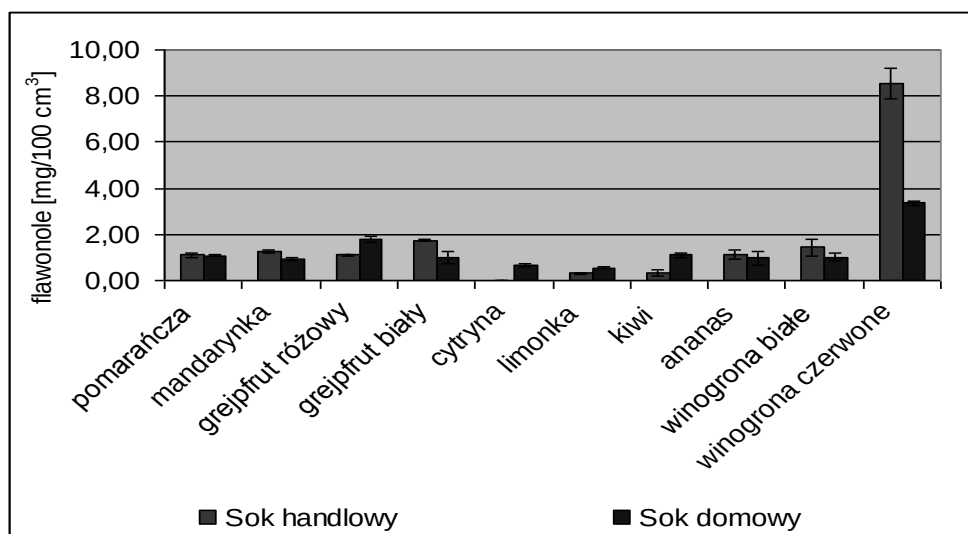


Rys. 4. Porównanie zawartości flawonoidów w sokach domowych oraz sokach i napojach dostępnych w handlu

Zawartość flawonoli w badanych owocach cytrusowych określono w przeliczeniu na stężenie (+) katechiny [mg/100 g]. Najwyższą zawartość flawonoli oznaczono w winogronach czerwonych (7,13 mg/100 g) oraz w grejpfrutach różowych (5,57 mg/100 g) (Rys. 5). Najniższą ilością flawonoli odznaczały się cytryna 0,83 mg/100 g, a także owoce ananasa i kiwi, odpowiednio: 1,31 mg/100 g i 1,43 mg/100 g. W pozostałych owocach zawartość tych związków kształtowała się na poziomie ok. 2 mg/100 g. W badanych sokach, dostępnych w handlu oraz tych otrzymanych w warunkach domowych, zawartość flawonoli była niższa niż w owocach, z których te soki otrzymano. Soki domowe na ogół charakteryzowały się niższą zawartością flawonoli niż ich handlowe odpowiedniki (Rys. 6). Wyjątek stanowił sok otrzymany z grejpfrutów różowych, w którym ilość badanych związków była o 0,6 mg/100 cm³ wyższa niż w soku handlowym (1,21 mg/100 cm³). W grupie soków handlowych, również najbogatszy we flawonole był sok z winogron czerwonych 8,56 mg/100 cm³.



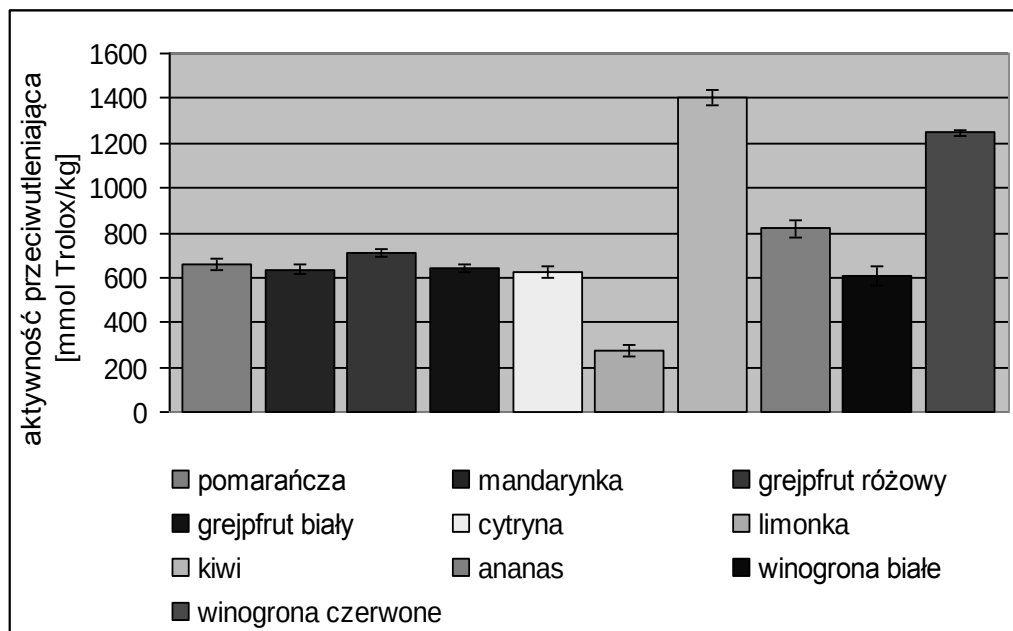
Rys. 5. Zawartość flawonoli w owocach południowych



Rys. 6. Porównanie zawartości flawonoli w sokach domowych oraz sokach i napojach dostępnych w handlu

Na całkowitą aktywność przeciwutleniającą danego owocu lub soku składa się aktywność wszystkich związków o właściwościach przeciwutleniających obecnych w produkcie, w przypadku owoców południowych, zwanych również cytrusami są to głównie kwas askorbinowy i związki fenolowe. Z grupy badanych owoców, najwyższą aktywność „zmiatania” rodników DPPH[•] oznaczono dla owoców kiwi,

w przeliczeniu na aktywność Trolox'u wynosiła ona 1402,77 mmol/kg owoców (Rys. 7).

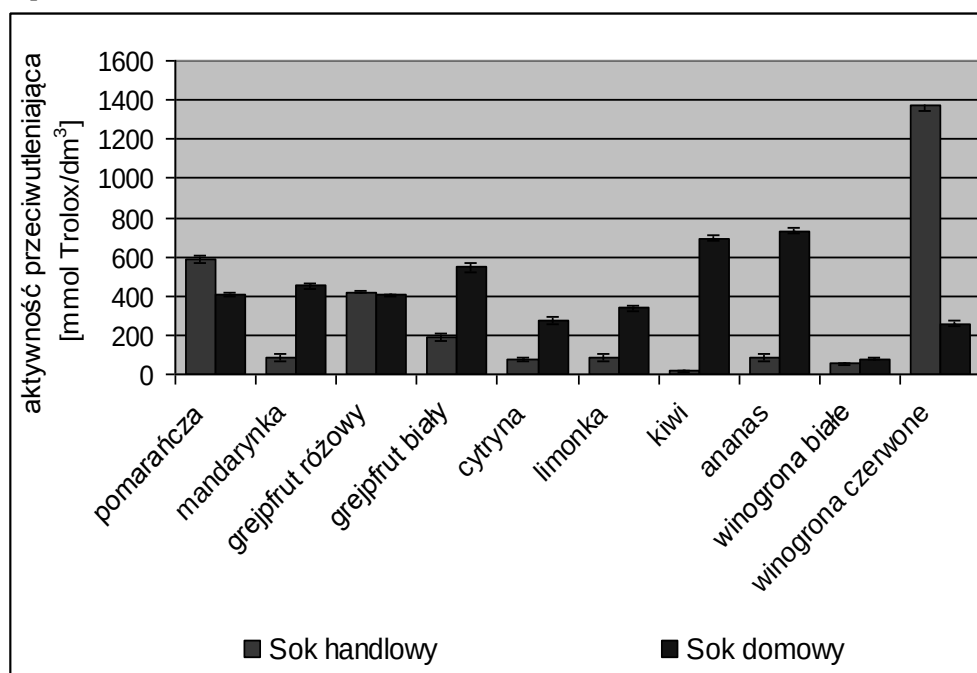


Rys. 7. Aktywności przeciwutleniające owoców południowych

Wysoką aktywnością przeciwutleniającą charakteryzowały się winogrona czerwone 1244,98 mmol/kg. Najniższą zdolnością „zmiatania” rodników DPPH[•], w przeliczeniu na aktywność Trolox'u (273,11 mmol/kg) wykazywały owoce limonki. Aktywności pozostałych owoców kształtowała się na zbliżonym poziomie, średnio ok. 600 mmol/kg. Soki domowe, z wyjątkiem soków pomarańczowych i z czerwonych winogron, odznaczały się znacząco wyższą aktywnością przeciwutleniającą niż soki handlowe (Rys. 8).

W grupie soków domowych najwyższą aktywnością charakteryzował się sok z ananasów (731,73 mmol/dm³). Najniższą aktywność przeciwutleniającą w przeliczeniu na Trolox wykazano dla soku z białych winogron (78,14 mmol/dm³). W pozostałych sokach wartości całkowitej aktywności przeciwutleniającej kształtowały się na zbliżonym do siebie poziomie. Spośród soków handlowych najwyższe aktywności „zmiatania” rodników DPPH[•] miały trzy soki: sok z winogron czerwonych (1370, 21 mmol/dm³), sok pomarańczowy (584,69 mmol/dm³) oraz sok z grejpfrutów różowych (419,83 mmol/dm³). Najniższą aktywnością odznaczały się napoje, szczególnie wyprodukowany na bazie kiwi (16,28 mmol/dm³), a także sok z winogron białych (52,14 mmol/dm³) oraz ananasów i nektar z mandarynek, oba na poziomie 88,9 mmol/dm³. Z przeprowadzonych badań własnych wynika, że soki otrzymywane w warunkach domowych mają zazwyczaj wyższą aktywność przeciwutleniającą, niż ich

handlowe odpowiedniki, co można tłumaczyć zastosowanymi w przemyśle zabiegami klarowania, zagęszczania i rozcieńczania, którym są one poddawane [Mitek i Kalisz, 2003]. W badaniach własnych, w handlowym soku pomarańczowym oznaczono niższą aktywność przeciwutleniającą, niż w sokach z czerwonych winogron, co znajduje potwierdzenie w badaniach Seeram i in. [2008]. Oznaczona przez nich pojemność przeciwutleniająca soku winogronowego otrzymanego z koncentratu była kształtowała się na poziomie 14,9-21,7 mmol Trolox/dm³, zaś dla soku handlowego soku pomarańczowego wartość ta wahała się w przedziale 3,4-4,8 mmol Trolox/dm³.

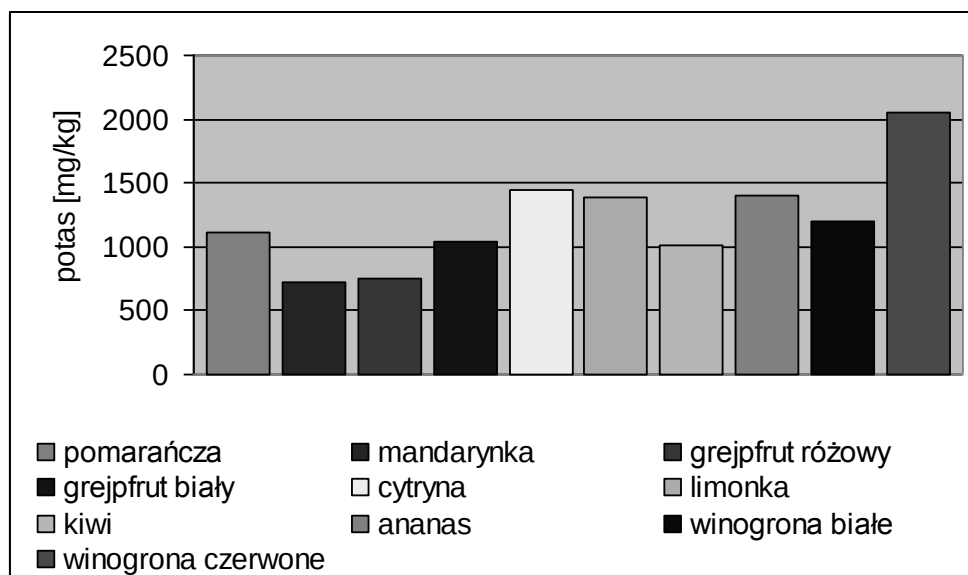


Rys. 8. Porównanie aktywności przeciwutleniającej soków domowych oraz soków i napojów dostępnych w handlu

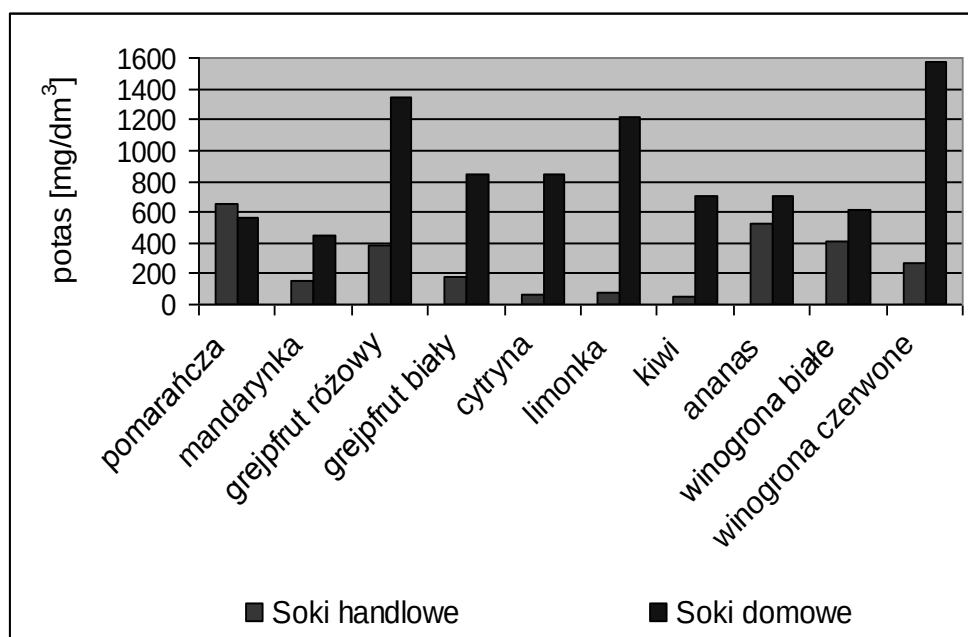
Z oznaczanych pierwiastków mineralnych w najwyższej ilości w badanych owocach południowych i sokach występował potas. Zawartość tego makroelementu w owocach była znacznie wyższa od zawartości w otrzymanych z nich sokach domowych oraz sokach dostępnych w handlu. Najwyższą zawartością charakteryzowały się winogrona czerwone (2049,22 mg/kg), co generalnie pokrywa się z wartościami podawanymi przez Instytut Żywności i Żywienia [Kunachowicz i in., 2005]. Najmniej potasu w tej grupie zawierały mandarynki – 723,34 mg/kg oraz grejfruty różowe – 745,34 mg/kg (Rys. 9).

Stężenia tego pierwiastka w pozostałych owocach kształtowały się na poziomie od 1004,48 mg/kg dla kiwi do 1447,86 mg/kg dla cytryny. W grupie soków domowych najwyższą zawartość magnezu miał sok wyciśnięty z winogron czerwonych – 1570 mg/dm³ (Rys. 10). Wysokim stężeniem odznaczały się również

soki z grejpfrutów różowych (1350 mg/dm^3) oraz limonek (1210 mg/dm^3). Najniższe ilości potasu oznaczono w soku otrzymanym z mandarynek 443 mg/dm^3 oraz z pomarańczy – 562 mg/dm^3 .

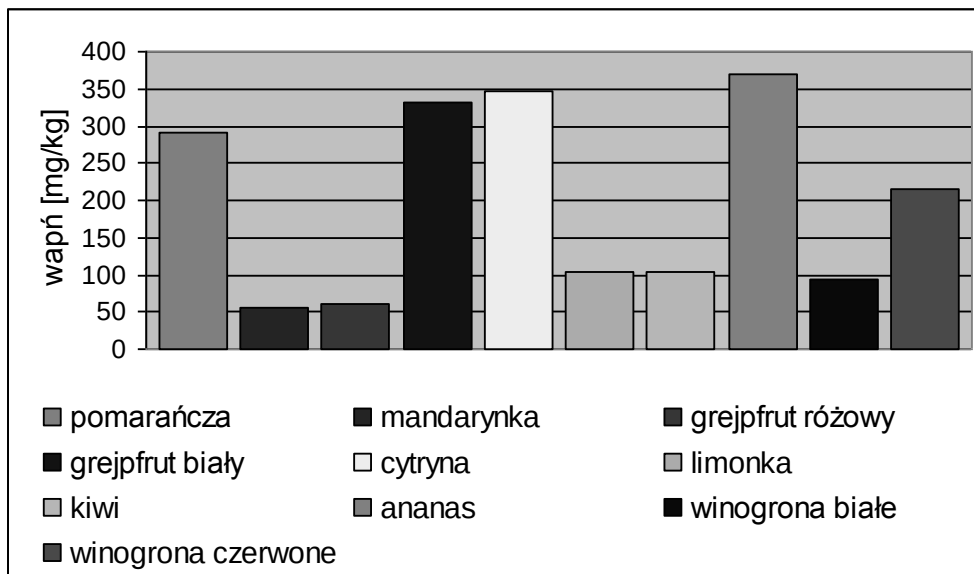


Rys. 9. Zawartości potasu w owocach południowych



Rys. 10. Porównanie zawartości potasu w sokach z owoców południowych

Grupa soków handlowych charakteryzowała się na ogół znacząco niższą zawartością potasu niż grupa ich domowych odpowiedników. Wyjątek stanowił 100 % sok pomarańczowy w którym oznaczono najwyższą ilość potasu (657 mg/dm³), niewiele mniej (527 mg/dm³) w soku z ananasów. Najniższą zawartość tego pierwiastka zbadano w napojach wyprodukowanych kolejno na bazie kiwi (46,1 mg/dm³), cytryny (59,3 mg/dm³) oraz limonek (77,3 mg/dm³).

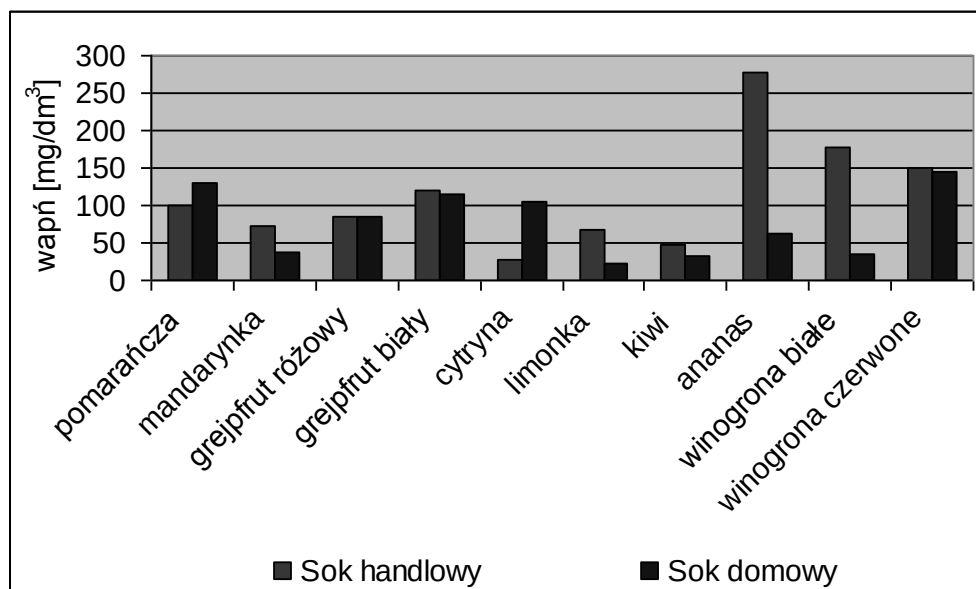


Rys. 11. Zawartość wapnia w owocach południowych

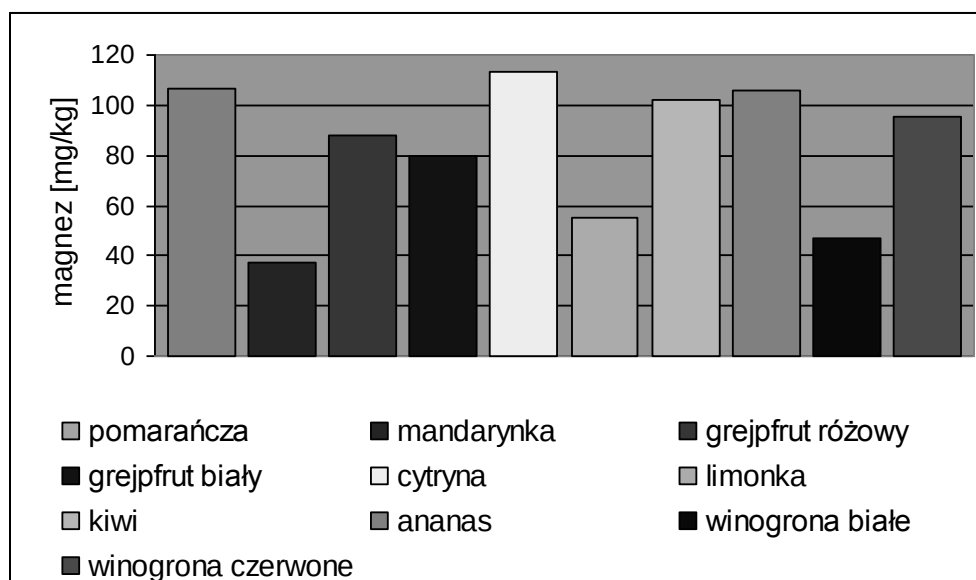
Spośród makroelementów w badanych owocach południowych oraz sokach z nich otrzymanych oznaczono również wapń i magnez. Najwyższą zawartość wapnia oznaczono w ananasie – 370,51 mg/kg, cytrynach – 346,50 mg/kg oraz grejpfrutach białych – 331,55 mg/kg (Rys. 11). Najniższym stężeniem tego pierwiastka odznaczały się natomiast owoce mandarynki 55,87 mg/kg oraz grejpfruta różowego 59,83 mg/kg. W przypadku badanych soków zawartość makroelementów przedstawia się w bardzo zróżnicowany sposób. W grupie soków handlowych oznaczono znacznie wyższe ilości wapnia niż w sokach domowych (Rys. 12). Wyjątek stanowił sok pomarańczowy, gdzie w soku domowym oznaczono większą o 30 mg/dm³ zawartość tego pierwiastka. W trzech rodzajach soków tj. w sokach z grejpfrutów różowych, białych oraz z winogron czerwonych zanotowano bardzo zbliżoną zawartość wapnia w obu grupach badanych soków. Napoje, oprócz cytrynowego, który miał ponad 3-krotnie niższą zawartość wapnia – 28,6 mg/dm³, niż sok wyciśnięty z cytryny, charakteryzowały się wyższą zawartością pierwiastka od soków domowych.

W przypadku magnezu, stężenia w badanych owocach oraz sokach kształtowały się na dużo niższym poziomie w porównaniu do wcześniej omawianych makroelementów. Najwyższą zawartość magnezu oznaczono w owocach cytryny –

113,56 mg/kg. Duże ilości zawierały również pomarańcze (106,40 mg/kg), ananasy (105,66 mg/kg) oraz kiwi (102,38 mg/kg) (Rys. 13). Najniższą zawartością magnezu miały owoce mandarynki – 37,30 mg/kg. Winogrona czerwone zawierały o 50 mg/kg więcej analizowanego pierwiastka niż winogrona białe. Soki domowe charakteryzowały się znacznie wyższą zawartością magnezu niż ich handlowe odpowiedniki (Rys. 14).

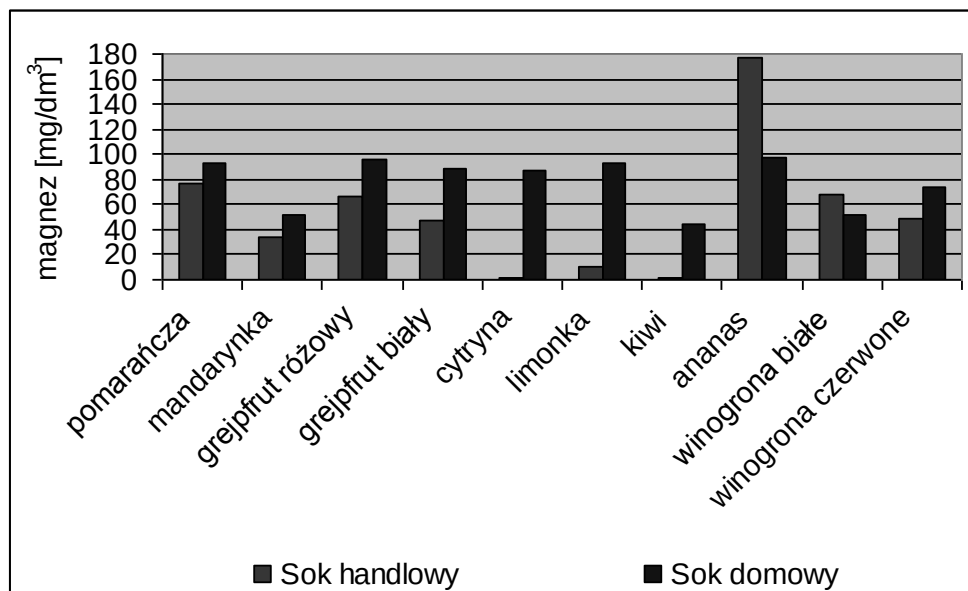


Rys. 12. Porównanie zawartości wapnia w sokach z owoców południowych



Rys. 13. Zawartość magnezu w owocach południowych

Wyjątek stanowiły dwa soki handlowe, w przypadku soku ananasowego zawierał on, w porównaniu do soku domowego o 110 mg/dm³ więcej magnezu oraz soku z winogron białych, o 16,5 mg/dm³ więcej. Najwyższe stężenie magnezu w sokach domowych oznaczono w tych z ananasów (96,7 mg/dm³) oraz grejpfrutów różowych (95,3 mg/dm³). Wyniki uzyskane w badaniach własnych potwierdzają dane z badań Cichoń [2000]. Zawartości wszystkich oznaczanych pierwiastków mineralnych zawierają się w podawanych przedziałach. Wyjątek stanowi potas, którego zawartość w badanych sokach pomarańczowych i grejpfrutowych była dużo niższa, niż w przytaczanych w publikacji badaniach. Inni badacze podają, że zawartość potasu w owocach cytrusowych waha się od 60,0 do 109 mg/100 g produktu rynkowego, czyli średnio 82,2 mg/100 g. Zawartość wapnia kształtuje się na poziomie 16,0-72,1 mg/100 g produktu rynkowego, natomiast magnezu 4,93-14,6 mg/100 g. Podkreślono, że stężenie wapnia zmienia się w obrębie tego samego owocu. Jego zawartość w cytrynach ze skórką (72,1 mg/100 g) była znacznie wyższa w porównaniu do cytryn pozbawionych skórki (23,7 mg/100 g). Stwierdzono również znaczne różnice w zawartości wapnia w zależności od miejsca pochodzenia owoców [Grembecka i in., 2009]. Z badań własnych wynika, iż soki domowe zawierają na ogół wyższe stężenia oznaczanych mikro- i makroelementów. Wyjątek stanowiła jedynie ilość wapnia, która w analizowanych sokach handlowych była wyższa, niż w ich domowych odpowiednikach, co może być prawdopodobnie spowodowane dużą zawartością wapnia w wodzie używanej do odtwarzania soków. Nie znaleziono danych literaturowych na temat zawartości minerałów w sokach otrzymanych w warunkach domowych.



Rys.14. Porównanie zawartości magnezu w sokach z owoców południowych

Wnioski

1. Spośród owoców południowych najwyższą zawartością związków polifenolowych ogółem, a także flawonoidów, cechowały się owoce i soki z różowych grejpfrutów.
2. W grupie soków najwyższe stężenia związków biologicznie czynnych (polifenoli) oznaczono w sokach przygotowanych domowym sposobem.
3. Owoce południowe charakteryzowały się wysoką zdolnością „zmiatania” rodników DPPH[•]. Soki domowe charakteryzowały się niższą aktywnością przeciwutleniającą, niż owoce z których zostały otrzymane, jednak wyższą, niż ich handlowe odpowiedniki.
4. Pod względem zawartości składników mineralnych owoce południowe oraz soki z nich otrzymywane, okazały się dobrym źródłem potasu, wapnia i magnezu. W przebadanych grupach soków wyższe stężenie makro- i mikroelementów oznaczono na ogół w sokach domowych.

Literatura

- [1] Brand-Williams W., Cuvelier M., Berset C.: Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel Wissenschaft Technologie*, 1995, 28, 25-30.
- [2] Cichoń Z.: Jakość soków owocowych na tle badań rynkowych. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo Warzywny*, 2000, 9, 47-49
- [4] Czernyszewicz E.: Changes in fruit trees and small fruit bushes production in the Lubelszczyzna region during 1994-2004. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 2007, 1, 10.
- [3] Gardner P.T., White T.A.C., McPhail D.B., Duthie G.G.: The relative contribution of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. *Food Chemistry*, 2000, 68, 471-474.
- [4] Gorinstein S., Huang D., Leontowicz H., Leontowicz M., Yamamoto K. Soliva-Fortuny R., Martin Belloso O., Martinez Ayala A.L., Trakhtenberg S.: Determination of naringin and hesperidin in citrus fruit by high-performance liquid chromatography. The antioxidant potential of citrus fruit. *Acta Chromatographica*, 2006, 17, 108-124.
- [5] Gorinstein, S., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Krzeminski, R., Gralak M., Martin-Belloso. O.: Fresh Israeli jaffa blond (Shamouti) orange and Israeli jaffa red star ruby (Sunrise) grapefruit juices affect plasma lipid metabolism and antioxidant capacity in rats fed added cholesterol. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004, 52, 4853-4859.
- [6] Grembecka M., Pankowska A., Gallas-Chrulska A., Szefer P.: Owoce jako niezbędny składnik zdrowej diety człowieka. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2009, 3, 782-786.

- [7] Kunachowicz H., Nadolna I., Iwanow K., Przygoda B.: Wartość odżywcza wybranych produktów spożywczych i typowych potraw. Wyd. PZWL, Warszawa, 2005.
- [8] Markham K.: Flavones, flavonols and their glycosides. In: Methods in Plant Biochemistry. Harbone J. B., Dey P. M. Academic Press, London, 1989, 193-237.
- [9] Michalak-Majewska M., Żukiewicz-Sobczak W., Kalbarczyk J.: Ocena składu i właściwości soków owocowych preferowanych przez konsumentów. Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, 2009, 3, 836-841.
- [10] Mitek M., Kalisz S.: Współczesne poglądy na właściwości przeciwutleniające soków owocowych i warzywnych. Przemysł Spożywczy, 2003, 5, 37-39, 49.
- [11] Płocharski W.: Soki-bez nich żyć się już nie da. Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny, 2006, 7-8, 16-22.
- [12] Seeram N.P., Aviram M., Zhang Y., Henning S.M., Dreher M., Heber D.: Comparison of antioxidant potency of commonly consumed polyphenol-rich beverages in the united. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56, 1415-1422.
- [13] Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventos M.: Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu. Journal of Enzymology, 1999, 299, 152-178.
- [14] Sokół-Lętowska A., Kucharska A.Z.: Soki mętne dla wymagających konsumentów; Agro Przemysł, 2008, 4, 40-43.
- [15] Sun B., Ricardo-da-Silva J. M., Spranger I.: Critical factors of vanillin assay for catechin and proanthocyanidins. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1998, 46, 4267-4274.
- [16] Zając K., Podsędek A.: Skład i właściwości przeciwutleniające wybranych handlowych soków owocowych. Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny, 2002, 2, 14-16.

ZAWARTOŚĆ CHLORKU SODU W WYBRANYCH WARZYWACH KONSERWOWANYCH ORAZ ICH UDZIAŁ W REALIZACJI DZIENNEGO MAKSYMALNEGO SPOŻYCIA SOLI

MONIKA MICHALAK-MAJEWSKA, WALDEMAR GUSTAW, MARTA
ZALEWSKA-KORONA, EWA JABŁOŃSKA-RYŚ, ANETA SŁAWIŃSKA,
WOJCIECH RADZKI, KATARZYNA SKRZYPCZAK, ALEKSANDRA
CIOŁKOWSKA

Streszczenie

Konserwy warzywne są przetworami uzyskiwanymi z jednego lub kilku gatunków całych lub rozdrobnionych świeżych warzyw lub grzybów pozbawionych części niejadalnych, z dodatkiem roztworu soli kuchennej (chlorku sodu) i przypraw aromatyczno-smakowych, ewentualnie cukru, utrwalane przez sterylizację. Zainteresowanie polskich konsumentów konserwami warzywnymi wykazuje obecnie dynamiczną tendencję wzrostową z uwagi na różnorodność, łatwość przygotowania do spożycia i trwałość. Niemniej jednak produkty te zaliczane są do istotnych źródeł soli we współczesnej diecie. W literaturze z ostatniej dekady brakuje jednak danych dotyczących zawartości chlorku sodu w tego rodzaju asortymencie. Dlatego też celem niniejszej pracy jest ocena zawartości powyższego związku w wybranych konserwach warzywnych i analiza realizacji przez te produkty maksymalnego dziennego spożycia soli określonego przez Światową Organizację Zdrowia (WHO).

W 18-stu próbach warzyw konserwowanych różnych marek zawartość chlorku sodu była zróżnicowana w zakresie od $0,515 \pm 0,101$ do $4,995 \pm 0,007$ g w 100 g produktu. Otrzymane wyniki wykazały, że produkty tego typu mogą być znaczącym źródłem chlorku sodu w codziennej diecie, a uwzględnienie w jadłospisie 100 g pokrywa, w zależności od asortymentu, od 10% nawet do 100% maksymalnego spożycia soli określonego przez WHO. Porównując zawartość chlorku sodu oznaczoną analitycznie i podaną na opakowaniu, odnotowano dość dużą zgodność wyników z deklarowanymi przez producentów. Największą różnicę stwierdzono dla papryki konserwowej, w której deklarowana przez producenta zawartość soli była blisko trzykrotnie niższa od oznaczonej analitycznie.

Słowa kluczowe: sól kuchenna, sól, warzywa konserwowane, maksymalne
dziennie spożycie soli

Wprowadzenie

Chlorek sodu (NaCl) jest krystalicznym związkiem chemicznym, zwyczajowo nazywanym solą kuchenną, składającym się z kationów sodu i anionów chlorkowych. Sód odpowiedzialny jest za transport składników odżywczych (aminokwasów, węglowodanów, witamin) w tkankach. Utrzymuje równowagę kwasowo-zasadową, reguluje gospodarkę wodno-elektrolitową organizmu oraz zapewnia właściwe przewodzenie impulsów nerwowych i prawidłową czynność komórek mięśniowych. Natomiast chlor jest głównym anionem płynów pozakomórkowych, występuje w soku żołądkowym i ślinie (gdzie pełni rolę aktywatora amylazy). Uczestniczy także w regulacji gospodarki wodnej i równowagi kwasowo-zasadowej [Musik i in., 2011].

Poza wieloma zaletami, z punktu widzenia biochemicznego, sól kuchenna, a głównie jej składnik – kation sodu, może stanowić źródło poważnych zagrożeń, kiedy spożywana ilość soli jest zbyt duża oraz kiedy jest stosowana zbyt często.

Pomimo wielu akcji propagujących zdrowy styl życia i racjonalne odżywianie, konsumenci nie są świadomi wysokiej zawartości sodu w codziennych racjach pokarmowych. Sód jest dostarczany do organizmu człowieka głównie (około 90%) w postaci soli kuchennej, która jest podstawowym dodatkiem do żywności, stosowanym jako konserwant, dodatek technologiczny lub substancja poprawiająca smak. Zaledwie 10% chlorku sodu dostarczamy z nieprzetworzonych produktów spożywczych, gdzie występuje on w charakterze naturalnego składnika (warzyw, mleka, mięsa czy ryb). 50-60% pochodzi z dodatku w procesach kulinarnych i doprawiania żywności przy stole, 30-40% z produktów przetwarzanych przemysłowo [Schlegel-Zawadzka i Kowalczyk, 2010; Jeżewska i in., 2011].

Według zaleceń Światowej Organizacji Zdrowia (WHO), maksymalne dzienne spożycie soli ze wszystkich źródeł nie powinno przekraczać 5 g, co równa się 2 g sodu [WHO, 2012]. Często pojęcia sól i sód są stosowane jako synonimy, jednak z chemicznego punktu widzenia sól zawiera ok. 39% wagowych sodu. W związku z tym 1 g soli zawiera 0,4 g sodu [He i MacGregor, 2010; Szafulera, 2010].

Dieta składająca się w większości z nieprzetworzonych produktów pochodzenia roślinnego (bez dodatku soli) dostarcza około 0,6 g sodu dziennie. Obserwowana w ostatnich latach zmiana sposobu żywienia, związana z ogólną zmianą stylu życia spowodowała, szczególnie w społeczeństwach krajów wysoko rozwiniętych, zwiększenie spożycia produktów wysoko przetworzonych, zawierających duże ilości dodatkowej soli. Wynika z tego fakt spożywania przez statystycznego Europejczyka nadmiernych ilości chlorku sodu, szacowanych na około 10 - 15 g na dobę [Brown i in., 2009; Michalak-Majewska i in., 2013a].

Najistotniejsze konsekwencje zdrowotne długoterminowego spożywania nadmiernych ilości chlorku sodu to podwyższenie ciśnienia tętniczego krwi, a w związku z tym zwiększone ryzyko wystąpienia chorób sercowo-naczyniowych i chorób nerek. Poza tym, nadmierne spożywanie sodu może prowadzić do uszkodzenia śluzówki żołądka i pojawienia się metaplazji jelitowej, która może

być przyczyną zmian nowotworowych w żołądku i przełyku [Tsugane i in., 2004; Wang i in., 2009; D'Elia i in., 2012]. Na skutek wydalania przez nerki nadmiaru spożytego sodu wraz z wapniem, istnieje także zwiększone ryzyko powstania osteoporozy, ponieważ na każde 500 mg Na^+ tracone jest około 10 mg Ca^{2+} [Boero i in., 2002; Ritz i in., 2009].

Częściej obserwowanym zjawiskiem jest nadmierne pobieranie chlorku sodu do organizmu, natomiast niedobory są związane z jego znacznymi stratami przy wzmożonym wysiłku fizycznym, intensywnym poceniu się, a także nasilonych biegunkach czy wymiotach. Ponadto przy niewłaściwym stosowaniu leków moczopędnych i nadużywaniu środków przeczyszczających następuje utrata jonów Na^+ . Skutkiem jest przemieszczanie się wody ze zwiększoną różnicą stężeń osmotycznych między płynami przestrzeni wewnątrzkomórkowej i zewnątrzkomórkowej, co może spowodować obrzęk komórek [Brown i in., 2009].

Celem niniejszej pracy jest oznaczenie zawartości chlorku sodu (soli kuchennej) w wybranych konserwach warzywnych i ocena realizacji przez te produkty maksymalnego dziennego spożycia soli określonego przez WHO.

Materiał i metody badań

Materiał do badań stanowiło 18 prób warzyw konserwowanych jednogatunkowych lub mieszanek (szczegółowe zestawienie w tabeli 1). Wszystkie produkty zakupiono w placówkach handlowych na terenie Lublina w okresie maj-czerwiec 2014 r.

Zawartość soli kuchennej (NaCl) oznaczono metodą Mohra wg PN-90/A-75101.10+Az1:2002 pkt 2 [PN-90/A-75101.10 +Az1:2002]. Za wynik podając średnią z trzech równoległych oznaczeń wyrażoną w gramach chlorku sodu i sodu na 100 gram produktu. Zawartość sodu (Na) w badanych próbach obliczono posługując się równaniem uwzględniającym masy molowe.

Oszacowano procent realizacji przez analizowane produkty maksymalnego dziennego spożycia soli, określonego przez WHO (2 g Na czyli 5 g NaCl /osobę/dzień) [WHO, 2012].

W analizowanych konserwach porównano również zawartość chlorku sodu oznaczoną analitycznie z wartością deklarowaną na etykiecie opakowania przez producenta.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie testem Tukey'a na poziomie istotności $p < 0,05$, przy użyciu programu Statistica 9.

Wyniki i dyskusja

Podstawowym źródłem sodu w naszej diecie jest sól kuchenna. Stosowana w przemyśle ma istotne znaczenie w kształtowaniu cech decydujących o akceptacji żywności przez człowieka, jak również pełni istotne funkcje technologiczne. Stabilizuje barwę mięsa i kształtuje jego smakowość, hamuje rozwój drobnoustrojów chorobotwórczych, takich jak: *Escherichia coli*, *Clostridium*

botulinium [Cobcroft i in., 2008; Mitchell i in., 2009]. W produkcji pieczywa wpływa na prawidłowy przebieg fermentacji, poprawiając zdolność wiązania dwutlenku węgla przez ciasto [Piesiewicz i Bartnikowska, 2004]. Stosowanie jej w produkcji serów - ma na celu stworzenie jak najlepszych cech smakowych, umożliwienie prawidłowego dojrzewania, a co za tym idzie przedłużenie trwałości produktu [Zaręba i in., 2004]. Właściwości konserwujące chlorku sodu wykorzystywane są także podczas produkcji warzyw przetworzonych, zamykanych w opakowania metalowe lub szklane [Michalak-Majewska i in., 2013a].

Znaczącym źródłem soli w pożywieniu są produkty typu fast food oraz przekąski tzw. snack food (chipsy ziemniaczane, paluszki, chrupki, krakersy), których spożycie wzrasta w ostatnich latach zarówno w Polsce, jak i na świecie [Krzywiński i Tokarczyk, 2011]. Dużą popularnością ze względu na zróżnicowany asortyment, łatwe i szybkie przygotowanie do spożycia, niewielki ciężar i wysoką trwałość przechowalniczą cieszą się koncentraty obiadowe. Należące tu zupy instant, sosy, buliony, rosoły, drugie dania obiadowe i przyprawy, są żywnością wysoko przetworzoną dostarczającą nawet 4 g soli w porcji [Jeżewska i in., 2011]. Ponadto do nadania smaku słonego w gospodarstwie domowym używane są produkty takie jak: kostka rosołowa, maggi, sos sojowy, ketchup czy majonez [Śmiechowska i Kaczmarczyk, 2014].

Od 13 grudnia 2014 r. stosowane jest w Polsce rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1169/2011 w sprawie przekazywania informacji dotyczących etykietowania żywności. W ramach tego rozporządzenia dopiero od 13 grudnia 2016 r. obowiązkowe będzie podawanie na opakowaniach informacji takich jak: wartość energetyczna, ilość tłuszczu, kwasów tłuszczowych nasyconych, węglowodanów, cukrów, białka jak również soli. Obecnie producenci podają takie informacje dobrowolnie [Majchrzak, 2014].

Na opakowaniach wszystkich analizowanych w niniejszej pracy warzyw konserwowanych ujęta została informacja o zawartości soli lub sodu. W celu porównania tych produktów dokonano ujednolicenia, przeliczając sól na chlorek sodu lub odwrotnie. Wyniki podano dla tych dwóch substancji, aby zaznaczyć różnicę między nimi.

Zestawienie badanych produktów wraz z oznaczoną zawartością soli (NaCl) i sodu (Na⁺) w g/100 g produktu przedstawiono w tabeli 1. Średnia zawartość soli w 100 g próbce badanych warzyw konserwowanych kształtowała się na poziomie 1,112 g, co stanowi 0,445 g sodu. W grupie produktów o najniższej jej zawartości w przeliczeniu na 100 g porcję znalazły się: cebulka perłowa, kukurydza słodka i ćwikła z chrzanem, zawierające odpowiednio 0,515 g, 0,548 g i 0,596 g soli.

Tab. 1. Średnia zawartość chlorku sodu (NaCl) i sodu (Na) w g/100 g produktu

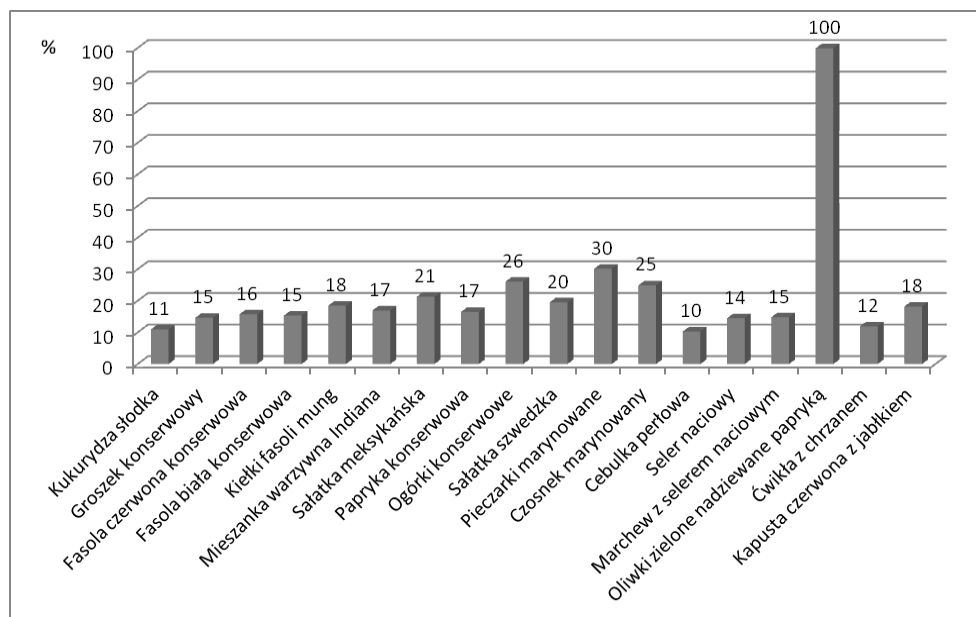
Nazwa produktu	NaCl	Na*
	średnia ± SD	
Kukurydza słodka	0,548 ^a ± 0,031	0,216 ± 0,012
Groszek konserwowy	0,731 ^{b,c} ± 0,051	0,288 ± 0,020
Fasola czerwona konserwowa	0,788 ^{c,d,e} ± 0,043	0,310 ± 0,017
Fasola biała konserwowa	0,767 ^{b,c,d,e} ± 0,015	0,302 ± 0,06
Kiełki fasoli mung	0,923 ^{e,f,g} ± 0,051	0,364 ± 0,020
Mieszanka warzywna Indiana	0,848 ^{c,d,e,f} ± 0,051	0,334 ± 0,020
Salatka meksykańska	1,065 ^g ± 0,075	0,419 ± 0,029
Papryka konserwowa	0,825 ^{c,d,e,f} ± 0,109	0,325 ± 0,043
Ogórki konserwowe	1,303 ^h ± 0,064	0,513 ± 0,025
Salatka szwedzka	0,977 ^{f,h} ± 0,019	0,385 ± 0,007
Pieczarki marynowane	1,507 ⁱ ± 0,023	0,593 ± 0,009
Czosnek marynowany	1,245 ^h ± 0,082	0,490 ± 0,032
Cebulka perłowa	0,515 ^a ± 0,101	0,203 ± 0,040
Seler naciowy	0,724 ^{b,c} ± 0,017	0,285 ± 0,007
Marchew z selerem naciowy	0,741 ^{b,c,d} ± 0,034	0,292 ± 0,013
Oliwki zielone nadziewane papryką	4,995 ^j ± 0,007	1,967 ± 0,003
Ćwikła z chrzanem	0,596 ^{a,b} ± 0,031	0,235 ± 0,012
Kapusta czerwona z jabłkiem	0,910 ^{d,e,f,g} ± 0,070	0,358 ± 0,028

a, b – te same litery oznaczają brak różnic statystycznie istotnych ($p < 0,05$)

* zależności statystyczne analogiczne jak w przypadku NaCl

Dość wysoką zawartość soli w 100 g produktu - średnio 1,352 g, oznaczono w pieczarkach marynowanych, ogórkach konserwowych i czosnku marynowanym. Należy jednak zauważyć, że zwyczajowo konsumowana jest porcja mniejsza niż 100 g. Natomiast z badań zespołu Markiewicz-Żukowskiej [Markiewicz-Żukowska i in., 2013] wynika, że spożycie 100 g porcji chleba (około 3 kromek) może dostarczać do organizmu około 1,205 g omawianego związku.

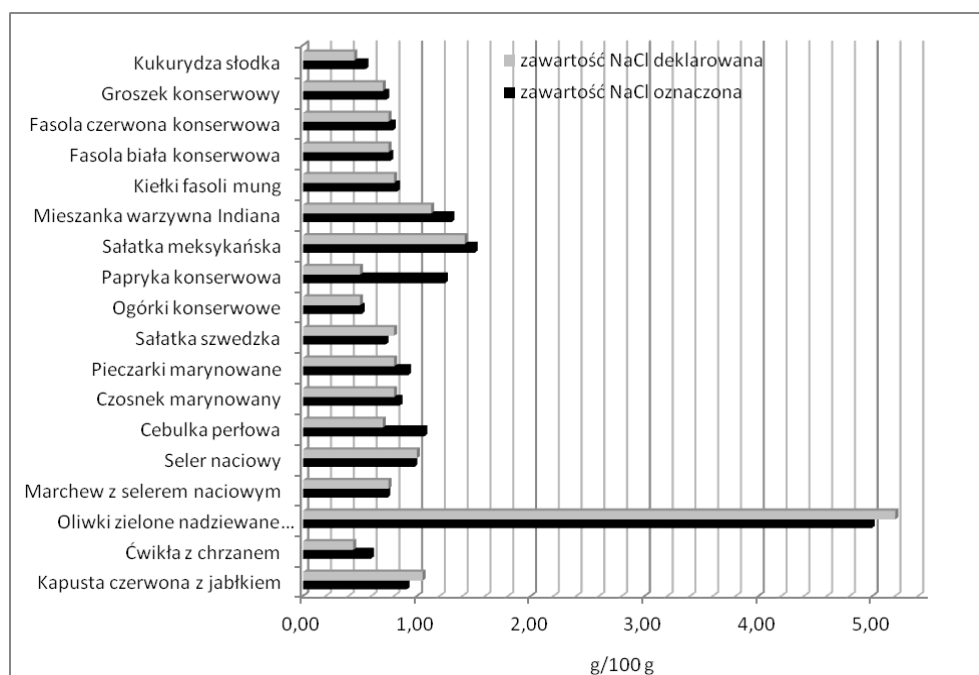
Z przeliczenia sodu na sól wynika, że statystycznie najwyższą zawartość chlorku sodu stwierdzono w oliwkach zielonych nadziewanych papryką. Ich 100 g porcja, stanowiąca jedno opakowanie foliowe dostępne w handlu detalicznym, zawiera niemal 5 g soli, co stanowi 100% realizacji maksymalnego dziennego spożycia soli, wskazanego przez Światową Organizację Zdrowia (rys. 1). W przypadku pozostałych produktów, wartości te wahają się od 10% (cebulka perłowa) do 30% (pieczarki marynowane) maksymalnego dziennego spożycia omawianego związku. Warto zwrócić uwagę na fakt, że jedna porcja 100 g kapusty czerwonej z jabłkiem realizuje maksymalne dzienne spożycie w 18%, ale dwie porcje to już 36%, a cały ponad 500 g słoik to 90% maksymalnego dziennego spożycia soli.



Rys. 1. Procent realizacji maksymalnego dziennego spożycia soli, określonego przez WHO, przez 100 g produktu

Porównując uzyskane dane do wyników badań produktów fast food [Mojska i in., 2010], należy zauważyć, że porcja tych ostatnich, w zależności od rodzaju (hamburger, pizza), realizuje od 23 do 52% maksymalne dzienne spożycie soli (5 g/dzień) rekomendowane przez WHO. Natomiast cała pizza pepperoni to 144% maksymalnego dziennego spożycia tego związku. W wyniku analiz popularnych koncentratów obiadowych stwierdzono, że uwzględnienie jednej porcji zupy instant czy zupy do gotowania w dziennym jadłospisie pokrywa omawiane zapotrzebowanie w 31 - 40% [Jeżewska i in., 2011].

Jednym z istotnych kierunków działań w celu obniżenia ilości soli spożywanej z produktami przemysłowo przetworzonymi może być zmniejszenie ich porcji. Pomocne w tym celu jest umieszczanie przez producenta wiarygodnej informacji odnośnie zawartości soli, chlorku sodu lub sodu w określonej ilości produktu. Na poniższym rysunku przedstawiono porównanie zawartości chlorku sodu w 100 g produktu konserwowanego oznaczonego analitycznie z ilością deklarowaną na opakowaniu. Z porównania tego wynika dość duża zgodność naszych wyników z deklarowanymi przez producentów. Niemniej jednak w większości przypadków zawartość soli oznaczona analitycznie była wyższa, zwykle od 2% (fasola biała) do 16% (mieszanka warzywna Indiana) niż deklarowana. Największą różnicę odnotowano dla papryki konserwowej, w której deklarowana przez producenta zawartość soli była trzykrotnie niższa od oznaczonej analitycznie (rys. 2).



Rys. 2. Porównanie zawartości soli (g/100 g) oznaczonej analitycznie i deklarowanej przez producentów

Przedstawione dane wskazują, że warzywne produkty konserwowane są istotnym źródłem soli w diecie, a nadmierne ich spożywanie może prowadzić do zbyt dużego pobrania soli, ze wszystkimi konsekwencjami zdrowotnymi tego faktu. Mając na uwadze także inne źródła tego składnika w diecie, należy dążyć do obniżenia zawartości soli w produktach. Z badań własnych wynika, że na świecie, jak również w Polsce, podejmowanych jest wiele inicjatyw zmierzających do redukcji spożycia soli [He i MacGregor, 2010; Michalak-Majewska i in., 2013b]. Działania takie są dużym wyzwaniem dla producentów żywności, ponieważ wymagają poświęcenia czasu i nakładów finansowych na modyfikację procesu technologicznego. Wśród produktów spożywczych i przypraw z mniejszą zawartością chlorku sodu należy wskazać: sól kuchenną oraz przyprawy smakowe, pieczywo, wędliny i sery. Istnieją też inne produkty o obniżonej zawartości soli, np. soki, chipsy, zupy w proszku, gotowe sosy. Jednak stosowanie produktów niskosodowych może okazać się skuteczną metodą obniżenia spożycia sodu tylko wtedy, gdy będzie połączone z odpowiednią edukacją konsumentów i właściwą informacją na etykietach [Czerwińska, 2011; Guidance for the Food Industry on Reducing Sodium in Processed Food, 2015]. Ponadto skutecznym sposobem obniżenia ilości soli spożywanej w diecie jest również zmniejszenie porcji produktów oraz kontrolowane wykorzystywanie w gospodarstwie domowym koncentratów obiadowych [Jeżewska i in., 2011], jak również żywności typu fast food [Mojska i in., 2010].

Z obliczeń Samodzielnej Pracowni Ekonomiki Żywności i Żywnienia IŻŻ (na podstawie niepublikowanych wyników badań budżetów gospodarstw domowych GUS) wynika, że spożycie soli w Polsce sięga obecnie blisko 11 g na osobę dziennie. Jednak całkowite spożycie soli per capita może być wyższe, bo przytoczone dane nie uwzględniają spożycia w placówkach żywienia zbiorowego [<http://www.izz.waw.pl>]. Dlatego też konsumenci z różnych grup wiekowych zachęceni są do obniżenia poziomu soli kuchennej w codziennej diecie przez kampanie edukacyjne w formie stron internetowych czy ulotek opracowywanych przez Instytut Żywności i Żywnienia.

Przedsięwzięcia i inicjatywy na rzecz obniżenia spożycia soli w Polsce zostały skupione w ramach Narodowego Programu Zdrowia na lata 2007-2015 [<http://www.mz.gov.pl/>]. Natomiast w 2008 roku określone w postaci tzw. konsensusu solnego, jako wspólne stanowisko szeregu ekspertów z różnych dziedzin medycyny i żywienia [Stanowisko w sprawie podjęcia inicjatywy zmniejszenia spożycia soli w Polsce, 2008].

Ograniczenie soli w żywieniu dzieci było motywem przewodnim tegorocznej edycji „Światowego tygodnia walki z nadmiernym spożyciem soli” (World Salt Awareness Week), który w Polsce trwał w dniach 16-22 marca 2015. Akcja edukacyjna zorganizowana była przez grupę World Action on Salt and Health (WASH), której członkiem jest IŻŻ. Eksperti WASH zwrócili w tym roku szczególną uwagę dorosłych i dzieci na sól niewidoczną dla oka, zawartą w różnych popularnych produktach spożywczych oraz potrawach (np. w pieczywie, wędlinach, serach, warzywach konserwowych, daniach gotowych, przyprawach, sosach czy hamburgerach) [<http://www.worldactiononsalt.com/>].

Podobne działania zmierzające do zmniejszenia konsumpcji chlorku sodu z dietą podejmowane są również w innych krajach, min. w Wielkiej Brytanii, Finlandii, Portugalii, Francji [He i in., 2010; Michalak-Majewska i in., 2013a].

Wnioski

1. Warzywa konserwowane mogą być znaczącym źródłem chlorku sodu w codziennej diecie. W badanych próbkach tego rodzaju produktów stwierdzono od $0,515 \pm 0,101$ do $4,995 \pm 0,007$ g chlorku sodu w 100 g produktu
2. Przeprowadzone badania dowodzą, że warzywa konserwowane pokrywają, w zależności od asortymentu, od 10% nawet do 100% maksymalnego spożycia soli określonego przez WHO.
3. Z porównania zawartości chlorku sodu oznaczonego analitycznie i podanego na opakowaniu, wynika dość duża zgodność wyników z deklarowanymi przez producentów. Największą różnicę odnotowano dla papryki konserwowej, w której oznaczona analitycznie zawartość chlorku sodu była blisko trzykrotnie wyższa od deklarowanej przez producenta.

Literatura

- [1] Boero R., Pignataro A., Quarello F.: Salt intake and kidney disease. *Journal of Nephrology*, 2002, 15(3), 225-229.
- [2] Brown I.J., Tzoulaki I., Candeias V., Elliott P.: Salt intakes around the world: implications for public health. *International Journal of Epidemiology*, 2009, 38, 791-813.
- [3] Cobcroft M., Tikellis K., Busch J.: Salt reduction - a technical overview. *Food Australia*, 2008, 60, 83-86.
- [4] Czerwińska D.: Produkty o obniżonej zawartości sodu. *Przemysł Spożywczy*, 2011, 12, 14-17.
- [5] D'Elia L., Rossi G., Ippolito R., Cappuccio F.P., Strazzullo P.: Habitual salt intake and risk of gastric cancer: A meta-analysis of prospective studies. *Clinical Nutrition*, 2012, 31, 489-498.
- [6] Guidance for the Food Industry on Reducing Sodium in Processed Foods 2012. [online]. Dostęp w Internecie: [13.03.2015.] <http://www.worldactiononsalt.com/docs/world/78296.pdf>.
- [7] He F.J., MacGregor G.A.: Reducing population salt intake worldwide: from evidence to implementation. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 2010, 52, 363-382.
- [8] Jeżewska M., Kulczak M., Błasińska I.: Zawartość soli w wybranych koncentratkach obiadowych. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2011, 3, 585-590.
- [9] Krzywiński T., Tokarczyk G.: Słone i pikantne przekąski na rynkach Polski i świata. *Przemysł Spożywczy*, 2011, 5, 47-50.
- [10] Majchrzak B.: Nowe wymagania dotyczące znakowania ważne od 13 grudnia 2014 r. *Przemysł Spożywczy*, 2014, 8(68), 26-30.
- [11] Markiewicz-Żukowska R., Karpińska E., Horembała J., Michalska-Mosiej M., Kuroczycki-Saniutowicz S., Dąbrowska T., Borawska M.H.: Ocena zawartości chlorku sodu w pieczywie z regionu podlaskiego i warmińsko-mazurskiego. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 2013, 94(2), 342-344.
- [12] Michalak-Majewska M., Gustaw W., Sławińska A., Radzki W.: Spożycie chlorku sodu a współczesne zalecenia żywieniowe. *Przemysł Spożywczy*, 2013a, 7, 34-37.
- [13] Michalak-Majewska M., Jabłońska-Ryś E., Zalewska-Korona M., Skrzypczak K.: Chlorek sodu jak obniżyć jego zawartość w produktach. *Przemysł Spożywczy*, 2013b, 10, 8-10.
- [14] Mitchell M., Brunton N., Wilkinson M.: Optimization of the sensory acceptability of a reduced salt model ready meal. *Journal of Sensory Studies*, 2009, 24, 133-147.
- [15] Mojska H., Świdorska K., Stoś K., Jarosz M.: Produkty fast food jako źródło soli w diecie dzieci i młodzieży. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 2010, 91(4), 556-559.
- [16] Musik I., Szewczyk M., Boguszewska-Czubara A.: Sód i potas. [w:] *Pierwiastki w środowisku i medycynie*. Jackowska I. (red). Spatium, Radom 2011, 271-287.

- [17] Narodowy Program Zdrowia na lata 2007-2015. [online]. MZ. Dostęp w Internecie: [24.03.2015.] http://www.mz.gov.pl/__data/assets/pdf_file/0020/12494/zal_urm_npz_90_15052007p.pdf.
- [18] Piesiewicz H., Bartnikowska E.: Sól spożywcza we współczesnych technologiach piekarskich oraz aspekty żywieniowe. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*, 2004, 3, 12-15.
- [19] PN-90/A-75101.10+Az1:2002 pkt 2 Przetwory owocowe i warzywne - Przygotowanie próbek i metody badań fizykochemicznych - Oznaczanie zawartości chlorków.
- [20] Polacy spożywają za dużo soli. [online]. IZZ. Dostęp w Internecie: [24.03.2015.] <http://www.izz.waw.pl>.
- [21] Ritz E., Koleganova N., Piecha G.: Role of sodium intake in the progression of chronic kidney disease. *Journal of Renal Nutrition*, 2009, 19(1), 61-62.
- [22] Schlegel-Zawadzka M., Kowalczyk B.: Wiedza na temat spożycia soli w różnych grupach narodowościowych. *Zeszyty Naukowe AM w Gdyni*, 2010, 65, 39-50.
- [23] Stanowisko w sprawie podjęcia inicjatywy zmniejszenia spożycia soli w Polsce, 2008. [online]. IZZ. Dostęp w Internecie: [24.03.2015.] <http://www.izz.waw.pl>.
- [24] Szafulera W.: Ile soli w diecie (i w chlebie). *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*, 2010, 4, 10-13.
- [25] Śmiechowaska M., Kaczmarczyk A.: Mieszanki przyprawowe - ukryte źródło soli, *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 2014, 95(1), 128-130.
- [26] Tsugane S., Sasazuki S., Kobayashi M., Sasaki S.: Salt and salted food intake and subsequent risk of gastric cancer among middle aged Japanese men and women. *British Journal of Cancer*, 2004, 90(1), 128-134.
- [27] Wang X.Q., Terry P.D., Yan H.: Review of salt consumption and stomach cancer risk: Epidemiological and biological evidence, *World Journal of Gastroenterology*, 2009, 15(18), 2204-2213.
- [28] WHO: Guideline: Sodium intake for adults and children. World Health Organization (WHO), Geneva 2012. [online]. WHO. Dostęp w Internecie: [24.03.2015.] http://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/sodium_intake_printversion.pdf.
- [29] World Salt Awareness Week 2015. [online]. WASH. Dostęp w Internecie: [24.03.2015.] <http://www.worldactiononsalt.com/awarenessweek/World%20Salt%20Awareness%20Week%202015/142120.html>.
- [30] Zaręba D., Trebino E., Ziarno M.: Składniki mineralne mleka i jego przetworów. *Przemysł Spożywczy*, 2012, 4, 30-34.

WPŁYW SUPLEMENTACJI DIETY ODŻYWKAMI WĘGLOWODANOWO-BIAŁKOWYMI NA SPRAWNOŚĆ FIZYCZNĄ MĘŻCZYZN UPRAWIAJĄCYCH SPORTY SIŁOWE

MACIEJ NASTAJ, BARTOSZ SOŁOWIEJ, PAWEŁ GLIBOWSKI,
STANISŁAW MLEKO, KAMIL TOCZEK

Streszczenie

Materiałem użytym do badań była odżywka Hard Mass (Trec Nutrition, Gdynia), w której stosunek białek do węglowodanów wynosi 1:1. Badania przeprowadzono z udziałem 6 mężczyzn aktywnych fizycznie, ochotników w wieku 20-25 lat, mieszczących się w przedziale wagowym 70-90 kg. Grupa testująca została podzielona na dwie grupy. Trzech mężczyzn przez okres 6 tygodni przyjmowało suplement w dawce 2 g/kg masy ciała dziennie, trzech pozostali stanowili grupę referencyjną, która nie została objęta suplementacją. Przed rozpoczęciem badań oraz podczas trwania eksperymentu raz w tygodniu dokonywano pomiarów następujących parametrów antropometrycznych: Body Mass Index (BMI) i zawartości tkanki tłuszczowej za pomocą aparatu OMRON BF 306 (Omron Electronics, Warszawa); masy ciała przy użyciu wagi elektronicznej Beurer BG 22 (Beurer, Łódź). Dokonywano również pomiarów grubości fałdu skórniego w trzech miejscach (triceps, fałd brzucha, udo) za pomocą fałdomierza SAEHAN (Technomex, Gliwice) oraz obwodów klatki piersiowej i uda.

Na potrzeby treningu siłowego, dla każdego z uczestników eksperymentu ustalono ciężar do podnoszenia, ćwiczenia odbywały się systemem oporowym do momentu upadku mięśniowego (braku możliwości wykonania kolejnego powtórzenia) w czterech seriach każdego z ćwiczeń z przerwami pomiędzy seriami wynoszącymi 2 minuty. Na tej podstawie co tydzień monitorowano postępy w zakresie: ilości wykonanych powtórzeń w wyciskaniu sztangi na ławce poziomej oraz ilości przysiadów ze sztangą według parametru RM (maksymalnej ilości powtórzeń).

Suplementacja diety odżywką węglowodanowo-białkową wpłynęła istotnie na zwiększenie masy ciała, masy mięśniowej, przy jednoczesnej redukcji tkanki tłuszczowej oraz spowodowała wzrost możliwości siłowych, objawiających się większą liczbą powtórzeń podczas wykonywania wysiłku fizycznego.

Słowa kluczowe: Żywnienie, sporty siłowe, suplementacja, białka, węglowodany

Wprowadzenie

Zapotrzebowanie na białko u osób nie uprawiających sportu i nie pracujących fizycznie wynosi 0,8 g/kg masy ciała [Rand i in., 2003]. U osób uprawiających sport występuje zwiększone zapotrzebowanie na białko, wynika ono z konieczności naprawy uszkodzeń mięśniowych powstałych podczas wysiłku, a w dyscyplinach siłowych dodatkowo z potrzeby powiększenia masy mięśniowej [Phillips, 2004; Wilson i Wilson, 2006; Tipton i Witard, 2007]. Popyt na białko zwiększa się w zależności od intensywności treningu i często zalecane spożycie białka u osób trenujących sporty siłowe powinno wynosić 50-100 % więcej niż u osób prowadzących mało aktywny tryb życia [Maughan i in., 2007]. Spożycie białka powinno wzrastać proporcjonalnie do wzrostu ogólnej wartości energetycznej diety i utrzymywać się na poziomie 12-15% ogółu energii. Przyjmuje się, że podaż tego składnika w diecie powinna wynosić ok. 1,4 g/kg masy ciała w dyscyplinach wytrzymałościowych, 1,8 g w dyscyplinach szybkościowych oraz 2,0-2,5 w dyscyplinach siłowych. Są to założenia ogólne, ponieważ na wielkość spożycia białka oprócz rodzaju, objętości i intensywności treningu wpływ ma także płeć, wiek, stan organizmu, warunki otoczenia oraz jakość białka i ogólna wartość energetyczna diety [Williams, 2005].

Węglowodany w diecie osób uprawiających sporty siłowe stanowią w zależności od etapu przygotowania, 40-60% dziennego zapotrzebowania energetycznego. Przyjmuje się, że w dni treningowe dawka węglowodanów powinna wynosić 6-7 g/kg masy ciała i 4 g/kg masy ciała w dni nietreningowe. W sportach siłowych duże znaczenie ma uzupełnianie węglowodanów jak najszybciej po zakończeniu treningu. W pierwszej godzinie od zakończenia ze 100 g wchłoniętej glukozy ok. 40% jest zatrzymane w wątrobie a 66% trafia do mięśni. Szybkie uzupełnianie węglowodanów ma wpływ również na zahamowanie katabolizmu masy mięśniowej i powoduje szybką regenerację organizmu, głównie uszkodzonych w czasie wysiłku włókien mięśniowych [Mizera i Pilis, 2008]. Zwiększone spożycie węglowodanów w diecie może prowadzić do zwiększenia wydajności ćwiczeń wytrzymałościowych przez rosnące zapasy glikogenu mięśni [Wismann i Willoughby, 2006]. Rezerwy węglowodanów zależą od następujących czynników: intensywności wysiłku, czasu trwania obciążenia, rodzaju treningu, ilości oraz jakości dostarczanych węglowodanów. Szybkość odbudowy zapasów glikogenu mięśniowego decyduje o możliwościach podjęcia kolejnego wysiłku [Aoi i in., 2006].

Celem pracy było zbadanie wpływu suplementacji odżywkami węglowodanowo- białkowymi diety mężczyzn uprawiających sporty siłowe.

Materiał i metody badań

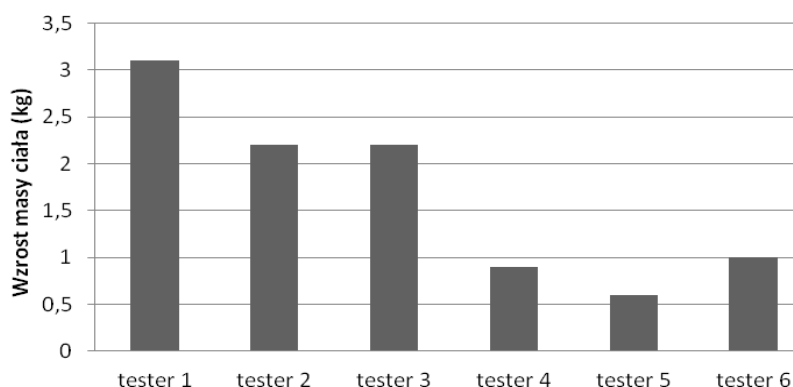
Materiałem użytym do badań była odżywka Hard Mass (Trec Nutrition, Gdynia). Jest to odżywka wspomagająca przyrost masy mięśniowej typu "BULK", w której stosunek białek do węglowodanów wynosi 1:1. Badania przeprowadzono

z udziałem 6 mężczyzn aktywnych fizycznie, ochotników w wieku 20-25 lat, mieszczących się w przedziale wagowym 70-90 kg. Trenowali oni w klubie sportowym i nigdy wcześniej nie korzystali z suplementów. Grupa testująca została podzielona na dwie grupy. Trzech mężczyzn przez okres 6 tygodni przyjmowało suplement w dawce 2 g/kg masy ciała dziennie, trzech pozostałych stanowili grupę referencyjną, która nie została objęta suplementacją. Przed rozpoczęciem badań oraz podczas trwania obserwacji raz w tygodniu dokonywano pomiarów następujących parametrów antropometrycznych: Body Mass Index (BMI) i zawartości tkanki tłuszczowej za pomocą aparatu OMRON BF 306 (Omron Electronics, Warszawa); masy ciała przy użyciu wagi elektronicznej Beurer BG 22 (Beurer, Łódź). Dokonywano również pomiarów grubości fałdu skórniego w trzech miejscach (triceps, fałd brzucha, udo) za pomocą fałdomierza SAEHAN (Technomex, Gliwice) oraz obwodów klatki piersiowej i uda.

Na potrzeby treningu siłowego, dla każdego z uczestników eksperymentu, ustalono ciężar do podnoszenia, który stanowił 80 % ciężaru maksymalnego, podniesionego przez każdego z badanych jeden raz. Ćwiczenia odbywały się systemem oporowym do momentu upadku mięśniowego (braku możliwości wykonania kolejnego powtórzenia) w czterech seriach każdego z ćwiczeń z przerwami pomiędzy seriami wynoszącymi 2 minuty. Na tej podstawie co tydzień monitorowano postępy w zakresie: ilości wykonanych powtórzeń w wyciskaniu sztangi na ławce poziomej oraz ilości przysiadów ze sztangą według parametru RM (maksymalnej ilości powtórzeń).

Wyniki i dyskusja

Analizując Rys. 1 można stwierdzić, iż u wszystkich uczestników nastąpił wzrost masy ciała w ciągu 6 tygodni badań. Wśród osób przyjmujących suplement (tester 1, 2, 3) nastąpiło znaczne zwiększenie masy ciała, średnio o 2,5 kg. Grupa referencyjna bez suplementacji (tester 4, 5, 6) uzyskała wartość średnią na poziomie 0,8 kg, czyli ok. 3-krotnie niższą.



Rys. 1. Wzrost masy ciała testerów (kg) w czasie 6 tygodni badań

Tab. 1. Charakterystyka osób biorących udział w badaniach

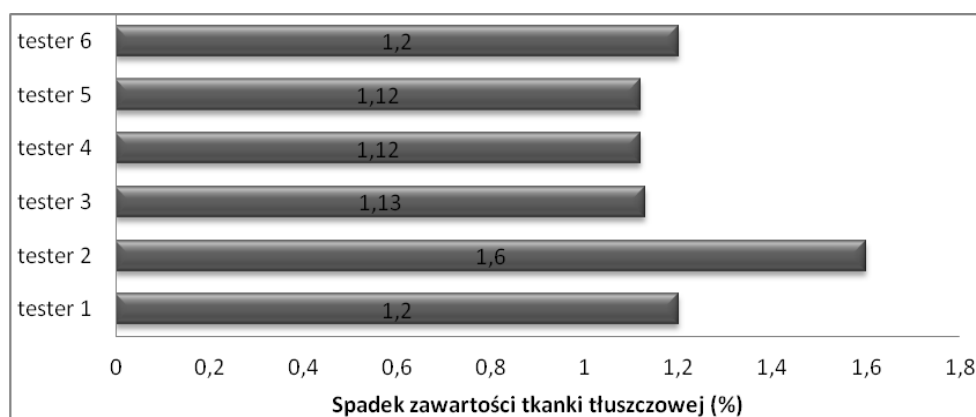
Parametr	Grupa z suplementacją			Grupa bez suplementacji		
	Tester 1	Tester 2	Tester 3	Tester 4	Tester 5	Tester 6
Wiek (lata)	22	24	26	23	23	25
Masa ciała [kg]	81,6	85,2	84,2	75,6	77,1	89,3
Wzrost [m]	1,79	1,83	1,82	1,75	1,75	1,85
BMI	25,47	25,44	25,42	24,69	25,18	26,09
Zawartość tkanki tłuszczowej [%]	16,63	16,93	16,71	13,39	14,26	17

Dowody naukowe sugerują, że połączenie węglowodanów z aminokwasami zwiększa anabolizm mięśni po treningu w większym stopniu niż wtedy, gdy są używane w sposób niezależny, tak więc maksymalizuje reakcje anaboliczne, jest to wynik osłabienia degradacji białek po ćwiczeniach [Bird i in., 2006]. Borsheim i in. [2004] badali wpływ mieszaniny aminokwasów, białka i węglowodanów na równowagę białek mięśniowych po treningu. Z uzyskanych wyników potwierdzili, że takie połączenie w większym stopniu stymuluje syntezę białek mięśniowych oraz może przedłużyć działanie anaboliczne. Ivy i in. [2002] wykazali, że dodatkowe zapasy glikogenu w mięśniach wpływają na podniesienie efektywności wysiłku, a połączenie białek z węglowodanami uzupełnia zapasy glikogenu szybciej niż samych węglowodanów. Badania Levenhagena i in. [2001] wykazały, że spożycie węglowodanów i białek nie tylko uzupełnia zapasy glikogenu w mięśniach, ale też zwiększa przyrost masy ciała.

Podczas badań stwierdzono przyrost masy ciała zarówno u osób przyjmujących suplement (testerzy 1-3), jak i osób nie objętych suplementacją (testerzy 4-6). Z danych można wywnioskować, iż suplementacja w znaczny sposób przyczyniła się do przyrostu masy ciała nawet o 3,1 kg (tester 1), przy wartościach grupy porównawczej bez suplementacji ok. 3 razy niższych (kolejno; 0,9 kg, 0,6 kg, 1 kg).

Dodatkowa ilość białka w diecie jest potrzebna, aby wspierać rozwój masy mięśniowej, spożycie 2 g białka/kg masy ciała zwiększa tempo wzrostu mięśni [Phillips i in., 2007; Tipton i Witard, 2007]. Candow i in. [2006] analizowali wpływ zwiększonej ilości białka przed, w treningu siłowym w ilości 1,2 g/kg masy

ciała. Stwierdzili, że suplementacja białkiem wpłynęła na znaczny wzrost beztłuszczowej masy ciała w porównaniu z placebo. Zasilanie mięśni i utrzymanie optymalnych zapasów glikogenu jest niezbędne w czasie wzrostu. Osiągnięcie dodatniego bilansu azotowego w tym czasie przez odpowiednie białka pomaga w przyroście masy mięśniowej [Philips, 2004].



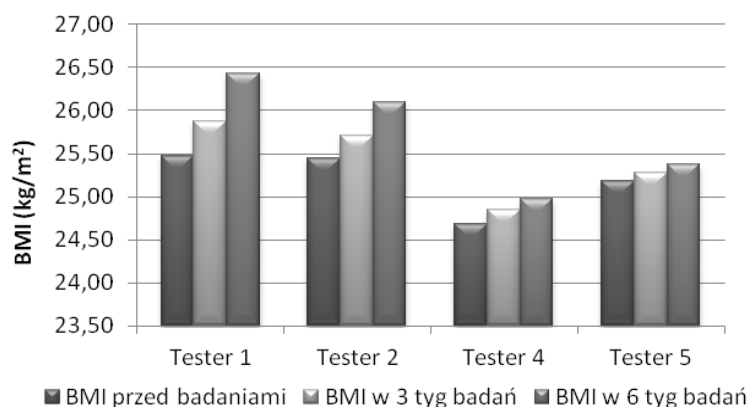
Rys. 2. Zmniejszenie zawartości tkanki tłuszczowej w czasie 6 tygodni badań (%)

Rys. 2 ukazuje zmniejszenie zawartości tkanki tłuszczowej, które kształtowało się na wyrównanym poziomie zarówno w grupie spożywającej odżywkę: 1,2%; 1,6%; 1,13% (tester 1-3), jak i grupie referencyjnej: 1,12%; 1,12% i 1,2% (tester 4-6).

Zmiana zawartości tkanki tłuszczowej wśród osób biorących udział w badaniu jest najprawdopodobniej związana ze znacznym wzrostem beztłuszczowej masy ciała, spowodowanym zwiększeniem aktywności fizycznej oraz przyjmowaniem suplementacji. Chandler [1994] badał wpływ uzupełnienia diety białkami i węglowodanami. Grupa testująca spożywała odżywkę natychmiast i 2 godziny po treningu. Zastosowanie suplementacji powodowało wzrost stężenia insuliny i hormonu wzrostu, co stwarza lepsze środowisko dla wzrostu masy ciała, a tym samym redukcji tkanki tłuszczowej.

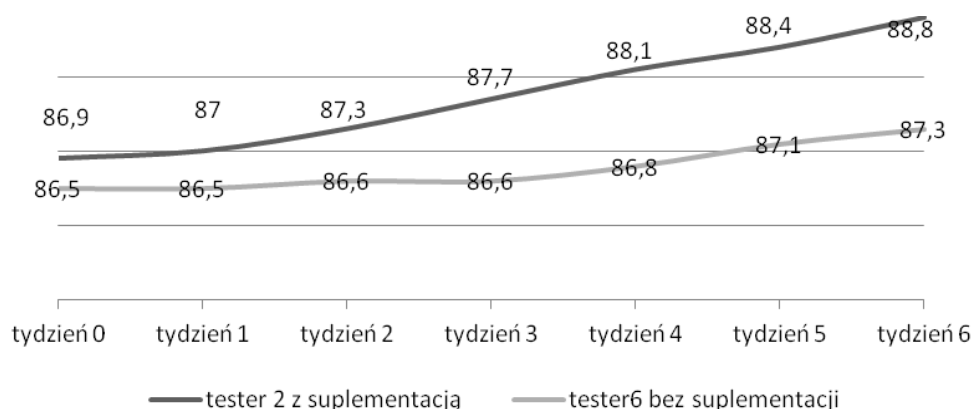
Procentowa zawartość tkanki tłuszczowej wśród grupy referencyjnej (tester 4-6) po zakończeniu badań była wyższa niż grupy objętej suplementacją (tester 1-3). Najniższa wartość wystąpiła w przypadku testera 4-17,31%, a najwyższą testera 1-19,4%. Jednak biorąc pod uwagę skład ciała na początku badań (Tab. 1) różnice te są porównywalne. U wszystkich osób biorących udział w badaniu tkanka tłuszczowa utrzymuje się na optymalnym poziomie. Według Heymsfielda i in. [2005] zbyt mała zawartość tkanki tłuszczowej powoduje pogorszenie wydajności wysiłkowej, szacuje on, że jej minimum wynosi 12%. Baty i in. [2007] w swoich badaniach przeprowadzonych z udziałem 34 mężczyzn trenujących siłowo i spożywających odżywkę węglowodanowo-białkową przed, w trakcie i po

ćwiczeniach, stwierdzili, iż suplementacja zmniejsza uszkodzenie mięśni i poprawia budowę ciała.



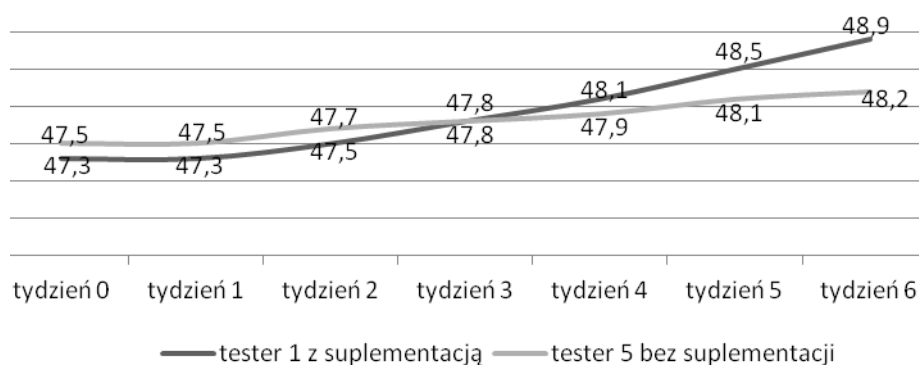
Rys. 3. Wartości parametrów BMI testerów przed badaniami, w trzecim i szóstym tygodniu badań

Rys. 3 obrazuje zmiany wartości parametrów BMI podczas trwania eksperymentu. Zarówno w grupie eksperymentalnej (tester 1 i 2), jak referencyjnej (tester 4 i 5) wartość tego parametru uległa zwiększeniu. Wzrost ten jest ponad 3-krotnie większy w grupie objętej suplementacją, dla przykładu u testera 1 BMI wzrosło z wartości 25,47 do 26,43, czyli o 0,96 a w przypadku testera 4 z wartości 24,69 do 24,98 (wzrost o 0,29). U wszystkich osób biorących udział w badaniu BMI mieści się w przedziale charakteryzującym osoby z nadwagą, jednak skala ta nie uwzględnia ilości tkanki mięśniowej. Zatem osoby o zwiększonej aktywności fizycznej mające większą masę mięśniową, mogą być zakwalifikowane jako otyłe, podczas gdy większa masa ich ciała jest związana z większą zawartością tkanki mięśniowej, a nie tłuszczu. Dlatego w tym przypadku BMI nie jest miarodajnym parametrem otluszczenia ciała. W rezultacie, u niektórych osób większa wartość BMI, zwłaszcza sportowców, wcale nie przekłada się na otluszczenie ciała [Oda i in., 2007]. Badania Neville i in. [2006] przeprowadzone wśród 478 przeszkolonych sportowców dowodzą brak związku pomiędzy wysokim BMI a otyłością wśród tej grupy. Witt i Bush [2005] również zbadali związek BMI i tkanki tłuszczowej u sportowców, stwierdzili, że tylko u 20 % kobiet i 4 % mężczyzn z BMI ≥ 25 kg/m² tkanka tłuszczowa wskazywała na nadwagę.

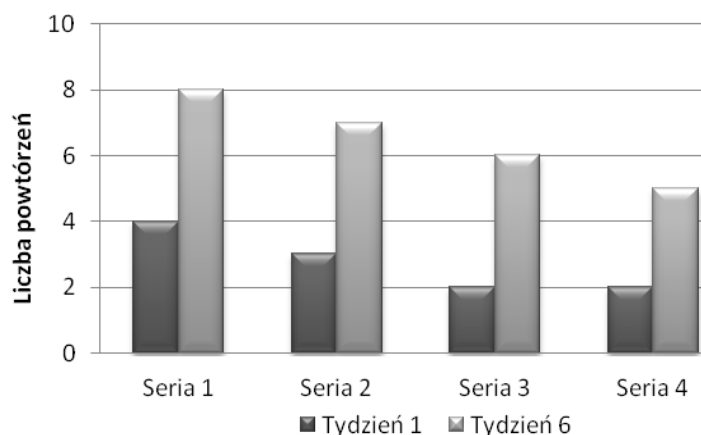


Rys. 4. Zmiany w obwodzie klatki piersiowej w ciągu 6 tygodni badań (w cm)

Rys. 4 wskazuje, że podczas badań zwiększył się obwód klatki piersiowej, zarówno u testera objętego suplementacją o 1,9 cm, jak i nie stosującego odżywek- wzrost o 0,8 cm. Rys. 5 obrazuje z kolei wzrost obwodu uda, w przypadku testera objętego suplementacją wynosił on 1,4 cm, a w przypadku testera bez suplementacji wzrost był 2- krotnie mniejszy (0,7 cm).

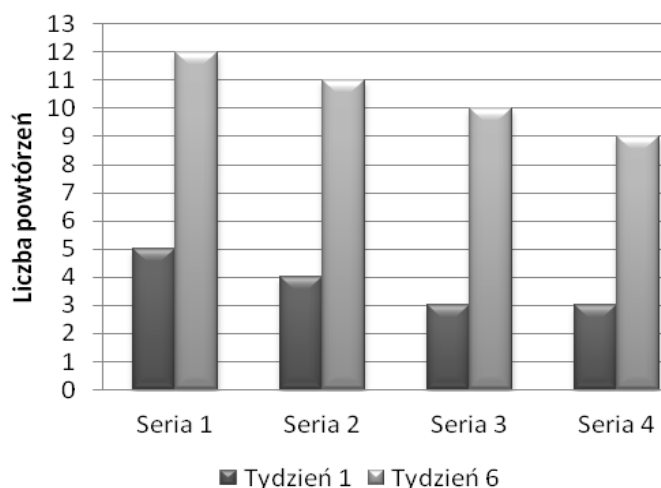


Rys. 5. Zmiany w obwodzie uda w ciągu 6 tygodni badań (w cm)



Rys. 6. Ilość powtórzeń podniesienia sztangi w 4 seriach przez testera bez suplementacji (tester 5) w pierwszym i ostatnim tygodniu badań

Pomiędzy pierwszym a ostatnim tygodniem badań zaobserwowano znaczny wzrost w ilości powtórzeń podniesienia sztangi w kolejnych seriach przez testera nie objętego suplementacją (Rys. 6). Liczba podniesień w szóstym tygodniu była 2-3 krotnie wyższa niż na początku badań. Rys. 7 obrazuje wzrost możliwości wysiłkowych testera przyjmującego suplement.



Rys. 7. Ilość powtórzeń podniesienia sztangi w 4 seriach przez testera z suplementacją (tester 1) w pierwszym i ostatnim tygodniu badań

Można przyjąć, że znaczna poprawa zdolności wysiłkowych badanych osób była skutkiem 6 tygodniowego treningu z zastosowaniem odpowiedniej diety i suplementacji odżywką węglowodanowo-białkową. Regularny trening wzbogacony odpowiednią suplementacją spowodował wzrost masy mięśniowej,

stąd większe obwody klatki piersiowej, co bezpośrednio przekłożyło się na poprawę możliwości wysiłkowych.

Podstawą korzyścią łączenia protein i węglowodanów jest podniesienie zdolności wytrzymałościowych organizmu. Ivy i in. [2003] badali wpływ dodatku suplementu węglowodanowo-białkowego na wytrzymałość i wydolność podczas ćwiczeń o różnym natężeniu wśród rowerzystów. Pili oni napoje węglowodanowo-białkowe, węglowodanowe i wodę co 20 min. Z badań wynika, że suplementacja zwiększyła czas wysiłku o 36 % w porównaniu do grupy przyjmującej węglowodany i o 55 % w zestawieniu z grupą przyjmującą wodę. Poprawę zdolności wysiłkowych po spożyciu odżywki węglowodanowo-białkowej stwierdził w swoich badaniach również Kipp i in. [2003]. Badania zostały przeprowadzone po intensywnym treningu piłki nożnej i obejmowały 4 próby, po 5 minut odpoczynku po każdym sprincie. Grupa objęta suplementacją poprawiła wyniki o 1,1 s pomiędzy pierwszym a ostatnim sprintem, natomiast druga grupa spowolniała o 2,2 s. Według Coggana i in. [1997] dodatkowa ilość węglowodanów poprawia zdolność wysiłkową, a związane jest to z podtrzymaniem dostępności glukozy dla pracujących mięśni i wysokim tempie jej utleniania, dotyczy to głównie końcowej fazy wysiłku, w której zasoby glikogenu są na wyczerpaniu. Van Loon i in. [2000] badali wpływ spożycia mieszaniny hydrolizatu białek i aminokwasów, w połączeniu z węglowodanami. Mieszanę (0,8 węglowodanów i 0,4 hydrolizatu białkowego) oraz czyste węglowodany w ilości 0,8 i 1,2 g/kg masy ciała podawano rowerzystom co 30 min po treningu. Z badań wynika, że dodatek mieszaniny hydrolizatu białek i aminokwasów do węglowodanów może stymulować syntezę glikogenu i tempo jego odnowy może być znacznie wzmocnione przez zwiększenie zawartości węglowodanów w diecie

Na poprawę sprawności fizycznej osób biorących udział w badaniu niewątpliwie miał wpływ odpowiednio dobrany trening oraz prawidłowo zbilansowana dieta, a w przypadku grupy eksperymentalnej dodatkowo wzbogacona w odżywkę węglowodanowo-białkową. Grupa objęta suplementacją wykazała się większą zdolnością wysiłkową w porównaniu do grupy referencyjnej bez suplementacji.

Wnioski

1. Suplementacja diety odżywkami węglowodanowo-białkowymi wpłynęła na wzrost możliwości siłowych, objawiających się zwiększoną wytrzymałością, a co za tym idzie większą liczbą powtórzeń podczas wykonywania wysiłku fizycznego.
2. Stosowanie odżywek węglowodanowo-białkowych zwiększa masę ciała i masę mięśniową przy jednoczesnej redukcji tkanki tłuszczowej.
3. Wspomaganie diety odżywkami węglowodanowo-białkowymi, podparte odpowiednio dobranym treningiem oporowym umożliwia uzyskanie

przyrostów masy ciała oraz podstawowych grup mięśniowych istotnych przy wykonywaniu sportów siłowych.

Literatura

- [1] Aoi, W., Naito, Y., Yoshikawa, T.: Exercise and functional foods. *Nutrition Journal* 5 (15), 2006.
- [2] Bird, S. P., Tarpenning, K. M., Marino, F. E.: Independent and combined effects of liquid carbohydrate/essential amino acid ingestion on hormonal and muscular adaptations following resistance training in untrained men. *European Journal of Applied Physiology*, 2006.
- [3] Borsheim, E., Aarsland, A., Wolfe, R. R.: Effect of an amino acid, protein, and carbohydrate mixture on net muscle protein balance after resistance exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 14 (3), 255-271, 2004.
- [4] Candow, D. G., Burke, N. C., Smith-Palmer, T., Burke, D. G.: Effect of whey and soy protein supplementation combined with resistance training in young adults. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 16, 233-244, 2006.
- [5] Chandler, R. M.: Dietary supplements affect the anabolic hormones after weight-training exercise. *Journal of Applied Physiology* 2 (76), 839-845, 1994.
- [6] Coggan, A. R., Raguso, C. A., Gastadelli, A., Williams, B. D.: Regulation of glucose production during exercise at 75% VO_2 peak in untrained humans. *American Journal of Physiology* 273, 348-354, 1997.
- [7] Ivy, J. L.: Early post exercise muscle glycogen recovery is enhanced with a carbohydrate-protein supplement. *Journal of Applied Physiology* 93, 1337-1344, 2002.
- [8] Kipp, R., Seifert, J. G., Burke, E. R.: The Influence of a Carbohydrate/Protein Sports Drink on Soccer Sprint Performance. *European College of Sports Medicine, Salzburg, Austria, Müller, Schwameder, Zallinger, Fasternbauer* 12 (2), 451, 2003.
- [9] Levenhagen, D. K.: Postexercise nutrient intake timing in humans is critical to recovery of leg glucose and protein homeostasis. *American Journal of Physiology and Endocrinology Metabolism* 280, 982-993, 2001.
- [10] Mizera, K., Pilis, W.: Znaczenie żywienia w sportach siłowych w różnych fazach ontogenezy człowieka. *Medycyna Sportowa* 4 (9), 73-84, 2008.
- [11] Nevill, A., Stewart, A., Olds, T., Holder, R.: Relationship between adiposity and body size reveals limitations of BMI. *American Journal of Physical Anthropology* 129, 151-156, 2006.
- [12] Oda, J. J., Pivarnik, J. M., Reeves, M. J., Knous, J. L.: Body Mass Index as a Predictor of Percent Fat in College Athletes and Non athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 3 (39), 403-409, 2007.

- [13] Phillips, S. M., Moore, D. R., Tang, J. A.: Critical examination of dietary protein requirements, benefits, and excesses in athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 17, 58-76, 2007.
- [14] Phillips, S. M.: Protein requirements and supplementation in strength sports. *Nutrition* 20, 689–695, 2004.
- [15] Rand, W. M., Pellett, P. L., Young, V. R.: Meta-analysis of nitrogen balance studies for estimating protein requirements in healthy adults. *American Journal of Clinical Nutrition* 77, 109-127, 2003.
- [16] Tipton, K. D., Witard, O. C.: Protein requirements and recommendations for athletes: relevance of Ivory Tower arguments for practical recommendations. *Clinical Journal of Sport Medicine* 26, 17-36, 2007.
- [17] Van Loon, L. J. C.: Maximizing post exercise muscle glycogen synthesis: Carbohydrate supplementation and the application of amino acid or protein hydrolysate mixtures. *American Journal of Clinical Nutrition* 72, 106–111, 2000.
- [18] Williams, M. H.: Dietary Supplements and Sports Performance: Amino acids. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 2 (2), 63-67, 2005.
- [19] Wilson, G., Wilson, G. J.: Contemporary Issues in Protein Requirements and Consumption for Resistance Trained Athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 3 (1), 7-27, 2006.
- [20] Wismann, J., Willoughby, D.: Gender Differences in Carbohydrate Metabolism and Carbohydrate Loading. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 3 (1), 28–34, 2006.
- [21] Witt, K. A., Bush, E. A.: College athletes with an elevated body mass index often have a high upper arm muscle area, but not elevated triceps and subscapular skinfold. *Journal of the American Dietetic Association* 105, 599-602, 2005.

SUROWO DOJRZEWAJĄCE PRODUKTY MIĘSNE JAKO ŹRÓDŁO SKŁADNIKÓW BIOAKTYWNYCH

ANNA OKOŃ, PAULINA KĘSKA, JOANNA STADNIK, ZBIGNIEW J.
DOLATOWSKI

Streszczenie

Mięso i produkty mięsne są jednym z najważniejszych składników żywienia człowieka. Wnoszą do codziennej diety składniki o właściwościach odżywczych, ale także biologicznie aktywne substancje oddziałujące na organizm ludzki. Choroby, styl życia oraz starzenie się społeczeństwa skupia uwagę naukowców na poszukiwaniu funkcjonalnych produktów spożywczych, które dostarczałyby konkretnych korzyści dla zdrowia człowieka. Celem naukowców jest obecnie poszukiwanie i badanie naturalnych substancji wykazujących właściwości prozdrowotne, takie jak: działanie przeciwutleniające, obniżające ciśnienie krwi i poziom glukozy, poprawiające przyswajanie składników odżywczych, redukujące zmiany wywołane wolnymi rodnikami, niewłaściwą dietą, przewlekłymi chorobami, stresem, paleniem tytoniu oraz innymi niekorzystnymi czynnikami środowiska. Mięso i produkty mięsne surowo dojrzewające zawierają szereg związków biologicznie aktywnych, w tym dużą grupę biopeptydów (głównie o właściwościach przeciwutleniających, hipotensyjnych, antycukrzycowych), sprzężony kwas linolowy, koenzym Q₁₀, wolne aminokwasy, składniki mineralne i inne. Wraz z gromadzeniem danych naukowych istnieje potrzeba informowania konsumentów o wartości funkcjonalnej mięsa i produktów mięsnych, poprawiając tym samym ich wizerunek zdrowotny.

Słowa kluczowe: bioaktywne składniki, surowo dojrzewające produkty mięsne, żywność funkcjonalna

Wprowadzenie

W ostatnich latach wiele uwagi poświęca się żywności funkcjonalnej. Za taką uznaje się środki spożywcze, które przeznaczone są do spożycia w ramach codziennej diety, a którym udowodniono wpływ na funkcje ludzkiego organizmu ponad efekt odżywczy [Arihara, 2006; Decker i Park 2010; Jiménez-Colmenero i in., 2010]. Ich działanie sprzyja poprawie stanu zdrowia bądź zmniejszeniu ryzyka występowania chorób dietozależnych. W praktyce jako funkcjonalne uznaje się produkty, które zawierają bioaktywne składniki (wprowadzone lub naturalnie występujące), bądź w których obniżono zawartość niepożądanych związków (np. tłuszczu, soli) w trakcie procesu produkcyjnego [Olmedilla-Alonso i in., 2013].

Wzrost świadomości konsumentów i rosnące obawy o zdrowie skłoniły naukowców do spojrzenia na produkty mięsne jako źródło składników o potencjalnych funkcjach fizjologicznych. Obecność bioaktywnych związków w surowym mięsie oraz ich wpływ na zdrowie człowieka były szeroko badane [Arihara, 2006; Jiménez-Colmenero i in., 2010; Vaštag i in., 2010]. Wykazano, iż wiele związków funkcjonalnych może być generowanych podczas przetwarzania mięsa, na przykład peptydy uwalniane podczas fermentacji lub hydrolizy enzymami przewodu pokarmowego. Bioaktywne składniki mogą być również włączane do produktów mięsnych, w celu poprawy ich właściwości funkcjonalnych [Arihara, 2006; Young i in., 2013]. Mięso fortyfikowano głównie przeciwutleniaczami (kwas α -liponowy, α -tokoferol), kwasami tłuszczowymi omega-3, sprzężonym kwasem linolowym [Zhang i in., 2010].

W produkcji wyrobów surowo dojrzewających podejmuje się próby wykorzystania bakterii probiotycznych, najczęściej były to szczepy *Bifidobacterium* i/lub *Lactobacillus* [De Vuyst i in., 2008; Arihara i Otaha, 2011; Wójciak i in., 2012; Libera i in., 2015]. Ważną właściwością szczepów probiotycznych jest ich działanie antagonistyczne w stosunku do bakterii chorobotwórczych. Zasiedlają ściany jelit wypierając z nich niekorzystną mikroflorę. Ponadto syntetyzowane przez nie metabolity wtórne (kwas organiczny, bakteriocyn i nadtlenuk wodoru) ograniczają wzrost patogennej mikroflory, wpływając pozytywnie na funkcjonowanie organizmu ludzkiego [Jach i in. 2013]. Spożywanie produktów probiotycznych wpływa na równowagę mikroflory przewodu pokarmowego. Zalecane jest przede wszystkim w leczeniu schorzeń układu pokarmowego (syndrom jelita drażliwego, zapalenie jelit, biegunki). Podkreśla się także immunomodulacyjne działanie probiotycznych bakterii kwasu mlekowego, ich wpływ na zmniejszenie reakcji alergicznych oraz zapobieganie otyłości u ludzi [Cukrowska i in., 2009; Nowak i in., 2010; Wójciak i in., 2012]. Pod wpływem bakterii probiotycznych może wzrastać także synteza ryboflawiny i kwasu foliowego [Sybesma i in., 2004]. Obecność probiotyków wpływa także na powstawanie bioaktywnych składników w wyrobach surowo dojrzewających. Zwiększają między innymi stopień przemian proteolitycznych białek mięśniowych, uwalniając pulę peptydów i wolnych aminokwasów [Okoń i Dolatowski, 2014; Stadnik i in., 2014; Chen i in., 2015]. Probiotyki stosowane w produkcji wędlin surowo dojrzewających stabilizują procesy oksydacyjne zachodzące podczas przechowywania wyrobów, kształtując tym samym profil kwasów tłuszczowych [Wójciak i in., 2012; Libera i in., 2014].

Aktywne składniki w produktach mięsnych

Produkty mięsne zawierają szereg biodostępnych składników, takich jak mikro- i makroelementy. Są one niezbędne dla prawidłowego funkcjonowania układu kostnego, mięśniowego, nerwowego, krążenia, regulują także poziom cukru we krwi. Odgrywają tym samym ważną rolę w zapobieganiu takim chorobom jak:

nadciśnienie, choroby serca, osteoporoza i cukrzyca [MaruśiĆ i in., 2013; Young i in., 2013].

Szynka surowo dojrzewająca jest dobrym Źródłem Źelaza (1,8-3,3 mg/100 g), cynku (2,2-3,0 mg/100 g), fosforu (157-180 mg/100g) i potasu (153-160 mg/100g) oraz znaczących ilości magnezu (17-24 mg/100 g) i selenu (29 µg/100 g) [MaruśiĆ i in., 2013]. W celu wzbogacenia produktów mięsnych w makroelementy podjęto próby ich fortyfikacji w wapń, potas oraz magnez. Wykazano, że ich dodatek nie wpływa na profil sensoryczny produktu końcowego. Dodatkowo wprowadzenie tych minerałów może być wykorzystywane do obniżenia poziomu sodu w przetworzonym mięsie [Pietrasik i Gaudette, 2014; Lorenzo i in., 2015]. W surowo dojrzewającej szynce znajdują się także znaczne ilości witamin, przede wszystkim z grupy B: tiamina (0,57-0,84 mg/100 g), ryboflawina (0,20-0,25 mg/100 g), niacyna, witamina B₆ i kobalamina (15 µg/100 g). W mniejszych ilościach występuje kwas foliowy (do 13,5 µg/100 g) oraz witaminy A, C, D, E i K [Jiménez-Colmenero i in., 2010]. Produkty mięsne zasobne są także w koenzym Q₁₀, który jest jednym z ważniejszych przeciwutleniaczy, zapobiega oksydacyjnym modyfikacjom białek, tłuszczów czy DNA. Na jego zawartość w produktach surowo dojrzewających wpływać mogą procesy technologiczne. W pierwszych czterech miesiącach procesu dojrzewania obserwuje się zmniejszenie zawartości tego koenzymu nawet o 50%. W kolejnych miesiącach przechowywania zaobserwowano zahamowanie strat koenzymu Q₁₀ oraz stabilizację jego zawartości w produkcie. Podczas procesu produkcyjnego waha się także poziom karnityny. W czasie dojrzewania szynki wzrasta poziom wolnej L-karnityny [MaruśiĆ i in., 2013]. Niewielkie jej straty odnotowano podczas różnych procesów obróbki cieplnej (z wyjątkiem smażenia) [Knüttel-Gustavsen i Harmeyer, 2011]. Obecność L-karnityny w produktach mięsnych jest pożądana przez konsumentów. Odgrywa ważną rolę w metabolizmie lipidów, pełniąc tym samym istotną rolę w terapii wielu chorób, m.in. w zaburzeniach gospodarki lipidowej oraz chorobach układu sercowo-naczyniowego.

Kolejnym aktywnym składnikiem, który zwrócił uwagę naukowców jest sprzężony kwas linolowy (CLA, ang. *Conjugated Linoleic Acid*). Obecność CLA w tkankach zwierzęcych jest związana z działaniem bakterii w żwaczu przeżuwaczy, które biorą udział w przemianach nienasyconych kwasów tłuszczowych. Do organizmu CLA dostarczany jest wraz z pokarmem, wykazując prozdrowotne oddziaływanie na organizm ludzki. Przypisywane są mu właściwości antykanцерогенne, bakteriobójcze, przeciwutleniające, może również odgrywać rolę w kontrolowaniu otyłości, zmniejszeniu ryzyka występowania cukrzycy i modulacji metabolizmu kości [Decker i Park, 2010]. W diecie człowieka najważniejszym Źródłem CLA jest przede wszystkim tłuszcz przeżuwaczy, tj. tłuszcz mleka oraz tłuszcz śródmięśniowy [Schmid i in., 2006]. Z uwagi na fakt, że zawartość CLA w tkance mięśniowej jest silnie skorelowana z zawartością tłuszczu (pośrednio zależy od rasy, wieku, rodzaju paszy), jego stężenie zależy od rodzaju

mięsa, np. w wołowinie waha się od 3 do 8 mg/g tłuszczu [Arihara, 2006]. Zwiększenie udziału kwasu linolowego w surowcu osiąga się poprzez stosowanie preparatów CLA w diecie zwierząt. Mięso o zwiększonej zawartości CLA może być z powodzeniem wykorzystywane w produkcji wędlin surowo dojrzewających [Fiego i in., 2005; Martin i in., 2008]. Jego stężenie w produkcie mięsnym może zmieniać się także pod wpływem obróbki cieplnej [Herzallah i in., 2005] lub obecności bakterii probiotycznych [Sieber i in., 2004]. O korzystnym wpływie dodatku preparatu z CLA do kielbasek śniadaniowych na profil kwasów tłuszczowych świadczą między innymi wyniki badań Juárez i in. [2009]. Zawartość sprzężonego kwasu linolowego w wybranych produktach mięsnych przedstawiono w Tab. 1.

Tab. 1. Zawartość sprzężonego kwasu linolowego w produktach mięsnych [Chini in., 1992; Fritsche i Steinhardt, 1998]

Produkt	Zawartość CLA [mg/g tłuszczu]	Produkt	Zawartość CLA [mg/g tłuszczu]
Salami	4,2	Konserwa mięsna	3,0
<i>Knachwurst</i>	3,7	Wędzona kielbasa Niemiecka	4,4
Kaszanka	3,0	Wędzona kielbaska wołowa	3,8
Mortadela	2,9	Wędzony bekon	0,8-2,6
Parówka	1,5-3,6	Wędzona kielbasa	2,4
Paszтетowa	3,3	Wędzona szynka	2,9
Szynka gotowana	2,7	Wędzony indyk	2,4
<i>Beef frank</i>	3,3	Mięso mielone	3,5
<i>Turkey frank</i>	1,6	Wołowina peklowana	6,6

Badano także wpływ CLA na właściwości fizyko-chemiczne kielbas surowo dojrzewających [Bee i in., 2008; Romero i in., 2013; Özer i Kiliç 2015]. Stwierdzono, że stężenie CLA spada w okresie fermentacji produktu, następnie pozostaje na stałym poziomie podczas przechowywania. Wykazano także, że obecność CLA w produkcie wpływa korzystnie na profil kwasów tłuszczowych (stosunek PUFA do SFA), hamuje utlenianie lipidów, wpływając na poprawę barwy i właściwości odżywcze produktów [Romero i in., 2013; Özer i Kiliç, 2015]. Korzystny wpływ CLA na stabilność oksydacyjną przetworów mięsnych potwierdzili także Bee i in. [2008].

Produkty mięsne są doskonałym źródłem białka o wysokiej wartości biologicznej, zawierającego wszystkie niezbędne aminokwasy. W wyniku proteolizy białek mięśniowych uwalniane są peptydy i wolne aminokwasy.

Niektóre z aminokwasów występujących w surowo dojrzewającej szynce mogą wpływać na układ nerwowy, np. tauryna czy glutamina, która ma znaczenie dla procesów metabolicznych i potencjalne efekty prewencyjne w stosunku do niektórych chorób [Jiménez-Colmenero i in., 2010].

Istotną grupą aktywnych składników mięsa są peptydy. Są to krótkie, około 2-30 aminokwasowe sekwencje pochodzące z białek. Peptydy w surowo dojrzewających produktach mięsnych uwalniane są w czasie fermentacji i dojrzewania. Mięso zwierząt rzeźnych jest cennym źródłem peptydów przeciwutleniających. Najlepiej poznanymi bioskładnikami o właściwościach antyoksydacyjnych są karnozyna(β -alanylo-L-histydyna) oraz anseryna (N- β -alanylo-1-metylo-L-histydyna) należące do dipeptydów histydylowych. Jest to najlichniesza grupa przeciwutleniaczy występujących w mięsie. Stężenie karnozyny w mięsie zawiera się od 500 mg/kg w udzie kurczaka do 2700 mg/kg w łopacie wieprzowej [Arihara, 2006]. Peptydy te wykazują właściwości przeciwutleniające i są naturalnym elementem systemu obronnego organizmu przed zmianami wywołanymi działaniem reaktywnych form tlenu. Ich właściwości antyoksydacyjne wynikają ze zdolności do wychwytywania wolnych rodników, chelatowania jonów metali czy hamowania peroksydacji kwasów tłuszczowych. W badaniach Lee i in. [1998] wykazano, że karnozyna wykazuje działanie antyoksydacyjne po obróbce cieplnej, której poddawana jest większość produktów mięsnych. Zaobserwowano jej wpływ na ograniczenie procesów oksydacyjnych lipidów i tworzenia się metmioglobiny w gotowanej wołowinie, potwierdzając tym samym jej właściwości przeciwutleniające. Sugeruje się, że karnozyna może być wykorzystywana do poprawy trwałości barwy i smakowitości (poprzez ograniczenie jęlczenia tłuszczu) wyrobów mięsnych. Z kolei Maruś i in. [2013] wykazali spadek zawartości karnozyny przy jednoczesnym wzroście zawartości anseryny po procesie solenia w trakcie pięciomiesięcznego okresu dojrzewania szynki.

Właściwości antyoksydacyjne wykazują także produkty rozpadu białek mięśniowych. W hiszpańskich surowo dojrzewających szynkach zidentyfikowano i opisano pulę peptydów odpowiedzialnych za działanie przeciwutleniające. Najefektywniejszymi okazały się peptydy SAGNPN, AAAAG, IHSGSVG, NVLVG, NAAKL oraz GLAGA [Escudero i in., 2012; Escudero i in., 2013b]. Działanie antyoksydacyjne peptydów potwierdzono również w fermentowanej kiełbasie *chorizo* [Broncano i in., 2012] oraz w serbskiej Petrowskiej Kiełbasie (*Petrovská Kolbasa*) [Vaštag i in., 2010]. W swoich badaniach Vaštag i in. [2010] określali właściwości przeciwutleniające *in vitro* wodnych ekstraktów otrzymanych z białek fermentowanej kiełbasy w trakcie procesu dojrzewania. Uzyskane wyniki sugerują, że końcowe produkty hydrolizy posiadają zdolność przeciwdziałania reaktywnym formom tlenu. W tym samym doświadczeniu badano zdolność do hamowania działania enzymu konwertazy angiotensyny (ACE, ang. *angiotensin converting enzyme*), potwierdzając właściwości hipotensyjne produktu.

Peptydy inhibitujące ACE to kolejna grupa składników, które obok przeciwutleniających, występują w przetworach mięsnych. Mają one wpływ na układ sercowo - naczyniowy obniżając ciśnienie krwi. Peptydy hamujące ACE pozyskano między innymi z hiszpańskiej surowej szynki. Spośród puli uzyskanych biopeptydów najsilniejszym okazał się AAATP ($IC_{50} = 100 \mu M$). Peptyd ten wykazywał także dobrą aktywność w teście *in vivo*, po podaniu doustnym szczurom ze spontanicznym nadciśnieniem (ΔSBP mm Hg -25,62). Efektywne okazały się także peptydy KAAAAP, AAPLAP, KPVAAP, IAGRP i KAAAATP, które wykazywały najsilniejsze właściwości. Ich wartość współczynnika IC_{50} kształtowała się w zakresie od 12,37 do 25,94 μM [Esceduro i in., 2013a; Escudero i in., 2014].

Peptydy w produktach mięsnych mogą występować także w roli inhibitorów dipeptydylo peptydazy IV (DPP-IV) - istotnych w leczeniu cukrzycy typu II. Zidentyfikowano peptydy KA ($IC_{50} = 6,27 \mu M$) AAATP ($IC_{50} = 6,47 \mu M$). Inhibitujące działanie DPP-IV wykazywały także, choć w mniejszym stopniu, AA, GP, PL, AAAAG, ALGGA i LVSGM [Gallego i in., 2014].

W literaturze zawarte są także informacje o bioskładnikach biorących udział w odpowiedzi organizmu na czynniki stresowe [Molina i Abumrad, 1994]. Peptydy definiowane jako opioidowe wykazują powinowactwo do receptorów opioidowych. Zasadniczo wpływają na układ nerwowy (powodują znieczulenie na ból, uspokojenie, otępienie, depresję oddechową, obniżenie ciśnienia krwi, zmiany temperatury ciała), sugeruje się również ich oddziaływanie na funkcje układu pokarmowego (uczucie sytości, zmniejszenie wydzielania soków trawiennych). Badania *in silico* potwierdzają obecność peptydów opioidowych w mięsnych produktach surowo dojrzewających [Ferranti i in., 2014].

Podsumowanie

Produkty mięsne dostarczają nie tylko podstawowych składników odżywczych, ale mają ogromny potencjał jako źródło biologicznie aktywnych składników regulujących funkcjonowanie organizmu ludzkiego. Surowo dojrzewające produkty mięsne jako źródło aktywnych składników, wpływających na ustrój ludzki mogą stanowić kluczowy składnik diety osób cierpiących na powszechnie występujące choroby cywilizacyjne. Niektóre z nich są odporne na warunki procesów technologicznych, co wskazuje na ich potencjał do wykorzystania jako żywność funkcjonalna. W ostatnich latach przebadano wiele produktów mięsnych, a ilość stwierdzonych w nich biologicznie aktywnych składników, głównie peptydów wciąż wzrasta. Z uwagi na rosnące spożycie mięsa i surowo dojrzewających produktów mięsnych poszukuje się nowych sposobów ich pozyskiwania oraz określania aktywności *in vitro* i *in vivo*.

Literatura

- [1] Arihara K.: Strategies for designing novel functional meat products. *Meat Science*, 2006, 74, 219-229.
- [2] Arihara K., Ohata M.: Use of probiotics and prebiotics in meat products. *Processed Meats: Improving Safety, Nutrition and Quality*, 2011, 403-417.
- [3] Bee G., Jacot S., Guex G., Biolley C.: Effects of two supplementation levels of linseed combined with CLA or tallow on meat quality traits and fatty acid profile of adipose and different muscle tissues in slaughter pigs. *Animal*, 2008, 5(2), 800-811.
- [4] Broncano J.M., Otte J., Petró M.J., Parra V., Timón M.L.: Isolation and identification of low molecular weight antioxidant compounds from fermented “chorizo” sausages. *Meat Science*, 2012, 90(2), 494-501.
- [5] Chen Q., Liu Q., Sun Q., Kong B., Xiong Y.: Flavour formation from hydrolysis of pork sarcoplasmic protein extract by a unique LAB culture isolated from Harbin dry sausage. *Meat Science*, 2015, 100, 110-117.
- [6] Chin S.F., Liu W., Storkson J.M., Ha, Y.L., Pariza M.W.: Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *Journal of Food Composition and Analysis*, 1992, 5, 185-197.
- [7] Cukrowska B., Motyl I., Kozáková H., Schwarzer M., Górecki R.K., Klewicka E., Śliżewska K., Libudysz Z.: Probiotic *Lactobacillus* strains: *in vitro* and *in vivo* studies. *Folia Microbiologica*, 2009, 54(6), 533-537.
- [8] De Vuyst L., Falony G., Leroy F.: Probiotics in fermented sausages. *Meat Science*, 2008, 80(1), 75-78.
- [9] Decker E., Park Y.: Healthier meat products as functional foods. *Meat Science*, 2010, 86, 49-55.
- [10] Escudero E., Aristoy M., Nishimura H., Arihara K., Toldrá F.: Antihypertensive effect and antioxidant activity of peptide fractions extracted from Spanish dry-cured ham. *Meat Science*, 2012, 91(3), 3306-3311.
- [11] Escudero E., Mora L., Fraser P., Aristoy M., Arihara K., Toldrá F.: Purification and identification of antihypertensive peptides in Spanish dry-cured ham. *Journal of Proteomics*, 2013a, 78, 499-507.
- [12] Escudero E., Mora L., Fraser P., Aristoy M., Toldrá F.: Identification of novel antioxidant peptides generated in Spanish dry-cured ham. *Food Chemistry*, 2013b, 138, 1282-1288.
- [13] Escudero E., Mora L., Toldrá F.: Stability of ACE inhibitory ham peptides against heat treatment and *in vitro* digestion. *Food Chemistry*, 2014, 161, 305-311.
- [14] Ferranti P., Nitride Ch., Nicolai M.A., Mamone G., Picariello G., Bordoni A., Valli V., Di Nunzio M., Babini E., Marcolini E., Capozzi F.: *In vitro* digestion of Bresaola proteins and release of potential bioactive peptides. *Food Research International*, 2014, 63, 157-169.

- [15] Fiego D.P., Macchioni P., Santoro P., Pastorelli G., Corino C.: Effect of dietary conjugated linoleic acid (CLA) supplementation on CLA isomers content and fatty acid composition of dry-cured Parma ham. *Meat Science*, 2005, 70(2), 285-291.
- [16] Fritsche J., Steinhardt H.: Amounts of conjugated linoleic acid (CLA) in German foods and evaluation of daily intake. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung A - Food Research and Technology*, 1998, 206, 77-82.
- [17] Gallego M., Aristoy M.C., Toldrá F.: Dipeptidyl peptidase IV inhibitory peptides generated in Spanish dry-cured ham. *Meat Science*, 2014, 96, 757-761.
- [18] Herzallah S.M., Humeid M.A., Al-Ismael K.M.: Effect of heating and processing methods of milk and dairy products on conjugated linoleic acid and *trans* fatty acid isomer content. *Journal of Dairy Science*, 2005, 88, 1301-1310.
- [19] Jach M., Łoś R., Maj M., Malm A.: Probiotyki - aspekty funkcjonalne i technologiczne. *Postępy Mikrobiologii*, 2013, 52, 161-170.
- [20] Jiménez-Colmenero F., Ventanas J., Toldrá F.: Nutritional composition of dry-cured ham and its role in a healthy diet. *Meat Science*, 2010, 84, 585-593.
- [21] Juárez M., Marco A., Brunton N., Lynch B., Troy D.J., Mullen A.M.: Cooking effect on fatty acid profile of pork breakfast sausages enriched in conjugated linoleic acid by dietary supplementation or direct addition. *Food Chemistry*, 2009, 117(3), 393-397.
- [22] Knüttel-Gustavsen S., Harmeyer, J.: The content of L-carnitine in meat after different methods of heat treatment. *British Food Journal*, 2011, 113(9), 1114-1126.
- [23] Lee B.J., Hendricks D.G., Cornforth D.P.: Antioxidant effects of carnosine and phytic acid in a model beef system. *Journal of Food Science*, 1998, 63(3), 394-398.
- [24] Libera J., Sionek B., Dolatowski Z.J.: Wpływ probiotyków na wybrane parametry fizykochemiczne i mikrobiologiczne surowo dojrzewających baleronów podczas przechowywania. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 2014, 577, 83-92.
- [25] Libera J., Karwowska M., Stasiak D.M., Dolatowski Z.J.: Microbiological and physicochemical properties of dry-cured neck inoculated with probiotic of *Bifidobacterium animalis* ssp. *Lactis* BB-12. *International Journal of Food Science and Technology*. 2015, DOI: 10.1111/ijfs.12806.
- [26] Lorenzo J.M., Bermúdez R., Domínguez R., Guiotto A., Franco D., Purriños L.: Physicochemical and microbial changes during the manufacturing process of dry-cured *lacón* salted with potassium, calcium and magnesium chloride as a partial replacement for sodium chloride. *Food Control*, 2015, 50, 763-769.

- [27] Martin D., Antequera T., Muriel E., Perez-Palacios T., Ruiz J.: Effect of dietary conjugated linoleic acid in combination with monounsaturated fatty acids on the meat composition and quality traits of dry-cured loin. *Meat Science*, 2008, 80(4), 1309-1319.
- [28] Marušić N., Aristoy M. C., Toldrá F.: Nutritional pork meat compounds as affected by ham dry-curing. *Meat Science*, 2013, 93, 53-60.
- [29] Molina P.E., Abumrad N.N.: Metabolic effects of opiates and opioid peptides. *Advances in Neuroimmunology*, 1994, 4, 105-116.
- [30] Nowak A., Śliżewska K., Libudzisz Z., Socha J.: Probiotyki - efekty zdrowotne. *ŻYWNOSĆ Nauka Technologia Jakość*, 2010, 4(71), 20-36.
- [31] Okoń A., Dolatowski Z.J.: Wpływ bakterii probiotycznych na profil wolnych aminokwasów i cechy sensoryczne polędwiczek wieprzowych surowo dojrzewających podczas przechowywania. *ŻYWNOSĆ Nauka Technologia Jakość*, 2014, 3(94), 92-107.
- [32] Olmedilla-Alonso B., Jiménez-Colmenero F., Sánchez-Muniz F.J.: Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods. *Meat Science*, 2013, 95, 919-930.
- [33] Özer C.O., Kiliç B.: Effect of conjugated linoleic acid enrichment on the quality characteristics of Turkish dry fermented sausage. *Food Science of Technology*, 2015, 52(4), 2093-2102.
- [34] Pietrasik Z., Gaudette N.J.: The impact of salt replacers and flavor enhancer on the processing characteristics and consumer acceptance of restructured cooked hams. *Meat Science*, 2014, 96(3), 1165-1170.
- [35] Romero M.C., Romero A.M., Doval M.M., Judis M.A.: Nutritional value and fatty acid composition of some traditional Argentinean meat sausages [Composição nutricional e perfil de ácidos graxos de embutidos tradicionais da Argentina]. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, 2013, 33(1), 161-166.
- [36] Schmid A., Collomb M., Sieber R., Bee G.: Conjugated linoleic acid in meat and meat products: a review. *Meat Science*, 2006, 73, 29-41.
- [37] Sieber R., Collomb M., Aeschlimann A., Jelen P., Eyer H.: Impact of microbial cultures on conjugated linoleic acid in dairy products - a review. *International Dairy Journal*, 2004, 14, 1-15.
- [38] Stadnik J., Stasiak D.M., Dolatowski Z.J.: Proteolysis in dry-aged loins manufactured with sonicated pork and inoculated with *Lactobacillus casei* LOCK 0900 probiotic strain. *International Journal of Food Science and Technology*, 2014, 49, 2578-2584.
- [39] Sybesma W., Burgess C., Starrenburg M., van Sinderen D., Hugenholtz J.: Multivitamin production in *Lactococcus lactis* using metabolic engineering. *Metabolic Engineering*, 2004, 6, 109-115.

- [40] Vaštag Ž., Popović L., Popović S., Petrović L., Peričin D.: Antioxidant and angiotensin-I converting enzyme inhibitory activity in the water-soluble protein extract from petrovac sausage (*Petrovska Kolbasá*). Food Control, 2010, 21(9), 1298-1302.
- [41] Wójciak K., Dolatowski Z.J., Kołożyn-Krajewska D. Trzaskowska M.: The effect of the *Lactobacillus casei* LOCK 0900 probiotic strain on the quality of dry fermented sausage during chilling storage. Journal of Food Quality, 2012, 35, 353-365.
- [42] Zhang W., Xiao S., Samaraweera H., Lee E.J.: Improving functional value of meat products. Meat Science, 2010, 86, 15-31.
- [43] Young J.F., Therkildsen M., Ekstrand B., Che B.N., Larsen M.K, Oksbjerg N., Stagsted J.: Novel aspects of health promoting compounds in meat. Meat Science, 2013, 95, 904-911.

PORÓWNANIE AKTYWNOŚCI ANTYOKSYDACYJNEJ EKSTRAKTÓW OTRZYMANYCH Z OWOCÓW WYBRANYCH ODMIAN PAPRYKI *Capsicum annuum* L

IRENA PERUCKA, BARBARA CHILCZUK, MAŁGORZATA MATERSKA

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań wpływu rodzaju i stężenia rozpuszczalnika stosowanego do otrzymywania ekstraktów z owoców wybranych odmian papryki *Capsicum annuum* L. na aktywność antyoksydacyjną. Do badań wzięto owoce trzech odmian papryki – Capel Hot (półostrej), King Artur (słodkiej) i Cyklon (ostrej) w fazie pełnej dojrzałości. Do przygotowania ekstraktów zastosowano trzy rozpuszczalniki: wodę, 50% wodny roztwór etanolu i etanol. Ekstrakty otrzymano z suszu owoców papryki. Najsilniejszą aktywnością antyoksydacyjną charakteryzowały się ekstrakty wodno-etanolowe, które zawierały na ogół większą koncentrację witaminy C i związków fenolowych. Istotny wpływ na aktywność antyoksydacyjną miał czynnik genetyczny różnicujący zawartość oznaczanych związków. Ekstrakty otrzymane z owoców odmiany King Artur zawierały najwyższą zawartość witaminy C, natomiast najwyższą koncentrację związków fenolowych zanotowano w ekstraktach otrzymanych z owoców odmiany Capel Hot. Jednocześnie stwierdzono, że ekstrakt z tej odmiany papryki charakteryzował się najwyższą masą. Zależność między poziomem witaminy C i związków fenolowych a aktywnością antyoksydacyjną potwierdzają wysokie współczynniki korelacji wynoszące odpowiednio $r^2 = 0,906$ i $r^2 = 0,601$, wyznaczone dla ekstraktów wodno-etanolowych.

Słowa kluczowe: *Capsicum annuum* L, ekstrakcja, witamina C, związki fenolowe, aktywność antyoksydacyjna

Wprowadzenie

Żywność pochodzenia roślinnego jest bogatym źródłem substancji biologicznie aktywnych, do których należą związki o działaniu przeciwutleniającym. Do tej grupy związków zalicza się układy enzymatyczne, witaminy oraz związki fenolowe. Coraz częściej podkreśla się rolę naturalnie występujących antyoksydantów w neutralizowaniu wolnych rodników, które w nadmiernych ilościach działają niszcząco nie tylko na struktury komórkowe człowieka powodując zmiany DNA oraz rozwój wielu chorób cywilizacyjnych lecz także na produkty żywnościowe [Marin i in., 2004; Małecka i Tomaszewska, 2005; Zimmer i in., 2012]. Stwierdzono, że na destrukcyjne działanie wolnych rodników narażone

są szczególnie cząsteczki kwasów nukleinowych, białek oraz kwasów tłuszczowych [Davies, 2005; Halliwell i Gutteridge, 2007; Yalinkilic i Enginar, 2008]. Wyniki badań otrzymane przez niektórych autorów wykazały możliwość występowania degeneratywnych efektów po zastosowaniu syntetycznych antyoksydantów [Tuncel i Yilmaz, 2015], stąd wzrastające zainteresowanie naturalnymi źródłami antyoksydantów, do których zaliczane są owoce papryki [Sim i Sil, 2008].

Owoce gatunku *Capsicum annuum* L są dobrze znane na świecie jako przyprawa o charakterystycznym zapachu i smaku. Charakteryzują się wysoką koncentracją witaminy C, E, β karotenu [Wahyuni i in., 2011] oraz wielu związków fenolowych takich jak flawonole [Materska i Perucka, 2005] czy pochodne kwasów fenolowych [Marin i in., 2004]. Związki biologicznie aktywne owoców papryki wykazują właściwości antymikrobiologiczne [Sim i Sil, 2008], antykancerogenne, przeciwzapalne i antyoksydacyjne [Marin i in., 2004; Materska i Perucka, 2005; Materska i in., 2015].

W ostatnich latach szczególne zainteresowanie skierowane jest na ekstrakty roślinne zawierające duże ilości antyoksydantów, ze względu na potencjalne wykorzystanie w żywności w celu zwiększenia wartości żywieniowej produktów [Szczepanik, 2007; Woźniak i in., 2009] oraz w farmakologii i kosmetyce [Tuncel i Yilmaz, 2015]. Czynniki branymi pod uwagę przy opracowywaniu optymalizacji procesów ekstrakcji związków biologicznie czynnych są: rodzaj ekstrahowanej substancji, rodzaj rozpuszczalnika, matryca i pH [Tabart i in., 2007; Al-Farsi i Lee, 2008; Kalpana i in., 2008; Tuncel i Yilmaz, 2015].

Celem pracy było otrzymanie ekstraktów o najsilniejszych właściwościach antyoksydacyjnych oraz określenie korelacji między aktywnością antyoksydacyjną a zawartością związków fenolowych i witaminy C w trzech różnych ekstraktach przygotowanych z owoców odmiany słodkiej, półostrej i ostrej.

Material i metody badań

Przedmiotem badań były owoce trzech odmian papryki czerwonej o różnej ostrości: odmiany ostrej Cyklon, półostrej Capel Hot i słodkiej King Artur. Papryka pochodziła z Gospodarstwa Specjalistycznego w Mosznej koło Lublina. Do badań wzięto owoce zebrane w fazie pełnej dojrzałości. Z każdej odmiany pobrano próby owoców (około 2kg). Owoce selekcjonowano, płukano wodą dejonizowaną, krojono a następnie suszono w temperaturze 30°C metodą konwekcyjną. Z tak przygotowanego surowca wykonano trzy różne ekstrakty: wodny, wodno-etanolowy (50% v/v) i etanolowy (96%). Ekstrakty otrzymano z rozdrobnionego suchego materiału (2g) i rozpuszczalnika (1:20) przez homogenizację w ciągu 30 min. w temperaturze pokojowej w aparacie „Heidolph DIAX 900 a następnie sączono na lejku Büchnera, pod zmniejszonym ciśnieniem w celu oddzielenia tkanki roślinnej. Otrzymane ekstrakty przechowywano w lodówce w temperaturze 5°C do momentu wykonania analiz.

Następnie oznaczano w nich zawartość witaminy C, sumę związków fenolowych, masę wysuszonych ekstraktów oraz aktywność antyoksydacyjną.

Oznaczanie witaminy C przeprowadzono metodą [Roe, 1967] z modyfikacją własną. Zasada tej metody polega na sporządzeniu roztworu złożonego z 0,1 cm³ ekstraktu, 1,9 cm³ kwasu szczawiowego, 4,5 cm³ 2,6 dichlorofenolindofenolu. Absorbancję mierzono przy długości fali $\lambda=520$ nm. Zawartość witaminy C w ekstraktach wyznaczono odczytując z krzywej wzorcowej wartości kwasu askorbinowego.

Do oznaczenia sumy związków fenolowych zastosowano metodę z odczynnikiem Folina Ciocalteau [Grajek, 2007]. Oznaczenie polegało na sporządzeniu roztworu, który składał się z 0,2 cm³ badanego ekstraktu, 0,6 cm³ H₂O, 3,2 cm³ NaHCO₃ oraz 4 cm³ odczynnika Folina. Pomiar absorbancji dokonano po upływie 30 min przy długości fali $\lambda=760$ nm. Oznaczenie sumy związków fenolowych wykonano na podstawie obliczeń z krzywej wzorcowej przygotowanej dla kwasu chlorogenowego.

Wyznaczenie masy związków wyekstrahowanych z owoców papryki polegało na tym, że z każdego ekstraktu pobierano 10 cm³ ekstraktu i odparowywano do sucha za pomocą wyparki próżniowej firmy Büchi w temperaturze 40°C w atmosferze azotu. Po wysuszeniu zważono suchą pozostałość i przedstawiono w g x g⁻¹ wysuszonych owoców.

Określenie aktywności antyoksydacyjnej otrzymanych ekstraktów wyrażono zdolnością wychwytywania wolnych rodników DPPH. Oznaczenie przeprowadzono według metody podanej przez Materską i Perucką [2005]. Mieszanina reakcyjna składała się z 0,05 cm³ badanego ekstraktu i 5 cm³ roztworu DPPH o stężeniu 0,04 g/dm³. Absorbancję mierzono przy długości fali $\lambda=517$ nm. Aktywność atyoksydacyjną mierzono w świeżo przygotowanych ekstraktach.

Analiza statystyczna

Wartości średnie trzech powtórzeń poddano analizie wariancji. Istotność różnic między wartościami średnimi oznaczono za pomocą testu Tukey, przyjmując 5% prawdopodobieństwo błędu. W celu określenia współzależności pomiędzy aktywnością antyoksydacyjną, rodzajem ekstraktów a zawartością witaminy C i związków fenolowych zastosowano korelacje Pearsona przy $p<0,01$. Do badań zastosowano program Statgrafic Centurion wersja XVI.

Wyniki i dyskusja

Witamina C

Wyniki badań zawartości witaminy C w ekstraktach otrzymanych z wybranych odmian papryki przedstawiono w tabeli 1. Stwierdzono, że istotny pod względem statystycznym wpływ na zawartość kwasu askorbinowego miał czynnik odmianowy. W ekstraktach z owoców papryki odmiany słodkiej King Artur

zanotowano najwięcej witaminy C, od 1,5 do około dwukrotnie więcej niż w owocach odmiany Capel Hot i od około 3 do 4 razy więcej niż w owocach odmiany Cyklon. Najmniejsze ilości tej witaminy zawierały ekstrakty otrzymane z owoców odmiany ostrej Cyklon.

Analiza wyników badań zawartości witaminy C w ekstraktach o różnej polarności otrzymanych z owoców trzech odmian papryki wykazała, że ekstrakty wodno-etanolowe charakteryzowały się na ogół najwyższą zawartością tego składnika o około 30%, wyższą niż etanolowe. Natomiast poziom kwasu askorbinowego był najniższy w ekstraktach wodnych. Różnica pomiędzy jego zawartością w ekstraktach wodnych i wodno-etanolowych zależała od odmiany i wynosiła od 37% w ekstraktach z owoców z odmiany ostrej Cyklon, do ponad 50% w ekstraktach z owoców odmiany Capel Hot.

Tab. 1. Zawartość witaminy C w ekstraktach otrzymanych z owoców wybranych odmian papryki *Capsicum annuum* L. (mg x g⁻¹).

Odmiana	Ekstrakt wodny	Ekstrakt wodno-etanolowy	Ekstrakt etanolowy
Capel Hot	0,22 ± 0,050 ^b	0,50 ± 0,075 ^e	0,35 ± 0,030 ^c
King Artur	0,41 ± 0,010 ^d	0,76 ± 0,005 ^g	0,55 ± 0,015 ^f
Cyklon	0,12 ± 0,013 ^a	0,19 ± 0,003 ^b	0,19 ± 0,015 ^b

Badania zawartości witaminy C w ekstraktach przygotowanych z liofilizowanych owoców papryki King Artur z zastosowaniem 80% etanolu, są zbliżone do zawartości w ekstraktach etanolowych otrzymanych w obecnych badaniach [Perucka i Materska, 2007].

Zawartość związków fenolowych

Zawartość związków fenolowych w ekstraktach wodnych, etanolowo-wodnych i etanolowych, otrzymanych z owoców trzech odmian papryki – Capel Hot, King Artur i Cyklon, przedstawiono w tabeli 2.

Poziom związków fenolowych w ekstraktach, otrzymanych z owoców wybranych odmian papryki, podobnie jak witaminy C zależał od rodzaju rozpuszczalnika zastosowanego do przygotowywania ekstraktów. Wśród analizowanych ekstraktów wyższą koncentrację związków fenolowych zanotowano w ekstraktach wodno-etanolowych i ekstraktach wodnych niż w etanolowych. Istotny wpływ, pod względem statystycznym, na zawartość związków fenolowych miał czynnik odmianowy. Najwyższą zawartością związków fenolowych charakteryzowały się ekstrakty wodne i wodno-etanolowe otrzymane z owoców odmiany półostrej Capel-Hot, natomiast nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości związków fenolowych w ekstraktach wodnych i wodno-etanolowych otrzymanych z owoców odmiany papryki słodkiej i ostrej.

Istotny jest fakt, że ekstrakty etanolowe charakteryzowały się niższą zawartością związków fenolowych od około 30% do 50%, niż ekstrakty wodne i wodno-etanolowe, niezależnie od odmiany. Stwierdzono, że ekstrakty wodno-etanolowe charakteryzowały się najwyższą zawartością zarówno związków fenolowych, jak i witaminy C. Wśród analizowanych odmian najwyższą koncentrację związków fenolowych zanotowano w ekstraktach wodno-etanolowych i wodnych otrzymanych z owoców z odmiany Capel Hot, natomiast otrzymane z odmiany słodkiej i ostrej były na podobnym poziomie. Interesujące jest też, że w ekstraktach etanolowych nie stwierdzono różnic odmianowych w zawartości omawianych związków.

Tab. 2. Zawartość związków fenolowych w ekstraktach otrzymanych z owoców wybranych odmian papryki *Capsicum annuum* L. (mg x g⁻¹).

Odmiana	Ekstrakt wodny	Ekstrakt wodno-etanolowy	Ekstrakt etanolowy
Capel Hot	3,88 ± 0,005 ^c	4,25 ± 0,005 ^c	1,93 ± 0,005 ^a
King Artur	2,99 ± 0,015 ^b	3,16 ± 0,005 ^b	1,75 ± 0,005 ^a
Cyklon	2,66 ± 0,040 ^b	2,92 ± 0,045 ^b	1,97 ± 0,010 ^a

Wyniki badań wpływu różnych układów rozpuszczalników na efektywność ekstrakcji związków fenolowych z innych produktów roślinnych potwierdzają rezultaty otrzymane w obecnej pracy. Stwierdzono, że ekstrakty wodno-etanolowe (1:1) z miąższu banana charakteryzowały się wyższą zawartością związków fenolowych niż ekstrakty wodne. Natomiast w ekstraktach etanolowych poziom związków fenolowych był podobny lub niższy niż w wodno-etanolowych w zależności od odmiany [Gonzalez-Montelongo, 2010]. Uzyskana w obecnych badaniach zależność między wydajnością ekstrakcji związków fenolowych a rodzajem rozpuszczalnika jest także potwierdzona wynikami otrzymanymi dla suszu z *Salvia officinalis* [Durling i in., 2007] oraz herbaty [Turkmen i in., 2006] gdzie najbardziej efektywnym układem ekstrakcyjnym były roztwory wodne 55% - 75% etanolu w porównaniu do wody i etanolu.

Kierunek zmian zawartości związków fenolowych w ekstraktach z owoców wybranych odmian papryki był podobny do zmian w masie wysuszonych ekstraktów (tabela 3). Najwyższą wartością masy charakteryzowały się ekstrakty otrzymane z owoców Capel Hot a najniższą masę ekstraktu stwierdzono w ekstraktach odmiany Cyklon. Najlepszy efekt ekstrakcji wyrażony masą wysuszonego ekstraktu otrzymano po zastosowaniu roztworu wodno-etanolowego z owoców odmiany Capel Hot, a najslabszy przy ekstrakcji wykonanej z użyciem etanolu (tabela 3).

Tab. 3. Masa wysuszonych ekstraktów otrzymanych z owoców wybranych odmian papryki *Capsicum annuum* L. (mg x g⁻¹).

Odmiana	Ekstrakt wodny	Ekstrakt wodno-etanolowy	Ekstrakt etanolowy
Capel Hot	0,625 ± 0,0125 ^c	0,725 ± 0,0125 ^c	0,300 ± 0,0125 ^a
King Artur	0,475 ± 0,0375 ^b	0,650 ± 0,0125 ^b	0,250 ± 0,0125 ^a
Cyklon	0,425 ± 0,100 ^b	0,500 ± 0,1125 ^b	0,225 ± 0,0250 ^a

Aktywność antyoksydacyjna

Wyniki oceny jakości przygotowanych ekstraktów pod względem zdolności do wychwytywania rodników DPPH przedstawiono na Rys.1.

Na ich podstawie można stwierdzić, że najsilniejszą aktywnością antyoksydacyjną charakteryzowały się ekstrakty wodno-etanolowe przygotowane z owoców odmiany słodkiej (King Artur) i półostrej (Capel Hot), natomiast najsłabszą ekstrakty wodne otrzymane z owoców odmiany ostrej – Cyklon.

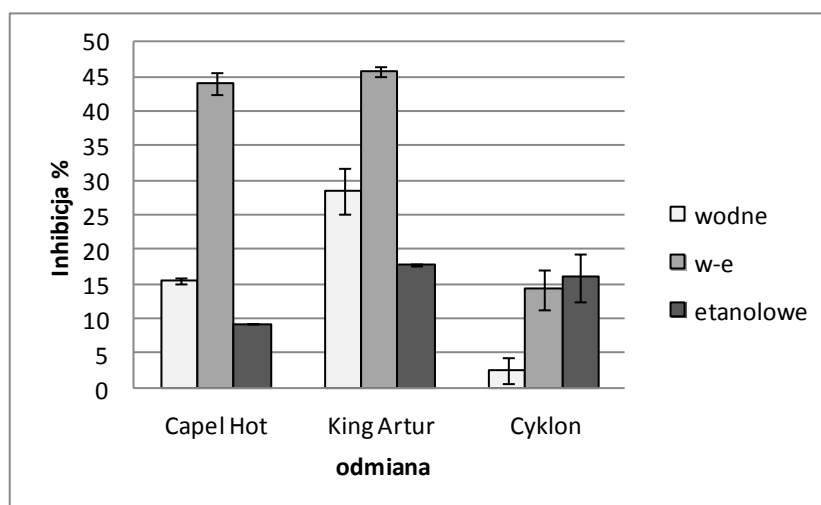
Interesujące jest, że aktywność antyoksydacyjna ekstraktów etanolowych otrzymanych z owoców odmiany słodkiej i ostrej była na podobnym poziomie, natomiast z odmiany półostrej była o 50% niższa.

Współczynniki korelacji

Otrzymane wyniki badań opracowano statystycznie z uwzględnieniem wzajemnych korelacji między aktywnością antyoksydacyjną, zawartością związków fenolowych, kwasem askorbinowym a rodzajem ekstraktów (Tabela 4).

Najwyższe współczynniki korelacji między aktywnością antyoksydacyjną a witaminą C zanotowano w ekstraktach wodnych ($r^2=0,941$) i wodno-etanolowych ($r^2=0,906$), mniejsze wartości współczynników $r^2=0,266$ i $r^2=0,601$ charakteryzuje współzależność między aktywnością antyoksydacyjną i zawartością związków fenolowych. Nie zanotowano natomiast korelacji pomiędzy zawartością witaminy C, związków fenolowych i aktywnością antyoksydacyjną ekstraktów etanolowych.

Słabszą korelację pomiędzy aktywnością antyoksydacyjną a zawartością związków fenolowych we frakcji hydrofilowej otrzymanej z owoców różnych odmian papryki w fazie pełnej dojrzałości stwierdzili także inni badacze [Serrano i in., 2010].



Rys. 1. Aktywność antyoksydacyjna ekstraktów pozyskanych z owoców papryki

Tab. 4. Współczynniki korelacji między aktywnością antyoksydacyjną a zawartością witaminy C i związków fenolowych w ekstraktach otrzymanych z owoców wybranych odmian papryki *Capsicum annuum* L.

Oznaczany składnik	Ekstrakt wodny	Ekstrakt wodno-etanolowy	Ekstrakt etanolowy
Witamina C	0,941	0,906	0,196
Związki fenolowe	0,266	0,601	- 0,459

Wnioski

1. Najsilniejszą aktywnością antyoksydacyjną charakteryzowały się ekstrakty wodno-etanolowe, które zawierały na ogół większą koncentrację witaminy C i związków fenolowych.
2. Istotny wpływ na aktywność antyoksydacyjną miał czynnik genetyczny różnicujący zawartość oznaczanych związków. Ekstrakty otrzymane z owoców odmiany King Artur zawierały najwyższą zawartość witaminy C, natomiast najwyższą koncentrację związków fenolowych zanotowano w ekstraktach otrzymanych z owoców odmiany Capel Hot.
3. Zależność między poziomem witaminy C i związków fenolowych a aktywnością antyoksydacyjną potwierdzają wysokie współczynniki korelacji wynoszące odpowiednio $r^2=0,906$ i $r^2=0,601$, wyznaczone dla ekstraktów wodno-etanolowych.

Literatura

- [1] Al-Farsi M.A., Lee Ch.Y.: Optimization of phenolics and dietary fibre extraction from date seeds. *Food Chemistry*, 2008, 108, 977-985.
- [2] Davies M.J.: The oxidative environment and protein damage. *Biochimica et Biophysica Acta*, 2005, 1703, 93-109.
- [3] Durling N.E., Catchpole O. J., Grey J.B., Webby R.F., Mitchell K.A., Foo L.Y., Perry N.B.: Extraction of phenolics and essential oil from dried sage (*Salvia officinalis*) using ethanol- water mixtures. *Food Chemistry*, 2007, 101, 1417-1424,
- [4] Grajek W.: Przeciwtleniacze w żywności: aspekty zdrowotne, technologiczne, molekularne I analityczne: praca zbiorowa pod red. W. Grajka, WNT, Warszawa, 2007.
- [5] Gonzalez-Montelongo R., Lobo G.M., Gonzalez M.: Antioxidant activity in banana peel extracts: Testing extraction conditions and related bioactive compounds. *Food Chemistry*, 2010, 119, 1030 – 1039.
- [6] Halliwell B., Gutteridge J.M.C.: Free radicals in biology and medicine, fourth ed. Claredon, 2007, Oxford, UK.
- [7] Kalpana K., Kapil S., Harsh P.S., Bikram S.: Effects of extraction methods on phenolic contents and antioxidant activity in aerial parts of *Potentilla atrosanguinea* Lodd. and quantification of its phenolic constituents by RP-HPLC. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008, 56, 10129-10134.
- [8] Małecka A., Tomaszewska B.: Reaktywne formy tlenu w komórkach roślinnych i enzymatyczne systemy ochronne. *Postępy Biologii Komórki*, 2005, 32(2), 311-325.
- [9] Materska M. Perucka I.,:Antioxidant activity of the main phenolic compounds isolated from hot peper fruit (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, 53, 1750-1756,
- [10] Materska M., Konopacka M., Rogoliński J., Ślosarek K: Antioxidant activity and protective effects against oxidative damage of human cells induced by X-radiation of phenolic glycosides isolated from pepper fruits *Capsicum annuum* L. *Food Chemistry*, 2015, 168, 546-533,
- [11] Marin A., Ferreres F., Thomas-Barberan F.A., Gil M.I.: Characterization and quantitation of antioxidants of sweet paper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004, 52, 3861-3869.
- [12] Perucka I., Materska M.: Antioxidant vitamin contents of *Capsicum Annuum* fruits as affected by processing and varietal factors. *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria*, 2007, 6(4), 67-74.
- [13] Roe J.: The Vitamins, 1967, 7, 27-35.
- [14] Serrano M., Zapata P. J., Castillo S., Guillen F., Martinez-Romero D., Valero D.: Antioxidant and nutritive constituents during sweet pepper development and ripening are enhanced by nitrophenolate treatments. *Food Chemistry*, 2010, 118, 497-503.

- [15] Sim H.K., Sil Y.H.: Antioxidant activities of red pepper (*Capsicum annuum* L.) pericarp and seed extracts. *Journal of Food Science and Technology*, 2008, 43, 1813-1823.
- [16] Tabart J., Kevers C., Sipel A., Pincemail J., Defraigne J.O., Dommes J.: Optimisation of extraction of phenolics and antioxidants from black currant leaves and buds and of stability during storage, *Food Chemistry*, 2007, 105, 1268- 1275.
- [17] Tuncel B. N., Yilmaz N.: Optimizing the extraction of phenolics and antioxidants from feijoa (*Feijoa sellowiana*, Myrtaceae). *Journal of Food Science and Technology*, 2015, 52(1), 141-50.
- [18] Turkmen N., Sari F., Velioglu Y.S.: Effects of extraction solvents on concentration and antioxidant activity of black and black mate tea polyphenols determined by ferrous tartrate and Folin-Ciocalteu methods. *Food Chemistry*, 2006, 99, 835- 841.
- [19] Wahyuni Y., Ballester A.R., Sudarmonowati E., Bino R.J., Bovy A. G.: Secondary metabolites of Capsicum Species and their importance in the human diet. *Journal of Natural Products*, 2013, 76, 783-793.
- [20] Woźniak M., Ostrowska K., Szymański Ł., Wybieralska K., Zieliński R.: Aktywność przeciwrodnikowa ekstraktów szałwii i rozmarynu. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2009, 4(64), 133-141.
- [21] Szczepanik G.: Wpływ ekstraktów kopru, podbiału, rozmarynu, skrzypu, szałwii i tymianku na hamowanie utleniania lipidów wyekstrahowanych z tkanki mięśniowej kurcząt i indyków. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, 4(53), 89-98.
- [22] Yalinkilic O., Enginar H.: Effect of X-radiation on lipid peroxidation and antioxidant systems in rats treated with saponin-containing compounds. *Photochemistry and Photobiology*, 2008, 84, 236-242.
- [23] Zimmer A.R., Leonardi B., Miron D., Schapoval E., Oliviera J., Gosmann G.: Antioxidant and anti-inflammatory properties of *Capsicum baccatum*: from traditional use to scientific approach. *Journal of Ethnopharmacology*, 2012, 139, 228-233.

OCENA ZAWARTOŚCI ZWIĄZKÓW FENOLOWYCH W MATERIALE ROŚLINNYM Z UPRAW PROWADZONYCH METODAMI INTEGROWANYMI

JOLANTA PIEKUT, MAŁGORZATA KOWCZYK-SADOWY, BOŻENA
ŁOZOWICKA, DOROTA DEC, ELŻBIETA WOŁEJKO, SŁAWOMIR
OBIDZIŃSKI

Streszczenie

Związki fenolowe należą do bardzo zróżnicowanej pod względem chemicznym grupy fitozwiązków, klasyfikowanych jako substancje nie odżywcze, aczkolwiek niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmów żywych. Zmienność zawartości związków fenolowych w materiale roślinnym może być spowodowany uruchomieniem systemu obronnego roślin. Stres występujący w wyniku działania czynników zewnętrznych powoduje zwiększoną syntezę związków biologicznie aktywnych, co pozwala roślinom samodzielnie zwalczać choroby i szkodniki. Do takich czynników można również zaliczyć działanie środków ochrony roślin, warunki klimatyczne, czy też zabiegi agrotechniczne. Wiedza o zawartości związków biologicznie aktywnych o właściwościach antyoksydacyjnych w owocach i warzywach w odniesieniu do obecności w nich środków ochrony roślin jest wciąż niewystarczająca. Celem badań było określenie całkowitej zawartości związków fenolowych oraz pozostałości środków ochrony roślin w materiale roślinnym z upraw prowadzonych metodami integrowanymi i ekologicznymi. Wyniki poddano analizie statystycznej umożliwiającej ocenę zależności pomiędzy zawartością związków fenolowych, a obecnością pozostałości środków ochrony roślin. Nie wykazano istotnego wpływu obecności pozostałości środków ochrony roślin na poziom kumulacji związków fenolowych w badanym materiale roślinnym.

Słowa kluczowe: związki fenolowe, środki ochrony roślin, uprawy prowadzone metodami integrowanymi i ekologicznymi

Wprowadzenie

Związki fenolowe stanowią ważną i zdecydowanie bardzo różnorodną grupę substancji chemicznych jakie występują w świecie roślin. Klasyfikowane są one jako substancje nie odżywcze, jednak niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmów żywych. Skład frakcji fenolowej zależy od wielu czynników, m. in.: gatunku rośliny, jej odmiany, warunków klimatycznych, strefy klimatycznej, pory

roku, czy też zabiegów agrotechnicznych. Odgrywają one ważną rolę we wzroście i rozwoju roślin, ale także kształtują ich cechy sensoryczne. Decydują o barwie, nadają charakterystyczny gorzki i cierpki smak, a także powodują zmętnienia i osady w żywności przetworzonej np. w sokach czy napojach [Liu i in., 2004; Mocek-Płóćiniak, 2010].

Związki fenolowe występują w różnych ilościach we wszystkich częściach roślin tj.: w owocach, bulwach, kwiatach, nasionach, liściach, korzeniach, korze, a nawet w częściach zdrewniałych rośliny. Obecne są zarówno w zbożach, roślinach strączkowych, przyprawach, ale także lekach roślinnych. Najwięcej ich jest w brokułach, cebuli, jabłkach, czerwonym winie, czarnej i zielonej herbacie. Bogatym źródłem polifenoli są również owoce aronii czarnoowocowej oraz inne ciemno zabarwione owoce tj. czarny bez, żurawina, czarna porzeczka, wiśnia czy winogron, szczególnie czerwony. Zidentyfikowano w nich 10 kwasów fenolowych, 16 barwników antocyjanowych, 12 związków flawonolowych, 5 monomerów flawanoli, 6 dimerów i 2 trimery proantocyjanidyn oraz taniny skondensowane o wyższym stopniu polimeryzacji [Cosio i in., 2006; Gawlik-Dziki, 2004].

Dodatkowo polifenole wykazują działanie antybakteryjne, które opiera się w dużej mierze na ich właściwościach prooksydacyjnych. W obecności jonów metali przejściowych i tlenu dochodzi do powstania rodników fenoksyłowych, które działają cytotoksycznie na komórki drobnoustrojów, uszkadzając DNA, a także lipidy błony komórkowej [Helliwell, 2007; Sakihama i in., 2002]. Na przykład wykazano, iż galusan epikatechiny oraz epigallokatechiny – polifenole obecne w ekstrakcie z zielonej herbaty – przywracają wrażliwość gronkowców wykazujących nadekspresję pomp efluksowych TetB lub TetK na tetracykliny [Marquez, 2005].

Zainteresowanie związkami fenolowymi wynika z szerokiego spektrum ich prozdrowotnego działania. Liczne badania przeprowadzone zarówno na modelach *in vitro*, jak i *in vivo* dowodzą wysokiej aktywności biologicznej polifenoli.

Jak już wspomniano głównym źródłem związków fenolowych w naszej diecie są owoce i warzywa, których spożywamy dużo, a ich konsumpcja z roku na rok ciągle rośnie. W gospodarstwach towarowych, aby wyprodukować duże ilości warzyw i owoców z przeznaczeniem do bezpośredniego spożycia oraz przetwórstwa spożywczego, stosowane są chemiczne środki ochrony roślin w celu ich ochrony przed agrofagami (tj. szkodnikami, patogenami, chwastami). W chwili obecnej w Europie znanych jest ponad 1100 substancji aktywnych używanych jako pestycydy, natomiast w Polsce zarejestrowanych jest ich ponad 300. Stosowanie środków ochrony roślin, uzasadnione jest wówczas gdy progi ekonomicznej szkodliwości chorób i szkodników są przekroczone. Oprócz wielu niekwestionowanych korzyści takich jak ochrona plodów przed agrofagami, zwiększenie wydajności oraz poprawa jakości upraw, wykorzystywanie tych preparatów niesie za sobą także negatywne konsekwencje dla człowieka i środowiska naturalnego. Spożywanie owoców i warzyw zawierających

pozostałości środków ochrony roślin powyżej dopuszczalnych limitów (MRL Maximum Residues Level) niesie z sobą bardzo duże ryzyko. Znane są badania potwierdzające wpływ stosowanych pestycydów na zmiany fizykochemiczne składu roślin, w tym związków fenolowych. W chwili obecnej globalnym trendem wydaje się być przesunięcie w kierunku ograniczenia zużycia chemicznych środków ochrony roślin, a tym samym poszukuje się bezpieczniejszych i ekologicznych alternatyw. Zainteresowanie biologicznymi metodami ochrony roślin wiąże się z ich bezpieczeństwem dla środowiska oraz z narastającym problemem odporności patogenów na stosowane fungicydy. Metoda ta opiera się na wykorzystaniu czynników biologicznych do zwalczania patogenów i może być alternatywą dla metod chemicznych, lecz jej zastosowanie jest ograniczone. Związane jest to z szybkim postępem w produkcji chemicznych środków ochrony roślin, zależność efektywności środków biologicznych od warunków środowiska, gatunku czy odmiany rośliny, niewielką liczbą zarejestrowanych biopreparatów, wąskim spektrum działania środków biologicznych oraz ich ograniczoną skutecznością. Jednakże budzi ona coraz większe zainteresowanie społeczeństwa [Łozowicka, 2012].

Celem badań była analiza zawartości związków fenolowych ogółem w materiale roślinnym oraz zawartość pozostałości środków ochrony roślin z upraw prowadzonych metodami integrowanymi i ekologicznymi. Wyniki poddano analizie statystycznej umożliwiającej ocenę zależności pomiędzy zawartością związków fenolowych, a obecnością pozostałości środków ochrony roślin. W pracy podjęto próbę ustalenia, czy w materiale roślinnym, pochodzącym z upraw bez stosowania środków ochrony roślin, zawartość związków fenolowych jest istotnie wyższa w odniesieniu do upraw prowadzonych metodami integrowanymi.

Materiał i metody badań

Materiał do badań stanowiło łącznie 58 próbek materiału roślinnego, głównie owoców, warzyw oraz kukurydzy i roślin oleistych, z 4 województw północno-wschodniej i centralnej Polski: lubelskiego, mazowieckiego, podlaskiego i warmińsko-mazurskiego. 51 próbek było pobranych z upraw prowadzonych metodami integrowanymi, natomiast 7 próbek pochodziło z certyfikowanych gospodarstw ekologicznych. Każda próbka pochodziła z innej uprawy. Wyniki podano jako wartość średnią z trzech powtórzeń.

Program analiz laboratoryjnych obejmował 191 substancji czynnych ś.o.r.: 86 insektycydów i akarycydów, 75 fungicydów oraz 30 herbicydów i regulatorów wzrostu. Stosowano akredytowane metody oznaczania pojedynczych związków (ditiokarbaminianów, karbendazymu, linuronu i glifosatu) oraz multimetody analityczne umożliwiające analizę wielu związków jednocześnie, spełniające wymagania przewodnika SANCO [Sanco, 2013]. Analizę jakościową i ilościową pozostałości wykonano techniką chromatografii gazowej (GC – Gas

Chromatography) z wykorzystaniem dwóch detektorów selektywnych: EC (wychwyty elektronów) i NP (azotowo-fosforowy) oraz wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC – High Performance Liquid Chromatography) w dualnym systemie detekcji. Pozostałości ditiokarbaminianów, wyrażone jako CS₂ oznaczano spektrofotometrycznie. Poprawność metod sprawdzano systematycznie poprzez udział w międzynarodowych badaniach biegłości (PT – Proficiency Test) organizowanych przez Unię Europejską (European Commission's Proficiency Tests on Pesticide Residues in Fruit and Vegetables in Spain as well as in Cereals and Feeding Stuff in Denmark). Uzyskane wyniki stężeń pozostałości ś.o.r. w płodach rolnych porównano z najwyższymi dopuszczalnymi poziomami pozostałości (NDP, ang. MRL) odpowiadającymi normom Unii Europejskiej (UE). [Łozowicka i in., 2012; Łozowicka, 2015].

Ogólna zawartość polifenoli

Przygotowanie próbek do analizy. Materiał roślinny odważono po ok. 2 g ($\pm 0,0001$ g) świeżej masy i ekstrahowano 40 cm³ roztworu metanolu o stężeniu 70% v/v. Po zakończeniu ekstrakcji wyciągi przesączono. Suchą masę oznaczono metodą wagową wg PN-90/A-75101/03.

Ogólną zawartość polifenoli w ekstraktach oznaczano przy użyciu metody Folina-Ciocalteu (F-C). Do wykreślenia krzywej kalibracyjnej użyto roztworów kwasu galusowego jako wzorca. Wyniki wyrażano jako równoważnik kwasu galusowego (GAE) w mg/g suchej masy.

Wykonanie oznaczenia. Z przesączonego ekstraktu pobrano 0,25 cm³ roztworu, dodano 1,25 cm³ odczynnika Folin-Ciocalteu i wymieszano. Następnie dodano 1 cm³ roztworu Na₂CO₃, wymieszano i inkubowano w temperaturze pokojowej przez 2 godziny. Po tym czasie mierzono absorbancję przy długości fali 760 nm. Zawartość związków fenolowych wyrażonych w mg kwasu galusowego/g produktu odczytano z krzywej wzorcowej $y=0,0393x+0,0362$, $R^2 = 0,9958$ [Djeridane i in., 2006]. Wyniki podano w przeliczeniu na suchą masę jako wartość średnią z trzech pomiarów wykonanych dla każdej próby.

Analiza statystyczna. Wyniki poddano analizie wariancji (ANOVA). Do określenia stopnia wzajemnych powiązań pomiędzy poszczególnymi parametrami obliczano współczynnik korelacji (r) Pearsona. Testowanie prowadzono na poziomie istotności $p \leq 0,05$. Wszystkie analizy wykonano w programie Statistica 10,0.

Wyniki i dyskusja

Wyniki analizy zawartości związków fenolowych ogółem w owocach i warzywach oraz w wybranych zbożach pochodzących z upraw prowadzonych metodami integrowanymi i ekologicznymi zaprezentowano na ryc. 1. Najwyższe zawartości tych fitozwiązków powyżej 40 mg/g s.m. wykazano w ziarnie kukurydzy oraz owocach czarnej porzeczki, truskawki i borówki amerykańskiej,

natomiast najmniejszą zawartość poniżej 5 mg/g s.m. w owocach czereśni i liściach kapusty pekińskiej. Największą liczebność stanowiły próbki czarnej porzeczki. Poziom zawartości związków fenolowych w tych owocach był również bardzo zróżnicowany i wynosił 5,4-43,2 mg/g s.m.

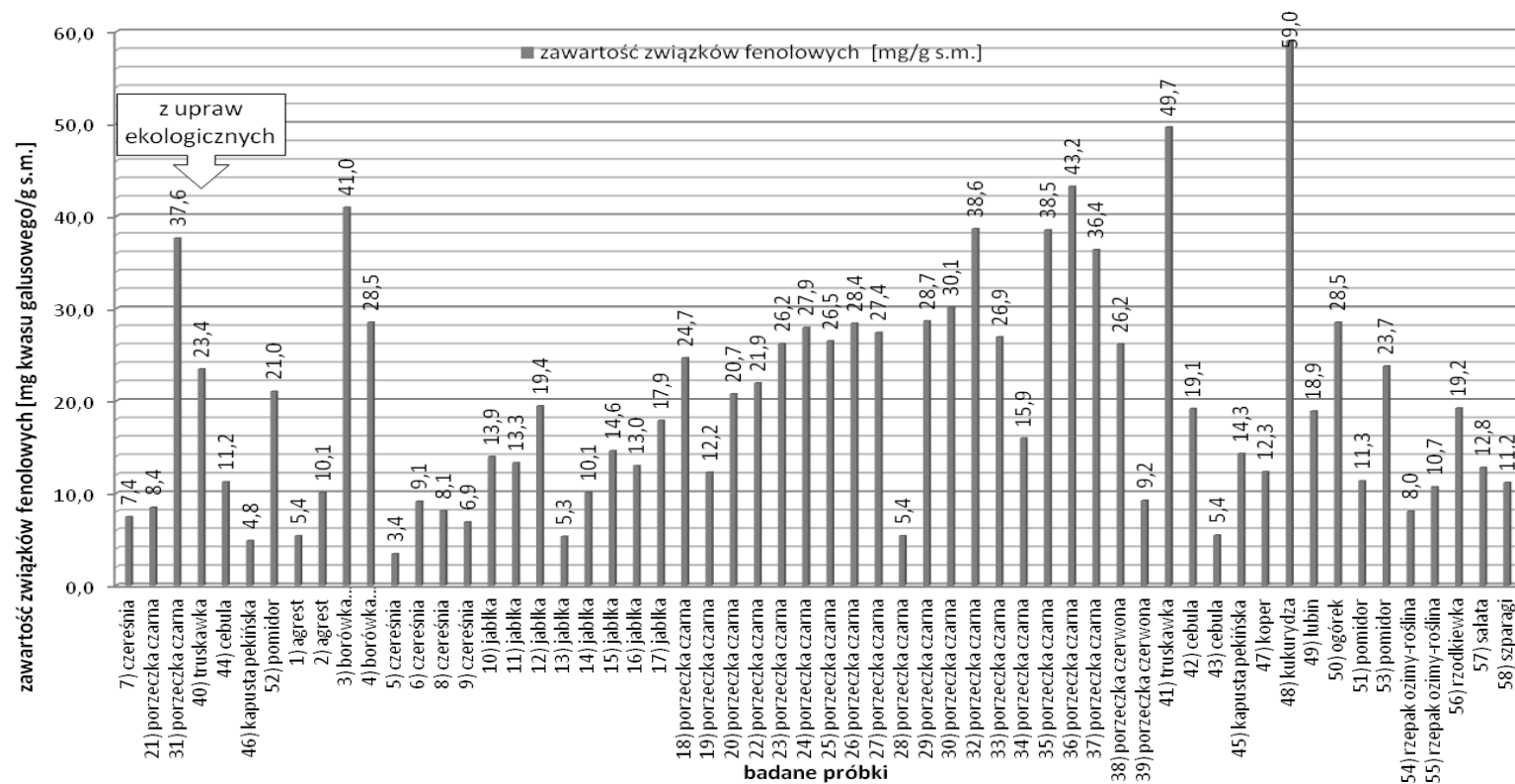
W pracy oznaczono również zawartość pozostałości środków ochrony roślin (ryc. 2) w próbkach pozyskanych z upraw prowadzonych metodami integrowanymi. Potwierdzono również brak pozostałości ś.o.r. w próbkach pochodzących z upraw ekologicznych, który wykorzystano jako materiał porównawczy. Spośród badanych warzyw obecność pozostałości środków ochrony roślin wykazano w sałacie (próbka 57: cypermetryna 0,89 mg/kg) i dwóch próbkach pomidorów (próbka 51: azoksystrobina 0,08 mg/kg; próbka 53: azoksystrobina i chlorotalonil 0,09 mg/kg). Badaniom poddano 4 gatunki zbóż, z czego tylko w rzepaku ozimym wykazano obecność dwóch pestycydów pirymetanilu i tebukonazolu, na poziomie 0,25 mg/kg i 1,04 mg/kg w dwóch próbkach. W 9 przypadkach badanych owoców, nie wykazano obecności żadnych pozostałości środków ochrony roślin, z czego 4 próbki pochodziły z upraw ekologicznych. Najwyższy poziom tych zanieczyszczeń zaobserwowano w jednej próbce czerwonej porzeczki (próbka 39) na poziomie 2,35 mg/kg (acetampiryd, boskalid, cyprodinil, ditiokarbaminiany, fenpyroksymat, fludioksonil, lambda-cyhalotryna, pyraklostrobina, tiaklopyryd, trifloksystrobina, pirymetanil) oraz w dwóch próbkach czarnej porzeczki 2,12 mg/kg (boskalid, difenokonazol, pyraklostrobina, trifloksystrobina) i 2,14 mg/kg (acetampiryd, boskalid, cyprodinil, difenokonazol, ditiokarbaminiany, fenpyroksymat, fludioksonil, pyraklostrobina, tiaklopyryd, trifloksystrobina). W 9 próbkach warzyw oraz 5 próbkach owoców poddanych analizie nie wykazano obecności ś.o.r. pomimo ich stosowania w uprawach prowadzonych metodami integrowanymi.

Wyniki poddano analizie statystycznej umożliwiającej ocenę zależności pomiędzy zawartością związków fenolowych, a obecnością pozostałości środków ochrony roślin. Na podstawie wnioskowania statystycznego stwierdzono, że otrzymane wyniki badań są istotne statystycznie, jednak nie wykazano korelacji pomiędzy analizowanymi parametrami jakościowymi. Wskazuje to na fakt, iż ogólna zawartość związków fenolowych nie koreluje istotnie z ilością i różnorodnością pozostałości po stosowanych środkach ochrony roślin w uprawach prowadzonych metodami integrowanymi w porównaniu do upraw, w których nie stosowano chemicznej ochrony.

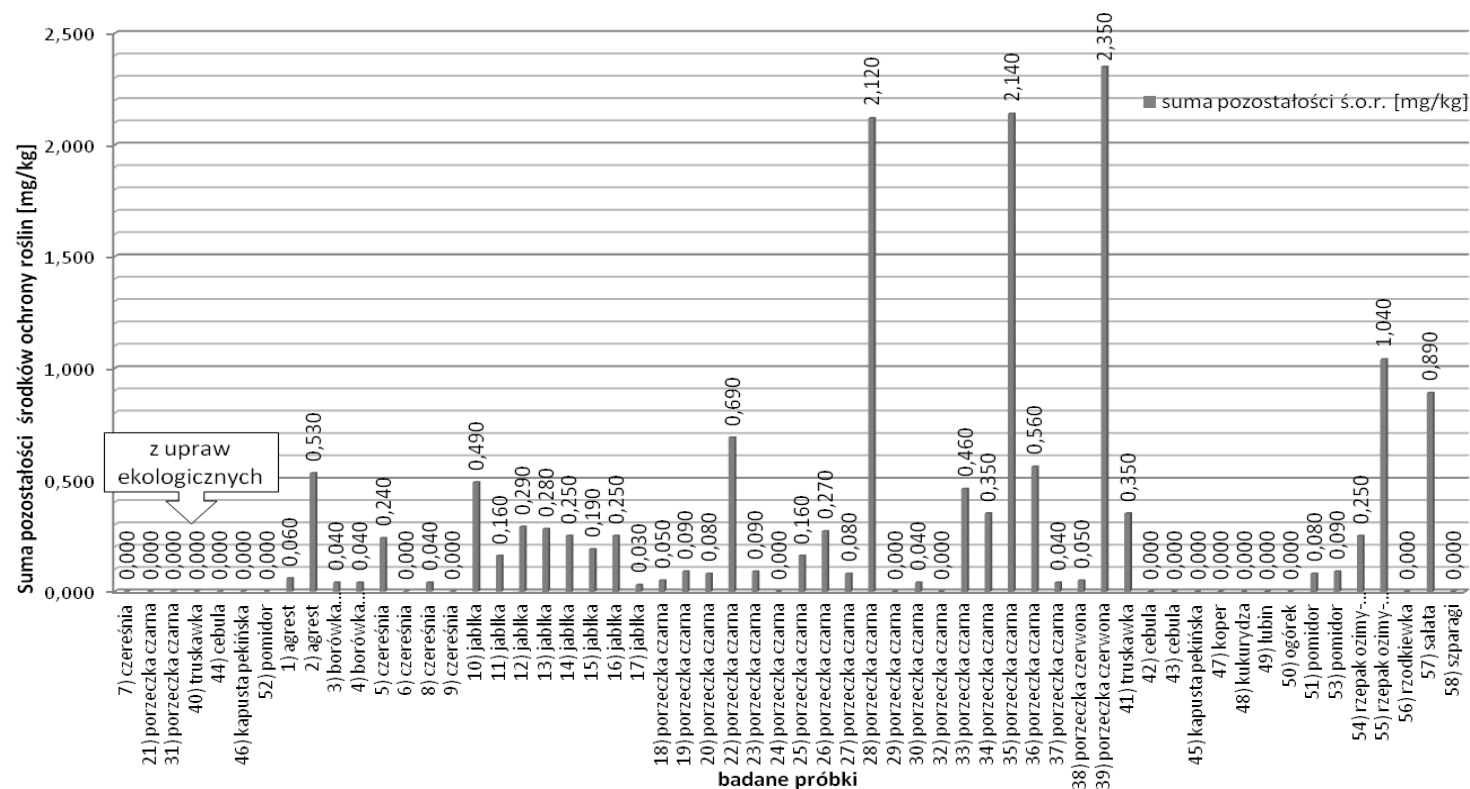
Warzywa i owoce są doskonałym źródłem wtórnych metabolitów roślinnych o właściwościach przeciwutleniających. W roślinach występuje ponad 4000 tych fitozwiązków biologicznie aktywnych, m.in.: kwasy fenolowe, flawonole, flawonoidy. Pełnią one funkcje ochronne, a jednocześnie odznaczają się silnymi właściwościami przeciwutleniającymi, dlatego też nazywane są „zmiataczami wolnych rodników”. Wprowadzone w stan różnych form stresu, rośliny zaczynają produkować coraz więcej związków fenolowych. Jest to ich reakcja obronna na

działanie stresu. Synteza związków fenolowych zachodzi głównie w skórce pod wpływem światła i wzrasta w trakcie procesu dojrzewania owoców. Rośliny uprawiane w systemie ekologicznym powinny samodzielnie zwalczać choroby i szkodniki, dlatego też syntezują więcej związków o charakterze naturalnych pestycydów. Te związki chemiczne, zaliczane do grupy polifenoli, pojawiają się w większych ilościach w momencie ataku szkodników lub infekcji grzybowej [Brandt, 2001]. Prowadzone badania wskazują, że warzywa i owoce z produkcji ekologicznej mogą zawierać więcej związków polifenolowych, witaminy C oraz flawonoli [Caris-Veyrat, 2004; Hajslova, 2005; Hallmann, 2007], co można również było zaobserwować w badaniach prowadzonych przez nasz zespół, których jeszcze nie opublikowaliśmy. Jednak wyniki tych badań bywają zmienne i nie są jednoznaczne. Jak podaje Sousa i in., ekologiczna kapusta zawierała istotnie mniej witaminy C w porównaniu do kapusty uprawianej metodami konwencjonalnymi, chociaż w próbkach ekologicznych było więcej związków fenolowych [Sousa, 2005].

W związku z funkcją ochronną w okresie wzrostu i dojrzewania ziaren i owoców, w miarę osiągnięcia przez roślinę pełnej przydatności konsumpcyjnej, zawartość kwasów fenolowych zmniejsza się, co wiąże się ze zmniejszaniem cierpkości. W truskawkach jednak stwierdzono niewielki wzrost ich stężenia podczas dojrzewania. W czarnej porzeczce, truskawkach i malinach kwas galusowy występuje w postaci elagotanin. Są one produktami oksydacji, w wyniku której dochodzi do wiązania pomiędzy dwoma pierścieniami aromatycznymi tego kwasu. W zmiennych ilościach znajdują się praktycznie we wszystkich produktach roślinnych (warzywa, owoce, ziarna zbóż) [Pennington, 2002], kumulując się w różnych częściach anatomicznych: korzeniach, łodygach, liściach, a także nasionach [Skupień, 2008].



Ryc. 1. Zawartość związków fenolowych w materiale roślinnym pochodzącym z upraw prowadzonych metodami integrowanymi oraz ekologicznymi (próbki: 7, 21, 31, 40, 44, 46, 52) wyrażonych jako ekwiwalent kwasu galusowego wyrażony w mg/g s.m.



Ryc. 2. Suma pozostałości środków ochrony roślin w materiale roślinnym pochodzącym z upraw prowadzonych metodami integrowanymi oraz ekologicznymi (próbki: 7, 21, 31, 40, 44, 46, 52) wyrażonych w mg/kg

Organizmy zwierzęce są znacznie uboższe w te substancje, gdyż nie potrafią syntetyzować pierścienia aromatycznego, a właśnie z tych pośrednich produktów syntezy aminokwasów aromatycznych powstają różne polifenole [Daniel, 1999].

Większość doniesień literaturowych potwierdza korzystny wpływ ekologicznego systemu upraw na zawartość związków biologicznie aktywnych w warzywach, zwłaszcza korzeniowych. W przypadku owoców [Hallmann, 2007b, Kazimierczak i in., 2008] badania wpływu ekologicznego systemu gospodarowania na zawartość antyoksydantów, wciąż nie są jednoznaczne. Przykładem są prace dotyczące badań nad porzeczkami, truskawkami, śliwkami, jabłkami czy borówką wysoką [Anttonen i Karjalainen, 2006; Kazimierczak i in., 2008; Cayuela i in., 2002; Wang i in., 2008; Wojdyło i in., 2010; Rembiałkowska i in., 2006; Rembiałkowska, 2004], jak i badania własne.

Zarzecka i wsp. ocenili wpływ wybranych insektycydów stosowanych do zwalczania stonki ziemniaczanej na zawartość polifenoli w bulwach trzech odmian ziemniaka jadalnego: Wiking, Mors i Żagiel. Insektycydy wpłynęły na zwiększenie zawartości związków fenolowych w porównaniu do bulw z obiektu kontrolnego, na którym nie stosowano chemicznej ochrony [Zarzecka i in., 2013].

Wiedza na temat zawartości związków biologicznie aktywnych o właściwościach antyoksydacyjnych w owocach i warzywach w odniesieniu do obecności w nich środków ochrony roślin jest wciąż niewystarczająca. Wzrost zawartości związków fenolowych w materiale roślinnym może być wynikiem uruchomienia systemu obronnego roślin. Stres występujący w wyniku działania czynników zewnętrznych powoduje zwiększoną syntezę związków biologicznie aktywnych, co pozwala roślinom samodzielnie zwalczać choroby i szkodniki. Do takich czynników zaliczamy również działanie środków ochrony roślin, czy też warunki klimatyczne lub zabiegi agrotechniczne. Mając powyższe na uwadze uznano za celowe podjęcie prezentowanych eksperymentów jednakże dalsza kontynuacja tych badań wydaje się uzasadniona.

Wnioski

1. Najwyższą zawartość związków fenolowych ogółem wykazano w ziarnie kukurydzy oraz owocach czarnej porzeczki, truskawki i borówki amerykańskiej, natomiast najmniejszą zawartość w owocach czereśni i liściach kapusty pekińskiej.
2. Najwyższy poziom pozostałości środków ochrony roślin stwierdzono w jednej próbce czerwonej porzeczki oraz dwóch czarnej porzeczki.
3. Nie wykazano istotnego wpływu obecności pozostałości środków ochrony roślin na poziom kumulacji związków fenolowych w materiale roślinnym pochodzącym z upraw prowadzonych metodami integrowanymi w porównaniu do upraw ekologicznych.

Praca wykonana w ramach środków przyznanych na pracę S/WBiŚ/2/15.

Literatura

- [1] Anttonen M.J., Karjalainen R.O.: High-performance liquid chromatography analysis of black currant (*Ribes nigrum* L.) fruit phenolics grown either conventionally or organically. *Journal of the Agricultural and Food Chemistry*, 2006, 54, 7530-7538.
- [2] Brandt K., Mølgaard J.P.: Organic agriculture: does it enhance or reduce the nutritional value of plant foods? *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2001, 81, 924-931.
- [3] Caris-Veyrat C., Amiot M.J., Tyssandier V., Grasselly D., Buret M., Mikolajczak M., Guillard J.-C., Bouteloup- Demange C., Borel P.: Influence of Organic versus Conventional Agricultural Practice on the Antioxidant Microconstituent Content of Tomatoes and Derived Purees; Consequences on Antioxidant Plasma Status in Humans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004, 52, 6503-6509.
- [4] Cayuela J.A., Vidueira J.M., Albi M.A., Gutiérrez F.: Influence of the ecological cultivation of strawberries (*Fragaria* × *Ananassa* Cv. Chandler) on the quality of the fruit and on their capacity for conservation. *Journal of the Agricultural and Food Chemistry*, 1997, 45:1736-1740.
- [5] Cosio M.S., Buratti S., Mannino S., Benedetti S.: Rapid electrochemical method for evaluation of antioxidant activity of herbs from Labiate family. *Food chemistry* 2006, 97, 725-731.
- [6] Daniel O., Meier M. S., Schlatter J., Frischhnecht P.: Selected phenolic compounds in cultivated plants: ecologic functions, health implications, and modulation by pesticides, *Environmental Health Perspectives*, 1999, 107(1), 109-114.
- [7] Djeridane A., Yousfi M., Nadjemi B., Boutassouna D., Stocker P., Vidal N., Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds, *Food Chemistry*, 2006, 97, 654–660.
- [8] Gawlik-Dziki U.: Fenolokwasy jako bioaktywne składniki żywności. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, 4 (41) S, 29-40.
- [9] Hajslova J., Schulzova V., Slanina P., Janne K., Hellena K.E., Andersson Ch.: Quality of organically and conventionally grown potatoes: Four-year study of micronutrients, metals, secondary metabolites, enzymic browning and organoleptic properties. *Food Additives and Contaminants*, 2005, 22 (6), 514–534.
- [10] Hakansson A.P., Roche-Hakansson H., Mossberg A.K., Svanborg C.: Apoptosis-like death in bacteria induced by HAMLET, a human milk lipid-protein complex. *Public Library of Science One* 2011; doi: 10.1371/journal.pone.0017717.
- [11] Halliwell B.: Dietary polyphenols: good, bad, or indifferent for your health? *Cardiovascular Research*, 2007, 73, 341-347.

- [12] Hallmann E., Rembiałkowska E.: Zawartość związków bioaktywnych w owocach papryki z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej. *Żywnienie Człowieka i Metabolizm*, XXXIV, 2007b, 1/2, 538-543.
- [13] Hallmann E., Rembiałkowska E.: Influence of thermal processing on bioactive compounds content in apple puree prepared from organic fruits of old and new apple cultivars. *Polish Journal of Natural Sciences, Supplement*, 2007a, 4, 37-42.
- [14] Kazimierzczak R., Hallmann E., Rusaczek A., Rembiałkowska E.: Antioxidant content in black currants from organic and conventional cultivation. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities: Food Science and Technology*, 2008, 11/ 2.
- [15] Liu G. S., Xu D. M., Wang L. M., Li K.B., Liu W. P.: Effect of organic/inorganic compounds on the enzymes in soil under acid rain stress. *The Journal of Environmental Sciences*, 2004, 16(2), 177-180.
- [16] Łozowicka B., Miciński J., Zwierzchowski G., Kowalski I.M., Szafarek J.: Cereal grain and feed material containing residues of plant Protection chemicals and their effects on human and animal health. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2012, 21 (6), 181-190.
- [17] Łozowicka B.: Health risk for children and adults consuming apples with pesticide residues. *Science of the Total Environment*, 2015, 502, 184-198.
- [18] Łozowicka B.: Integrowana ochrona roślin, jako przeciwdziałanie skażeniu pestycydami produktów rolnych i środowiska (system kontroli pozostałości i wyniki). W: Wybrane problemy integrowanej ochrony kokorydzy oraz zbóż w warunkach pñ.-wsch. rejonów Polski. Program wieloletni IOR-PIB 2011-2015. Zakład Upowszechniania Szkoleń i Współpracy z Zagranicą, Poznań 2012, 9-49.
- [19] Marquez B.: Bacterial efflux systems and efflux pumps inhibitors. *Biochimie*, 2005, 87, 1137-47
- [20] Mocek-Płóćniak A.: Wykorzystanie aktywności enzymatycznej do oceny wpływu antropogenicznych zmian wywołanych przez metale ciężkie w środowisku glebowym. *Nauka Przyroda Technologie*, 2010, 4(6), 86.
- [21] Pennington J.A.T.: Food composition databases for bioactive food components. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2002, 15, 419-434.
- [22] PN-90/A-75101/03 Przetwory owocowe i warzywne. Przygotowanie próbek i metody badań fizykochemicznych. Oznaczenie zawartości suchej masy metodą wagową.
- [23] Rembiałkowska E., Hallmann E., Adamczyk M., Lipowski J., Jasińska U., Owczarek L.: Wpływ procesów technologicznych na zawartość polifenoli ogółem oraz na potencjał przeciwutleniający przetworów (soku i kremogenu) uzyskanych z jabłek pochodzących z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2006, 1 (46) Supl., 121-126.

- [24] Rembiałkowska E.: The impact of organic agriculture on food quality. *Agricultura*, 2004, 19-26.
- [25] Sakihama Y., Cohen M.F., Grace S.C., Yamasaki H.: Plant phenolic antioxidant and prooxidant activities: phenolics-induced oxidative damage mediated by metals in plants. *Toxicology*, 2002, 177, 67-80
- [26] Sanco 2013. Guidance document on analytical quality control and validation procedures for pesticide residues analysis in food and feed. SANCO/12571/2013.
- [27] Skupień K., Kostrzewa-Nowak D., Oszmiański J., Tarasiuk J., In vitro antileukaemic activity of extracts from chokeberry (*Aronia melanocarpa* [Michx] Elliott) and mulberry (*Morus alba* L.) leaves against sensitive and multidrug resistant HL60 cells. *Phytotherapy Research*, 2008, 22, 689-694.
- [28] Sousa C., Valentao P., Rangel J., Lopes G., Pereira J.A., Ferreres F., Seabra R.M., Andrade P.B.: Influence of two fertilization regimens on the amounts of organic acids and phenolic compounds of tronchuda cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *Costata* DC). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, 53, 9128-9132.
- [29] Wang, S. Y., Jiao, H.: Scavenging capacity of berry crops on superoxide radicals, hydrogen peroxide, hydroxyl radicals, and singlet oxygen. *Journal of the Agricultural and Food Chemistry*, 2000, 48, 5677-5684.
- [30] Wojdyło A., Oszmiański J., Bielicki P., Zawartość wybranych wyróżników chemicznych w owocach trzech odmian jabłoni z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej, *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2010, 55(4), 173-177.
- [31] Zarzecka K., Gugała M., Dołęga H., Sikorska A., Zarzecka M.: Zawartość polifenoli w bulwach ziemniaka w warunkach stosowania różnych insektycydów. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 2013, 53 (1), 202-206.

KONSUMPCJA I WALORY ZDROWOTNE WYBRANYCH PRODUKTÓW FERMENTOWANYCH POCHODZENIA ROŚLINNEGO

MONIKA PYTKA, AGNIESZKA MALIK, ZDZISŁAW TARGOŃSKI,
AGNIESZKA KIEREPKA

Streszczenie

Celem pracy było zbadanie preferencji żywieniowych i poziomu spożycia wybranych produktów fermentowanych pochodzenia roślinnego wśród 310 mieszkańców wschodniej Polski. W badaniach zastosowana metoda ankietowa. Stwierdzono, że ponad połowa badanych - 58% spożywa żywność fermentowaną pochodzenia roślinnego. Większość ankietowanych uważało, że ich wiedza na temat w/w żywności jest średnia (42%) lub mała (43%), mimo to znali oni wiele jej walorów prozdrowotnych. Znaczna część osób - 41% uważała, że produkty fermentowane pochodzenia roślinnego może spożywać każda grupa wiekowa. Niepokoi jednak fakt, że tylko 12% osób sądziło, że produkty te powinny spożywać dzieci w wieku szkolnym, a 3% - dzieci w wieku od 2 do 6 lat. Większość respondentów (89%) oceniała, że żywność fermentowana pochodzenia roślinnego nie jest wystarczająco reklamowana, a 69% osób nie spotkało się z żadną reklamą tych produktów w środkach masowego przekazu. Najważniejszymi czynnikami warunkującymi spożycie w/w żywności były smak (55%) oraz wygląd produktu (34%). Ważna dla respondentów okazała się również cena (35%). Większa część ankietowanych osób odpowiedziała, że produkty fermentowane pochodzenia roślinnego są łatwo dostępne na rynku (51%) i kupują ją głównie w supermarketach (34%), w sklepach osiedlowych (27%) i na targu (24%), natomiast 8% osób zadeklarowało, że wytwarza ją w domu. Częstotliwość spożycia w/w produktów wśród respondentów była duża. Ponad połowa z nich (55%) odpowiedziała, że spożywa tego rodzaju żywność codziennie, kilka razy w tygodniu lub raz w tygodniu.

Słowa kluczowe: bakterie fermentacji mlekowej (LAB), żywność fermentowana pochodzenia roślinnego

Wprowadzenie

Uważa się, że jedną z przyczyn rosnącej liczby chorób u ludzi może być zaburzony ilościowy i jakościowy skład mikrobioty przewodu pokarmowego człowieka co min.: zwiększa ryzyko kolonizacji grzybów, zaburzeń żołądkowo - jelitowych oraz chorób zapalnych jelit. Ponadto niekorzystne zmiany

w ekosystemie przewodu pokarmowego mogą być podstawą w patogenezie autyzmu oraz są obserwowane u pacjentów z atopią, alergią pokarmową, alergią dróg oddechowych oraz otyłością. Znaczący wpływ na stan mikroflory przewodu pokarmowego ma min.: styl życia, rodzaj stosowanej diety i leków (antybiotyki), poziom stresu, inwazyjne zabiegi medyczne [Ignyś, 2014; Selhub, 2014]. Nie bez znaczenia jest również miejsce zamieszkania, wiek czy status genetyczny gospodarza [Fiedurek, 2014].

Jednym z najistotniejszych czynników egzogennych warunkujących prawidłowe funkcjonowanie organizmu człowieka jest rodzaj dostarczanego pokarmu [Zaręba, 2008]. Szczególnie wartościowe są produkty zawierające żywą i aktywną mikroflorę o właściwościach prozdrowotnych tj.: bakterie fermentacji mlekowej.

Drobnoustroje te stanowią grupę mikroorganizmów stosowanych w produkcji żywności fermentowanej pochodzenia roślinnego i zwierzęcego. Nadają one wielu produktom charakterystyczny smak i aromat oraz konserwują żywność poprzez wytwarzanie różnych kwasów organicznych, hamując tym samym wzrost bakterii psujących żywność [Gajewska, 2010].

Bakterie fermentacji mlekowej (LAB -ang. Lactic Acid Bacteria) stanowią bardzo zróżnicowaną grupę mikroorganizmów, których wspólną cechą jest beztlenowa fermentacja mlekowa [Jurkowski, 2012]. Jako organotrofy potrzebują do wzrostu substratu w postaci cukrów prostych: disacharydów oraz niektórych tri- i polisacharydów, które fermentują tylko do kwasu mlekowego (homofermentacja) lub do kwasu mlekowego, octowego, masłowego, mrówkowego, propionowego, aldehydu octowego, dwutlenku węgla, etanolu, acetoiny, diacetylu oraz butandiolu (heterofermentacja). Bakterie mlekowe występują w środowisku o małym stężeniu tlenu i bogatym składzie chemicznym. Można je znaleźć min.: w kwaszonych warzywach tj.: ogórki i kapusta czy fermentowanych sokach warzywnych [Libudzisz, 2000; Walstra, 2006]. Obecne w tych produktach LAB charakteryzują się często wieloma walorami prozdrowotnymi tj.: działanie bakteriobójcze i bakteriostatyczne, hydroliza toksyn i związków mutagennych, poprawa absorpcji związków mineralnych i witamin, eliminacja niekorzystnych frakcji białka o właściwościach alergizujących, regulacja mikroflory przewodu pokarmowego, właściwości immunostymulacyjne i antynowotworowe oraz wspomaganie antybiotykoterapii [Heller, 2001].

W związku z tym coraz częściej stawia się silny akcent na właściwości zdrowotne i dietetyczne kwaszonych warzyw. Powodem jest niska kaloryczność tych produktów, zawartość kwasu mlekowego, który hamuje namnażanie patogennych drobnoustrojów oraz wspomaga w jelitach rozkład substancji potencjalnie karcynogennych. Dodatkowo materiał ukwaszony zawiera błonnik, witaminę C oraz witaminy z grupy B, a także związki o charakterze antyoksydantów [Pervez, 2006].

Celem pracy było badanie wiedzy i poziomu spożycia wybranych produktów fermentowanych pochodzenia roślinnego oraz określenie czynników warunkujących spożycie tych produktów wśród mieszkańców wschodniej Polski.

Materiał i metody badań

W badaniach wykorzystano metodę pomiaru pośredniego tzw.: metodę ankietową. Docelową grupę badawczą, stanowiły losowo wybrane osoby reprezentujące wszystkie grupy wiekowe pochodzące z wschodniej Polski. Respondenci odpowiadali na zadane pytania pisemnie lub elektronicznie. Opracowany anonimowy kwestionariusz składał się 20 pytań w tym 7 pytań było typu socjodemograficznego. Pozostałe 14 pytań badało wiedzę na temat produktów fermentowanych pochodzenia roślinnego oraz czynników warunkujących spożycie tych produktów.

Wyniki i dyskusja

W ankiecie uczestniczyło 310 osób z rejonów wschodniej Polski w tym 61% kobiet oraz 39% mężczyzn. Przedział wiekowy osób ankietowanych był różny i kształtował się w następujący sposób: osoby w wieku do 18 lat – 6%, od 19 do 25 lat – 60%, od 26 do 49 lat – 22%, powyżej 50 roku życia – 12%. Większa część respondentów mieszkała w miastach - 59% w tym w dużych miastach - 35%, a w małych - 24%, zaś mniejsza część mieszkała na wsi - 41%. W przeważającej części respondenci byli osobami studiującymi 51%, osoby czynne zawodowo stanowiły 27% i uczniowie 11%. Ankietę wypełniły także osoby bezrobotne oraz emeryci i renciści, odpowiednio 5% i 6%. Ankietowani nie posiadający dochodów stanowili 36%, 34% uważało swoje dochody za średnie, 7% za wysokie, natomiast 23% sądziło, że są one niskie. Wśród ankietowanych, 17% prowadziło mało aktywny tryb życia, większą część stanowiły osoby średnio aktywne - 39% oraz aktywne - 38%, natomiast 6% osób twierdziło, że prowadzi bardzo aktywny tryb życia. Ponad połowa osób - 51% zadeklarowała, że zwraca uwagę na produkty, które spożywa w codziennej diecie i wybiera głównie żywność zdrową i zbilansowaną energetycznie, Blisko 24% odpowiedziało, że często wybiera produkty, które sami mogą sobie szybko przygotować, a 6% korzysta przeważnie z punktów żywienia zbiorowego. Mniejszą część stanowią osoby wybierające produkty głównie tanie, nie interesując się ich walorami dietetycznymi - 16%.

Istotność ceny, jako głównego wyróżnika przy zakupie żywności fermentowanej pochodzenia roślinnego u 16% badanych, może wskazywać na rolę statusu społecznego osób ankietowanych oraz poziom ich dochodów. W przeważającej części respondenci byli bowiem osobami studiującymi 51% , bezrobotnymi oraz emerytami i rencistami, odpowiednio 5% i 6%. Ponadto ankietowani nie posiadający dochodów stanowili aż 36%, natomiast 23% deklaroowało, że ich dochody są niskie. Cena produktu była również ważnym

czynnikiem przy wyborze mlecznych napojów fermentowanych u 20,2% badanych [Kudelka, 2004].

Badani zapytani o ogólny stan swojej wiedzy na temat produktów fermentowanych pochodzenia roślinnego, w niewielkiej części odpowiedzieli, że ich wiedza w tym zakresie jest bardzo duża -3% lub duża - 12%. Znaczna przewaga osób ankietowanych stwierdziła, że ich wiedza jest średnia – 42%, a nawet mała - 43%.

W pytaniu szczegółowym o walory zdrowotne w/w żywności największy odsetek badanych - 38% uważało, że żywność fermentowana pochodzenia roślinnego wspomaga trawienie, niewiele mniej bo 36% twierdzi, że zawiera dużo witamin, 28% pisało, że wywiera korzystny wpływ na układ pokarmowy człowieka, 26%, uważało, że żywność tego typu jest mało kaloryczna, 15% ankietowanych uznało, że produkty fermentowane pochodzenia roślinnego obniżają poziom cholesterolu, 12% wybrało działanie przeciwnowotworowe, najmniej – 8% odpowiedziało, że żywność ta działa przeciwzapalnie. Wszystkie wymienione w pytaniu właściwości prozdrowotne żywności fermentowanej wymieniło 30% badanych.

Walory prozdrowotne żywności fermentowanej są opisywane również przez Jayakumar i współautorów. Podkreślają oni rolę spożycia tej żywności w chorobach układu pokarmowego, jej wpływ na wspomaganie trawienia i przyswajanie składników odżywczych, źródło cennych witamin z grupy B i C czy wpływ na prawidłowe funkcjonowanie układu immunologicznego [Jayakumar, 2012].

W odpowiedzi na pytanie, jakie grupy wiekowe powinny spożywać żywność fermentowaną pochodzenia roślinnego 41% badanych odpowiedziało, że wszystkie grupy wiekowe mogą jeść produkty tego typu, 28% twierdziło, że powinny to być osoby dorosłe, a 21% wskazało na młodzież w wieku od 13 do 18 lat. Mniejsza część respondentów (14%) twierdziła, że produkty fermentowane pochodzenia roślinnego mogą spożywać osoby starsze oraz dzieci w wieku szkolnym - 12%, tylko 3% badanych odpowiedziało, że żywność tą mogą spożywać także małe dzieci w wieku od 2 do 6 lat.

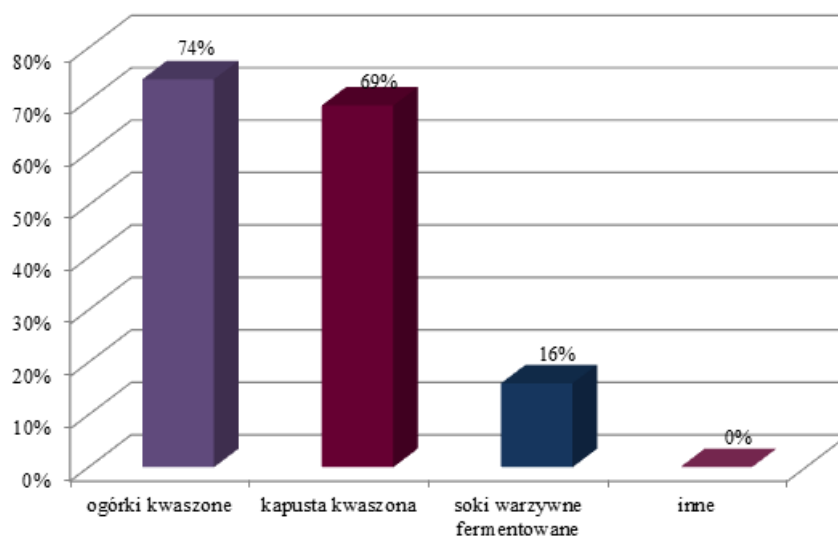
Warzywa poddane fermentacji takie jak ogórki, kapusta czy soki warzywne pełnią istotną funkcję w codziennej diecie każdej z w/w grup wiekowych. Są one min.: bogatym źródłem składników mineralnych oraz witamin niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania organizmu człowieka ponadto zawierają od 70 do 95% wody, niewielkie ilości tłuszczów, ok. 1 - 3% białka, od 2 do 20% sacharydów oraz błonnik ok. 1 do 5% [Pierzynowska, 2007]. Istotną rolę w spożyciu warzyw w każdej postaci określa obowiązująca w Polsce piramida zdrowego żywienia propagowana min.: przez Instytut Żywności i Żywienia w Warszawie (<http://www.izz.waw.pl/pl/zasady-prawidowego-zywienia>).

Według ankietowanych dostępność na rynku produktów fermentowane pochodzenia roślinnego była dobra wg. 51% badanych, tylko niektóre z w/w

produktów można bez trudu nabyć na co wskazywało 35% osób, 14% respondentów uważało, że produkty fermentacji pochodzenia roślinnego są trudno dostępne. Ponad połowa - 58% osób ankietowanych na pytanie dotyczące zakupu produktów fermentowanych pochodzenia roślinnego odpowiedziała twierdząco. Pozostała część stanowiąca 42% respondentów odpowiedziała, że nie kupuje tego typu produktów.

Osoby które odpowiedziały przecząco na poprzednie pytanie, zadano bardziej szczegółowe. Okazało się, że w znacznej części nie kupują one żywności fermentowanej, ponieważ nic nie wiedzą o tej żywności lub im ona nie smakuje odpowiednio 43% i 32%, ponadto 20% ankietowanych przyznało, że nie zaopatruje się w tego typu żywności gdyż na rynku jest zbyt mały wybór produktów. Niewielka część badanych stwierdziła, że produkty fermentowane pochodzenia roślinnego są trudno dostępne - 3% oraz, że nie kupują ich, ponieważ wysoka cena uniemożliwia im to - 11%. Tylko 8% respondentów przyznało, że nie kupuje żywności fermentowanej pochodzenia roślinnego, ponieważ robi to ktoś za nich lub sami ją wytwarzają.

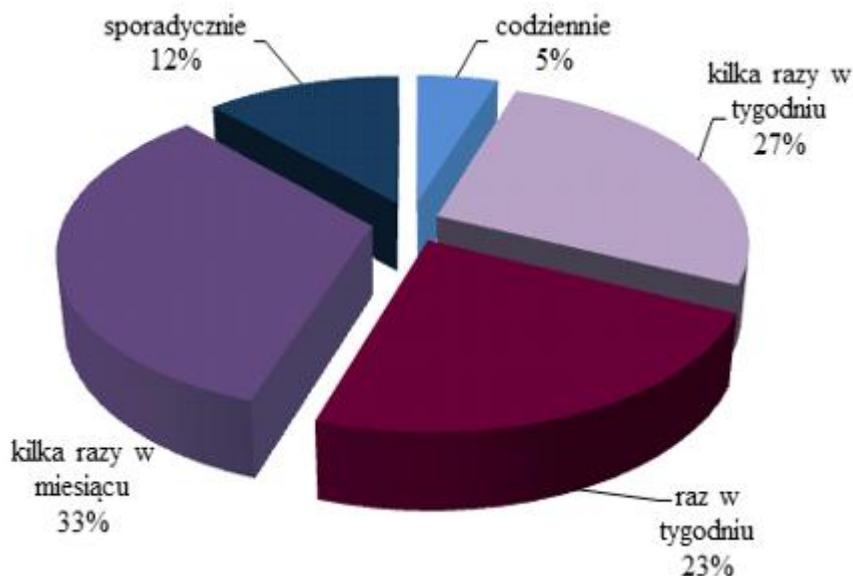
Osoby, które odpowiadały pozytywnie na pytanie dotyczące spożycia produktów fermentowanych pochodzenia roślinnego (58%) w większości zadeklarowały spożycie ogórków kwaszonych - 74%, niewiele mniej, bo 69% ankietowanych odpowiedziało, że w ich codziennej diecie pojawia się kapusta kwaszona. Zdecydowanie mniejszy odsetek respondentów przyznało, że spożywa soki warzywne fermentowane – 16% (Rys.1).



Rys. 1. Produkty fermentowane pochodzenia roślinnego najczęściej spożywane przez osoby ankietowane

Częstotliwość spożycia produktów fermentowanych pochodzenia roślinnego wśród respondentów była duża. Ponad połowa z nich (55%) odpowiedziała, że spożywa tego rodzaju żywność przynajmniej raz w tygodniu w tym: codziennie – 5%, kilka razy w tygodniu – 27%, raz w tygodniu – 23%. Spora część osób badanych zadeklarowało spożywanie żywności fermentowanej kilka razy w miesiącu - 33%, natomiast 12% - sporadycznie (Rys. 2).

Produkty fermentowane pochodzenia roślinnego były spożywane przynajmniej raz w tygodniu przez ok. 55% badanych podobne jak wyniki dotyczące częstego spożycia kefiru i jogurtu, które uzyskali Dąbrowska i współautorzy. Natomiast mniejsza liczba osób (33%) spożywa te produkty raz w miesiącu i mieści się w granicach porównywalnych ze spożyciem mlecznych fermentowanych napojów od 18%-35% osób [Dąbrowska, 2014].

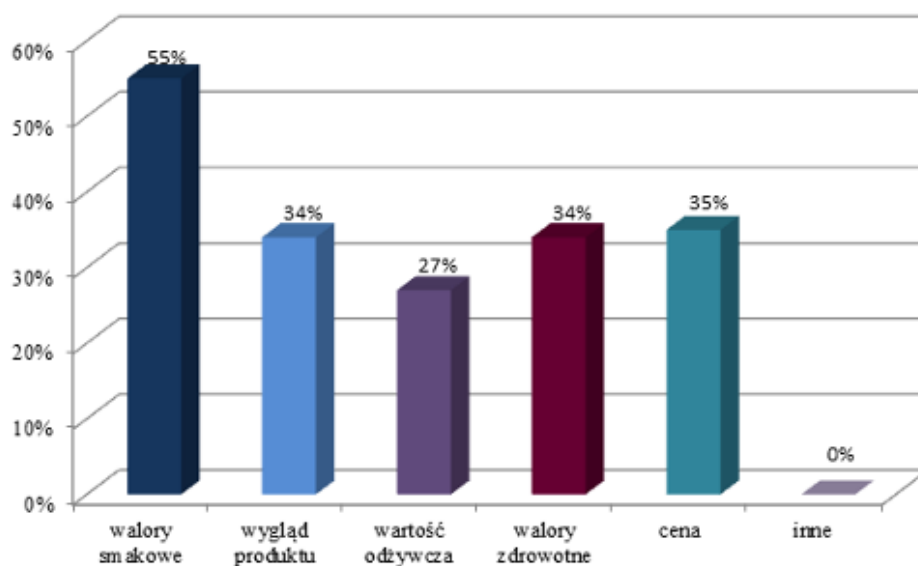


Rys. 2. Częstotliwość spożycia produktów fermentowanych pochodzenia roślinnego

Najczęstszym miejscem zakupu produktów fermentowanych pochodzenia roślinnego przez osoby ankietowane był supermarket – 34%, pozostała część respondentów nabywa tego typu produkty w sklepach osiedlowych (27%) na targach (24%) oraz w sklepach z żywnością ekologiczną (7%), zaś 8% badanych odpowiedziało, że nie kupują tego rodzaju żywności, ponieważ sami ją produkują.

W hierarchii czynników decydujących o spożyciu produktów fermentowanych pochodzenia roślinnego najważniejsze okazały się walory smakowe, taką odpowiedź zaznaczyła ponad połowa ankietowanych (55%). Także duży wpływ mają walory zdrowotne, wygląd produktu oraz cena, kolejno 34%, 34%, 35%. Osoby ankietowane najmniejszą uwagę przykładały do wartości odżywczej spożywanej żywności (Rys. 3).

Badania preferencji konsumenckich wskazują, że przy zakupie produktów ważne są wrażenia sensoryczne w tym najważniejszy jest smak [Niezurowski, 2001]. Czynniki ten okazał się najistotniejszy dla 55% osób badanych. Jednak walory zdrowotne miały już mniejsze znaczenie - 34% badanych, w przeciwieństwie do walorów zdrowotnych żywności fermentowanej mlecznej gdzie były one najważniejsze przy zakupie produktów [Kudęłka, 2004].



Rys. 3. Czynniki wpływające na spożycie produktów fermentowanych pochodzenia roślinnego

Pomimo znaczącego, pozytywnego wpływu żywności fermentowanej pochodzenia roślinnego na funkcjonowanie organizmu ludzkiego, przeważająca większość osób ankietowanych odpowiedziała, że żywność ta nie jest wystarczająco reklamowana (89%). Ponadto duża część badanych (69%) nie spotkała się z reklamą produktów fermentowanych pochodzenia roślinnego. Znacznie mniejsza grupa respondentów (31%) zadeklarowała, że natrafiła na reklamy tych produktów w internecie (12%), prasie (11%) oraz telewizji (8%).

Wnioski

1. Ponad połowa ankietowanych - 58% spożywa żywność fermentowaną pochodzenia roślinnego, zaś w grupie osób nie kupujących tej żywności, aż 29% osób zadeklarowało, że kupują ją inni mieszkańcy gospodarstwa domowego (21%) lub wytwarzają ją sami (8%) co może mieć związek z tym, że 41% badanych mieszkało na wsi. Tym samym dodatkowo 29% ankietowanych również może spożywać tę żywność mimo deklaracji, że jej nie kupuje.
2. Najczęściej konsumowanym produktem fermentowanym pochodzenia roślinnego były ogórki kwaszone (74%), kapusta kwaszona (69%),

- a najniższym poziomem spożycia cieszyły się fermentowane soki warzywne (16%).
3. Mimo iż większość ankietowanych stwierdziła, że ich wiedza na temat w/w żywności jest średnia (42%) lub mała (43%), to znali oni wiele jej walorów prozdrowotnych, a 30% ankietowanych zaznaczyło poprawnie wszystkie wymienione właściwości tej żywności.
 4. Znaczna część osób ankietowanych - 41% uważała poprawnie, że produkty fermentowane pochodzenia roślinnego może spożywać każda grupa wiekowa, zaś 14% stwierdziło, że produkty te powinny spożywać osoby starsze, 12% - dzieci w wieku szkolnym, tylko 3% - małe dzieci w wieku od 2 do 6 lat. W związku z tym budzi niepokój niski poziom wiedzy na temat roli w/w produktów w diecie małych dzieci, młodzieży i osób starszych.
 5. Większość respondentów (89%) stwierdziła, że żywność fermentowana pochodzenia roślinnego nie jest wystarczająco reklamowana, a 69% osób nie spotkało się z żadną reklamą tych produktów w środkach masowego przekazu. Jednak mimo to poziom spożycia tych produktów był wysoki co może się wiązać z tradycyjnym przekazem prawidłowych nawyków żywieniowych dotyczących spożycia tej żywności.
 6. Najważniejszymi czynnikami warunkującymi spożycie badanej żywności były smak (55%) oraz wygląd produktu (34%). Ważna dla respondentów okazała się również cena (35%), co wskazuje na rolę statusu społecznego osób ankietowanych oraz poziom ich dochodów. W większości były to osoby uczące się (62%), które wykazały brak dochodów (36%), lub oceniły swoje zarobki jako średnie (34%) i niskie (23%).
 7. Częstotliwość spożycia produktów fermentowanych pochodzenia roślinnego wśród respondentów była duża. Ponad połowa z nich (55%) odpowiedziała, że spożywa tego rodzaju żywność codziennie, kilka razy w tygodniu lub raz w tygodniu.
 8. Większa część ankietowanych osób odpowiedziała, że produkty fermentowane pochodzenia roślinnego są łatwo dostępne na rynku (51%) i kupują ją głównie w supermarketach (34%), w sklepach osiedlowych (27%) i na targu (24%).

Literatura

- [1] Caplice E., Fitzgerald G.: Food fermentation: role of micro-organisms in food production and preservation. *International Journal of Food Microbiology*, 1999, 50, 131-149.
- [2] Dąbrowska A., Baranowska B., Batyk I., Kujawski M., Hryniawska M., Roszkowska B.: Spożycie mlecznych napojów fermentowanych przez osoby z różną tolerancją laktozy. *Journal of Health Sciences*, 2014, 4, 10, 107-112.
- [3] Fiedurek J.: Mikrobiom a zdrowie człowieka. Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin 2014.
- [4] Gajewska J., Błaszczyk M.K.: Probiotyczne bakterie fermentacji mlekowej

- (LAB). *Postępy Mikrobiologii* 2012, 1, 55-65.
- [5] Heller K.J.: Probiotic bacteria in fermented foods: product characteristics and starter organisms. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2001, 73, 374S-379S.
 - [6] Ignyś I., Szachta P., Gałęcka M., Schmidt M., Pazgrat-Patan M.: Methods of analysis of gut microorganism. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 2014, Vol 21, No 4, 804-808.
 - [7] Jayakumar B. D., Kontham K. V., Kesavan M. N., Bindhumol I., Ashok P.: Probiotic fermented foods for health benefits. *Engineering in Life Sciences*, 2012, 12, 4 , 377-390.
 - [8] Jurkowski M., Błaszczuk M.: Charakterystyka fizjologiczno-biochemiczna bakterii fermentacji mlekowej. *Kosmos, Problemy Nauk Biologicznych*, 2012, 3, 493-504.
 - [9] Kudelka W., Marzec M.: Preferencje studentów dotyczące spożycia mlecznych napojów fermentowanych. *Żywność, Technologia, Jakość*, 2004, 3 (40), 63-76.
 - [10] Libudzisz Z., Kowal K.: *Mikrobiologia techniczna*. Politechnika Łódzka 2000, 2.
 - [11] Niezurowski L., Szczepańska E.: Jakość żywności a preferencje konsumentów. *Przemysł Spożywczy*, 2001, 12, 32-34.
 - [12] Pervez S., Malik K.A., Ah Kang S., Kim H.Y.: Probiotics and their fermented food products are beneficial for health. *Journal of Applied Microbiology*, 2006, 100(6), 1171-85.
 - [13] Pierzynowska J., Prędka A., Drywień M., Ostrowska K.: Porównanie zawartości witaminy C w wybranych świeżych i fermentowanych sokach warzywnych. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2007, 4, 341-344.
 - [14] Walstra P., Wouters J.T.M., Grurts T.J.; *Dairy Science and Technology*, 2006 by Taylor& Francis Group, Second Edition, 2006, 176-178.
 - [15] Selhub E.M., Logan, A.C., Bested A.C: Fermented foods, microbiota, and mental health: ancient practice meets nutritional psychiatry. *Journal of Physiological Anthropology*, 2014, 33:2-12.
 - [16] Zaręba D., Ziarno M., Strzelczyk B.: Przeżywalność bakterii fermentacji mlekowej w warunkach modelowych jelita cienkiego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, 5, 197-205.

WŁAŚCIWOŚCI PRZECIWUTLENIAJĄCE TRZONÓW I KAPELUSZY WYBRANYCH GATUNKÓW GRZYBÓW UPRAWNYCH

WOJCIECH RADZKI, ANETA SŁAWIŃSKA, EWA JABŁOŃSKA-RYŚ,
MONIKA MICHALAK-MAJEWSKA, MARTA ZALEWSKA-KORONA,
KATARZYNA SKRZYPCZAK, ALEKSANDRA CIOŁKOWSKA,
WALDEMAR GUSTAW

Streszczenie

Etanolowe ekstrakty z trzech gatunków uprawnych grzybów wyższych (*Agaricus brasiliensis*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*) przeanalizowane zostały pod kątem zawartości związków fenolowych ogółem oraz właściwości przeciwutleniających. Badania przeprowadzono z uwzględnieniem części morfologicznej owocnika (trzonów i kapeluszy). Gatunkiem charakteryzującym się najwyższą zawartością związków fenolowych był *A. brasiliensis*, natomiast najmniej tych związków stwierdzono dla *L. edodes*. We wszystkich badanych gatunkach kapelusze zawierały statystycznie więcej przeciwutleniaczy. Pod względem potencjału przeciwutleniającego, nie stwierdzono różnicy pomiędzy trzonami i kapeluszami *L. edodes*. Badania wskazały na wysoką korelację pomiędzy zawartością związków fenolowych ogółem, a zdolnością do tłumienia rodników DPPH oraz redukowania jonów żelaza (analiza FRAP).

Słowa kluczowe: grzyby, przeciwutleniacze, związki polifenolowe

Wprowadzenie

Liczne badania wskazują, że wytwarzane w procesach metabolicznych wolne rodniki mogą prowadzić do uszkodzenia istotnych dla komórki biomolekuł takich jak białka, lipidy, czy DNA. W konsekwencji może stanowić to przyczynę powstawania stanów patologicznych takich jak nowotwory, czy choroby sercowo-naczyniowe [Birben i in., 2012; Limón-Pacheco i Gonsébat, 2009]. Chociaż organizmy żywe wykształciły systemy enzymatyczne zdolne do neutralizowania wolnych rodników, to mogą one nie być wystarczające do pełnej ochrony. Badania epidemiologiczne wskazują, że dieta bogata w żywność zawierającą związki o charakterze przeciwutleniającym może pozytywnie oddziaływać na organizm, obniżając prawdopodobieństwo zachorowania na wspomniane choroby [Wang i in., 2011].

Grzyby jadalne, zarówno uprawiane jak i pozyskiwane ze stanowisk naturalnych są, źródłem przeciwutleniaczy. Związkami występującymi w największej ilości są związki fenolowe, natomiast witamina C, czy sterole odgrywają mniejsze znaczenie [Cheung, 2009; Siwulski i in., 2014]. Związki fenolowe nie są rozmieszczone w grzybach równomiernie i ich zawartość w poszczególnych częściach morfologicznych owocnika różni się, przy czym przeważnie kapelusze zawierają ich więcej [Hong i in., 2012]. Niemniej jednak trzony, często stanowiące części niejadalne, zawierają na tyle dużo substancji fizjologicznie czynnych, że prowadzone są prace badawcze nad możliwościami wykorzystania ich w produkcji żywności [Chen i in., 2013; Lin i in., 2008; Lin i in., 2010].

Celem pracy było porównanie zawartości związków fenolowych oraz właściwości przeciwutleniających trzech uprawnych gatunków grzybów wyższych, z uwzględnieniem części morfologicznych owocnika. Wykorzystano owocniki twardziaka jadalnego (*Lentinula edodes*), bocznika ostrygowatego (*Pleurotus ostreatus*) i pieczarki brazylijskiej (*Agaricus brasiliensis*) – gatunków cenionych ze względu na udokumentowane właściwości prozdrowotne. Wynikają one między innymi z obecności polisacharydów (głównie o charakterze rozgałęzionych β -glukanów) o właściwościach przeciwnowotworowych i immunomodulacyjnych [Radzki i Kalbarczyk, 2010]. Twardziak jadalny, zwany również shiitake oraz bocznik ostrygowaty są gatunkami uprawianymi w Polsce. Z kolei pieczarka brazylijska, występująca w warunkach naturalnych w Brazylii, jest produkowana na wysoką skalę w krajach azjatyckich, głównie w Japonii. Dodatkowym celem było zbadanie możliwości bezpośredniego pomiaru właściwości przeciwutleniających, wykorzystując widma UV-VIS.

Materiał i metody badań

Materiał biologiczny wykorzystany w doświadczeniu stanowiły owocniki trzech gatunków uprawnych grzybów wyższych: *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edodes*, *Agaricus brasiliensis*. Owocniki uprawiane były w Katedrze Technologii Owoców, Warzyw i Grzybów, pochodziły z jednego rzutu i zebrane zostały w stadium dojrzałości. Po zbiorze oddzielono trzony od kapeluszy i poszczególne części poddano suszeniu konwekcyjnemu przez 24 h w temperaturze 50 °C (suszarka Zelmer S-3, Polska). Wyszuszony materiał zmielono na proszek w młynku laboratoryjnym WŻ-1 (Społem, Polska) i do czasu wykonania analiz przechowywano w hermetycznym opakowaniu, w ciemności.

Pozyskiwanie ekstraktów ze sproszkowanych owocników grzybowych przeprowadzono według metodyki opisanej przez Radzkiego i in. [2014]. Pięć gramów wysuszonych kapeluszy i trzonów ekstrahowano 80% etanolem przez 60 minut w wytrząsarce orbitalnej w temperaturze 80 °C, przy 175 rpm. Po zakończonej ekstrakcji próbki odwirowano przy 3755 x g przez 20 minut. Ekstrakcję przeprowadzono w trzech powtórzeniach i określono jej wydajność.

W tym celu 1 mL ekstraktu odparowano do sucha w suszarce (80 °C, 24 h), a pozostałość po odparowaniu rozpuszczalnika zważono. Wydajność ekstrakcji wyrażono jako procent suchej masy owocnika. Supernatanty przechowywano w 5°C do czasu przeprowadzenia analiz.

Analizę zawartości związków fenolowych ogółem wykonano na podstawie metody opracowanej przez Singletona i Rossi [1965]. Do 0,2 mL próbek badanych dodano 0,8 mL rozcieńczonego dziesięciokrotnie odczynnika Folina-Cicolateau. Próbkę zworteksowano i dodano do niej 1,25 mL 7% (v/w) roztworu Na_2CO_3 . Po ponownym wymieszaniu próbkę inkubowano 30 minut w ciemności. Następnie dokonano pomiaru absorbancji przy długości fali 765 nm. Zawartość związków fenolowych ogółem odczytano z krzywej kalibracyjnej wykonanej z użyciem kwasu galusowego jako standardu. Wyniki wyrażono jako mg równoważnika kwasu galusowego w przeliczeniu na 1 gram suchej masy owocnika.

W celu określenia właściwości przeciwutleniających otrzymanych ekstraktów etanolowych oznaczono zdolność do tłumienia rodników DPPH (2,2-difenylo-1-pikrylohydrazyl), według metody opisanej przez Choi i in. [Choi i in., 2006]. Do 0,2 mL badanych roztworów dodano 0,8 mL etanolowego roztworu DPPH (0,2 mM), a następnie próbki zworteksowano i inkubowano przez 15 minut w temperaturze pokojowej, w ciemności. Po tym czasie zmierzono absorbancję przy 517 nm. Wyniki porównano z krzywą kalibracyjną sporządzoną z wykorzystaniem Troloksu (syntetycznego analogu witaminy E) i wyrażono jako mikromole Troloksu w przeliczeniu na gram suchej masy owocnika.

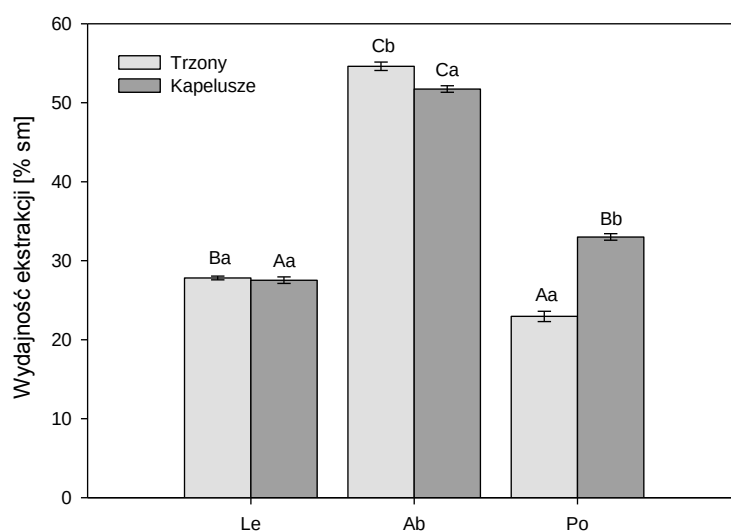
Zdolność ekstraktów do redukowania jonów żelaza (FRAP) oznaczono na podstawie metody opracowanej przez Benzie i Strain [1996]. Do analizowanych ekstraktów (0,1 mL) dodano 1,9 mL reagenta FRAP, otrzymanego poprzez zmieszanie 300 mM buforu octanowego o pH 3,6, roztworu $\text{FeCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$ (20 mM) oraz 40 mM roztworu 2,4,6-tris(2-pyridylo)-1,3,5-triazyna (TPTZ), w proporcjach 10:1:1. Otrzymane mieszaniny zworteksowano i inkubowano przez 45 minut w łaźni wodnej, w temperaturze 37 °C. Absorbancję zmierzono przy długości fali 593 nm. Wyniki wyrażono w mikromolach Troloksu w przeliczeniu na gram suchej masy owocnika.

Wyniki oznaczenia zawartości związków fenolowych ogółem oraz właściwości przeciwutleniających porównano z widmami UV-VIS. Widma etanolowych wyciągów, rozcieńczonych uprzednio trzydziestokrotnie, zarejestrowano w zakresie 200-320 nm.

Otrzymane wyniki analiz, wykonane w trzech powtórzeniach, porównano statystycznie w programie Statistica 9.0, stosując jednoczynnikową analizę wariancji. Istotne różnice pomiędzy średnimi wartościami weryfikowano testem LSD Fishera, przy poziomie istotności $p < 0,05$. Odmienne litery występujące na wykresach wskazują na różnice pomiędzy częścią owocnika w obrębie jednego gatunku (a, b) oraz pomiędzy poszczególnymi gatunkami (A, B, C).

Wyniki i dyskusja

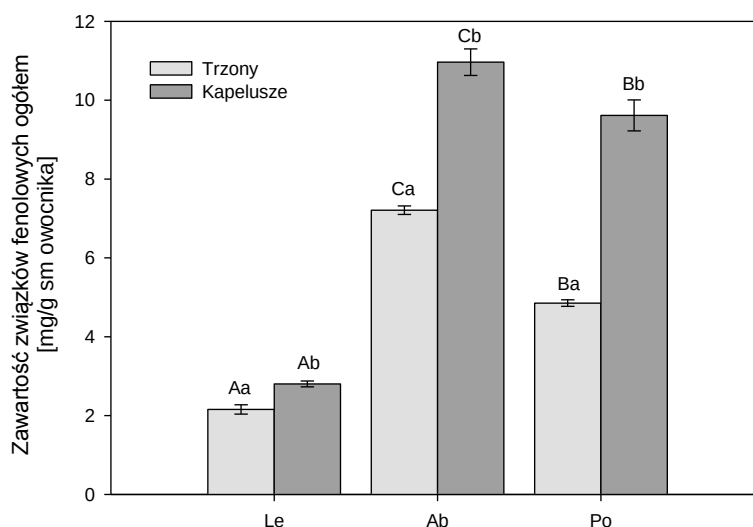
Wyniki oznaczenia wydajności ekstrakcji etanolowej przedstawiono na rys 1. Porównując trzony poszczególnych gatunków, stwierdzono iż najwyższą wydajnością charakteryzował się *A. brasiliensis* ($54,6 \pm 0,5\%$), podczas gdy najniższą zaobserwowano dla *P. ostreatus* ($27,8 \pm 0,2\%$). W przypadku kapeluszy, najwyższą wydajność stwierdzono także dla *A. brasiliensis* ($51,7 \pm 0,4\%$), natomiast najniższą cechowały się kapelusze *L. edodes* ($27,5 \pm 0,4\%$). Carvaja i in [2012] określili wydajność ekstrakcji całych owocników *A. brasiliensis* na około 42%. Różnicę tę można tłumaczyć odmiennymi parametrami ekstrakcji, którą przeprowadzono w temperaturze 25 °C. Wyniki badań uwiaryściły różnice w wydajności ekstrakcji występujące pomiędzy poszczególnymi częściami owocników *A. brasiliensis* oraz *P. ostreatus*. Co ciekawe, kapelusze bocznika ostrygowatego zawierały ponad 40% więcej substancji rozpuszczalnych w 80% etanolu niż trzony. Nie stwierdzono natomiast statystycznej różnicy pomiędzy częściami owocników w przypadku *L. edodes*.



Rys. 1. Wydajność ekstrakcji etanolowej z trzonów i kapeluszy *L. edodes* (Le), *A. brasiliensis* (Ab) oraz *P. ostreatus* (Po)

Badane gatunki wykazywały zróżnicowaną statystycznie zawartość związków fenolowych ogółem (rys. 2). Gatunkiem, w którym związki te dominowały, był *A. brasiliensis*. Trzony i kapelusze owocników tego grzyba zawierały odpowiednio $7,21 \pm 0,11$ mg/g sm i $10,96 \pm 0,34$ mg/g sm. Wyniki wcześniejszych badań wskazały na znacznie wyższą, bo wynoszącą około 20 mg/g sm zawartość tych związków w całych owocnikach [Huang i Mau, 2006]. Obserwowaną różnicę można przypuszczalnie tłumaczyć faktem, iż autorzy ci w zastosowali suszenie

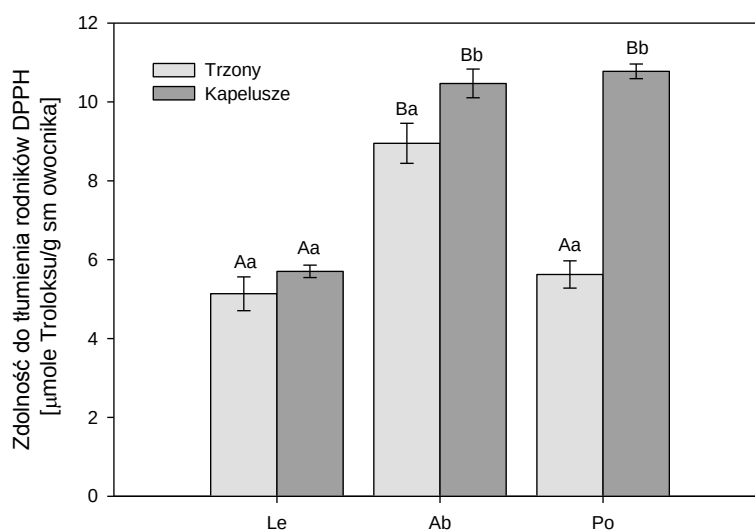
sublimacyjne owocników, a nie konwekcyjne, a także nieco odmienną procedurą ekstrakcji. Zastosowanie suszenia konwekcyjnego może istotnie zmniejszyć zawartość związków polifenolowych w grzybach [Radzki i in., 2014]. Z kolei *L. edodes* charakteryzował się najniższym stężeniem związków fenolowych ogółem, to znaczy na poziomie $2,16 \pm 0,12$ mg/g sm w przypadku trzonów i $2,80 \pm 0,07$ mg/g sm w przypadku kapeluszy. Według [Hong i in., 2012], metanolowe ekstrakty z trzonów i kapeluszy *L. edodes* zawierały mniejsze ilości związków polifenolowych, odpowiednio 1,6 mg/g sm i 1,9 mg/g sm. Niezależnie od badanego gatunku, kapelusze zawierały więcej związków polifenolowych w stosunku do trzonów. Największą różnicę stwierdzono w przypadku *P. ostreatus*, gdzie zawartość związków fenolowych ogółem w kapeluszach była o około 98% wyższa od tej stwierdzonej w trzonach. Podobne rezultaty otrzymali inni badacze, analizując gatunki grzybów dziko rosnących [Ferreira i in., 2007] stwierdzili, że zawartość związków polifenolowych w kapeluszach mleczaja rydza (*Lactarius deliciosus*) i gąski niekształtnej (*Tricholoma portentosum*) przewyższa zawartość w trzonach o około 70%. Z kolei inne badania dotyczące owocników pieczarki dwuzarodnikowej wykazały, że związki fenolowe zlokalizowane są przede wszystkim w blaszkach [Savoie i in., 2008].



Rys. 2. Zawartość związków fenolowych ogółem w etanolowych ekstraktach z trzonów i kapeluszy *L. edodes* (Le), *A. brasiliensis* (Ab) oraz *P. ostreatus* (Po)

Wyniki dotyczące tłumienia rodników DPPH przedstawiono na rys. 3. Biorąc pod uwagę trzony badanych gatunków, najwyższy potencjał przeciwutleniający wykazała pieczarka brazylijska ($8,95 \pm 0,51$ μ moles Troloksu/g sm). Znacznie

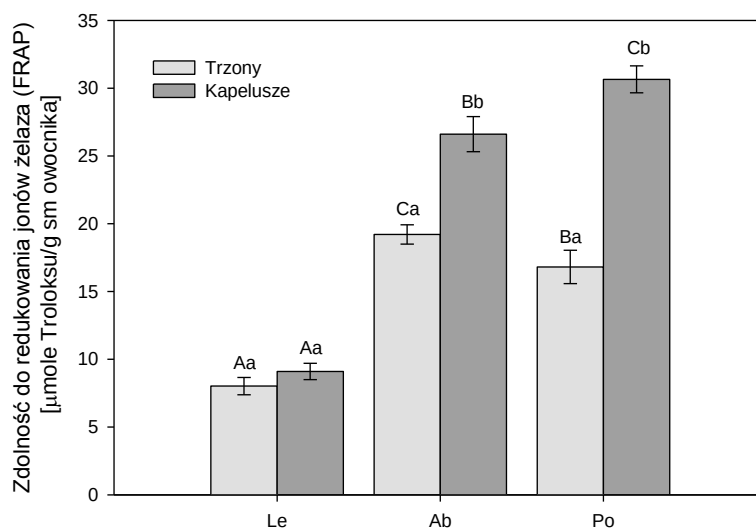
mniejszą aktywność zaobserwowano w przypadku twardziaka jadalnego i bocznika ostrygowatego (odpowiednio $5,14 \pm 0,43 \mu\text{moli Troloksu/g sm}$ i $5,62 \pm 0,35 \mu\text{moli Troloksu/g sm}$). Porównując kapelusze poszczególnych gatunków, nie wykazano różnic statystycznych pomiędzy pieczarką brazylijską i bocznikiem ostrygowatym. Oba te gatunki charakteryzowały się prawie dwukrotnie wyższą aktywnością przeciwutleniającą w porównaniu do twardziaka jadalnego, dla którego stwierdzono wartość tego parametru na poziomie $5,70 \pm 0,16 \mu\text{moli Troloksu/g sm}$. Wyniki te są nieco odmienne od tych jakie uzyskali Hong i in. [2012], którzy stwierdzili około 20% wyższą aktywność trzonów bocznika ostrygowatego, w porównaniu z trzonami twardziaka jadalnego. W dwóch analizowanych gatunkach kapelusze wykazywały wyższy potencjał przeciwutleniający w porównaniu z trzonami. Największą, bo prawie dwukrotnie większą różnicę, stwierdzono w owocnikach *P. ostreatus*, podczas gdy w przypadku *A. brasiliensis* wyniosła ona około 17%. Poszczególne części owocników *L. edodes* nie wykazały natomiast różnic istotnie statystycznych. W związku z tym wyniki te są odmienne od tych opublikowanych przez Hong i in. [2012], którzy stwierdzili wyższą aktywność przeciwutleniającą wyciągów z kapeluszy. Przeważnie kapelusze grzybów wykazują wyższą aktywność w porównaniu do trzonów. Niemniej jednak, w danych literaturowych można znaleźć przypadki, gdy różnice te nie występują. Przykładem mogą być owocniki pieczarki dwuzarodnikowej [Hong i in., 2012; Savoie i in., 2008].



Rys. 3. Zdolność do neutralizowania rodników DPPH przez etanolowe ekstrakty z trzonów i kapeluszy *L. edodes* (Le), *A. brasiliensis* (Ab) oraz *P. ostreatus* (Po)

Zdolność badanych ekstraktów do redukowania jonów żelaza (FRAP) przedstawiona została na rys. 4. Otrzymane wyniki są analogiczne do przeprowadzonej analizy z rodnikami DPPH. Wśród trzonów najwyższym potencjałem przeciwutleniającym charakteryzowała się pieczarka brazylijska ($19,21 \pm 0,71 \mu\text{moli Troloksu/g sm}$), zaś najniższym twardziak jadalny ($8,02 \pm 0,64 \mu\text{moli Troloksu/g sm}$). Rozpatrując aktywność wyciągów uzyskanych z kapeluszy, najwyższy potencjał cechował boczniaka ostrzygowatego ($30,65 \pm 0,99 \mu\text{moli Troloksu/g sm}$), natomiast najniższy stwierdzono dla twardziaka jadalnego ($9,10 \pm 0,60 \mu\text{moli Troloksu/g sm}$). Wyższy potencjał przeciwutleniający pieczarki brazylijskiej w porównaniu do twardziaka jadalnego (mierzony zarówno metodą FRAP, jak i z DPPH) wykazały również wcześniejsze badania [Carneiro i in., 2013; Da Silva i Jorge, 2011].

Podobnie jak w przypadku poprzednich analiz, zaobserwowano wyższą aktywność przeciwutleniającą kapeluszy w porównaniu z trzonami, przy czym największą różnicę w aktywności (wynoszącą około 82%) stwierdzono dla boczniaka ostrzygowatego. W przypadku pieczarki brazylijskiej różnica ta wyniosła około 40%, natomiast nie zaobserwowano różnicy istotnej statystycznie między trzonem i kapeluszem twardziaka jadalnego.

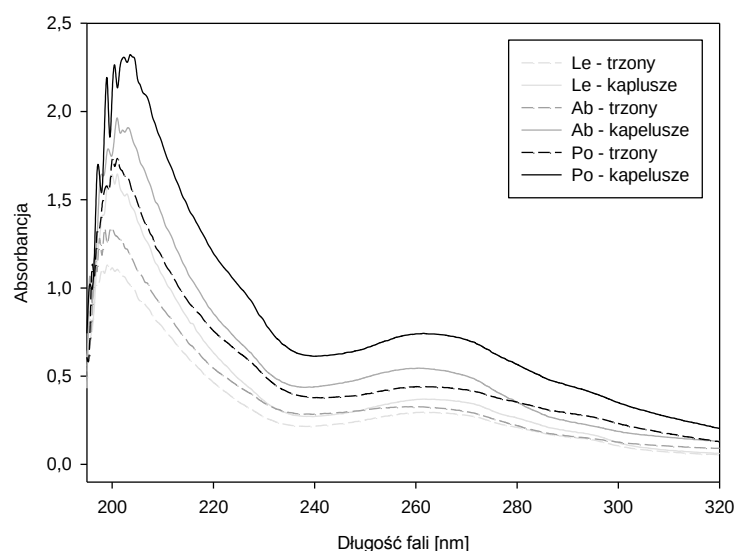


Rys. 4. Zdolność do redukowania jonów żelaza (FRAP) przez etanolowe ekstrakty z trzonów i kapeluszy *L. edodes* (Le), *A. brasiliensis* (Ab) oraz *P. ostreatus* (Po)

Doświadczenie wykazało, że występuje silna korelacja ($R=0,961$) pomiędzy zawartością związków fenolowych a zdolnością do tłumienia rodników DPPH. Nieco mniejszą zależność ($R=0,958$) stwierdzono pomiędzy zdolnością do

redukowania jonów żelaza, a zawartością związków fenolowych ogółem. Natomiast korelacja pomiędzy dwiema zastosowanymi metodami była na poziomie $R=0,932$. Potwierdza to rezultaty wielu wcześniejszych badań, świadczących o tym, że za właściwości przeciwutleniające grzybów odpowiadają przede wszystkim związki fenolowe ogółem.

Widma UV-VIS badanych wyciągów etanolowych przedstawia rys. 5. Wszystkie badane widma charakteryzują się podobieństwem, przejawiającym się obecnością pasm przy maksimum absorpcji ~ 220 nm i ~ 263 nm. W przypadku owocników twardziaka jadalnego oraz bocznika ostrygowatego obecny jest także niewielki pik przy ~ 295 nm. Przy tej długości fali stwierdzono najwyższą korelację pomiędzy właściwościami przeciwutleniającymi zmierzonymi metodami FRAP i z DPPH (tabela 1). Natomiast zawartość związków fenolowych ogółem skorelowana była najlepiej z absorbancją przy długości fali 263 nm. Oznaczanie aktywności przeciwutleniającej grzybów na podstawie analizy widm UV-VIS nie było dotychczas tematem prac badawczych. Dong i in. [2015] badając bulwy storczyka, stwierdzili wysoką korelację ($R=0,978$) pomiędzy absorpcją przy długości fali 273 nm a zdolnością do neutralizowania rodników DPPH. Z kolei badając etanolowe wyciągi z propolisu stwierdzono wysoką korelację przy długości fali 353 nm ($R=0,769$), natomiast przy 290 nm zależność ta była słabsza ($R=0,465$) [Moł i in., 2011].



Rys. 5. Widma UV-VIS etanolowych wyciągów z trzonów i kapłuszy *L. edodes* (Le), *A. brasiliensis* (Ab) oraz *P. ostreatus* (Po)

Tab. 1. Zależność pomiędzy absorpcją a zawartością związków fenolowych ogółem i aktywnością przeciwutleniającą.

Korelacja	Związki fenolowe ogółem	DPPH	FRAP
$A_{295\text{ nm}}$	0,938	0,975	0,981
$A_{263\text{ nm}}$	0,946	0,887	0,891

Wnioski

1. Badane gatunki podstawczaków wykazują zróżnicowaną zawartość związków fenolowych ogółem oraz właściwości przeciwutleniające.
2. Trzony i kapelusze poszczególnych gatunków różnią się pod względem zawartości związków polifenolowych i właściwości przeciwutleniających.
3. Kapelusze charakteryzują się wyższym potencjałem przeciwutleniającym, niezależnie od badanego gatunku.
4. Najsilniejszym potencjałem przeciwutleniającym charakteryzują się kapelusze *P. ostreatus*, zaś najwięcej związków fenolowych występuje w kapeluszach *A. brasiliensis*.
5. Bezpośredni pomiar absorpcji przy w długości fali ~295 nm może służyć do szybkiego oszacowania właściwości przeciwutleniającej badanych gatunków grzybów.

Literatura

- [1] E. Birben, U. M. Sahiner, C. Sackesen, S. Erzurum and O. Kalayci: Oxidative stress and antioxidant defense. World Allergy Organization Journal, 2012, 1(5), 9-19.
- [2] J. Limón-Pacheco and M. E. Gonsebatt: The role of antioxidants and antioxidant-related enzymes in protective responses to environmentally induced oxidative stress. Mutation Research - Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, 2009, 1-2(674), 137-147.
- [3] S. Wang, J. P. Melnyk, R. Tsao and M. F. Marcone: How natural dietary antioxidants in fruits, vegetables and legumes promote vascular health. Food Research International, 2011, 1(44), 14-22.
- [4] P. C. K. Cheung. Nutritional Value and Health Benefits of Mushrooms. In.: Mushrooms as Functional Foods. Eds. P. C. K. Cheung. John Wiley & Sons, Inc., 2009, 71-109.
- [5] M. Siwulski, K. Sobieralski and I. Sas-Golak: Wartość odżywcza i prozdrowotna grzybów. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2014, 1(92), 16-28.
- [6] M. H. Hong, Y. J. Jin and Y. H. Pyo: Antioxidant properties and ubiquinone contents in different parts of several commercial mushrooms. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, 2012, 9(41), 1235-1241.

- [7] J. Chen, P. Lai, H. Shen, H. Zhen and R. Fang: Effect of extraction methods on polysaccharide of *Clitocybe maxima* stipe. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 2013, 3(5), 370-373.
- [8] L. Y. Lin, Y. H. Tseng, R. C. Li and J. L. Mau: Quality of shiitake stipe bread. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2008, 6(32), 1002-1015.
- [9] P. H. Lin, S. Y. Huang, J. L. Mau, B. K. Liou and T. J. Fang: A novel alcoholic beverage developed from shiitake stipe extract and cane sugar with various *Saccharomyces* strains. *LWT - Food Science and Technology*, 2010, 6(43), 971-976.
- [10] W. Radzki and J. Kalbarczyk: Water soluble polysaccharides content in three species of edible and medicinal mushrooms: *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*, *Agaricus blazei*. *Herba Polonica*, 2010, 4(56), 31-38.
- [11] W. Radzki, A. Sławińska, E. Jabłońska-Ryś and W. Gustaw: Antioxidant capacity and polyphenolics content in dried wild growing edible mushrooms. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 2014, 1(16), 65-75.
- [12] V. L. Singleton and J. A. Rossi: Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic acid–phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 1965, 16(1), 144-158.
- [13] Y. Choi, S. M. Lee, J. Chun, H. B. Lee and J. Lee: Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chemistry*, 2006, 2(99), 381-387.
- [14] I. F. F. Benzie and J. J. Strain: The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of 'antioxidant power': The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 1996, 1(239), 70-76.
- [15] A. E. S. S. Carvajal, E. A. Koehnlein, A. A. Soares, G. J. Eler, A. T. A. Nakashima, A. Bracht and R. M. Peralta: Bioactives of fruiting bodies and submerged culture mycelia of *Agaricus brasiliensis* (A.blazei) and their antioxidant properties. *LWT - Food Science and Technology*, 2012, 2(46), 493-499.
- [16] S. J. Huang and J. L. Mau: Antioxidant properties of methanolic extracts from *Agaricus blazei* with various doses of γ -irradiation. *LWT - Food Science and Technology*, 2006, 7(39), 707-716.
- [17] I. C. F. R. Ferreira, P. Baptista, M. Vilas-Boas and L. Barros: Free-radical scavenging capacity and reducing power of wild edible mushrooms from northeast Portugal: Individual cap and stipe activity. *Food Chemistry*, 2007, 4(100), 1511-1516.
- [18] J. M. Savoie, N. Minvielle and M. L. Largeteau: Radical-scavenging properties of extracts from the white button mushroom, *Agaricus bisporus*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2008, 6(88), 970-975.

- [19] A. A. J. Carneiro, I. C. F. R. Ferreira, M. Dueñas, L. Barros, R. Da Silva, E. Gomes and C. Santos-Buelga: Chemical composition and antioxidant activity of dried powder formulations of *Agaricus blazei* and *Lentinus edodes*. *Food Chemistry*, 2013, 4(138), 2168-2173.
- [20] A. C. Da Silva and N. Jorge: Antioxidant properties of *Lentinus edodes* and *Agaricus blazei* extracts. *Journal of Food Quality*, 2011, 6(34), 386-394.
- [21] J. W. Dong, L. Cai, J. Xiong, X. H. Chen, W. Y. Wang, N. Shen, B. L. Liu and Z. T. Ding: Improving the antioxidant and antibacterial activities of fermented *Bletilla striata* with *Fusarium avenaceum* and *Fusarium oxysporum*. *Process Biochemistry*, 2015, 1(50), 8-13.
- [22] A. C. Moț, R. Silaghi-Dumitrescu and C. Sârbu: Rapid and effective evaluation of the antioxidant capacity of propolis extracts using DPPH bleaching kinetic profiles, FT-IR and UV-vis spectroscopic data. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2011, 4-5(24), 516-522.

WPŁYW EKSTRAKTÓW Z RÓŻNYCH ODMIAN CZOSNKU NA EKSPRESJĘ METALOPROTEAZ ADAM W LUDZKICH KOMÓRKACH ŚRÓDBŁONKA NACZYŃ *IN VITRO*

KAMILA RYBCZYŃSKA, KATARZYNA GAWEL-BĘBEN, STANISŁAW
SURMA, JAN GMIŃSKI

Streszczenie

Czosnek pospolity (*Allium sativum* L.) jest jedną z najstarszych roślin uprawianych przez człowieka. Jest popularny nie tylko ze względu na swoje właściwości przyprawowe, ale również ze względu na szerokie spektrum właściwości prozdrowotnych m.in.: przeciwmiażdżycowych. W świetle aktualnych wyników badań, miażdżycą jest postępującym procesem chorobowym, u podstawy którego leżą dysfunkcja śródbłónka i przewlekły stan zapalny. Ochronny wpływ ekstraktów z polskiej i chińskiej odmiany czosnku badano w warunkach *in vitro*, co obejmowało hodowlę komórek śródbłónka naczyń (HUVEC, CRL-1730) w układzie kontrolnym i stymulowanym czynnikiem prozapalnym TNF α . W obu układach doświadczalnych, w supernatancie oznaczono stężenie molekuł adhezyjnych: sVCAM-1 i sICAM-1. Poziom ekspresji metaloproteaz ADAM10 i ADAM17 wykonano przy użyciu techniki Real-time PCR. Na podstawie uzyskanych wyników badań można stwierdzić, że ekstrakty z badanych odmian czosnku charakteryzowały się właściwościami ochronnymi w stosunku do komórek śródbłónka naczyń. W obecności badanych ekstraktów z czosnku oraz czynnika TNF α , stężenie molekuł adhezyjnych obniżało się dwukrotnie. W obecność tych ekstraktów, poziom ekspresji metaloproteaz ADAM 10 i ADAM 17 oraz stężenie molekuł adhezyjnych sVCAM-1 i sICAM-1 ulegało obniżeniu w porównaniu do układu kontrolnego.

Słowa kluczowe: czosnek, VCAM, ICAM, metaloproteazy ADAM,

Wprowadzenie

Czosnek pospolity (*Allium sativum* L.) jest jedną z najstarszych roślin uprawianych przez człowieka. Jest popularny nie tylko ze względu na swoje właściwości przyprawowe, ale także ze względu na szerokie spektrum właściwości prozdrowotnych [Kopeć i in., 2013]. Czosnek jest rośliną bardzo bogatą w aktywne biologicznie substancje, co skutkuje jego różnorodnym działaniem farmakologicznym i wielostronnym zastosowaniem terapeutycznym [Ankri i Mirelman, 1999; Bhandari, 2012]. W literaturze przedmiotu szeroko opisano

przeciwmikrobiologiczne, przeciwwirusowe, przeciwgrzybiczne oraz przeciwpasożytnicze właściwości czosnku. Czosnek wykazuje także właściwości wspomagające odporność organizmu, stymulujące układ immunologiczny oraz wykazując silne właściwości przeciwutleniające [Kwiecień i Winiarska-Mieczan, 2011]. Znany jest także dobroczynny wpływ czosnku na układ sercowo-naczyniowy, między innymi poprzez utrzymanie prawidłowego poziomu cholesterolu i lipidów we krwi, działanie fibrynolitycznie i zmniejszające agregację płytek krwi [Grajek, 2004]. Substancje aktywne obecne w czosnku posiadają również właściwości przeciwmiażdżycowe [Cybulsky i Gimbrone, 1999; Hodge i in., 2002; Grajek, 2004, Lee i in., 2011].

Choroby układu krążenia są odpowiedzialne za prawie 50% wszystkich zgonów w Polsce, a prowadzone obserwacje dowodzą, że liczba ta ulega stałemu wzrostowi [Karbowska 2009]. W świetle aktualnych wyników badań, miażdżycą jest postępującym procesem chorobowym, u podstawy którego leżą dysfunkcja śródbłonna i przewlekły stan zapalny [Ross, 1998; Vergnani i in., 2000]. Russell Ross w 1998 roku jako pierwszy zaproponował hipotezę, że miażdżycą jest procesem zapalnym stanowiącym odpowiedź ściany naczynia na uszkodzenie [Ross, 1998]. Mechanizm powstawania procesów zapalnych wiąże się z aktywacją czynnika transkrypcyjnego NF- κ B (nuclear factor kappa B – czynnik jądrowy kappa B) przez tworzone reaktywne formy tlenu (RFT). NF- κ B aktywuje wiele genów prozapalnych, takich jak geny interleukin (IL-1b, IL-2, IL-6, IL-8), interferonu b i g, białka chemotaktycznego monocytów 1 (MCP1 – monocyte chemoattractant protein 1), czynników pobudzających kolonie: granulocytów-makrofagów (GM-CSF), granulocytów (G-CSF), makrofagów (M-CSF), a także geny czynników wzrostu i różnicowania: VEGF, transformującego czynnika wzrostowego b2 (TGF-b2) oraz cząsteczek adhezyjnych: naczyniowej (sVCAM-1) i międzykomórkowej (sICAM-1). W patogenezie miażdżycy w pierwszej kolejności dochodzi do zwiększenia ekspresji molekuł adhezyjnych na uszkodzonych komórkach śródbłonna, zwłaszcza ICAM-1 (intercellular adhesion molecule-1) i VCAM-1 (vascular cell adhesion molecule-1). Na skutek zwiększonej ekspresji białka MCP-1 działającego chemotaktycznie oraz immunoglobulinowych białek adhezyjnych sICAM-1 i sVCAM-1, do których wiążą się integryny leukocytów, wzmożona zostaje mobilizacja i adhezja tych komórek do ścian naczyń. Po diapedezie monocyty przekształcają się w makrofagi, te uwalniają wiele enzymów, m.in. metaloproteinazy odpowiedzialne za pękanie pokrywy i tworzenie zakrzepów, a następnie przekształcają się w komórki piankowe, które budują rdzeń blaszki miażdżycowej [Vergnani i in., 2000; Kullczykowska-Płaskej i in., 2006].

Najnowsze dane wskazują także na istotną rolę metaloproteinaz z rodziny ADAM w prawidłowym i patologicznym funkcjonowaniu komórek śródbłonna naczyń krwionośnych oraz patogenezie miażdżycy [Herren, 2002; Lee i in., 2012; van der Vorst i in., 2012]. Metaloproteazy z rodziny ADAM (ang. A Disintegrin

and Metalloprotease) to grupa enzymów odpowiedzialnych za hydrolizę białek transbłonowych, co warunkuje prawidłowy przebieg wielu procesów fizjologicznych. Zaburzenia poziomu ekspresji lub aktywności przedstawicieli rodziny ADAM mogą być związane m.in. z patogenezą reumatoidalnego zapalenia stawów, choroby Alzheimera, stwardnienia rozsianego i nowotworów [Seals i in., 2003; Edwards i in., 2008]. Największe znaczenie w regulacji funkcjonowania śródbłonna przypisuje się metaloproteinazom ADAM9, ADAM10, ADAM15 i ADAM17. ADAM9 katalizuje hydrolizę konwertazy angiotensyny (ACE) na powierzchni komórek śródbłonna, powodując aktywację tego enzymu [English i in., 2012], natomiast obecność ADAM15 na powierzchni komórek śródbłonna zwiększa przyleganie płytek krwi [Langer i in., 2005]. Ponadto ADAM15 umożliwia migrację monocytów z krwi przez śródbłonek i promuje rozwój blaszki miażdżycowej, jak wykazano w badaniach na mysim modelu miażdżycy [Sun i in., 2012]. ADAM 10 i 17 są określane jako czynniki złuszczone. Największą rolę odgrywa tutaj ADAM 17, który jest zwany enzymem konwertującym TNF-alfa. Uczestniczy on w złuszczeniu m.in.: rozpuszczalnej formy TNF α [Fink i Boratyński, 2012]

Literatura przedmiotu dotycząca przeciwmiażdżycowej aktywności ekstraktów z czosnku jest bogata. Dotychczasowe wyniki wskazują na korzystny wpływ czosnku na procesy antyoksydacyjne oraz układ lipidowy osocza [Levin i Popov, 1994; Ou i in., 2003]. Prowadzone przez nasz zespół badania nad wpływem ekstraktów z różnych odmian czosnku wskazują na zróżnicowaną jego aktywność, zależną od odmiany.

Celem niniejszej pracy była identyfikacja czynników prozapalnych wpływających na poziom markerów stanu zapalnego oraz określenie wpływu ekstraktów z wybranych odmian czosnku (polskiego, chińskiego) na podstawową i indukowaną ekspresję metaloproteaz z rodziny ADAM.

Material i metody badań

Przygotowanie wodnych ekstraktów z czosnku polskiego i chińskiego. Polski czosnek odmiany „Harnaś” oraz czosnek pochodzący z Chin otrzymano z Firmy Produkcyjno-Handlowo-Usługowej "MARKIE-POL", Dąbrówka Wielka. 10 g świeżych, obranych ząbków czosnku zalano 100 ml wody destylowanej i rozdrobniono w łaźni lodowej, przy użyciu blendera. Otrzymaną w ten sposób zawiesinę inkubowano w temperaturze 4°C przez 30 min, po czym wirowano 10 min przy prędkości 3900 g. Uzyskany supernatant filtrowano przez sterylny filtr strzykawkowy o średnicy porów równej 0.22 μ m (Millipore) [Lemar i in. 2002]. Ekstrakt z każdej odmiany czosnku wykonano co najmniej trzykrotnie.

Hodowla komórek. Komórki śródbłonna naczyń HUVEC (ATCC, CRL-1730) hodowano z podłożem F-12K (ATCC 30-2004) z dodatkiem odpowiednich czynników wzrostu (ang. *Endothelial Cell Growth Supplement*, ECGS) oraz 10% FBS (ang. *Fetal Bovine Serum*, bydlęca surowica płodowa) (Invitrogen) w temp.

37°C, w atmosferze 5% CO₂. Komórki sadzano na 6-dółkowych płytkach, w ilości 5x10⁴ komórek na dołek i hodowano przez 24 godziny. Po tym czasie medium hodowlane zastępowano F-12K z dodatkiem 1% FBS, zawierającym czynnik indukujący stan zapalny, TNFα (*ang. tumor necrosis factor - α*) w stężeniu 10ng/ml. Po kolejnych 24 godzinach medium F-12K z czynnikiem TNFα zastępowano 1% podłożem F-12K z dodatkiem badanych odmian czosnku (100 µg/ml). Doświadczenie prowadzono 24 godziny. Komórki kontrolne hodowano w medium F-12K z 1% FBS, z dodatkiem równej objętości sterylnej wody.

Oznaczenie stężenia molekuł adhezyjnych: sVCAM-1 i sICAM-1

W każdym układzie eksperymentalnym stężenie molekuł adhezyjnych oznaczono w supernatancie otrzymanym z hodowli komórek śródbłonna naczyń (HUVEC) przed i po traktowaniu czynnikiem TNFα. Stężenie molekuł adhezyjnych w supernatancie oznaczono przy użyciu zestawów Quatikine Human sVCAM-1 i sICAM-1 Immunoassay kit (R&D, USA). Wyniki podano w ng/mL

Oznaczanie poziomu ekspresji metaloproteaz ADAM 10 i ADAM17

Całkowity RNA został wyizolowany z komórek przy użyciu zestawu RNeasy Plus MiniKit (Qiagen). Reakcję odwrotnej transkrypcji przeprowadzono z wykorzystaniem zestawu QuantiTect Reverse Transcription Kit (Qiagen). Poziom ekspresji metaloproteaz z rodziny ADAM wykonano metodą Real-time PCR oraz zestawu QuantiFast SYBR Green PCR Kit (Qiagen) przy użyciu termocyklera CFX connect Real-time System (BioRad).

Reakcję amplifikacji przygotowano w oparciu o sekwencję starterów dla genu ADAM10:

F 5' AATGGATTGTGGCTCATTGGTGGG'3

R 5' TGGAAGTGGTTTAGGAGGAGGACC'3,

dla genu ADAM17:

F 5' AGTGCAGTGACAGGAACAGTCCTT'3

R 5' GGACACGCCTTTGCAAGTAGCATT'3

oraz genu GAPDH:

F 5' GCTCACTGGCATGGCCTTCCG'3

R 5' GTGGGCCATGAGGTCCACCAC'3.

Reakcję PCR prowadzono zgodnie z protokołem: 95°C (5 min.) oraz 35 cykli; 95°C (10 sek.), 60°C (30 sek.) oraz 72°C (30 sek.). W celu porównania poziomu ekspresji genów w poszczególnych próbach wyniki doświadczenia analizowano poprzez porównanie liczby transkryptów genu badanego i referencyjnego w danej próbce w odniesieniu do stosunku transkryptów genu badanego i referencyjnego w próbce kontrolnej.

Analiza statystyczna. Każde doświadczenie wykonano w trzech powtórzeniach i obliczono odchylenie standardowe. Analizę statystyczną oraz wykresy wykonano przy użyciu programu GraphPad Prism 5.0. Do oceny uzyskanych wyników

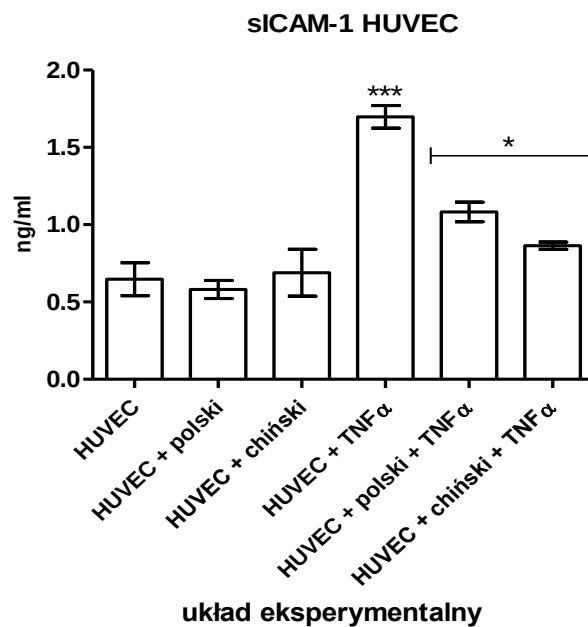
zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA oraz test Tukey'a ($\alpha=0.05$).

Wyniki i dyskusja

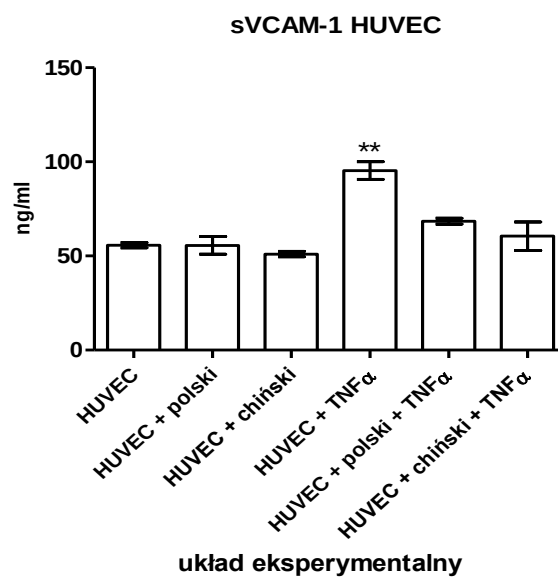
W wyniku przeprowadzonych badań można stwierdzić, że badane odmiany czosnku polskiego i chińskiego wykazują ochronny wpływ na komórki śródbłónka naczyń. Dodatek ekstraktów czosnku do podłoża F-12K, w którym prowadzono hodowlę komórek śródbłónka naczyń HUVEC, nie wpływał istotnie na stężenie badanych molekuł adhezyjnych w supernatancie. Po dodaniu czynnika indukującego stan zapalny ($\text{TNF}\alpha$) stężenie molekuł adhezyjnych sICAM-1 i sVCAM-1 zwiększyło się prawie dwukrotnie (Rys. 1, Rys. 2). W porównaniu do układu kontrolnego (HUVEC + $\text{TNF}\alpha$) obecność ekstraktów z badanych odmian czosnku istotnie obniżała stężenie molekuł adhezyjnych sVCAM-1 i sICAM-1 w supernatancie (Rys.1, Rys.2). W obecności ekstraktów z obu badanych odmian czosnku, stężenie molekuł adhezyjnych sICAM-1 oraz sVCAM-1 w supernatancie istotnie się zmniejszyło ($p<0.0001$; $p<0.001$). W przypadku sICAM-1, stężenie molekuł adhezyjnych było jednak nieznacznie podwyższone w stosunku do kontroli (HUVEC + polski; HUVEC + chiński) (Rys.1). W tym układzie eksperymentalnym, ekstrakt z czosnku chińskiego charakteryzował się wyższymi właściwościami ochronnymi ($p<0.05$) w stosunku do komórek śródbłónka naczyń (Rys. 1). W przypadku sVCAM-1 nie wykazano istotnych różnic pomiędzy ochronnym działaniem ekstraktu z czosnku polskiego i chińskiego na komórki śródbłónka naczyń (Rys.2).

Powszechnie wiadomo, że indukcja komórek stanu zapalnego jest kluczowym etapem w dysfunkcji śródbłónka naczyń, który w konsekwencji prowadzi do miażdżycy [Lee i in., 2011]. Dane literaturowe w tym zakresie pokazują, że ekstrakty z czosnku redukują zarówno stan zapalny jak i obniżają poziom ekspresji genów warunkujących jego indukcję [Hodge i in., 2002; Lee i in., 2011]. Badania Lee i współpracowników (2011) pokazują, że w obecności ekstraktu czosnku w hodowli komórek śródbłónka naczyń (HUVEC) traktowanych $\text{TNF}\alpha$, hamowane jest wydzielanie cząsteczek adhezyjnych sVCAM-1 w porównaniu do układu kontrolnego [Lee i in., 2011].

Spadek stężenia molekuł adhezyjnych sICAM-1 i sVCAM-1 w supernatancie był związany z obniżeniem poziomu metaloproteaz z rodziny ADAM. W przypadku obu badanych odmian czosnku, w porównaniu do układu kontrolnego, poziom ekspresji metaloproteaz ADAM10 i ADAM17 ulegał obniżeniu (20-28%).



Rys. 1. Stężenie molekuł adhezyjnych sICAM-1 w supernatancie hodowli komórek śródbłónka naczyń w różnych układach eksperymentalnych (***) $p < 0.0001$; ** $p < 0.001$; * $p < 0.05$)



Rys. 2. Stężenie molekuł adhezyjnych sVCAM-1 w supernatancie hodowli komórek śródbłónka naczyń w różnych układach eksperymentalnych. (***) $p < 0.0001$; ** $p < 0.001$; * $p < 0.05$)

W literaturze przedmiotu nie są dostępne informacje dotyczących wpływu ekstraktów czosnku i jego bioaktywnych substancji na poziom ekspresji metaloproteaz z rodziny ADAM. Wiadomo jednak, że substancje aktywne obecne w ekstrakcie z czosnku efektywnie obniżają poziom ekspresji genów odpowiedzialnych za indukowanie stanu zapalnego, zwłaszcza sVCAM-1 i sICAM-1 [Cybulsky i Gimbrone, 1999; Hodge i in., 2002; Lee i in., 2011]. Molekuły adhezyjne sVCAM-1 stanowią jeden z głównych czynników odpowiedzialnych za przyleganie monocytów do komórek śródbłonka naczyń, co stanowi kluczowy etap w rozwoju miażdżycy [Cybulsky i Gimbrone, 1999]. Ważnym czynnikiem wpływającym na syntezę molekuł adhezyjnych sVCAM-1 jest także stres oksydacyjny. Reaktywne formy tlenu (RFT) stymulują ekspresję genu NF- κ B, który poprzez aktywację czynnika TNF α jest odpowiedzialny za syntezę molekuł adhezyjnych sICAM-1 i sVCAM-1 [Collins i Cybulsky, 2001]. Aktywność przeciwutleniająca różnych odmian czosnku (*Allium sativum* L.) jest uwarunkowana między innymi zawartością aktywnych związków fenolowych. Dane literaturowe potwierdzają istotny udział związków fenolowych w mechanizmie antyoksydacyjnym czosnku [Gorinstein i in., 2005; Bozin i in. 2008; Beato i in., 2011; Chen i in. 2013]. Badane w niniejszej pracy odmiany czosnku również charakteryzowały się wysoką zawartością związków fenolowych (dane niepublikowane). Lee i współpracownicy (2011) donoszą, że hamowanie syntezy molekuł adhezyjnych sVCAM-1 w hodowli komórek śródbłonka naczyń (HUVEC) w obecności czynnika TNF α , jest hamowane zarówno poprzez obniżenie poziomu ekspresji NF- κ B oraz ograniczenie powstawanie RFT [Lee i in., 2011].

Wnioski

1. Ekstrakty z badanych odmian czosnku wykazywały ochronny wpływ na komórki śródbłonka naczyń, przy czym ekstrakt z chińskiej odmiany czosnku charakteryzował się istotnie wyższymi właściwościami ochronnymi.
2. W obecności ekstraktu zarówno z odmiany czosnku polskiego jak i chińskiego stężenie molekuł adhezyjnych sVCAM-1 i sICAM-1 w supernatancie było istotnie niższe ($p < 0.0001$, $p < 0.001$) w porównaniu do układu kontrolnego (HUVEC + TNF α).
3. W obecności badanych odmian czosnku poziom ekspresji metaloproteaz ADAM10 i ADAM17 ulegał obniżeniu.

Literatura

- [1] Ankri S, Mirelman D. Antimicrobial properties of allicin from garlic. *Microbes and Infection*, 1999, 1, 125-129.
- [2] Beato VM, Orgaz F, Mansilla F, Montaña A. Changes in phenolic compounds in garlic (*Allium sativum* L.) owing to the cultivar and location of growth. *Plant Foods for Human Nutrition*, 2011, 66 (3), 218–223.

- [3] Bhandari PR. Garlic (*Allium sativum* L.): A review of potential therapeutic applications. *International Journal of Green Pharmacology*, 2012, 6, 118 - 129.
- [4] Bozin B, Mimica-Dukic N, Samojlik I, Goran A, Igic R. Phenolics as antioxidants in Garlic (*Alium sativum* L., *Aliaceae*). *Food Chemistry*, 2008, 111, 925-929.
- [5] Chen S, Shen X, Cheng S, Li P, Du J, Chang Y, Meng H. Evaluation of garlic cultivars for polyphenolic content and antioxidant properties. *PLoS ONE*, 2013, 8 (11), e79730.
- [6] Collins T, Cybulsky MI. NF- κ B pivotal mediator or innocent bystander in arterogenesis? *Journal of Clinical Investigation*, 2001, 107, 255-264.
- [7] Cybulsky MI, Gimbrone MA. Endothelial expression of a monocyte leukocyte adhesion molecule during atherogenesis. *Science*, 1991, 251, 788-791.
- [8] Edwards DR, Handsley MM, Pennington CJ. The ADAM metalloproteinases. *Molecular Aspects of Medicine*, 2008, (5):258-89.
- [9] English WR, Corvol P, Murphy G. LPS activates ADAM9 dependent shedding of ACE from endothelial cells. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2012, 421(1), 70-5.
- [10] Fink K, Boratyński J. Rola metaloproteinaz w modyfikacji macierzy zewnątrzkomórkowej w nowotworowym wzroście inwazyjnym, w przerzutowaniu i w angiogenezie. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*, 2012, 66, 609-628.
- [11] Gorinstein S, Drzewiecki J, Leontowicz H, Leontowicz M, Najman K, Jastrzebski Z, Zachwieja Z, Barton H, Shtabsky B, Katrich E, Trakhtenberg S. Comparison of the bioactive compounds and antioxidant potentials of fresh and cooked Polish, Ukrainian, and Israeli garlic. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, 53 (7), 2726-2732.
- [12] Grajek W. Rola przeciwutleniaczy w zmniejszeniu ryzyka wystąpienia nowotworów i chorób układu krążenia. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, 1 (38), 3-11.
- [13] Herren B. ADAM-mediated shedding and adhesion: a vascular perspective. *News in Physiological Sciences*. 2002, 17:73-6.
- [14] Hodge G, Hodge S, Han P., *Allium sativum* (garlic) suppresses leucocyte inflammatory cytokine production in vitro: potential therapeutic use in the treatment of inflammatory bowel disease. *Cytometry*, 2002, 48, 209-215.
- [15] Karbowska A. Rezystyna – czynnik patogenetyczny czy biomarker zaburzeń metabolicznych i zapalenia? *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*, 2009, 63: 485-491.
- [16] Kopeć A., Piątkowska E., Leszczyńska T., Sikora E. Healthy properties of garlic. *Current Nutrition and Food Science*, 2013, 9 (1), 59-64.
- [17] Kullczykowska-Płaskiej J., Bednarek-Tupikowska G., Płaskiej R., Filus A.: Receptor CD36-występowanie, regulacja ekspresji oraz rola w patogenezie

- miażdżycy. Część I. Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej, 2006, 60: 142-151.
- [18] Kwiecień M, Winiarska-Mieczan A. Czosnek jako zioło kształtujące właściwości prozdrowotne. *Problem. Hig. Epidemiol.*, 2011, 92 (4), 810-812.
 - [19] Langer H, May AE, Bültmann A, Gawaz M. ADAM 15 is an adhesion receptor for platelet GPIIb-IIIa and induces platelet activation. *Thrombosis and Haemostasis*. 2005, 94(3), 555-61.
 - [20] Lee S, Springstead JR, Parks BW, Romanoski CE, Palvolgyi R, Ho T, Nguyen P, Lusis AJ, Berliner JA. Metalloproteinase processing of HBEGF is a proximal event in the response of human aortic endothelial cells to oxidized phospholipids. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 2012, 32(5), 1246-54.
 - [21] Lemar KM., Turner MP., Lloyd D.: Garlic (*Allium sativum*) as an anti-Candida agent: a comparison of the efficacy of fresh garlic and freeze-dried extracts. *Journal of Applied Microbiology*, 2002, 93 (3), 398-405.
 - [22] Lewin G, Popov I. Antioxidant effects of aqueous extract. 2nd communication: Inhibition of the Cu(2+)-initiated oxidation of low density lipoproteins. *Arzneimittelforschung*. 1994, 44, 604-7.
 - [23] Ou CC, Tsao SM, Lin MC, Yin MC. Protective action on human LDL against oxidation and glycation by four organosulfur compounds derived from garlic. *Lipids*. 2003, 38, 219-24.
 - [24] Ross R. Atherosclerosis – an inflammatory disease. *The New England Journal of Medicine*, 1998, 340, 115–126.
 - [25] Seals DF, Courtneidge SA. The ADAMs family of metalloproteases: multidomain proteins with multiple functions. *Genes and Development*, 2003, 17(1), 7-30.
 - [26] Sun C, Wu MH, Lee ES, Yuan SY. A disintegrin and metalloproteinase 15 contributes to atherosclerosis by mediating endothelial barrier dysfunction via Src family kinase activity. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 2012, 32(10), 2444-51.
 - [27] van der Vorst EP, Keijbeck AA, de Winther MP, Donners MM. A disintegrin and metalloproteases: molecular scissors in angiogenesis, inflammation and atherosclerosis. *Atherosclerosis*, 2012, 224(2), 302-8.
 - [28] Vergnani L, Hatik S, Ricci F i in. Effect of native and oxidized low-density lipoprotein on endothelial nitric oxide and superoxide production. *Circulation*, 2000, 101, 1261–1266.

WPLYW UKŁADU EKSTRAKCYJNEGO NA ZAWARTOŚĆ POLIFENOLI ORAZ POTENCJAŁ PRZECIWUTLENIAJĄCY EKSTRAKTÓW CZĄBRU, TYMIANKU I OREGANO

MARIOLA SAMSONOWICZ, JOLANTA PIEKUT

Streszczenie

Ekstrakty z roślin zielarskich są często składnikami codziennej diety i wciąż są stosowane nie tylko w przemyśle spożywczym, ale i farmaceutycznym oraz kosmetycznym. Zainteresowanie tymi preparatami wynika z ich korzystnego oddziaływania na organizm.

W pracy przedstawiono wyniki badań aktywności przeciwrodnikowej ekstraktów z cząbrku, oregano i tymianku. Do ekstrakcji stosowano wodę oraz roztwory wodno-etanolowe, wodno-metanolowe i wodno-acetonowe. Aktywność przeciwrodnikową ekstraktów określano metodą DPPH[•]. Całkowitą zawartość związków fenolowych oznaczano stosując odczynnik Folina-Ciocalteu'a. Stwierdzono, że szybkość neutralizacji rodnika DPPH[•] zależy zarówno od stężenia użytego ekstraktu tymianku, cząbrku i oregano, jak również od rodzaju rozpuszczalnika zastosowanego do ekstrakcji. Ze względu na zdolność do deaktywacji rodnika DPPH[•] ekstrakty badanych ziół można uszeregować następująco: ekstrakty tymianku > oregano > cząbrku. Niezależnie od rodzaju rośliny przyprawowej, z której otrzymano ekstrakty największą aktywność przeciwrodnikową wykazywały ekstrakty wodno-acetonowe, a najmniejszą napary wodne. Przeprowadzone badania pozwoliły na stwierdzenie istotnej korelacji pomiędzy zawartością związków fenolowych a właściwościami przeciwutleniającymi badanych ekstraktów (współczynniki korelacji wynosiły 0,8452, 0,8759 i 0,9681 odpowiednio dla cząbrku, oregano oraz tymianku).

Słowa kluczowe: rośliny przyprawowe, aktywność przeciwrodnikowa, potencjał antyutleniający, związki fenolowe

Wprowadzenie

Związki fenolowe i ich pochodne występują powszechnie we wszystkich gatunkach roślin, co powoduje, że są nieodłącznym elementem żywności, leków i kosmetyków.

Żywność pochodzenia roślinnego stanowi ważny element diety człowieka. Jest źródłem metabolitów wtórnych o istotnym wpływie na procesy fizjologiczne. Rośliny przyprawowe używane na co dzień w kuchni, szczególnie z rodziny

Lamiaceae, zmieniają w istotny sposób wartości smakowe pokarmów, zwiększają ich atrakcyjność sensoryczną oraz dostarczają różnych klas związków biologicznie aktywnych [Złotek i Gawlik-Dziki, 2007], które mogą między innymi regulować i zmniejszać ilości różnego typu patogenów w żywności oraz działać aktywnie jako inhibitory niepożądanych procesów utleniania nie tylko w żywności, ale również bardzo często w organizmie ludzkim. Właściwości przeciwutleniające tych składników, głównie polifenoli, polegają na zdolności neutralizowania wolnych rodników, dzięki czemu mogą przeciwdziałać chorobom cywilizacyjnym, takim jak: nowotwory, osteoporoza, choroby zwyrodnieniowe i choroby sercowo-naczyniowe [Samsonowicz, 2014; Céspedes i in. 2008; Yan i in. 2006]. Związki wytwarzane przez organizmy roślinne mogą przeciwdziałać egzogennym (ksenobiotyki, bakterie i wirusy chorobotwórcze) i endogennym (wolne rodniki tlenowe, produkty peroksydacji lipidów, jony metali) czynnikom genotoksycznym oraz wpływać na wszystkie etapy procesu karcynogenezy: inicjację, promocję i progresję [De Flora, 1998, Bear i Dubowska, 2003].

Rośliny przyprawowe są stosowane jako dodatki do żywności zwykle w stanie świeżym lub wysuszonym, ale też i w postaci ekstraktów, których użycie ułatwia standaryzację jakości gotowych produktów i zmniejsza ryzyko zakażenia mikrobiologicznego [Makała, 2010]. Rośliny przyprawowe z rodziny *Lamiaceae*, bogate w związki o właściwościach przeciwdrobnoustrojowych, przeciwnadkwasotwórczych i przeciwutleniających, mogą być używane do konserwacji żywności zapobiegając m.in. jej oksydacyjnym uszkodzeniom [Hossain i in., 2010]. Oregano – roślina należąca do rodziny jasnotowatych (*Lamiaceae*), występuje w Ameryce Północnej, Azji Środkowej oraz w Europie. Na obszarze Polski występuje lebiódka pospolita (*Origanum vulgare*), znana zarówno jako przyprawa, ale też jako ceniona roślina lecznicza [Hać-Szymańczuk i in., 2012]. Olejek eteryczny z oregano działa na szerokie spektrum bakterii, między innymi na *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* i grzybów: *Candida*, *Aspergillus* czy *Rhizopus* [Nedorostova i in., 2009]. Hać-Szymańczuk i wsp. [2012] badali aktywność przeciwbakteryjną wodnych i alkoholowych ekstraktów z suszonego oregano i stwierdzili, że zarówno ekstrakt wodny, alkoholowy jak i olejek eteryczny z oregano wykazywały aktywność przeciwdrobnoustrojową wobec większości badanych bakterii. Efektywność oddziaływania w dużym stopniu zależała od rodzaju rozpuszczalnika użytego do ekstrakcji. Za właściwości przeciwnadkwasotwórcze i przeciwutleniające oregano odpowiedzialne są między innymi kwasy fenolowe i ich pochodne (kwas kawowy, kumarowy, rozmarynowy, protokatechinowy), flawonoidy (m.in. kwercetyna, apigenina i luteolina) i tokoferole [Śledź i Witrowa-Rajchert, 2012; Sung-Sook, 2005; Justesen, 2001].

Tymianek jest aromatyczną rośliną stosowaną w kuchni i w medycynie naturalnej już od starożytności. Liczne badania potwierdziły obecność w tymianku kwasów fenolowych tj.: ferulowego, galusowego, gentyzynowego, kawowego,

p-kumarowego, syringowego, neochlorogenowego [Wojdyło 2007], a także flawonoidów: apigeniny i luteoliny [Justesen 2001].

Cząber, podobnie jak oregano i tymianek, należy do rodziny jasnotowatych, zawiera kwas rozmarynowy, kawowy i chlorogenowy, karnozol, karwakrol i tymol oraz luteolinę, które wpływają na właściwości antyoksydacyjne surowca [Śledź i Witrowa-Rajchert, 2012; Gniewosz i in., 2009]. Wiele substancji obecnych zarówno w cząbrze, oregano jak i w tymianku wykazuje działania przeciwbakteryjne, przeciwwirusowe, przeciwbólowe, zmniejsza ryzyko powstawania nowotworów oraz uszkodzeń DNA

Istnieje wiele doświadczalnych metod określania aktywności przeciwrodnikowej produktów pochodzenia roślinnego. Do analizy właściwości przeciwrodnikowych oraz szybkości neutralizacji wolnych rodników przez substancje zawarte w ekstraktach roślinnych stosuje się między innymi metodę z użyciem stabilnego rodnika DPPH (rodnik 1,1-difenylo-2-pikrylohydrazylowy). Najczęściej stosowanymi rozpuszczalnikami do ekstrakcji związków fenolowych z próbek roślinnych są woda, aceton, metanol i etanol [Pieszek i Zaremba, 2013] oraz ich kombinacje.

Celem pracy było określenie aktywności przeciwrodnikowej i całkowitej zawartości związków fenolowych w ekstraktach z cząbru, oregano i tymianku. Zbadano wpływ układu ekstrakcyjnego (stężenia ekstraktu i rodzaju użytego rozpuszczalnika) oraz czasu kontaktu ekstraktu z rodnikiem DPPH na potencjał przeciwutleniający ekstraktów.

Materiał i metody badań

Materiał do badań stanowiły suszone przyprawy dostępne na rynku, pochodzące z ekologicznej uprawy firmy „Dary natury”: ziele tymianku (*Thymus vulgaris*), cząbru (*Satureja hortensis* L.) i oregano (*Origanum vulgare*).

Przygotowanie próbek do analizy. Napary wodne otrzymano poprzez zalanie naważki ziół w ilości 1 g wrzącą wodą redestylowaną (10 ml) i utrzymywanie roztworu w stanie wrzenia przez około 15 minut. Po ochłodzeniu napary przesączono. Ekstrakty otrzymano poprzez zalanie naważki 1g badanych ziół odpowiednio: 70% (v/v) alkoholem etylowym, 70% (v/v) alkoholem metylowym oraz 70% (v/v) acetonem i wytrząsanie w temperaturze pokojowej przez 6 h, po czym ekstrakty przesączono. Następnie na drodze rozcieńczeń przygotowywano próby o tej samej objętości a różnej zawartości ekstraktów w przeliczeniu na suchą masę (tak aby stężenie mieściło się w granicach od 0,001 do 0,05 g s.m./ml).

Ogólna zawartość związków fenolowych. W ekstraktach oznaczano całkowitą zawartość polifenoli metodą spektrofotometryczną z zastosowaniem odczynnika Folina-Ciocalteu'a wyrażoną jako ekwiwalent kwasu galusowego w przeliczeniu na suchą masę (mg GAE/g_{s.m.}) [Singleton 1965]. W tym celu odmierzano 0,1 ml

ekstraktu i dodawano 0,3 ml odczynnika F-C. Tak otrzymany roztwór mieszano i pozostawiano na 3 minuty. Następnie dodawano 0,5 ml 14% (v/v) wodnego roztworu węglanu sodu i 4 ml wody redestylowanej. Próbkę pozostawiano w ciemności na 1 godzinę, a następnie mierzono ich absorbancję przy długości fali 784 nm wobec próby zerowej.

Aktywność antyoksydacyjną ekstraktów oznaczono według zmodyfikowanej metody Brand-Williams z użyciem rodnika DPPH (1,1-difenylo-2-pikrylhydrazyl) [Brand-Williams i in., 1995]. Pobierano 5 ml metanolowego roztworu DPPH (A ok. 1,2) i dodawano 0,1 ml próby. Próby inkubowano w ciemności w temperaturze pokojowej przez 30 minut. Absorbancję roztworów mierzono przy długości fali $\lambda = 517$ nm wobec odnośnika. Wszystkie oznaczenia wykonano w trzech seriach, w trzech powtórzeniach. Efektywność neutralizacji rodników DPPH przez badane ekstrakty wyrażano jako ilość Troloxu o identycznej pojemności przeciwutleniającej na g suchej masy. Dla każdego ekstraktu wyznaczano również parametr EC_{50} – stężenie ekstraktu potrzebne do obniżenia początkowego stężenia DPPH o 50%.

Badania kinetyki reakcji z rodnikiem. Testu DPPH użyto również do badań kinetyki reakcji neutralizacji rodników przez ekstrakty cząbrku, tymianku i oregano o różnych stężeniach (w przeliczeniu na suchą masę). Oznaczanie polegało na pomiarze absorbancji co 5 sekund w przeciągu 10 minut. Na podstawie otrzymanych wyników obliczano procentową zawartość pozostałego DPPH układzie reakcyjnym. Aktywność przeciwutleniającą wyrażoną stopniem eliminacji wolnych rodników obliczono ze wzoru [Szlachta i Małecka, 2008]:

$$DPPH = A_{DPPH} - A_t / A_{DPPH} \cdot 100 [\%]$$

gdzie: A_{DPPH} – absorbancja próbki kontrolnej, A_t – absorbancja badanej próbki.

Wszystkie pomiary wykonywano przy użyciu spektrofotometru DR 5000 HACH-LANGE z rozdzielczością 1 nm.

Analizę statystyczną uzyskanych wyników wykonano w programie Statistica 12.5. Do określenia wpływu rodzaju rozpuszczalnika użytego do ekstrakcji na zawartość związków fenolowych oraz aktywność przeciwrodnikową przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA. W celu zweryfikowania istotności różnic pomiędzy poszczególnymi grupami przeprowadzono test Tukeya na poziomie istotności $p \leq 0,05$. Siłę powiązań pomiędzy wybranymi parametrami wyrażono współczynnikami korelacji (r).

Wyniki i dyskusja

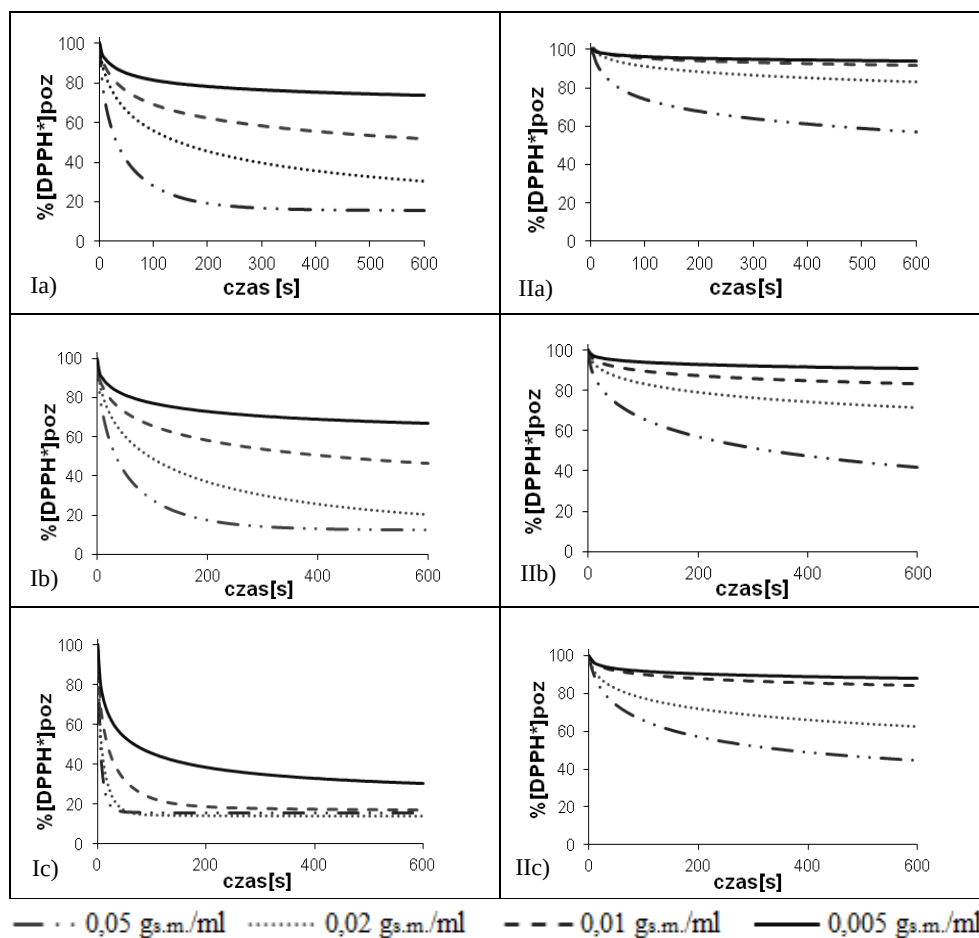
W celu określenia oraz porównania aktywności przeciwrodnikowej ekstraktów lub naparów tymianku, cząbr i oregano przygotowanych z użyciem różnych rozpuszczalników zastosowano pomiar szybkości procesu wygaszania rodnika DPPH· przez te ekstrakty.

Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono krzywe obrazujące kinetykę neutralizacji rodnika DPPH (w %) uzyskane po dodaniu analizowanych ekstraktów w różnych stężeniach. Ekstrakty ziołowe o tym samym stężeniu wykazywały zróżnicowaną zdolność do wygaszania rodnika DPPH·. Jak wynika z przedstawionych danych szybkość zaniku rodnika DPPH· zależy od rodzaju roślin przyprawowych, z których otrzymano ekstrakty czy napary, od stężenia analizowanego ekstraktu, jak i od rodzaju rozpuszczalnika stosowanego do ekstrakcji. Z otrzymanych danych wynika, że zwiększenie stężenia ekstraktu w największym stopniu przyspiesza reakcję z rodnikiem w pierwszej fazie tego procesu. Szczególnie jest to widoczne w przypadku ekstraktów wodno-acetonowych i wodno-alkoholowych wszystkich analizowanych ziół. Ze względu na zdolność deaktywacji rodnika DPPH· analizowane ekstrakty można uszeregować następująco: ekstrakty z tymianku > ekstrakt z oregano > ekstrakt z cząbr.

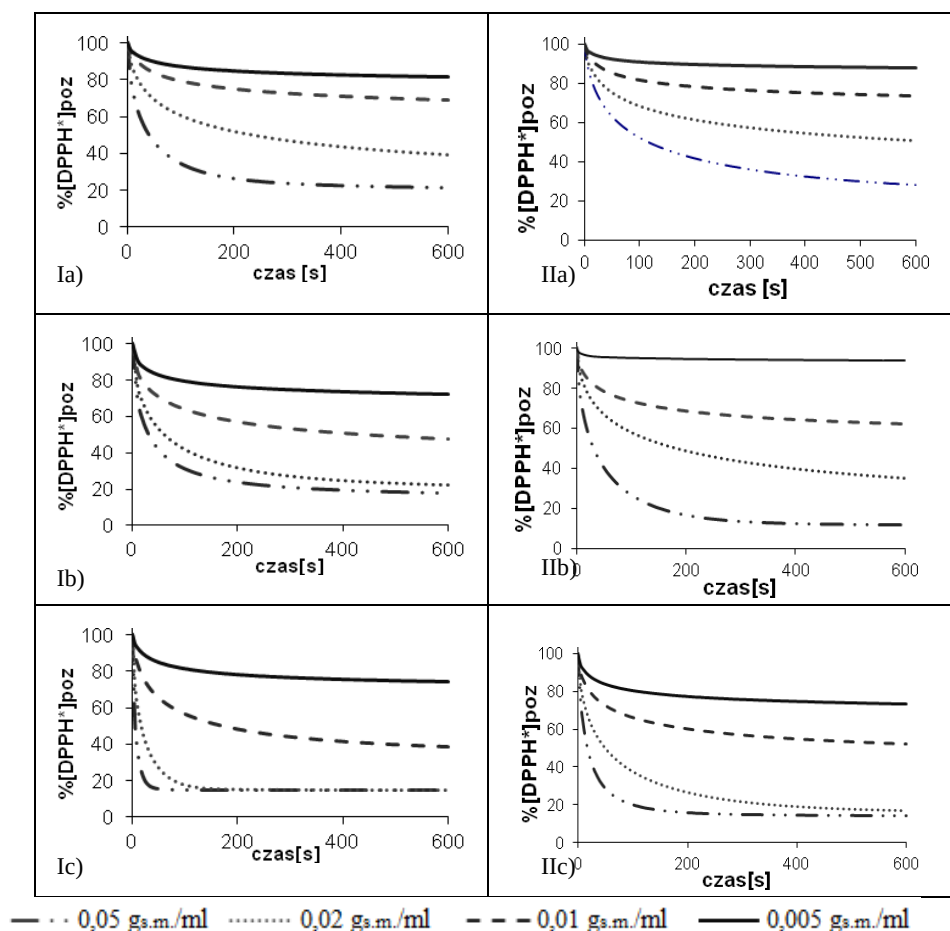
Porównując wpływ rodzaju rozpuszczalnika użytego do ekstrakcji na zdolność do neutralizacji rodnika DPPH stwierdzono, że ekstrakt acetonowy z cząbr wykazywał największą aktywność przeciwrodnikową, a jego ekstrakt wodny najmniejszą. Ekstrakt acetonowy w stężeniu 0,05 g_{s.m}/ml powodował neutralizację rodnika DPPH w 84,5%, ekstrakt wodny natomiast przy tym samym stężeniu tylko w 43%. W przypadku ekstraktów wodno-alkoholowych ich zdolność do wygaszania użytego do badań rodnika wynosiła odpowiednio: 79% dla ekstraktów metanolowych i 72% dla etanolowych.

Spośród wyciągów otrzymanych z oregano największą zdolnością do neutralizacji rodników charakteryzowały się wyciągi acetonowe i etanolowe, które powodowały dezaktywację rodników odpowiednio w 87% i 88% przy najwyższym analizowanym stężeniu. Podobnie jak w przypadku cząbr napary wodne z oregano wykazywały najmniejszą aktywność przeciwrodnikową (wygaszanie rodników w 58%).

Ekstrakty acetonowe tymianku niezależnie od stężenia wykazywały dużą zdolność do wygaszania wolnych rodników (od 70 do 86% zneutralizowanych rodników), natomiast aktywność przeciwrodnikowa ekstraktów wodno-alkoholowych zależała w znacznym stopniu od stężenia ekstraktu: przy dwóch najwyższych z analizowanych stężeń deaktywacji ulegało powyżej 80% rodników, przy najniższym około 27%.



Rys. 1. Kinetyka neutralizacji (% DPPH) w funkcji czasu dla różnych stężeń (g_{s.m.}/ml) acetonowego (I) i wodnego (II) ekstraktu cząbr (a), oregano (b) i tymianku (c)



Rys. 2. Kinetyka neutralizacji rodnika (% DPPH) w funkcji czasu dla różnych stężeń (g.s.m./ml) metanolowego (I) i etanolowego (II) ekstraktu cząbr (a), oregano (b) i tymianku (c)

W tabeli 1 przedstawiono wyniki oznaczania zawartości związków fenolowych i całkowitej zawartości przeciwutleniaczy w analizowanych ekstraktach oraz wartości parametru EC_{50} . Na poziomie istotności $p \leq 0,05$ stwierdzono statystycznie istotny związek pomiędzy zawartością związków fenolowych a rodzajem rozpuszczalnika użytego do ekstrakcji (wyjątek stanowią ekstrakty: wodno-acetonowy i wodno-etanolowy z oregano, między którymi nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic). Najwyższą zawartość związków przeciwutleniających stwierdzono w ekstraktach acetonowych, metanolowych i etanolowych tymianku. Najniższą zawartością związków fenolowych charakteryzowały się napary wodne z cząbr. Wykazano, że ekstrakty cząbr

i oregano (wyjątek napar wodny z oregano) zawierały statystycznie istotnie mniej związków fenolowych niż ekstrakty tymianku. Analiza statystyczna wykazała, że pomiędzy ekstraktami wodno-etanolowymi cząbrki i oregano przy poziomie $p \leq 0,05$ nie ma istotnie statystycznych różnic w zawartości związków fenolowych. Podobnie, nie wykazano statystycznie istotnych różnic pomiędzy ekstraktami metanolowymi z cząbrki i oregano oraz ekstraktami acetonowymi z tych roślin przyprawowych.

Na poziomie $p \leq 0,05$ stwierdzono statystycznie istotny związek pomiędzy potencjałem przeciwutleniającym a rodzajem rozpuszczalnika użytego do ekstrakcji (wyjątek stanowią wodno-metanolowe i wodno-etanolowe ekstrakty oregano i cząbrki, między którymi nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic) (Tab. 1).

Tab. 1. Zawartość związków fenolowych w przeliczeniu na kwas galusowy GA wyrażona w mg/g suchej masy (s.m.), całkowita zawartość przeciwutleniaczy wyrażona jako mg Troloxu/g s.m oraz wartości EC_{50}

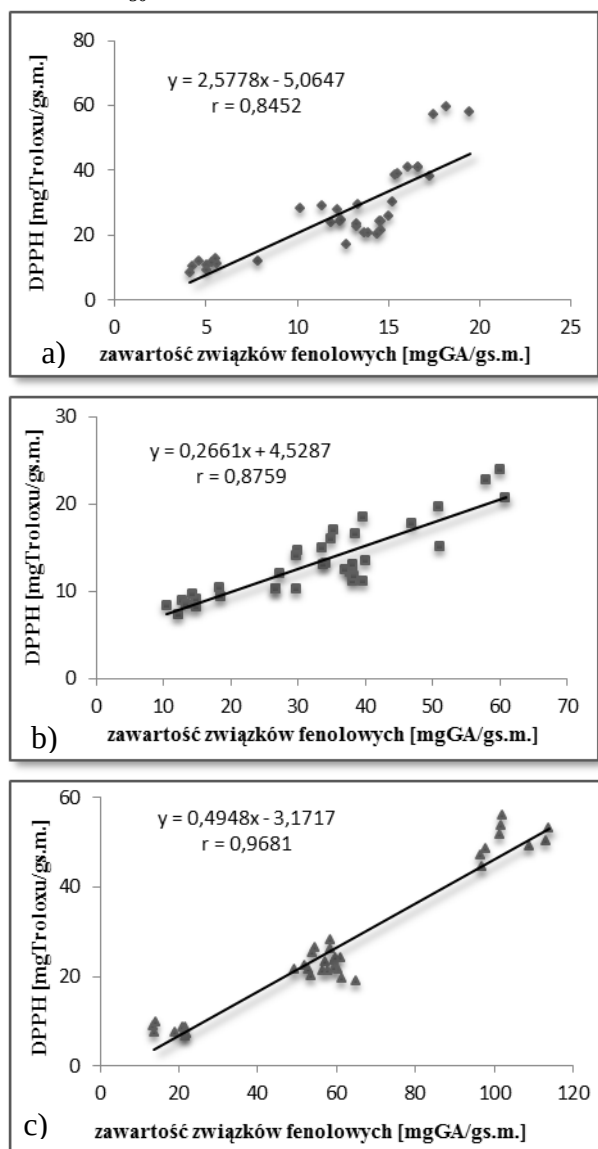
	Zawartość związków fenolowych [mg GAE /g s.m.] ±SD	DPPH [mg Troloxu /g s.m.] ±SD	EC_{50} [g.s.m./ml] ±SD (n=3)
<i>cząbrka</i>			
napary wodne	5,37±1,06 ^a	10,67±1,37 ^a	0,059±0,001 ^a
ekstrakty etanolowe	13,93±0,76 ^c	21,82±2,57 ^b	0,029±0,003 ^b
ekstrakty metanolowe	12,07±1,36 ^b	26,88±2,59 ^c	0,023±0,002 ^c
ekstrakty acetonowe	15,51±2,09 ^d	46,35±5,97 ^d	0,015±0,002 ^d
<i>oregano</i>			
napary wodne	8,90±0,87 ^a	14,48±2,65 ^a	0,042±0,008 ^a
ekstrakty etanolowe	14,84±2,06 ^c	33,11±3,38 ^b	0,011±0,001 ^b
ekstrakty metanolowe	11,20±1,02 ^b	34,51±4,18 ^b	0,020±0,002 ^c
ekstrakty acetonowe	16,66±3,90 ^c	49,54±6,77 ^c	0,008±0,001 ^d
<i>tymianek</i>			
napary wodne	8,11±0,94 ^a	18,67±3,73 ^a	0,042±0,007 ^a
ekstrakty etanolowe	24,08±2,31 ^c	56,65±3,59 ^b	0,007±0,001 ^b
ekstrakty metanolowe	21,70±2,19 ^b	57,06±3,33 ^b	0,012±0,001 ^c
ekstrakty acetonowe	50,54±3,60 ^d	103,52±6,74 ^c	0,005±0,0003 ^d

Objaśnienia:

n=9; SD – odchylenie standardowe; Wartości średnie w kolumnach (oddzielnie dla każdej rośliny przyprawowej) oznaczone różnymi literami (a, b, c, d) różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$

Dla każdego wyciągu ziołowego wyznaczono parametr EC_{50} . Niższa wartość tego parametru wskazuje na wyższą aktywność przeciwrodnikową. Analizowane ekstrakty różniły się pod względem wartości parametru EC_{50} , w większości

przypadków były to różnice statystycznie istotne przy $p \leq 0,05$. Najniższą wartością tego parametru charakteryzowały się ekstrakty acetonowe, najwyższą zaś napary wodne (Tab. 1). Niezależnie od rodzaju rozpuszczalnika użytego do ekstrakcji wyciągi z tymianku wykazywały najwyższą, aktywność przeciwrodnikową wyrażoną parametrem EC_{50} .



Rys. 3. Zależność pomiędzy właściwościami przeciwutleniającymi ekstraktów cząbr (a), oregano (b) i tymianku (c) a zawartością związków fenolowych

Na rysunku 3 przedstawiono zależność pomiędzy aktywnością przeciwrodnikową ekstraktów analizowanych roślin przyprawowych a zawartością

związków fenolowych. Wyniki badań wskazują na istnienie dodatnich, istotnych statystycznie korelacji dla wszystkich ekstraktów. Współczynniki korelacji wynosiły 0,8452, 0,8759 i 0,9681 odpowiednio dla cząbr, oregano oraz tymianku.

Wnioski

1. Analizowane ekstrakty roślin przyprawowych charakteryzowały się zróżnicowaną zdolnością do wygaszania rodnika DPPH.
2. Przeciwnodnikowa aktywność ekstraktów zależała od ich stężenia i rodzaju rozpuszczalnika użytego do ekstrakcji.
3. Ekstrakty tymianku charakteryzowały się największą aktywnością przeciwnodnikową.
4. Stwierdzono statystycznie istotny związek pomiędzy zawartością związków fenolowych a rodzajem rozpuszczalnika użytego do ekstrakcji
5. Przeprowadzone badania pozwoliły na stwierdzenie istotnej korelacji pomiędzy zawartością związków fenolowych a właściwościami przeciwutleniającymi badanych ekstraktów.

Praca została sfinansowana ze środków S/WBiIS/1/2012

Literatura

- [1] Baer-Dubowska W.: Chemoprewencja – profilaktyka i terapia wspomagana raków głowy i szyi. Postępy w Chirurgii Głowy i Szyi, 2003, 2, 3-14.
- [2] Brand-Williams W., Cuvelier M.E., Berset C.: Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT - Food Science and Technology, 1995, 28 25-30.
- [3] Céspedes C.L., El-Hafidi M., Pavon N., Alarcon J.: Antioxidant and cardioprotective activities of phenolic extracts from fruits of Chilean blackberry *Aristotelia chilensis* (*Elaeocarpaceae*), Maqui. Food Chemistry, 2008, 107, 820–829.
- [4] De Flora S.: Mechanisms of inhibitors of mutagenesis and carcinogenesis. Mutation Research, 1998, 402, 151-158.
- [5] Gniewosz M., Synowiec A., Dyrda M., Kuczerenko A., Przybył J.L., Węglarz Z.: Właściwości przeciwbakteryjne filmu pullulanowego wzbogaconego w ekstrakt z cząbr górskiego (*Satureja montana*). Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, 2009; XLII (3), 985-989.
- [6] Hać-Szymańczuk E., Lipińska E., Grzegorzółka O.: Ocena aktywności przeciwbakteryjnej oregano (*Origanum vulgare* L.). Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, 2012, XLV, 3, 308-314
- [7] Hossain M. B., Barry-Ryan C., Martin-Diana A. B., Brunton N. P.: Effect of drying method on the antioxidant capacity of six *Lamiaceae* herbs. Food Chemistry, 2010, 123, 85–91.

- [8] Justesen U., Knuthsen P.: Composition of flavonoids in fresh herbs and calculation of flavonoid by use of herbs in traditional Danish dishes. *Food Chemistry*, 2001, 73, 245-250.
- [9] Makala H.: Przyprawy i ich ekstrakty w przetwórstwie mięsa. *Przemysł Spożywczy*, 2010, 64, 26-28.
- [10] Nedorostova L., Kloucek P., Kokoska L., Stolcova M., Pulkrabek J.: Antimicrobial properties of selected essential oils in vapour phase against foodborne bacteria. *Food Control*, 2009, 20(2), 157-160.
- [11] Pieszko C., Zaremba A.: Zawartość związków fenolowych w ekstraktach z próbek materiału roślinnego. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2013, XLVI (4), 434 – 439.
- [12] Samsonowicz M.: Ocena wpływu wybranych kationów metali na aktywność przeciwnadkwasotwórczą etanolowych i wodnych ekstraktów tymianku i oregano. w: *Właściwości produktów i surowców żywnościowych. Wybrane zagadnienia.* red. Tarko T., Duda-Chodak A., Witczak M., Najgebauer-Lejko D., Oddział Małopolski PTTŻ, Kraków 2014, 238-247.
- [13] Singleton V.L., Rossi J.A.: Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic -phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 1965, 16, 144-158.
- [14] Sung-Sook C., Dhiraj A.V., Yuan-Tong L., Kalidas S.: Phenolic antioxidants from clonal oregano (*Origanum vulgare*) with antimicrobial activity against *Helicobacter pylori*. *Process Biochemistry*, 2005, 40, 809–816.
- [15] Szlachta M., Małecka M.: Właściwości przeciwutleniające herbatek owocowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, 1(56), 92 -102.
- [16] Śledź M., Witrowa-Rajchert D.: Składniki biologicznie czynne w suszonych ziołach – czy ciągle aktywne?, *Kosmos*, 2012, 2(295), 319-329.
- [17] Wojdyło A., Oszmiański J., Czemerys R.: Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. *Food Chemistry*, 2007, 105, 940-949.
- [18] Yan L. P., Chan S.W., Chan A.S., Chen S.L., Ma X.J., Hu H.X.: Puerarin decreases serum total cholesterol and enhances thoracic aorta endothelial nitric oxide synthase expression in diet-induced hypercholesterolemic rats. *Life Science*, 2006, 79, 324–330.
- [19] Złotek U., Gawlik-Dziki U.: Wpływ kwaśnej hydrolizy na właściwości przeciwutleniające alkoholowych ekstraktów wybranych przypraw. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, 5(54), 329-336.

ZALEŻNOŚĆ MIĘDZY POMIAREM FF (FULLNESS FACTOR) A IS (SATIETY INDEX) NA PRZYKŁADZIE WYBRANYCH PRODUKTÓW SPOŻYWCZYCH

MAGDALENA SKOTNICKA

Streszczenie

W pracy porównano parametry określające poziom nasycenia organizmu wybranymi produktami spożywczymi. Wyznaczono Indeks Sytości (IS) oraz marker nasycenia (FF), w oparciu o aplikację Nutrition Data. Celem pracy była ocena sytości i porównanie wyżej wspomnianych wskaźników. W badaniu sytości wzięło udział 270 osób o BMI (19,4-24,8). Największą siłą sycącą charakteryzowały się produkty wysokowęglowodanowe, z przewagą węglowodanów złożonych. Również wartość wyznaczonego współczynnika (FF) wskazywała produkty węglowodanowe, jako najbardziej zasycające. Najniższym poziomem sytości charakteryzowały się produkty złożone z tłuszczu, cukrów prostych i małej zawartości błonnika. Na poziom nasycenia znaczący wpływ miała gęstość energetyczna badanych produktów.

Słowa kluczowe: indeks sytości, marker nasycenia, otyłość

Wprowadzenie

Otyłość jest globalną epidemią XXI wieku, definiowaną jako stan anormalnej lub nadmiernej ilości adipocytów w tkance tłuszczowej i stanowi ważny problem społeczny na całym świecie. W Polsce na nadwagę lub otyłość cierpi ponad 70%, przy utrzymującej się stale tendencji wzrostowej. Istnieje wiele metod walki z otyłością, zaczynając od diet restrykcyjnych, poprzez leczenie farmakologiczne, a na operacjach bariatrycznych kończąc. Obecnie diety propagowane w celu redukcji masy ciała skupiają się przede wszystkim na eliminowaniu lub spożywaniu w nadmiarze jednego typu składników odżywczych. Udowodniono w licznych badaniach, że takie postępowanie jest błędne [Tsogis i in., 2009]. Stosowanie diet wysokobiałkowych lub wysokotłuszczowych w dłuższym przedziale czasu nie dają pożądanego efektu. Reżim stosowania diet redukcyjnych jest często niemożliwy do osiągnięcia w długim okresie. Alternatywą dla wyżej wymienionych metod walki z nadwagą i otyłością może być dieta oparta na produktach o wysokim wskaźniku sytości i jednocześnie niskiej kaloryczności. Na podstawie dostępnej literatury opisano dwie metody oznaczenia stopnia sytości. Jedną z nich jest wyznaczenie wskaźnika sytości IS (Satiety Index) [Holt i in.,

1995], drugą określenie nasycenia poprzez marker nasycenia (Fullness Factor) [Rolls i in.,1990].

Celem pracy było przedstawienie metod oznaczania stopnia sytości i nasycenia przez organizm oraz wyznaczenie parametrów IS, FF w wybranych produktach spożywczych i ich analiza porównawcza.

Material i metody badań

Badania wykonano w 2014 roku w ramach badań statutowych Zakładu, Chemii, Ekologii i Towaroznawstwa Żywności, Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego, w oparciu o zgodę niezależnej komisji bioetycznej ds. badań naukowych NKBBN/356/2013. W badaniach uczestniczyło 270 osób (143 kobiety i 127 mężczyzn). Wiek uczestników badania mieścił się w przedziale 20-35 lat. Wszystkie badane osoby miały prawidłowy wskaźnik masy ciała BMI (19,4-24,8). Badani byli zdrowi, bez zdiagnozowanych chorób metabolicznych.

Do badania wykorzystano 9 produktów, po trzy z każdej grupy. Jako produkty wysoko węglowodanowe wykorzystano ryż biały, ziemniaki puree i makaron. Czekolada mleczna, orzech włoski i chipsy paprykowe reprezentowały produkty wysoko tłuszczowe. Do ostatniej grupy produktów wysoko białkowych zaliczono jaja, kotlet mielony z kury i dorsza z rusztu. Indeks sytości wyznaczono na podstawie metody zaproponowanej przez [Holt i in., 1995] w modyfikacji Skotnickiej i Ociecek [2014]. Uczucie głodu, sytości pełności żołądka badano za pomocą wizualnych skal VAS. Metoda polegała na spożyciu na czczo określonej izokalorycznej porcji (150 kcal). Następnie co 15 min przez 90 kolejnych minut badani określali swój subiektywny stan nasycenia i nanosili wyniki na niestrukturyzowaną 10 punktową skalę graficzną. Wyliczone pole pod krzywą oznaczało poziom sytości. W doświadczeniu przyjęto chleb pszenny jako wzorzec i punkt odniesienia do pozostałych produktów spożywczych. Chleb pszenny określono jako sytość 100%. Wszystkie produkty o IS wyższym niż 100% uznano za bardziej sycące niż chleb pszenny.

Następnie wyznaczono poziomy (Fullness Factor)- markery nasycenia w oparciu o aplikację internetową Nutrition Data. Aplikacja funkcjonuje na podstawie przepisów Nutritional Labeling and Education Act (NLEA) z zaleceniem Food and Drug Administration. Wyznaczenie FF opiera się na wieloczynnikowej analizie składników odżywczych, gęstości energetycznej i kaloryczności. Stworzony model matematyczny pozwala określić możliwości sycące każdego produktu. Otrzymane wartości oscylują w przedziale od 0-5. Im wyższa wartość FF dla konkretnego produktu czy dania tym lepiej i na dłużej można się zasycić.

Wyniki i dyskusja

Na podstawie otrzymanych wyników porównano wyznaczone wartości nasycenia FF z wyliczonym Indeks Sytości IS dla 9 wyżej wspomnianych

produktów spożywczych. Dla szerszego zrozumienia problemu wyznaczono podstawowe ilości składników oraz gęstość energetyczną, jako determinanty decydujące o sytości. Wybrane produkty spożywcze zestawiono w (Tab.1), uwzględniając ich wartość odżywczą w izokalorycznej porcji.

Tab. 1. Tabela wartości odżywczej wybranych produktów spożywczych w porcji 150 kcal

Produkty		Masa porcji [g]	Węglowodany ogółem [g]	Tłuszcz [g]	Białko [g]	Błonnik [g]
Wysoko węglowodanowe	Ryż biały	120	34,1	0,4	2,9	1,1
	Ziemniaki puree	167	30,7	2,3	3,5	2,5
	Makaron	159	30,6	0,9	4,5	1,1
Wysoko tłuszczowe	Czekolada mleczna	27	14,8	8,9	2,7	0,2
	Orzechy włoskie	23	4,2	13,9	3,7	1,5
	Chipsy paprykowe	27	13,5	10,0	1,2	2,2
Wysoko białkowe	Jajo	109	0,5	8,3	10,7	0,0
	Dorsz z rusztu	87	0,5	7,9	19,2	0,0
	Kotlet mielony z kury	39	5,5	10,8	7,8	0,2

Źródło: [Kunachowicz i in., 2005]

Wskaźnikiem ułatwiającym konsumentowi wybór produktów bardziej sycących był indeks sytości (IS). Na bazie przeprowadzonych badań, określono indeksy sytości dla 9 produktów spożywczych (Tab.2). Największą siłą sycącą charakteryzowały się produkty wysokowęglowodanowe, o znacznym udziale węglowodanów złożonych (głównie skrobi). Wartość indeksu sytości dla ziemniaków puree wynosiła 188%, co oznaczało, że sytość była prawie dwukrotnie większa w stosunku do produktu referencyjnego czyli pieczywa pszennego. W przypadku oznaczenia markera nasycenia FF również najwyższe wartości odnotowano w przypadkach pierwszej grupy produktów. Najniższe wartości indeksu sytości wyznaczono dla produktów wysokotłuszczowych, co potwierdza również wyznaczony FF dla tej grupy. Produkty o dużej zawartości białka charakteryzowały się średnią siłą sycącą. Prawdopodobnie o całkowitej sytości decydowały również pozostałe składniki żywności.

Tab. 2. Wartości indeksu sytości, markera nasycenia i gęstości energetycznej w wybranych produktach spożywczych

Produkty		(IS)% mediana	Średnia +SD	(FF) w 100 g	(ED) kcal/g
Wysoko węglowodanowe	Ryż biały	161	170±55	2,1	1,25
	Ziemniaki puree	188	192±47	3,1	0,89
	Makaron	165	176±48	2,3	0,94
Wysoko tłuszczowe	Czekolada mleczna	137	145 ±53	2,1	5,55
	Orzechy włoskie	94	106±28	1,4	6,52
	Chipsy paprykowe	112	133±46	1,1	5,55
Wysoko białkowe	Jajo	126	135±70	2,4	1,38
	Kotlet mielony z kury	67	79±34	2,0	3,85
	Dorsz z rusztu	158	172±38	2,4	1,72

IS indeks sytości

FF- marker nasycenia

ED- gęstość energetyczna

Zachowania żywieniowe człowieka są regulowane przez fizjologiczne mechanizmy regulacji sytości i głodu, zaliczane do czynników wewnętrznych takich jak: hormony przewodu pokarmowego, wydzieliny tkanki tłuszczowej oraz nuropeptydy [Korek i in., 2013]. Uczucie sytości po posiłku determinowane jest przez wiele mechanizmów, które uruchomiane są stopniowo podczas transportu porcji pokarmu przez cały układ pokarmowy [Olszanecka-Glinianiewicz, 2009, Konturek i in., 2004]. We wstępnej fazie na wrażenie sytości ma wpływ układ wywołany przez rodzaj i jakość posiłku. W drugiej fazie sytość kształtują bodźce uaktywniające się po spożyciu pokarmu, do których zalicza się rozciąganie żołądka oraz działanie systemu jelitowego, który składa się z komórek uwalniających hormony (peptyd glukagonopodobny-1, peptyd YY, cholecystokinina)[Mathis i in., 1998, Skotnicka i Ociecek, 2014]. To moment w którym szczególną rolę odgrywa objętość posiłku i masa. W przypadku naszego doświadczenia przy tej samej kaloryczności wybranych produktów, dla ziemniaków puree izokaloryczna porcja wynosiła 167 g, a dla przykładu porcja czekolady mlecznej czy orzechów włoskich ważyła niecałe 30 g. W momencie konsumpcji skład chemiczny nie odgrywa żadnej roli, dopiero w jelicie cienkim zostają pobudzone receptory ulokowane w nerwie błędnym [Geliebter i in, 2012, Kong i in., 2012]. Docierające sygnały nerwowe wraz z bodźcami hormonalnymi, uwalnianymi z przewodu pokarmowego, decydują o uczuciu sytości po posiłku. Ostatnia faza odpowiada

już za długotrwałe uczucie sytości. Mechanizm na którym opiera się ostatni etap związany jest z absorpcją makroskładników, po których we krwi wzrasta poziom glukozy, aminokwasów oraz hormonów insuliny i leptyny [Halton i Hu, 2004, Joanson i in., 2012]. Za wskaźniki uczucia sytości mogą posłużyć fizyczne i chemiczne sygnały powstałe w wyniku rozdęcia żołądka oraz stężenie we krwi CCK i GLP-1. Prowadzi się również badania nad alternatywnymi biomarkerami sytości takimi jak: DIT czyli miara utlenienia składników odżywczych w organizmie czy markery CNS badane pod kątem odczucia sytości specyficznie sensorycznej [de Graaf i in., 2004].

Obecnie najnowsze badania skupiają się na określeniu właściwości sycących w oparciu o wartości podstawowych składników żywności ale także o analizę właściwości fizycznych poszczególnych produktów [Rolls, 2012, Zhu i in., 2013].

Białko jest składnikiem żywności, charakteryzującym się dużą zdolnością sycącą [Keller, 2011]. Wykazano, że szczególnie wieczorne posiłki bogate w białko powodują silniejsze uczucie sytości, związane ze wzrostem temperatury i zużyciem tlenu [Lejeune, 2006]. Sugeruje się również, że skład i proporcje aminokwasów mogą determinować odczucie sytości. Otrzymane wyniki badań nie potwierdzają tak silnych właściwości sycących białka. Prawdopodobnie związane jest to ze zbyt krótkim czasem trwania badania. Według Anderson i Moore [2004] białka wpływają na długoterminowe uczucie sytości. Może zasadne byłoby wydłużenie czasu badania, szczególnie w kontekście badań Paddon-Jones i in. [2008], w którym mierzono poziom greliny stymulującej pobór pokarmu. Wykazano, że znaczne obniżenie zawartości greliny w długim okresie czasu, występuje zwłaszcza po posiłku wysokobiałkowym.

Zgodnie z licznymi badaniami tłuszcze mają najsłabsze właściwości sycące. Potwierdzają to powyższe badania. Najniższą wartość indeksu sytości odnotowano w przypadku orzechów włoskich (IS=94) i chipsów paprykowych (IS=112). Znaczną zawartością tłuszczu charakteryzował się również kotlet mielony z kury, który również nie najlepiej sycił w ocenie badanych pacjentów (IS= 67). Wyniki te, były prawdopodobnie podyktowane wysokim udziałem węglowodanów i tłuszczu. Według Lopez-Diaz i in. [2014] reakcja hormonu sytości, peptydu YY i subiektywnego odczucia głodu i sytości, uzależniona jest od wpływu i proporcji różnych kwasów tłuszczowych, głównie MUFA i PUFA. Wyniki wykazały, że posiłki bogate w MUFA wywołują słabszą odpowiedź peptydu YY w porównaniu do PUFA i SFA [Kozmior i in., 2013]. Produkty bogato tłuszczowe mają słaby wpływ na nasycenie, przyczyniając się jednocześnie do nadmiernej konsumpcji. Wywołane jest to wysoką gęstością energetyczną tych posiłków i ich silnymi cechami sensorycznymi.

Rola węglowodanów w kształtowaniu sytości jest najbardziej skomplikowana. Nawet wyznaczany Fullness Factor (FF) w oparciu o wzór Rolls nie uwzględnia zawartości węglowodanów. Przyjmuje się, że spożycie węglowodanów i związany z tym wzrost poziomu glukozy we krwi wpływa na poziom sytości. Spożycie

cukrów prostych koreluje ze wzmożonym uczuciem głodu. Natomiast węglowodany złożone, szczególnie skrobia zawarta w ziemniakach, kaszach i makaronach, wolniej się rozkłada i daje spowolniony efekt przyrostu glukozy we krwi, przez co syci na dłużej [Pan i i Hu, 2011]. Potwierdza to wyniki powyższych badań. Produkty wysokoskrobiowe najdłużej potrafiły nasycić badanych. Mechanizm działania cukrów na uczucie sytości tłumaczy się spowolnieniem opróżniania żołądka oraz uwolnieniem glukagonopodobnego peptydu -1. Uwalnia się on w momencie, gdy cząsteczki glukozy docierają do odcinka L jelita grubego [Anderson i Woodend 2003].

Analizując podstawowe składniki odżywcze i ich wpływ na sytość, należy określić rolę błonnika pokarmowego. Włókno pokarmowe jest złożoną kombinacją polimerów i oligomerów węglowodanowych, które nie są trawione w jelicie cienkim i ulegają fermentacji w jelicie grubym przez mikroflorę jelitową. Rozróżnia się różne frakcje błonnika ze względu na rozpuszczalność czy zdolności fermentujące. W przypadku włókien nie fermentujących stwierdzono zwiększone odczucie sytości. Dieta bogata w błonnik daje dłuższe uczucie sytości i mniejsze spożycie energii w ciągu dnia [Jones, 2013].

Poza silnym wpływem podstawowych składników żywności i cech sensorycznych produktów, na ilość spożywanej żywności i właściwości sytące wpływa również, gęstość energetyczna i zawartość wody. Szereg badań potwierdza, iż lepkość, konsystencja, zdolność pęcznienia i objętość istotnie kształtują poziom nasycenia organizmu.

Według Rolls i in. [2012] czynnikiem szczególnie determinującym sytość jest gęstość energetyczna, która wyrażona jest w kilokaloriach na konkretną masę produktu podaną w gramach. Gęstość energetyczna produktu zależy od jego nawodnienia i proporcji podstawowych składników odżywczych. Tłuszcze dostarczają dużą ilość kalorii, przez co ponoszą gęstość energetyczną bardziej niż białka i węglowodany. Potwierdzają to powyższe wyniki badań, w których najniższą siłą sytącą charakteryzowały się wysokotłuszczowe produkty; czekolada mleczna, orzechy i chipsy paprykowe. Żywność o najniższej wartości gęstości energetycznej poniżej 1 kcal/g, charakteryzowała się najwyższym indeksem sytości i najwyższym współczynnikiem FF. Gęstość energetyczna jest wprost proporcjonalna do zawartości tłuszczu i odwrotnie proporcjonalna do wody i błonnika. Opróżnianie żołądka jest etapem limitującym wielkość spożycia posiłku. Im dłuższy czas opróżniania żołądka tym dłuższy czas uczucia sytości. Pokarmy o dużej gęstości nie przyczyniają się do opóźnienia opróżnienia żołądka i nie zwiększają uczucia sytości [Rolls i in., 2012].

Otrzymane wyniki sugerują, że najlepiej sycą produkty o dużej objętości i jednocześnie wysokiej zawartości wody i błonnika rozpuszczalnego. Posiłki o niskiej kaloryczności charakteryzują się wyższą objętością, przez co powodują większe rozciągnięcie ścian żołądka i jego rozdęcie. To z kolei prowadzi do nasilonych sygnałów sytości. Wszystkie produkty o wysokim indeksie sytości takie

jak: ziemniaki, makaron i ryż cechuje niski współczynnik gęstości energetycznej. Badania nad otyłością potwierdzają, że dieta oparta o produkty o niskiej gęstości energetycznej powoduje redukcję wagi i ułatwia utrzymanie stałej masy ciała. Dodatkowo liczne badania naukowe zwracają uwagę na wpływ cech fizycznych na sytość tj. lepkość, zdolność pęcznienia czy konsystencja. Ani badania IS zaproponowane przez [Holt, 1995] ani analiza FF nie przewidują określenia wpływu cech fizycznych na sytość. Niemniej jednak według [Flood-Obbagy i Rolls 2009, Zhu i in, 2013], konsystencja, temperatura posiłku i lepkość decydują o poziomie sytości. Produkty lepkie wpływają na czas opróżniania żołądka, co w konsekwencji wpływa na zwiększenie siły sycącej tego rodzaju produktów. Dzięki wynikom badań prowadzonym nad właściwościami sycącymi różnych produktów spożywczych stworzony został indeks sytości (IS) oraz marker nasycenia (FF), które określają w jakim stopniu konkretny produkt spożywczy jest w stanie zaspokoić odczucie głodu. Nie są to jednak narzędzia doskonałe, ponieważ nie przewidują wpływu właściwości fizycznych produktu spożywczego. Wydaje się zasadne stworzenie nowego modelu obliczania siły sycącej produktów i dań, który uwzględniałby nie tylko skład chemiczny, ale także cechy fizyczne, determinujące poziom zasycenia organizmu.

Wnioski

1. Najwyższym poziomem sytości charakteryzowały się produkty wysoko węglowodanowe, z przewagą węglowodanów złożonych.
2. Najwyższe wartości markera nasycenia (FF) również wykazywały produkty węglowodanowe.
3. Produktami najslabiej sycącymi były produkty o wysokiej gęstości energetycznej.
4. Na poziom nasycenia główny wpływ miała gęstość energetyczna i zawartość błonnika.
5. Zaproponowane metody wydają się niewystarczające, dlatego istnieje potrzeba stworzenia praktycznego modelu uwzględniającego wpływ cech fizycznych na stan nasycenia organizmu.

Literatura

- [1] Anderson H.G., Moore S.E.: Dietary proteins in the regulation of food intake and body weight in humans. *Journal of Nutrition*, 2004, 134(4), 974-979.
- [2] Anderson H.G., Woodend D.: Consumption of sugars and the regulation of short-term satiety and food intake. *American Society of Clinical Nutrition*, 2003, 78(4), 843-849.
- [3] De Graaf C., Blom W.A., Smeets P.A., Stafleu A., Hendricks H.F.: Biomarkers of satiation and satiety, *American Journal of Clinical Nutrition*, 2004, 79, 946-961.

- [4] Flood-Obbagy J.E., Rolls B.J.: The effect of fruit in different forms on energy intake and satiety at a meal. *Appetite*, 2009, 52(2), 416-422.
- [5] Geliebter A, Lee MI, Abdillahi M, Jones J.: Satiety following Intake of Potatoes and Other Carbohydrate Test Meals. *Annales of Nutrition and Metabolism*, 2012, 4,62(1), 37-43.
- [6] Halton L., Hu F.B.: The effects of high protein diets on thermogenesis, satiety and weight loss: a critical review. *The Journal of the American Collage of Nutrition*, 2004, 23(5), 373-385.
- [7] Holt S., Brand-Miller, J.C., Petocz, P., Farmakalidis, E.: A satiety index of common foods. *European Journal of Clinical Nutrition*, 1995, 49, 675-690.
- [8] Joason C., Harrold H., Harrold J.: Satiety-enhancing products for appetite control: science and regulation of functional foods for weight management. *Proceedings Of The Nutrition Society*, 2012, 71, 350-356.
- [9] Jones M.J.: Dietary fiber future directions integrating new definitions and findings to inform nutrition research and communication. *Advanced in Nutrition*, 2013, 4(1), 8-15.
- [10] Keller U.: Dietary proteins in obesity and in diabetes. *International Journal of Vitamins and Nutrition Research*, 2013, 81, 123-133.
- [11] Kong K.L., Hendrich S. : Glycemic index, insulinemic index, and satiety index of kefir. *The journal of the American College of Nutrition*, 2012, 31(4), 280-287.
- [12] Konturek J., Konturek S., Pawlik T., Brzozowski T.: Brain-gut axis and its role in the control of food intake. *Journal of Physiological Pharmacology*, 2004, 55, 137-154.
- [13] Korek E., Krauss H., Piątek J., Chęcińska Z.: Regulacja hormonalna łaknienia. *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu*, 2013, 19(2), 339-343.
- [14] Kunachowicz H., Przygoda B., Nadolna I., Iwanow K.: Tabele składu i wartości odżywczej żywności, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2005.
- [15] Lejeune M.P., Westerterp K.R., Adam T.C., Luscombe-Marsh N.D., Westerterp-Plantenga M.S.: Ghrelin and glucagon-like peptide 1 concentrations, 24-h satiety, and energy and substrate metabolism during a high-protein diet and measured in a respiration chamber. *American Journal of Clinical Nutrition*, 2006, 83(1), 89-94.
- [16] Mathis C., Moran T., Schwartz G.J.: Load-sensitive rat gastric vagal afferents encode volume but not gastric nutrients. *American Journal of Physiology*, 1998, 74, 280-286.
- [17] Olszanecka-Glinianiewicz M.: Hormonalna regulacja pokarmu. *Endokrynologia Polska*, 2009, 60(4), 296-301.
- [18] Paddon-Joanson D., Westman E., Mattes D., Wolfe RR., Astrup A., Westertrep-Plantenga M.: Protein, weight management and satiety. *American Journal of Cilinical Nutrition*, 2008, 85(5), 1558-1561.

- [19] Pan A., Hu F.B.: Effects of carbohydrates on satiety: differences between liquid and solid food. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolism Care*, 2011, 14(4), 385-390.
- [20] Rolls B.J. Fedoroff I.C., Guthrie J.F., Laster L.J.: Foods with different satiating effects in humans. *Appetite*, 1990, 15, 115–26.
- [21] Rolls B.J.: Dietary strategies for weight management. *Nestle Nutrition Institute Workshop*, 2012, 73, 73-48
- [22] satiety index of kefir. *American Collage of Nutrition*, 2012, 31(4), 280-287.
- [23] Skotnicka M., Ocieczek A. : Ocena indeksu sytości oraz składników żywności w wybranych produktach spożywczych. *Bromatologia Chemiczna I Toksykologia*, 2014, 47(3), 716-720.
- [24] Tsogis C., Hainer V., Basdevant A., Finer N., Fried M., Mathus-Vliegen E., Micic D., Maislos M., Roman G., Schutz Y., Toplak H., Zahorska-Markiewicz B. : Postępowanie w otyłości dorosłych: europejskie wytyczne dla praktyki klinicznej. *Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii*, 2009, 5(3), 87-98.
- [25] Zhu Y., Hsu W.H., Hollis H.: The Impact of Food Viscosity on Eating Rate, Subjective Appetite, Glycemic Response and Gastric Emptying Rate. *PLoS One*, 2013, 8(6), e67482.

ROLA FOLIANÓW W DIECIE – SKUTKI NIEDOBORU I SUPLEMENTACJA

ALICJA SKRZYPEK, ANNA CIOŁEK

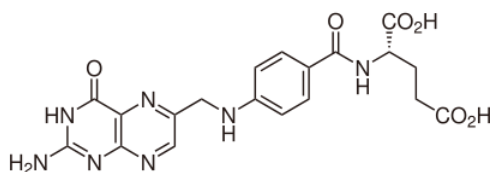
Wprowadzenie

Regularne stosowanie zbilansowanej i urozmaiconej diety jest istotnym elementem wpływającym na nasze zdrowie. Niestety mimo, że wiedza na temat racjonalnego odżywiania wydaje się być szeroko dostępna, to jednak jak wynika z przeprowadzanych ankiet i codziennej praktyki, nasze społeczeństwo nie dba o zdrową dietę. Tylko zapewnienie pełnego pokrycia zapotrzebowania na energię i wszystkie składniki odżywcze, w tym – jakże istotne - składniki mineralne, to podstawa racjonalnego żywienia. Zarówno niedobory, jak i nadmiary pokarmowe często prowadzą do określonych stanów chorobowych, które zasadniczo wpływają na zdrowie. Spośród wielu istotnych składników odżywczych pożywienia na uwagę zasługują foliany – związki zaliczane do witamin grupy B. Witaminy z grupy B są rozpuszczalne w wodzie i dzięki swoim chemicznym właściwościom nie kumulują się w organizmie, a ich ewentualny nadmiar wydalany jest z moczem. Wiele witamin z tej grupy jest odpowiedzialna za prawidłowe funkcjonowanie układu nerwowego – m.in. pamięć i koncentrację, chronią także przed osłabieniem, biorąc udział w procesach generowania i uwalniania energii. Witaminy te wpływają również na serce i układ krwionośny, kondycję włosów, paznokci i skóry [Reynolds, 2006; Czeczot i in., 2008].

Budowa kwasu foliowego i jego funkcje w organizmie

Istotnym składnikiem odżywczym, wpływającym na prawidłowe funkcjonowanie organizmu człowieka są foliany. To ponad 40 związków, w których kwas pteroinowy wiąże się z jedną lub większą liczbą cząsteczek kwasu L-glutaminowego [Nowakowska, 2003]. Do grupy folianów zaliczany jest kwas foliowy (kwas pteroiloglutaminowy, folacyna, witamina B₉), występujący w przyrodzie w postaci koniugatów poliglutaminianowych.

Cząsteczka tego kwasu zbudowana jest z pterydyny, kwasu p-aminobenzoowego (PABA) oraz od dwóch do siedmiu reszt kwasu glutaminowego, połączonych w pozycji γ (Rys. 1). Poszczególne pochodne różnicujemy ze względu na stopień utlenienia pierścienia pterydyny lub ze względu na ilość reszt glutaminowych [Berg, 1999; Reynolds, 2006].



Rys. 1. Wzór cząsteczki kwasu foliowego - (2S)-2-[[4-[(2-amino-4-okso-1H-pterydyn-6 -ylo)metylamino]benzoilo]amino]pentanodiowego

Wielokierunkowość działania kwasu foliowego powoduje, że jest on poddawany różnym badaniom przez naukowców, dietetyków i lekarzy. Jest odpowiedzialny za dostarczenie reszt jednowęglowych wielu związkom, które uczestniczą w: podziale komórek, syntezie białek, katabolizmie histydyny do kwasu glutaminowego i przemianie aminokwasów. Foliiany stanowią źródło grup metylowych niezbędnych w procesie remetylacji homocysteiny do metioniny [Tanger, 2002; Vora, 2002; Paul, 2004]. Z tego względu nawet nieduże niedobory m.in. kwasu foliowego mają istotne znaczenie na funkcjonowanie naszego organizmu.

Bardzo istotną rolę odgrywa kwas foliowy w procesach związanych z modyfikacją epigenetyczną, tj. metylacją nici DNA i białek histonowych. Kwas foliowy jest koenzymem w reakcji syntezy metioniny, będącej substratem do syntezy S-adenozylometioniny, która z kolei bierze czynny udział w procesie metylacji DNA. Zachowanie prawidłowego wzorca metylacji jest niezbędne do utrzymania homeostazy komórkowej. Poziom (hiper- bądź hipometylacji) i profil metylacji genów kodujących białka związany jest z regulacją cyklu komórkowego oraz apoptozą, co może przyczynić się do inicjacji procesów kancerogenezy [Richardson, 2003; Ulrey i in. 2005].

Kwas foliowy jest aktywny w postaci uwodornionej, jako kwas tetrahydrofoliowy. Reakcja redukcji jest katalizowana przez specyficzną reduktazę współpracującą z NADPH^+ oraz witaminą C i przebiega w dwóch etapach. W pierwszym powstaje kwas 7,8-dihydrofoliowy redukowany do 5,6,7,8-tetrahydrofolianu, który jest przenośnikiem fragmentów jednowęglowych (np. grupy metylowej, metylenowej, formylowej i innych). Jest to możliwe poprzez przyłączenie grup hydroksymetylowych z seryny tworząc tym samym 5,10-metylenotetrahydrofolian. Po przyłączeniu grup formylowych z histydyny i/lub tryptofanu przekształca się w 10-formylotetrahydrofolian. Aktywne metabolicznie są 5,10-metylenotetrahydrofolian oraz 10-formylotetrahydrofolian, które przekształcają się w bogaty energetycznie 5,10-metylenotetrahydrofolian (McNulty, 2004).

Biodostępność

Biodostępność folianów zawartych w spożywanym pokarmie zależy od bardzo wielu czynników. Jako jeden z głównych wymienia się rodzaj pokarmu, w którym związki te są powiązane wiązaniami kowalencyjnymi z różnymi makrocząsteczkami pożywienia. Niestety utrudnia to m.in. ich dyfuzję ze struktur komórek, a tym samym dalsze etapy trawienia i wchłaniania [Quinlivan i in., 2002; Gregory i in., 2005]. Dostępne badania wskazują, że ok. 65% folianów obecnych w diecie bogatej w produkty roślinne występuje w formie pochodnych poliglutaminowych. Aby nastąpiło wchłonięcie z układu pokarmowego niezbędna jest ich hydroliza do form monoglutaminowych. Największe stężenie osiągają foliany w krwi po 30-60 minutach od spożycia produktu, a okres ich półtrwania w osoczu wynosi 3-3,5 godziny [Pfeiffer i in., 1997; Winkels i in., 2007].

W organizmie kwas foliowy jest magazynowany przede wszystkim w wątrobie jako koniugat pentaglutaminowy, skąd po redukcji trafia do krążenia wątrobowo-jelitowego i tkanek. Obecność postaci zredukowanych została potwierdzona również w płynie mózgowo-rdzeniowym [Molloy, 2002; McNulty i in., 2004]. Zapasy kwasu foliowego w organizmie ludzkim wynoszą 5–12 mg, z czego połowa magazynowana jest w wątrobie. W przypadku odpowiednio zbilansowanej diety zawartość kwasu foliowego w surowicy waha się w granicach 6–22 ng/ml, a w erytrocytach 160–650 ng/ml. W momencie kiedy poziom kwasu foliowego w surowicy jest poniżej 3 ng/ml, a w erytrocytach mniej niż 140 ng/ml występuje niedobór kliniczny, który należy szybko uzupełnić. Przyjmuje się, że poziom tego kwasu w erytrocytach wskazuje na zapasy ustrojowe w nich magazynowane przez 120 dni (okres życia erytrocytów). Okres wyczerpywania się zapasów ustrojowych kwasu foliowego wynosi ok. 4 miesięcy [Wartanowicz, 1997; Paradowska-Stankiewicz i in., 1999; McLone, 2003].

Należy także wziąć pod uwagę, że szybkość dekonjugacji zależy od aktywności koniugaz jelitowych, a szczególnie od specyficznej karboksypeptydazy, która jest wrażliwa na zmiany pH (optimum 6,5–7,0). Głównymi inhibitorami tych enzymów jelitowych są pochodne kwasów cytrynowego i malonowego występujące w dużych ilościach w sokach owocowych i owocowo-warzywnych [Ray i in., 1999].

Problemy z wchłanianiem folianów występują również podczas farmakoterapii chorób trzustki. Środki przeciwbólowe (np. ibuprofen) osłabiają działanie kwasu foliowego. Podobne działanie wykazują leki przeciwpadaczkowe, kortyzon, sulfamidy i antybiotyki oraz antagoniści kwasu foliowego (metotreksat, trimetopim). Kobiety stosujące doustne środki antykoncepcyjne, osoby nadużywające alkoholu i palacze papierosów to osoby również narażone na niedobory tej witaminy [Molloy, 2002; Okumura i in., 2011].

Źródła folianów w diecie

Głównym źródłem kwasu foliowego i jego pochodnych dla człowieka jest pokarm. Niewielkie jego ilości syntetyzuje mikroflora jelitowa. Bogate w foliany w codziennej diecie człowieka są surowe i mrożone warzywa liściaste (głównie sałata, brukselka, szpinak, kapusta, brokuły, szparagi, kalafior), a także bób, zielony groszek, pomidory, buraki, orzechy, słonecznik, pełne ziarna zbóż, owoce cytrusowe, awokado i inne. Istotnym źródłem folianów są również wątroba, drożdże, jaja, sery. Natomiast znikomą zawartość kwasu foliowego i jego pochodnych mają mięso, mleko i produkty mleczne oraz ryby. [Wartanowicz, 1997; Paradowska-Stankiewicz i in., 1999; Olędzka i in., 2001].

Według badań, w diecie przeciętnego Polaka głównym źródłem folianów są produkty zbożowe, najczęściej chleb z pełnego ziarna zbóż. Dostarczają one prawie 40% tej witaminy w stosunku do całkowitego dziennego jej spożycia. Około 25% folianów pochodzi z warzyw, 13% z ziemniaków i 6–7% z owoców, mleka i przetworów mlecznych oraz jaj [Wartanowicz, 2010].

Skutki niedoboru kwasu foliowego i folianów

Wiele prac badawczych przedstawia istotne powiązania między dietą i nawykami żywieniowymi a różnymi chorobami. Coraz więcej badań dotyczy powiązań między niedoborami kwasu foliowego i witamin z grupy B, oraz związanej z wymienionymi hiperhomocysteinemią, zaburzeniami depresyjnymi, otępieniami, chorobą Parkinsona, schorzeniami układu krążenia, chorobami naczyniowymi mózgu i innymi [Refsum i in., 1998; Reynolds, 2002; Sachdev i in., 2005].

Niedobory kwasu foliowego mogą objawiać się następująco: bladość skóry, stany zapalne języka oraz błony śluzowej warg, nagłe siwienie włosów. Osoby u których wystąpiły niedobory uskarżały się na przemęczenie i kłopoty z koncentracją, bezsenność, roztargnienie, stany niepokoju, nadmierną nerwowość i drażliwość [Ronnenberg i in., 2000].

Kobiety planujące dziecko i kobiety ciężarne powinny zwracać uwagę na odpowiednią zawartość kwasu foliowego w surowicy krwi, gdyż jest on niezbędny do prawidłowego przebiegu procesów organogenezy u rozwijającego się płodu. Omawiana witamina B₉ pełni bowiem kluczową rolę w prewencji wad wrodzonych, takich jak wady cewy nerwowej oraz wady rozwojowe w obrębie twarzoczaszki. Najbardziej rozpowszechnionymi i najcięższymi z nich są bezmózgowie i przepukliny mózgowo-rdzeniowe, a ich konsekwencją są przedwczesne zgony lub trwałe inwalidztwo [Wild i in, 1997; Weir i in, 1999; Wald i in, 2001].

Według doniesień literaturowych dieta zawierająca odpowiednio zbilansowaną ilość folianów, w tym kwasu foliowego, zapobiega rozwojowi miażdżycy, w której istotną rolę odgrywa homocysteina. W normalnej przemianie biochemicznej większość homocysteiny - poprzez transsulfurację - ulega przekształceniu do

cystationiny a następnie do cysteiny lub poprzez remetylację do metioniny. W procesie tym kluczową rolę odgrywa kwas foliowy, jako dawca grupy metylenowej dla metylotransferazy [Waśkiewicz i in., 2010]. Jeśli występują jakieś nieprawidłowości metaboliczne w przemianach homocysteiny wówczas jej nadmiar gromadzi się we krwi, co jest uznawane jako jedną z przyczyn powstawania zmian miażdżycowych w układzie sercowo-naczyniowym. Hiperhomocysteinemia prowadzi także do uszkodzenia tkanki łącznej tętnic, może zwiększać przyleganie płytek krwi do śródbłonna, jak również pobudzać procesy krzepnięcia [Naruszewicz, 2005].

Niedobory witamin z grupy B są najczęściej wynikiem błędów dietetycznych oraz faktem spożywania dużej ilości różnych produktów wysokoprzetworzonych w procesach technologicznych, które to bardzo często są pozbawione witamin. Wymienić można m.in.: białą mąkę i jej przetwory, ryż łuskany oraz większość produktów poddawanych obróbce w wysokiej temperaturze, w wyniku której następuje utrata kwasu foliowego [Ziemiański, 1999; Tolmunen, 2003].

Suplementacja kwasem foliowym

Pozytywny wpływ kwasu foliowego na stan zdrowia człowieka spowodował w ostatnich latach wzrastającą tendencję suplementacji folianów [Sauer i in., 2009]. W krajach Unii Europejskiej nie ma obowiązku suplementacji żywności tym kwasem, pomimo wymiernych korzyści zdrowotnych obserwowanych w krajach, które takie prawo wprowadziły. Wzrasta jednak ilość produktów nieobligatoryjnie wzbogaconych w tę witaminę. W Polsce dopuszczalna maksymalna ilość dodawanych folianów do 100 g (100 ml) lub jednej porcji produktu spożywczego, nie może przekraczać 100% zalecanego dziennego spożycia [Dz.U. nr 174, 2010]. Zalecane dzienne spożycie tej witaminy określone jest na poziomie 0,2 mg. Foliany mogą być dodawane do żywności w postaci kwasu pteroilomonoglutaminowego oraz L-metylofolianu wapnia [Dz.U. L 314, 2009].

Według badań na przestrzeni lat 2007-2011 asortyment produktów wzbogaconych folianami w sklepach warszawskich wzrósł z 73 do 204 rodzajów artykułów [Sicińska, 2011]. Większość (43%) omawianych artykułów stanowiły płatki zbożowe – o zróżnicowanym kształcie i zastosowanych dodatkach oraz wytwarzane z różnych surowców (kukurydza, pszenica, owies, jęczmień i żyto). Znaczna ilość produktów wzbogaconych w tę witaminę to soki, nektary i napoje (27%), następnie słodczy (14%) oraz kakao i herbaty instant (9%). Udział procentowy podanych grup produktów do 2011 roku stale się zwiększał [Sicińska, 2011]. Co ciekawe, jak podają w/w badania, od 2009 roku zmniejszył się w badanej puli procentowy udział wzbogaconych mąk, gotowych mieszanek do wypieku chleba oraz gotowego pieczywa. Z drugiej strony właśnie mąka i produkty zbożowe są najczęściej wzbogacane folianami w większości krajów (ok. 50), które wprowadziły przepisy wzbogacania tym metabolitem produktów spożywczych [Oakley i Tulchinsky, 2010]. W Stanach Zjednoczonych ponadto

suplementuje się ryż, makarony, płatki kukurydziane i zbożowe [Goncerzewicz i in., 2011]. Niemniej podczas technologicznego procesu wytwarzania pieczywa może następować degradacja kwasu foliowego, wynosząca około 35% dla pieczywa pszennego i 65% dla pieczywa żytniego, spowodowana obróbką cieplną oraz wrażliwością tego kwasu na światło i czynniki utleniające i redukujące [Biezanowska-Kopeć i in., 2010]. Obiecująco natomiast przedstawiają się badania nad zastosowaniem w produkcji żywności specjalnie wyselekcjonowanych typów drożdży piwowskich i piekarskich oraz kultur bakterii mlekowych wykorzystywanych przy produkcji kefirów, jogurtów i serów. Podczas fermentacji są one w stanie syntetyzować znaczne ilości kwasu foliowego [Goncerzewicz i in., 2011].

Na polskim rynku dostępne są preparaty farmaceutyczne kilkunastu producentów, zawierające kwas foliowy w formie tabletek. Substancje lecznicze firm: Hasco-Lek (Acidum Folicum Hasco, Acifolik), Polfarmex (Acidum Folicum Polfarmex, Folovit), Godeon Richter (Acidum Folicum Richter, Folik), Synteza (Folacid), Vitabalans (Folica), Aflofarm Farmacja Polska (Kwas Foliowy), Puritan's Pride (Kwas Foliowy), Sequoia (Pregnamed - Kwas Foliowy) produkowane są z dawką 0,4 mg, 5 mg lub 15 mg kwasu foliowego w tablecie. Substancjami pomocniczymi w wyżej wymienionych preparatach najczęściej są celuloza mikrokryształiczna, bezwodny wodorofosforan (V) wapnia, skrobia kukurydziana, krzemionka koloidalna bezwodna, stearynian magnezu. Leki zawierające 0,4 mg kwasu są dedykowane prewencyjnie kobietom planującym zajście w ciążę i w pierwszych jej 12 tygodniach. W stanach chorobowych takich jak niedokrwistość zalecane dawkowanie dla osoby dorosłej wynosi 10 lub 20 mg tej witaminy na dobę, w połączeniu z witaminą B₁₂ [Pharmindex, 2009].

Kwas foliowy jest także składnikiem większości wielowitaminowych suplementów diety przeznaczonych zarówno dla kobiet w ciąży, jak i osób starszych, a także dzieci. W 2011 roku na rynku Polskim odnotowano 326 suplementów zawierających w swoim składzie kwas foliowy, z czego najczęściej stosowane występowały w formie tabletek, rzadziej kapsułek i sporadycznie w postaci tabletek musujących [Sicińska i Wasik, 2012]. Najczęściej zawartość witaminy w preparatach farmaceutycznych wynosi 0,2 mg, natomiast maksymalna zawartość to 0,8 mg w dawce.

W dostępnej literaturze można spotkać także informacje na temat nadmiernej suplementacji kwasu foliowego, tj. jego negatywnego oddziaływania m.in. na procesy proliferacji komórkowej, kancerogenezy oraz funkcjonowanie układu odpornościowego. Rola, jaką odgrywa kwas foliowy (a także inne foliany) na organizm żywy zależy od wielu czynników m.in. wieku, stanu zdrowia oraz ewentualnej obecności i stadium zmiany nowotworowej. Jak wykazały badania w organizmach zdrowych (bez zmian nowotworowych) niedobór folianów zwiększa ryzyko transformacji nowotworowej. Natomiast w przypadku w tkanek zmienionych nowotworowo, nadmiar kwasu foliowego przyspiesza podział

zmienionych komórek. Jak wykazały badania niedobór tego związku może pomóc w spowolnieniu, bądź nawet zahamowaniu procesu kancerogenezy [Lucock i in., 2005; Ulrich i in., 2006]. Długotrwała i niekontrolowana wzmożona suplementacja folianami w pewnych przypadkach (szczególnie u osób starszych) może powodować maskowanie niedoborów witaminy B₁₂ prowadzących do niedokrwistości [Oakley i Tulchinsky, 2010]. Badania donoszą również o niebezpieczeństwie szkodliwego wpływu na mózg rozwijającego się płodu kobiet chorych na epilepsję w wyniku interakcji z przyjmowanymi przez nie lekami [Asadi-Pooya, 2015].

Podsumowanie

Niedobory witamin z grupy B, w tym folianów, w organizmie mają wpływ na rozwój i zdrowie, zarówno w okresie płodowym, jak i we wszystkich innych etapach życia człowieka. Jak pokazało doświadczenie wielu krajów, w których obligatoryjnie wybrane produkty są wzbogacane wybraną formą folianu stężenie ich we krwi badanej populacji nie przekracza dozwolonych norm, natomiast wyraźnie zmalał odsetek wad cewy nerwowej. Nieliczne badania dotyczące niebezpieczeństw związanych z wysoką suplementacją wskazują na konieczność zachowania rozwagi przy stosowaniu preparatów farmaceutycznych.

Literatura

- [1] Asadi-Pooya A.A.: High dose folic supplementation in women with epilepsy: Are we sure it is safe? *Seizure*, 2015, 27, 51-53.
- [2] Berg M.J.: The importance of folic acid, *The Journal of Gender-specific Medicine*, 1999, 2, 24-28.
- [3] Bieżanowska-Kopeć R., Liszka P., Surma-Zadora M., Pisulewski P.M.: Wpływ procesu technologicznego na zawartość kwasu foliowego w pieczywie Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2010, 1 (68), 20-29.
- [4] Czeczot H.: Folic acid in physiology and pathology. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*, 2008, 13(62), 405-419.
- [5] Goncerzewicz A., Misiewicz A.: Wzbogacanie żywności kwasem foliowym - Naturalnym metabolitem przemysłowych szczepów drożdży *Saccharomyces cerevisiae* oraz bakterii fermentacji mlekowej. *Postępy Nauki i Technologii Przemysłu Rolno-Spożywczego*, 2011, 66(4), 33-52.
- [6] Gregory J.F., Quinlivan E.P., Davis S.R.: Integrating the issues of folate bioavailability, intake and era of fortification. *Trends in Food Science & Technology*, 2005, 16, 229-240.
- [7] Lucock M., Yates Z.: Folic acid – vitamin and panacea or genetic time bomb? *Nature Reviews Genetics*, 2005, 6(3), 235-240.
- [8] McLone D.G.: The etiology of neural tube defects: the role of folic acid. *Child's Nervous System*, 2003, 19, 537-539.

- [9] McNulty H., Pentieva K.: Folate bioavailability. The Proceedings of the Nutrition Society, 2004, 63, 529-536.
- [10] Molloy A.M.: Folate bioavailability and health. International Journal for Vitamin and Nutrition Research, 2002, 72, 46-52.
- [11] Naruszewicz M.: Homocysteina w patogenezie miażdżycy. Czynniki Ryzyka, 2005, 11, 4-5.
- [12] Nowakowska E., Chodera A., Bobkiewicz-Kozłowska T.: Kwas foliowy – nowe wskazanie dla dawno znanego leku. Polski Merkuriusz Lekarski, 2003, 89, 449-451.
- [13] Oakley G.P., Tulchinsky T.H.: Folic acids and vitamin B12 fortification of flour: a global basic food security requirement. Public Health Reviews, 2010, 32(1), 284-295.
- [14] Okumura K, Tsukamoto H.: Folate in smokers. Clinica Chimica Acta, 2011, 412, 521-526.
- [15] Olędzka R., Stawarka A.: Rola kwasu foliowego w profilaktyce niektórych schorzeń. Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, 2001, 34, 277-283.
- [16] Paradowska-Stankiewicz I., Trafalska E., Grzybowski A.: Realizacja zapotrzebowania na wybrane witaminy i sole mineralne w diecie młodzieży, Nowa Medycyna, 1999, 108, 19-20.
- [17] Paul R.T., McDonnell A.P., Kelly C.B.: Folic acid: neurochemistry, metabolism and relationship to depression. Human Psychopharmacology: Clinical&Experimental, 2004, 19(7), 477-488.
- [18] Pfeiffer C.M., Rogers L.M., Bailey L.B. Gregory J.F.3rd: Absorption of folates from fortified cereal-grain products and supplemental folate consumed with or without food, determined by using a dual label stable-isotope protocol. The American Journal of Clinical Nutrition, 1997, 66, 1388-1397.
- [19] Pharminindex - Kompendium Leków 2009, Warszawa: CMP Medica Poland Sp. z o.o. ISSN, 1426-4269.
- [20] Quinlivan E.P Gregory III J.F.: In vivo kinetics folate metabolism. Annual Review of Nutrition, 2002, 22, 199-220.
- [21] Ray J.G., Laskin C.A.: Folic acid and homocyst(e)ine metabolic defects and the risk of placental abruption, pre-eclampsia and spontaneous pregnancy loss: a systematic review. Placenta, 1999, 20, 519-529.
- [22] Refsum H., Ueland P.M., Nygard O., Vollset S.E.: Homocysteine and cardiovascular disease. Annual Review of Medicine, 1998, 49, 31-62.
- [23] Reynolds E.H.: Folic acid, ageing, depression, and dementia. BMJ, 2002, 324, 1512-1515.
- [24] Reynolds E.H.: Vitamin B12, folic acid, and the nervous system. The Lancet Neurology, 2006, 5, 949-960.
- [25] Richardson B.: Impact of aging on DNA methylation. Ageing Research Reviews, 2003, 2, 245-261.

- [26] Ronnenberg A.G., Goldman M.B., Aitken I.W., Xu. X.: Anemia and deficiencies of folate and vitamin B-6 are common and vary with season in Chinese women of childbearing age. *Journal of Nutrition*, 2000, 130, 2703-2710.
- [27] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 16 września 2010 r. w sprawie substancji wzbogacających dodawanych do żywności (Dz.U. nr 174, poz. 1184).
- [28] Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1170/2009 z dnia 30 listopada 2009 r. zmieniające dyrektywę 2002/46/WE Parlamentu Europejskiego i Rady oraz rozporządzenie (WE) nr 1925/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do wykazów witamin i składników mineralnych oraz ich form chemicznych, które można dodawać do żywności, w tym do suplementów żywnościowych. Dz.U. L 314, 01/12/2009 P. 0036 - 0042.
- [29] Sachdev P.S., Parslow R.A., Lux O., Salonikas C., Wen W., Naidoo D., Christensen H., Jorm A.F.: Relationship of homocysteine, folic acid and vitamin B12 with depression in a middle-aged community sample. *Psychological Medicine*, 2005, 35(4), 529-538.
- [30] Sauer J., Mason J.B., Choi S.W.: Too much folate: a risk factor for cancer and cardiovascular disease? *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 2009, 12(1), 30-36.
- [31] Sicińska E.: Produkty wzbogacone kwasem foliowym (wit. z grupy B), *Przemysł spożywczy*, 2011, 12, 39-41.
- [32] Sicińska E., Wasik M.: 2012 Suplementy diety jako dodatkowe źródło kwasu foliowego. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2012, 2, 152-158.
- [33] Tolmunen T., Voutilainen S., Hintikka J., Rissanen T.: Dietary folate and depressive symptoms are associated in middle-aged Finnish men. *Journal of Nutrition*, 2003, 133(10), 3233-3236.
- [34] Ulrey C.L., Liu L., Andrews L.G., Tollefsbol T.O.: The impact of metabolism on DNA methylation. *Human Molecular Genetics*, 2005, 14, 139-147.
- [35] Ulrich C.M., Potter J.D.: Folate supplementation: too much of a good thing? *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, 2006, 15(2), 189-193.
- [36] Vora A., Riga A., Dollimore D., Alexander K. S.: Thermal stability of folic acid. *Thermochimica Acta*, 2002, 392, 209-220.
- [37] Wald N.J., Law M.R., Morris JK., Wald D.S.: Quantifying the effect of folic acid. *Lancet*, 2001, 258, 2069-2073.
- [38] Wartanowicz M.: Foliiany w żywieniu (przegląd piśmiennictwa). *Żywnienie Człowieka i Metabolizm*, 1997, 24, 81-90.
- [39] Waśkiewicz A., Sygnowska E., Broda G.: Dietary intake of vitamins B6, B12 and folate in relation to homocysteine serum concentration in the adult polish population. *Kardiologia Polska*, 2010, 68, 275-282.
- [40] Weir D.G., Scott J.M.: Brain function in the elderly: role of vitamin B12 and folate. *British Medical Bulletin*, 1999, 55, 669-682.

- [41] Wild J., Sutcliffe M., Schorah C.J., Levene M.I.: Prevention of neural-tube defects. *Lancet*, 1997, 350, 30-31.
- [42] Winkels R.M., Brouwer J.A., Siebelink E., Katan M.B., Verhoef P.: Bioavailability of foods is 80%. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2007, 85, 465-473.
- [43] Ziemiański Ś., Wartanowicz M.: Kwas foliowy – niezbędny mikrośkładnik pożywienia. *Medipress Ginekologiczno-Położniczy*, 1999, 5(1), 3-9.

**WPŁYW PROMIENIOWANIA UV NA WŁAŚCIWOŚCI
PRZECIWUTLENIAJĄCE I ZAWARTOŚĆ ZWIĄZKÓW
AKTYWNYCH BIOLOGICZNIE W ŚWIEŻYCH OWOCNIKACH
PIECZARKI DWUZARODNIKOWEJ**

ANETA SŁAWIŃSKA, WOJCIECH RADZKI, EWA JABŁOŃSKA-RYŚ,
WALDEMAR GUSTAW, MARTA ZALEWSKA-KORONA, MONIKA
MICHALAK-MAJEWSKA, KATARZYNA SKRZYPCZAK, ALEKSANDRA
CIOŁKOWKSA

Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu naświetlania promieniowaniem UV o różnej długości fali na właściwości przeciwutleniające oraz zawartość polifenoli ogółem w świeżych owocnikach pieczarki dwuzarodnikowej rasy K53, które przechowywano w warunkach chłodniczych przez 72 godziny. Naświetlanie grzybów przeprowadzono po ich zbiorze. Kontrolę w doświadczeniu stanowiły owocniki *A. bisporus*, które nie zostały poddane procesowi naświetlania promieniowaniem UV. Po każdej dobie chłodniczego przechowywania grzybów pobierano porcję, którą natychmiast mrożono, liofilizowano i poddawano dalszej analizie. W przygotowanych ekstraktach etanolowych z liofilizatów pieczarek oznaczano zawartość polifenoli ogółem oraz oznaczono właściwości przeciwutleniające metodą FRAP i DPPH. Najwyższą zawartość związków fenolowych ($8,22 \pm 0,29$ mg/g s.m.) stwierdzono w ekstraktach z owocników przechowywanych przez 24 godziny w 4°C, które traktowano promieniowaniem UVC. W owocnikach naświetlanych promieniowaniem UVA stwierdzono najmniejszy spadek właściwości przeciwutleniających mierzonych metodą DPPH (o około 9%) po upływie 72 godzin chłodniczego przechowywania. Najwyższą zdolnością redukcji jonów żelaza charakteryzowały się próby kontrolne po upływie doby chłodniczego składowania grzybów ($60,22 \pm 2,66$ μ mol Troloxu/g s.m.).

Słowa kluczowe: *Agaricus bisporus*, polifenole ogółem, właściwości przeciwutleniające, promieniowanie UV

Wprowadzenie

Najważniejszym gospodarczo gatunkiem grzybów uprawnych w Polsce jest pieczarka dwuzarodnikowa (*Agaricus bisporus* (Lange) Sing.), której produkcja stanowi 90% wszystkich grzybów na rynku wewnętrznym. W latach 1990-2010 produkcja pieczarek w Polsce wzrosła o 220% z około 70 tys. ton w roku 1990 do

225 tys. ton w roku 2010. Imponujący rozwój sektora pieczarek był wynikiem wejścia Polski do Unii Europejskiej i szybko rosnącego eksportu tego surowca do krajów europejskich [Smoleński, 2011].

Świeże grzyby ze względu na dużą zawartość wody sięgającą nawet ponad 90% i wysoką aktywność enzymatyczną, bardzo szybko ulegają procesom psucia. Do niskiej trwałości grzybów świeżych przyczynia się również skład suchej substancji grzybów, na którą składa się niewielka ilość cukrów oraz duża ilość związków białkowych. Wartość pH waha się w okolicach 6-7, co również pośrednio jest powodem szybkiego psucia się źle przechowywanych owocników. Szybkość pogarszania się jakości grzybów jest uzależniona od temperatury. Dlatego też grzyby przeznaczone do bezpośredniej sprzedaży wymagają przechowywania w warunkach chłodniczych w temperaturze 0-2°C i przy wilgotności względnej powietrza 90% [Lopez-Briones i in., 1992; Minato i in., 1999]. Owocniki grzybów można przechowywać w temperaturze 0-1°C przez okres 7-9 dni [Gormley, 1975], lub w 15°C już tylko przez 2-3 dni [Gormley, 1981]. Dłuższe przechowywanie tego surowca prowadzi do rozwoju pleśni i bakterii gnilnych. Psujące się owocniki ciemnieją, zmieniają smak i zapach oraz zachodzą w nich procesy gnilne prowadzące do powstania substancji szkodliwych dla zdrowia.

Poza wartościami odżywczymi [Barros i in., 2007; Manzi i in., 2001] wykazano, że grzyby cechują się również właściwościami przeciwpalnymi, przeciwnowotworowymi, przeciwbakteryjnymi, przeciwwirusowymi oraz przeciwutleniającymi [Chen i in., 2009; Dore i in., 2007; Faccin i in., 2007; Radzki i in., 2014]. Potencjał przeciwutleniający grzybów jadalnych związany jest głównie z obecnością w ich owocnikach związków fenolowych [Barros i in., 2007; Palacios i in., 2011; Radzki i in., 2014]. W mniejszym stopniu na właściwości przeciwutleniające grzybów mają wpływ takie związki jak sterole grzybowe, w tym ergosterol [Shao i in., 2010] czy witamina C, której ilość w grzybach jadalnych odnotowano na niewielkim poziomie od 150 do 300 mg/kg świeżej masy owocników [Heleno i in., 2011; Kalač, 2013; Pereira i in., 2012]. Pomimo tego, że w Polsce grzyby są cenione głównie za swoje walory smakowo-zapachowe, do tej pory bardzo często uważane są za produkt spożywczy, całkowicie pozbawiony wartości odżywczych i prozdrowotnych [Bernaś i in., 2011].

Zainteresowanie technologiami wykorzystywanymi w produkcji żywności minimalnie przetworzonej pozwoliło na rozwój nietermicznych lub łagodnych metod termicznych, które mogą zastąpić tradycyjne termiczne metody utrwalania. Stosowanie nowych technik w tym zakresie, skutkuje nie tylko lepszą jakością i dłuższym czasem przechowywania, ale również potencjalnie wyższą wartością odżywczą otrzymanych produktów i ich pozytywnym wpływem na zdrowie. Zastosowanie promieniowania UV w przemyśle spożywczym jest nietermiczną, fizyczną metodą przedłużania przydatności do spożycia surowców i produktów spożywczych. Jest to metoda wolna od stosowania środków chemicznych i zanieczyszczeń powstających podczas ich stosowania, co sprawia, że jest

przyjazna środowisku. Stosowanie promieniowania UV przyczynia się do poprawy bezpieczeństwa świeżych owoców i warzyw oraz poprawia jakość produktów owocowo-warzywnych, które cechują się lepszym kolorem, teksturą, zapachem, zbliżonym do produktów nietraktowanych promieniowaniem UV [Lamikanra i in., 2005]. Liczne prace naukowe sugerują, że promieniowanie UV powoduje wzrost różnych składników bioaktywnych. Shama [2007] w swojej pracy pisze o nowej roli promieniowania UV w przedłużaniu trwałości produktów pochodzenia roślinnego. Promieniowanie UV uruchamia serię biochemicznych reakcji w tkankach roślinnych, między innymi syntezę enzymów hamujących rozwój pleśni oraz indukuje wytwarzanie fitoaleksyn, które są inhibitorami wzrostu mikroorganizmów. Efekty te są wywołane poprzez zastosowanie małych dawek promieniowania UV a zjawisko to określono nazwą *hormezy*. Stres abiotyczny, taki jak promieniowanie UV, powoduje uruchomienie szlaków biochemicznych związanych z biosyntezą związków o charakterze metabolitów wtórnych., np. polifenoli czy terpenów [Cisneros-Zevallos, 2003]. Traktowanie promieniowaniem UV powoduje w tkankach roślinnych syntezę flawonoidów, chroniących roślinę przed szkodliwym działaniem promieniowania oraz fitoaleksyn [Stevens i in., 1996]. Wywołanie stresu abiotycznego po zbiorze może potencjalnie być wykorzystane w kumulacji związków podnoszących wartość odżywczą owoców, warzyw i grzybów [Cisneros-Zevallos, 2003]. Przykładowo traktowanie promieniowaniem UVB owocników grzybów jadalnych powoduje w nich wzrost zawartości witaminy D₂ [Ko i in., 2008].

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu promieniowania UV o różnej długości fali na właściwości przeciwtleniające oraz zawartość polifenoli ogółem w świeżych owocnikach pieczarki dwuzarodnikowej, które przechowywano w warunkach chłodniczych przez 72 godziny.

Materiał i metody badań

Materiał badawczy

Materiał badawczy stanowiły owocniki pieczarki dwuzarodnikowej białej (*Agaricus bisporus* (Lange) Sing.) rasy K53, o średnicy kapelusza 3-5 cm, które pochodziły ze specjalistycznego gospodarstwa Pawelec E. i Z. Uprawa Pieczarek, Kazimierzówka koło Lublina. Grzyby zebrano w godzinach porannych ręcznie. Przez cały okres doświadczenia grzyby były chronione przed dostępem światła. Bezpośrednio po zbiorze, grzyby przechowywano w warunkach chłodniczych i w ciągu 12 godzin od zbioru wykorzystano w doświadczeniu.

Warunki naświetlania owocników grzybów promieniowaniem UV

Całe owocniki grzybów skierowane górną częścią kapelusza naświetlano promieniowaniem UVA, UVB, UVC. Naświetlanie prowadzono przez okres 30 min w temperaturze 20°C. Wysokość lampy nad naświetlanym surowcem wynosiła 30 cm. Owocniki naświetlano na tackach ze spienionego polistyrenu (EPS) w ilości 450-500 g. Grzyby po traktowaniu promieniowaniem UV przechowywano

w warunkach chłodniczych w 4°C na tych samych tackach, dodatkowo zabezpieczone folią spożywczą PVC chroniącą grzyby przed nadmierną utratą wilgotności. Do naświetlania owocników wykorzystano lampę UV (Uvitec LF 206LM) umożliwiającą pracę przy długości fali $\lambda=312$ nm (UVB) i $\lambda=254$ nm (UVC) oraz lampę firmy Benda (typ NU-4 KL) pracującą przy 366 nm (UVA). Kontrolę w doświadczeniu stanowiły owocniki pieczarki dwuzarodnikowej nienasświetlane i przechowywane w warunkach chłodniczych przez 24, 48 i 72 godziny. Po każdej dobie pobierano porcję grzybów, którą natychmiast mrożono w -18°C, liofilizowano i poddawano dalszej analizie.

Przygotowanie ekstraktów etanolowych

Liofilizaty z owocników pieczarek otrzymano z wykorzystaniem liofilizatora Alpha 1-2 LD plus firmy Christ. Proces liofilizacji prowadzono przez 72 h. Uzyskane liofilizaty zmielono w młynku laboratoryjnym (Społem WŻ-1; Polska). Ekstrakty otrzymano z naważki 0,5 g liofilizatu z dodatkiem 30 ml 80% etanolu (POCH, Polska). Mieszaninę wytrząsano przez 1 godzinę w łaźni wodnej z wytrząsarką (Elpan 357, Polska) w temperaturze 80°C i następnie odwirowywano przez 10 minut przy 10000 x g z wykorzystaniem wirówki laboratoryjnej (MPW-350R; Polska).

Oznaczanie zawartości związków fenolowych ogółem

Oznaczenie ogólnej zawartości związków fenolowych przeprowadzono wg metody Dubost i wsp. [2007]. Do 0,2 ml ekstraktu etanolowego dodano 0,8 ml 10% odczynnika Folina-Ciocateu'a. Po upływie 3 min. dodano 1,25 ml 7% roztworu Na_2CO_3 i wymieszano. Po 30 minutach przechowywania mieszaniny w ciemności mierzono absorbancję z wykorzystaniem spektrofotometru UV-VIS Helios Gamma (Thermo, USA) przy długości fali $\lambda=765$ nm. Oznaczenia wykonano w 3 powtórzeniach. Zawartość polifenoli ogółem wyrażano w mg kwasu galusowego w g suchej masy $\pm$ S.D. (odchylenie standardowe).

Właściwości przeciwutleniające mierzone metodą DPPH

Aktywność przeciwutleniającą polegającą na redukcji rodników DPPH (1,1 diphenyl-2-picrylhydrazyl) przeprowadzono wg metody Choi i in. [2006]. Do 0,2 ml próbki dodano z 0,8 ml roztworu DPPH, całość wymieszano i inkubowano w ciemności przez 15 minut. Absorbancję mierzono przy pomocy spektrofotometru UV-VIS Helios Gamma (Thermo, USA) przy długości fali 520 nm. Uzyskane wyniki aktywności przeciwutleniającej wyrażano w μmol Troloxu/g s.m. $\pm$ S.D. (odchylenie standardowe). Wszystkie analizy wykonano w 3 powtórzeniach.

Właściwości przeciwutleniające mierzone metodą FRAP

Właściwości przeciwutleniające metodą FRAP (FRAP – ferrum reducing antioxidant power) wykonano wg metody Thetsrimuang i in. [2011]. Zasada metody polega na redukcji kompleksu Fe(III)/TPTZ pod wpływem aktywności przeciwutleniaczy do intensywnie niebieskiego kompleksu Fe(II)/TPTZ, (TPTZ 2,4,6 tri-pirydylo-S-triazyna). Do 100 μl ekstraktu etanolowego dodano 1,9 ml roztworu reagenta FRAP, następnie zworteksowano i inkubowano

w temperaturze 37°C przez 15 minut. Oznaczenie wykonano w trzech powtórzeniach. Absorbancję mierzono przy pomocy spektrofotometru UV-VIS Helios Gamma (Thermo, USA) i długości fali 593 nm. Uzyskane wyniki aktywności przeciwutleniającej wyrażano w $\mu\text{mol Troloxu/g s.m.} \pm \text{S.D.}$ (odchylenie standardowe).

Wyniki

Zawartość polifenoli ogółem

W Tab. 1. przedstawiono wyniki dotyczące zawartości polifenoli ogółem w ekstraktach etanolowych pozyskanych z owocników *A. bisporus*. W owocnikach bezpośrednio po zbiorze, które nie zostały poddane naświetlaniu promieniowaniem UV stwierdzono średnią zawartość polifenoli ogółem na poziomie $6,95 \pm 0,08$ mg kwasu galusowego/g s.m. W trakcie chłodniczego przechowywania przez okres 48 godzin odnotowano wzrost tych związków do wartości $7,39 \pm 0,14$ mg kwasu galusowego w 1 g suchej masy. Dłuższe przechowywanie w 4°C owocników *A. bisporus* skutkowało spadkiem ogólnej zawartości związków fenolowych do poziomu $6,64 \pm 0,48$ mg/g s.m. Porównując średnią zawartość polifenoli ogółem w ekstraktach z grzybów naświetlanych i nienaświetlanych promieniowaniem UV można stwierdzić, że owocniki naświetlane promieniowaniem UV charakteryzowały się niższą zawartością tych związków poza owocnikami naświetlanymi promieniowaniem UVB i przechowywanymi przez dobę w warunkach chłodniczych. W tych próbach stwierdzono najwyższą ilość polifenoli ogółem ($8,22 \pm 0,29$ mg/g s.m.).

Tab. 1. Zawartość polifenoli ogółem w ekstraktach etanolowych z owocników pieczarki dwuzarodnikowej

	Zawartość polifenoli ogółem [mg kwasu galusowego/g s.m. $\pm$ S.D.]			
	0 h	24 h	48 h	72 h
Czas przechowywania grzybów w 4°C				
Owocniki nienaświetlane promieniowaniem UV	$6,95 \pm 0,08$	$7,37 \pm 0,26$	$7,39 \pm 0,14$	$6,64 \pm 0,48$
Owocniki naświetlane promieniowaniem UVA	-	$7,34 \pm 0,54$	$6,54 \pm 0,47$	$5,50 \pm 0,10$
Owocniki naświetlane promieniowaniem UVB	-	$6,88 \pm 0,18$	$6,22 \pm 0,23$	$5,71 \pm 0,08$
Owocniki naświetlane promieniowaniem UVC	-	$8,22 \pm 0,29$	$6,31 \pm 0,45$	$5,37 \pm 0,15$

Owocniki naświetlane promieniowaniem UV, niezależnie od długości fali, charakteryzowały się stałym spadkiem zawartości związków fenolowych w trakcie 72 godzin przechowywania w 4°C. Najniższą zawartość polifenoli ogółem na poziomie $5,37 \pm 0,15$ mg/g s.m. odnotowano w owocnikach naświetlanych

promieniowaniem UVB, które składowano przez trzy doby w warunkach chłodniczych.

Właściwości przeciwutleniające mierzone metodą DPPH

W ekstraktach etanolowych otrzymanych z owocników pieczarki dwuzarodnikowej bezpośrednio po zbiorze stwierdzono aktywność przeciwutleniającą równą $24,64 \pm 0,30$ $\mu\text{mol Troloxu/g s.m}$ (Tab. 2.). Po upływie 24 godzin przechowywania w 4°C w próbach kontrolnych odnotowano wzrost zdolności do neutralizacji wolnych rodników do wartości $29,27 \pm 2,52$ $\mu\text{mol Troloxu/g s.m}$. Przez kolejne dwie doby w omawianych próbach stwierdzono obniżenie właściwości przeciwutleniających, aż do wartości $20,86 \pm 0,50$ $\mu\text{mol Troloxu/g s.m}$ po upływie 72 godzin.

Tab. 2. Właściwości przeciwutleniające ekstraktów etanolowych z owocników pieczarki dwuzarodnikowej mierzone metodą DPPH

Czas przechowywania grzybów w 4°C	Właściwości przeciwutleniające [$\mu\text{mol Troloxu/g s.m.} \pm \text{S.D.}$]			
	0 h	24 h	48 h	72 h
Owocniki nienaświetlane promieniowaniem UV	$24,64 \pm 0,30$	$29,27 \pm 2,52$	$27,88 \pm 2,72$	$20,86 \pm 0,50$
Owocniki naświetlane promieniowaniem UVA	-	$23,74 \pm 0,44$	$23,33 \pm 0,22$	$21,59 \pm 1,68$
Owocniki naświetlane promieniowaniem UVB	-	$25,34 \pm 0,48$	$22,74 \pm 1,14$	$19,62 \pm 0,38$
Owocniki naświetlane promieniowaniem UVC	-	$26,67 \pm 1,57$	$26,39 \pm 1,56$	$16,94 \pm 0,24$

W przypadku prób naświetlanych promieniowaniem UV, niezależnie od długości fali, stwierdzono tendencję spadkową po upływie każdych 24 godzin chłodniczego przechowywania grzybów. Ekstrakty etanolowe z pieczarki, której owocniki naświetlano promieniowaniem UVA po 72 godzinach cechowały się najwyższą zdolnością do neutralizacji rodników ($21,59 \pm 1,68$ $\mu\text{mol Troloxu/g s.m.}$) spośród wszystkich prób przechowywanych przez ten sam okres czasu. Również w owocnikach pieczarki naświetlanej promieniowaniem UVA zaobserwowano najmniejszy spadek właściwości przeciwutleniających (o około 9%) w próbach przechowywanych przez 3 doby w stosunku do owocników przechowywanych przez 24 godziny w warunkach chłodniczych. Z kolei najniższe właściwości przeciwutleniające mierzone metodą DPPH stwierdzono w ekstraktach etanolowych otrzymanych z owocników pieczarki, które po zbiorze naświetlano promieniowaniem UVC po 72 godzinach przechowywania w temperaturze 4°C ($16,94 \pm 0,24$ $\mu\text{mol Troloxu/g s.m.}$). W tym przypadku zanotowano obniżenie

zdolności neutralizacji rodników DPPH o ponad 36% w stosunku do owocników przechowywanych jedynie 24 godziny.

Właściwości przeciwutleniające mierzone metodą FRAP

Zdolność redukcji jonów żelaza ekstraktów etanolowych z owocników pieczarki dwuzarodnikowej naświetlanych promieniowaniem UV przedstawiono w Tab. 3. W próbach kontrolnych odnotowano niewielki wzrost właściwości przeciwutleniających mierzonych metodą FRAP po upływie 24 godzin przechowywania owocników *A. bisporus* w warunkach chłodniczych. Próby te charakteryzowały się również najwyższą zdolnością redukcji jonów żelaza ze wszystkich badanych prób ($60,22 \pm 2,66$ μmol Troloxu/g s.m.). W trakcie chłodniczego przechowywania grzybów stwierdzono spadek aktywności przeciwutleniającej po upływie każdych 24 godzin przechowywania surowca, przy czym największe straty zdolności redukcyjnych, o blisko 25%, odnotowano w ekstraktach otrzymanych z owocników nienaświetlanych promieniowaniem UV po upływie 72 godzin ($45,38 \pm 1,69$ μmol Troloxu/g s.m.). Z kolei najniższym spadkiem wartości przeciwutleniających cechowały się ekstrakty etanolowe z owocników pieczarki, które naświetlano po zbiorze promieniowaniem UVB. W tym przypadku odnotowano obniżenie zdolności redukcji jonów żelaza jedynie o ok. 12%, z wartości $57,81 \pm 6,49$ μmol Troloxu/g s.m. po upływie 24 godzin chłodniczego przechowywania do wartości $50,96 \pm 1,52$ μmol Troloxu/g s.m. po upływie 72 godzin.

Tab. 3. Właściwości przeciwutleniające ekstraktów etanolowych z owocników pieczarki dwuzarodnikowej mierzone metodą FRAP

Czas przechowywania grzybów w 4°C	Właściwości przeciwutleniające [μmol Troloxu/g s.m. $\pm$ S.D]			
	0 h	24 h	48 h	72 h
Owocniki nienaświetlane promieniowaniem UV	$60,08 \pm 1,07$	$60,22 \pm 2,66$	$54,73 \pm 1,93$	$45,38 \pm 1,69$
Owocniki naświetlane promieniowaniem UVA	-	$58,75 \pm 1,38$	$58,01 \pm 5,95$	$49,40 \pm 1,14$
Owocniki naświetlane promieniowaniem UVB	-	$57,81 \pm 6,49$	$53,80 \pm 3,52$	$50,96 \pm 1,52$
Owocniki naświetlane promieniowaniem UVC	-	$58,95 \pm 2,96$	$51,45 \pm 3,40$	$45,73 \pm 1,41$

Dyskusja wyników

Związki fenolowe łatwo ulegają degradacji kiedy są wystawione na działanie światła, wzrost temperatury i zmiany pH [Heras-Ramirez i in., 2012; Khanal i in., 2010]. W pracy Mi-Ja i wsp. [2014] badano zawartość związków fenolowych ogółem w ekstraktach wodnych z owocników *Lentinula edodes* poddanych

naświetlaniu promieniowaniem UVB. Autorzy wskazują, że ekstrakty z owocników *L. edodes* traktowanych dawką 0, 25, 50 i 75 kJ/m² promieniowania UVB charakteryzowały się zawartością polifenoli na poziomie odpowiednio: 13,75±0,19; 15,05±0,20; 14,48±0,25 i 14,19 ±0,43 µg kwasu taninowego w 1 g ekstraktu.

Ostatnie badania wskazują, że zastosowanie promieniowania UV po zbiorze oraz w czasie wzrostu niektórych warzyw i owoców (pomidorów, czarnej porzeczki, jagód, chińskiej kapusty, białej kapusty i czerwonej kapusty) powoduje wzrost zawartości polifenoli bez jednoczesnej zmiany w jakości surowców roślinnych [Eichholz i in., 2011; Harbaum-Piayda i in., 2010; Huyskens-Keil i in., 2007; Liu i in., 2011; Tsormpatsidis i in., 2010]. Liu i wsp. [2011] podają, że dawka promieniowania UVB na poziomie 20 lub 40 kJ/m² pomaga w utrzymaniu sensorycznej jakości surowca oraz powoduje wzrost właściwości przeciwutleniających pomidorów przechowywanych w ciemności w 14°C przez 37 dni. Autorzy uważają, że promieniowanie UVB przyczynia się do wzrostu ogólnej zawartości polifenoli oraz flawonoidów w pomidorach podczas całego okresu przechowywania. Tsurunaga i wsp. [2013] zaobserwowali w kiełkach gryki naświetlanych promieniowaniem UVB wzrost zawartości antocyjanów, rutyny oraz wzrost aktywności przeciwutleniającej, mierzonej z wykorzystaniem rodnika DPPH. Autorzy piszą również o negatywnym wpływie promieniowania UVB na wzrost kiełków, który objawia się ich żółknieniem oraz więdnieniem po 24 godzinach od momentu naświetlania. Badania Wei i wsp. [2013] pokazują wpływ traktowania promieniowaniem UVB i UVC na wzrost poziomu flawonoidów, ogólnej liczby polifenoli i właściwości przeciwutleniających w nikli indyjskiej. Badacze twierdzą, że promieniowanie UVB wywoływało dłużej utrzymujący się efekt w porównaniu do promieniowania UVC.

Wnioski

1. Rodzaj zastosowanego promieniowania UV miał wpływ na zawartość związków fenolowych ogółem oraz na właściwości przeciwutleniające owocników *A. bisporus* naświetlanych promieniowaniem UV.
2. Najwyższą zawartość polifenoli ogółem (8,22±0,29 mg/g s.m.) stwierdzono w ekstraktach z owocników przechowywanych przez 24 godziny w warunkach chłodniczych, które naświetlano promieniowaniem UVC. We wszystkich próbach niezależnie od zastosowanej długości fali UV, stwierdzono spadek związków fenolowych w trakcie ich przechowywania w 4°C przez okres 72 godzin, przy czym największymi stratami związków fenolowych cechowały się owocniki naświetlane promieniowaniem UVC.
3. Największą zdolność do neutralizacji wolnych rodników odnotowano w próbach kontrolnych przechowywanych przez dobę w 4°C (29,27±2,52 µmol Troloxu/g s.m.). W owocnikach naświetlanych promieniowaniem UVA zaobserwowano najmniejszy spadek właściwości przeciwutleniających

mierzonych metodą DPPH (o około 9%) po upływie 72 godzin chłodniczego przechowywania. Z kolei ekstrakty z owocników pieczarki po upływie całego okresu składowania, które wcześniej traktowano promieniowaniem UVC charakteryzowały się największym spadkiem właściwości przeciwutleniających (o około 36%).

4. Najwyższą zdolność redukcji jonów żelaza odnotowano w próbach kontrolnych po upływie doby chłodniczego składowania grzybów ($60,22 \pm 2,66 \mu\text{mol Troloxu/g s.m.}$). W owocnikach nienaświetlanych promieniowaniem UV stwierdzono jednak największe straty zdolności redukcyjnych (o 25%) po całym okresie przechowywania. Zastosowanie promieniowania UVB powodowało najmniejsze straty (o ok. 12%) właściwości przeciwutleniających mierzonych metodą FRAP w trakcie 72 godzin składowania grzybów w warunkach chłodniczych.

Literatura

- [1] Barros L., Baptista P., Estevinho L. M., Ferreira I.C.F.R.: Effect of fruiting body maturity stage on chemical composition and antimicrobial activity of *Lactarius* sp. mushrooms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2007, 55, 8766-8771.
- [2] Bernaś E., Jaworska G., Sidor A.: Fakty i mity dotyczące wartości odżywczej grzybów jadalnych. Jakość usług turystycznych i żywieniowych (red. Kołożyn-Krajewska D. i Dolatowski Z.J.). Wyższa Szkoła Hotelarstwa i Turystyki w Częstochowie, Częstochowa 2011.
- [3] Chen J.N., Wang Y.T., Wu J.S.B.: A glycoprotein extracted from golden oyster mushroom *pleurotus citrinopileatus* exhibiting growth inhibitory effect against U937 leukemia cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2009, 57, 6706-6711.
- [4] Choi Y., Lee S.M., Chun J., Lee H.B., Lee J.: Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chemistry*, 2006, 99 (2), 381-387.
- [5] Cisneros-Zevallos L.: The use of controlled postharvest abiotic stresses as a tool for enhancing the nutraceutical content and adding-value of fresh fruits and vegetables. *Journal of Food Science*, 2003, 68, 1560-1565.
- [6] Dore C., Azevedo T.C. G., de Souza M.C.R., Rego L.A., de Dantas J.C.M., Silva F.R.F.: Antiinflammatory, antioxidant and cytotoxic actions of betaglucan-rich extract from *Geastrum saecatum* mushroom. *International Immunopharmacology*, 2007, 7, 1160-1169.
- [7] Dubost N.J., Ou B., Beelman R.B.: Quantification of polyphenols and ergothioneine in cultivated mushrooms and correlation to total antioxidant capacity. *Food Chemistry*. 2007, 105 (2), 727-35.

- [8] Eichholz I., Huyskens-Keil S., Keller A., Ulrich D., Kroh L. W., Rohn S.: UV-B-induced changes of volatile metabolites and phenolic compounds in blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). Food Chemistry, 2011, 126 (1), 60-64.
- [9] Faccin L.C., Benati F., Rincão V.P., Mantovani M.S., Soares S. A., Gonzaga M. L.: Antiviral activity of aqueous and ethanol extracts and of an isolated polysaccharide from *Agaricus brasiliensis* against poliovirus type 1. Letters in Applied Microbiology, 2007, 45, 24-28.
- [10] Gormley T.R.: Aroma in fruit and vegetables. W: Quality in Stored and Processed Vegetables and Fruit, (red. Goodenough P.W., Atkin R.K.), Academic Press, New York 1981.
- [11] Gormley T.R.: Chill storage of mushrooms. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1975, 26, 401-411.
- [12] Harbaum-Piayda B., Walter B., Bengtsson G.B., Hubbermann E.M., Bilger W., Schwarz K.: Influence of pre-harvest UV-B irradiation and normal or controlled atmosphere storage on flavonoid and hydroxycinnamic acid contents of pak choi (*Brassica campestris* L. ssp. *chinensis* var. *communis*). Postharvest Biology and Technology, 2010, 56, 202-208.
- [13] Heleno S. A., Barros L., Sousa M. J., Martins A., Santos-Buelga C., Ferreira I.C.F.R.: Targeted metabolites analysis in wild boletus species. LWT - Food Science and Technology, 2011, 44 (6), 1343-1348.
- [14] Heras-Ramirez M. E., Quintero-Ramos A., Camacho-Davila A.A., Barnard J., Talamas-Abbud R., Torres-Munoz J.V., Salas-Munoz E.: Effect of blanching and drying temperature on polyphenolic compound stability and antioxidant capacity of apple pomace. Food and Bioprocess Technology, 2012, 5, 2201-2210.
- [15] Huyskens-Keil S., Eichholz I., Kroh L. W., Rohn S.: UV-B induced changes of phenol composition and antioxidant activity in black currant fruit (*Ribes nigrum* L.). Journal of Applied Botany and Food Quality, 2007, 81, 140-144.
- [16] Kalač P.: A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and cultivated mushrooms. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2013, 93, 209-218.
- [17] Khanal R.C., Howard L.R., Prior R.L.: Effect of heating on the stability of grape and blueberry pomace procyanidins and total anthocyanins. Food Research International, 2010, 43, 1464-1469.
- [18] Ko J.A., Lee B.H., Lee J.S., Park H.J.: Effect of UV-B exposure on the concentration of vitamin D₂ in sliced shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) and white button mushroom (*Agaricus bisporus*). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56 (10), 3671-3674.
- [19] Lamikanra O., Garber B., Kueneman D., Ukuku D.: Effect of processing under ultraviolet light on the shelf-life of fresh cut cantaloupe melon. Journal of Food Science, 2005, 70, 534-539.

- [20] Liu C., Han X., Cai L., Lu X., Ying T., Jiang Z.: Postharvest UV-B irradiation maintains sensory qualities and enhances antioxidant capacity in tomato fruit during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 2011, 59, 232-237.
- [21] Lopez-Briones G., Varoquaux P., Chambroy Y., Bouquant J., Bureau G., Pascat B.: Storage of common mushroom under controlled atmospheres. *International Journal of Food Science and Technology*, 1992, 27 (5), 493-505.
- [22] Manzi P., Aguzzi A., Pizzoferrato L.: Nutritional value of mushrooms widely consumed in Italy. *Food Chemistry*, 2001, 73, 321-325.
- [23] Mi-Ja K., JaeHwan L., Jin-Sil L.: Effect of ultraviolet-B irradiation on antioxidative properties of aqueous extracts from shiitake (*Lentinus edodes*) mushrooms. *International Journal of Food Science and Technology*, 2014, 49, 2276-2282.
- [24] Minato K., Mizuno M., Terai H., Tsuchida H.: Autolysis of lentinan, an antitumor polysaccharide, during storage of *Lentinus edodes*, shiitake mushroom. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1999, 47 (4), 1530-1532.
- [25] Palacios I., Lozano M., Moro C., D'Arrigo M., Rostagno M.A., Martínez J.A., García-Lafuente A., Guillamón E., Villares A.: Antioxidant properties of phenolic compounds occurring in edible mushrooms. *Food Chemistry*, 2011, 128 (3), 674-678.
- [26] Pereira E., Barros L., Martins A., Ferreira I.C.F.R.: Towards chemical and nutritional inventory of portuguese wild edible mushrooms in different habitats. *Food Chemistry*, 2012, 130 (2), 394-403.
- [27] Radzki W., Sławińska A., Jabłońska-Ryś E., Gustaw W.: Antioxidant capacity and polyphenolics content in dried wild growing edible mushrooms. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 2014, 16 (1), 65-75.
- [28] Shama G.: Process challenges in applying low doses of ultraviolet light to fresh produce for eliciting beneficial hormetic responses. *Postharvest Biology and Technology*, 2007, 44 (1), 1-8.
- [29] Shao S., Hernandez M., Kramer J. K., Rinker D.L., Tsao R.: Ergosterol profiles, fatty acid composition, and antioxidant activities of button mushrooms as affected by tissue part and developmental stage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, 58 (22), 11616-11625.
- [30] Stevens C., Wilson C., Lu J., Khan V., Chalutz E., Droby S., Kabwe M.K., Haung Z., Adeyeye O., Pusey L.P., Wisniewski M.E., West M.: Plant hormesis induced by ultraviolet light-C for controlling postharvest diseases of tree fruits. *Crop Protection*, 1996, 14, 129-134.
- [31] Smoleński T.: Polski eksport świeżych pieczarek w trzech kwartałach 2010 roku. *Biuletyn producenta pieczarek*. 2011, 1, 72-78.
- [32] Thetsrimuang C., Khammuang S., Chiablaem K., Srisomsap C., Sarnthima R.: Antioxidant properties and cytotoxicity of crude polysaccharides from *Lentinus polychrous* Lév. *Food Chemistry*, 2011, 128 (3), 634-639.

- [33] Tsormpatsidis E., Henbest R. G. C., Battey N. H. Hadley P.: The influence of ultraviolet radiation on growth, photosynthesis and phenolic levels of green and red lettuce: potential for exploiting effects of ultraviolet radiation in a production system. *Annals of Applied Biology*, 2010, 156, 357-366.
- [34] Tsurunaga Y., Takahashi T., Katsube T., Kudo A., Kuramitsu O, Ishiwata M., Matsumoto S.: Effects of UV-B irradiation on the levels of anthocyanin, rutin and radical scavenging activity of buckwheat sprouts. *Food Chemistry*, 2013, 141, 552-556.
- [35] Wei Z., Luo M., Zhao C., Li C., Gu C., Wang W., Zu Y., Efferth T., Fu Y.: UV-induced changes of active components and antioxidant activity in postharvest pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) millsp.) leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2013, 61 (6), 1165-1171.

ZAWARTOŚĆ KWASÓW FENOLOWYCH W ZIARNIE RÓŻNYCH ODMIAN PSZENICY JAREJ I OZIMEJ

ALICJA SULEK, JANUSZ CZABAN, JERZY ŻUCHOWSKI, GRAŻYNA
PODOLSKA

Streszczenie

Celem badań było określenie zawartości kwasów fenolowych w ziarnie pszenicy ozimej i jarej. W badaniach zastosowano trzy odmiany pszenicy ozimej: Tonacja, Satyna i Kris oraz trzy odmiany pszenicy jarej: Bombona, Nawra i Raweta. Pszenicę uprawiano w zmianowaniu z 75% udziałem zbóż i 25% rzepaku ozimego według technologii konwencjonalnej i integrowanej. Zarówno w ziarnie pszenicy ozimej jak i jarej stwierdzono obecność dziewięciu kwasów fenolowych: czterech kwasów hydroksycynamonowych - ferulowego, synapinowego, *p*-kumarowego i kawowego oraz pięciu kwasów hydroksybenzoesowych - wanilinowego, syryngowego, *p*-hydroksybenzoesowego, protokatechowego i salicylowego. Zawartość kwasów fenolowych ogółem jak i zawartość poszczególnych kwasów fenolowych zależała od formy i genotypu pszenicy. Sumaryczna zawartość kwasów fenolowych wahała się w granicach: 635 $\mu\text{g g}^{-1}$ w ziarnie odmiany Tonacja do 854 $\mu\text{g g}^{-1}$ w ziarnie odmiany Kris. Kwas ferulowy był dominującym kwasem w ziarnie zarówno pszenicy ozimej jak i jarej. Stanowił on 85-89% sumarycznej zawartości kwasów fenolowych w ziarnie pszenicy ozimej i 88-89% w ziarnie pszenicy jarej. Udział pozostałych kwasów hydroksycynamonowych wahał się w granicach 7-10% i 5-6%, a kwasów hydroksybenzoesowych 3-4% i 6%, odpowiednio w ziarnie pszenicy ozimej i jarej. W porównaniu do ziarna pszenicy ozimej, w ziarnie pszenicy jarej głównie stwierdzono wyższą zawartość hydroksybenzoesowych kwasów: syryngowego (średnio o 43%), wanilinowego (średnio o 54%) i *p*-hydroksybenzoesowego (średnio o 17%), ale 2.-krotnie mniejszą zawartość hydroksycynamonowego kwasu synapinowego.

Słowa kluczowe: kwasy fenolowe, ziarno, pszenica jara, pszenica ozima, odmiany

Wprowadzenie

Kwasy fenolowe to grupa związków naturalnych, powszechnie spotykana w ziarniakach zbóż. Występują one jako rozpuszczalne wolne kwasy oraz rozpuszczalne i nierozpuszczalne estry [Fernandez-Orozco, 2010; Gawlik - Dziki, 2004; Kim i in., 2006; Mpofu i in., 2006]. Na szczególną uwagę zasługują funkcje biologiczne tych związków, wyrażające się aktywnością antyoksydacyjną i antyrodnikową, dlatego zaliczane są do naturalnych składników żywności o charakterze przeciwutleniaczy [Kähkönen i in., 1999; Peterson, 2001; Zieliński i Kozłowski, 2000; Zieliński i in., 2012]. Związki te mogą przyczyniać się do poprawy zdrowia człowieka, bądź też odgrywać istotną rolę w profilaktyce różnych chorób przewlekłych [Fardet, 2010]. Kwasy fenolowe znajdują się głównie w warstwie aleuronowej i okrywie ziarniaków pszenicy. Z tego powodu są one skoncentrowane we frakcji otrąb, natomiast występują w niższym stężeniu w białej mące [Parker i Waldron, 2005]. Kwas ferulowy, który głównie występuje w formie zestryfikowanej, jest głównym kwasem fenolowym w ziarnie pszenicy, którego ilość sięga 90% wszystkich polifenoli. Ponadto występują kwasy: synapinowy, wanilinowy, *p*-kumarowy, syryngowy, kawowy, protokatechowy oraz kwasy para- i orto- hydroksybenzoesowe [Czaban i in., 2013]. Zawartość kwasów fenolowych w ziarniakach zbóż zależy od wielu czynników włączając w to odmianę, czynniki agrotechniczne i warunki pogodowe, jednakże niewiele jest doniesień o wpływie formy (jarej czy ozimej) na zawartość i skład kwasów fenolowych w ziarnie pszenicy [Vaher i in., 2010; Zieliński i in., 2012]. Z tego powodu celem podjętych badań było porównanie zawartości kwasów fenolowych w ziarnie różnych odmian pszenicy ozimej i jarej.

Materiał metody badań

Próby ziarna pszenicy ozimej pochodziły z doświadczenia polowego prowadzonego w 2010 roku w Stacji Doświadczalnej IUNG-PIB w Osinach k/Puław w województwie lubelskim (51°27' N, 22°2' E). Do badań wybrano odmiany pszenicy ozimej: 'Tonacja', 'Satyna' i 'Kris' oraz odmiany pszenicy jarej: 'Bombona', 'Nawra' i 'Raweta', należące do różnych klas jakościowych (Tab. 1). Uprawę roślin prowadzono na poletkach o powierzchni 51 m² w płodozmianie z 75% udziałem zbóż i 25% udziałem rzepaku ozimego wg technologii intensywniej i integrowanej. Zbiór przeprowadzono w fazie dojrzałości pełnej.

Przygotowanie próbek ziarna pszenicy

Ekstrakty ziarna przygotowano według zmodyfikowanej metody [Mpofu i in., 2006]. Próbkę (0.2 g) ziarna zmielnego (przez 40 s w młynku do kawy) hydrolizowano w 6 ml 2 N NaOH w temperaturze pokojowej przez 4 godziny. Na początku hydrolizy do każdej próbki dodano 4 µg kwasu *m*-hydroksybenzoesowego jako wewnętrzny standard. Po schłodzeniu w lodzie, odczyn otrzymanych hydrolizatów doprowadzano do pH ok. 2 za pomocą

schłodzonego w lodzie 6 M roztworu HCl. Otrzymane mieszaniny odwirowywano przy 8000 rpm (Sigma 2-16) przez 20 min. Supernatanty poddano trzykrotnej ekstrakcji octanem etylu (6 ml). Oddzieloną fazę organiczną sączone, a następnie odparowano do sucha w 35°C na wyparce rotacyjnej, a pozostałość rozpuszczano w 4 ml 25% roztworu metanolu i przechowywano w lodówce. Po odwirowaniu (13000 rpm przez 5 min) próbki poddano analizie chromatograficznej.

Oznaczenie składu kwasów fenolowych

Oznaczenie zawartości kwasów fenolowych wykonano w trzech powtórzeniach według Czabana i in. [2013]. Zawartość kwasów fenolowych w ekstraktach ziarna pszenicy oznaczano za pomocą ultrasprawnej wysokociśnieniowej chromatografii cieczowej z odwróconym układem faz z wykorzystaniem chromatografu firmy Waters (system ACQUITY UPLC) wyposażonym w kolumnę ACQUITY UPLC® HSS C18 (1.0 x 100 mm; 1.8 µm). Stosowano elucję gradientową rozpuszczalnikami A - 0,1% roztwór kwasu mrówkowego w wodzie o czystości MiliQ i B - acetonitryl z dodatkiem 0.1% kwasu mrówkowego. Związki wymywano stosując kombinację elucji izokratycznej i gradientowej. Szczegóły rozdzielania, elucji i detekcji są podane w pracy [Czaban i in., 2013]. Kwasy fenolowe identyfikowano na podstawie spektrum UV i czasów retencji otrzymanych pików. Stężenie kwasów fenolowych wyliczano na podstawie krzywych wzorcowych.

Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji. Istotność różnic określono testem Tukey'a przy $p < 0,05$. Zależności pomiędzy zawartościami kwasów fenolowych w ziarnie pszenicy badano za pomocą korelacji prostej Pearsona.

Tab. 1. Klasyfikacja odmian pszenicy wg Centralnego Ośrodka Badań Odmian Roślin Uprawnych

Odmiana	Klasa jakości	Rok wpisania do rejestru odmian
Odmiany ozime		
Kris	B (chlebowa)	2000
Satyna	C (pozostała)	2001
Tonacja	A (jakościowa)	2004
Odmiany jare		
Bombona	E (elitarna)	2005
Nawra	A (jakościowa)	1999
Raweta	A (jakościowa)	2005

Wyniki i dyskusja

W ziarnie pszenicy ozimej i jarej stwierdzono obecność dziewięciu kwasów fenolowych (Tab.1). Ich sumaryczna zawartość wahała się w granicach od 635 µg

g⁻¹ w ziarnie Tonacja do 854 µg g⁻¹ w ziarnie Kris (Tab. 2 i 3). W obu formach pszenicy (jarej i ozimej) przeważał kwas ferulowy, którego udział w ogólnej zawartości kwasów fenolowych stanowił od 85% w przypadku ziarna odmiany Tonacja do 89% w przypadku ziarna odmiany Bombona. Jak podaje literatura przedmiotu, kwas ten występuje głównie w formie zestryfikowanej w okrywie nasiennej, warstwie aleuronowej oraz zarodku, jedynie w śladowych ilościach obecny jest w bielmie skrobiowym ziarniaków [Fardet, 2010; Kähkönen, 1999]. Pozostałe kwasy hydroksycynamonowe stanowiły od 5% ogólnej zawartości kwasów fenolowych w ziarnie odmiany Bombona do 10% w ziarnie odmiany Tonacja. Wśród tych kwasów, kwas synapinowy występował w największej ilości, od 3% ogólnej ilości kwasów fenolowych w ziarnie odmiany Bombona do ponad 7% w ziarnie odmiany Tonacja. Kwasy hydroksybenzoesowe stanowiły od około 3% ogólnej ilości kwasów fenolowych w ziarnie odmiany Kris do ponad 6% w ziarnie odmian Raweta i Nawra (Tab. 1, 2 i 3). W najmniejszej ilości występowały: kwas kawowy wśród kwasów hydroksycynamonowych oraz kwasy protokatechowy i salicylowy wśród kwasów hydroksybenzoesowych. Ich łączny udział nie przekraczał 1% sumarycznej zawartości kwasów fenolowych.

Tab. 2. Zawartość kwasów fenolowych (µg g⁻¹) w ziarnie odmian pszenicy ozimej i jarej

Formy pszenicy	Zawartość	FER	SYN	pKUM	KAW	WAN	SYR	pHB	PRO	SAL	Ogółem
Pszenica ozima	µg g ⁻¹	663,40 a	47,61 b	12,40 a	2,68 a	11,98 a	10,82 a	6,30 a	1,70 a	0,28 a	757,17 a
	%	87,62	6,29	1,64	0,35	1,58	1,43	0,83	0,22	0,04	100
Pszenica jara	µg g ⁻¹	636,00 a	25,10 a	12,45 a	2,63 a	18,41 b	15,43 b	7,37 b	1,61 a	0,34 a	719,34 a
	(%)	88,41	3,49	1,73	0,37	2,56	2,15	1,02	0,22	0,05	100

Wartości średnie oznaczone tymi samymi literami (w kolumnach) nie różnią się istotnie przy $p < 0,05$

Kwasy fenolowe: FER= ferulowy, SYN=synapinowy, pKUM= *p*-kumarowy, KAW= kawowy, WAN=wanilinowy, SYR=syryngowy, pHB= *p*-hydroksybenzoesowy, PRO= protokatechowy, SAL=salicylowy

Zarówno badane odmiany pszenicy ozimej jak i jarej istotnie różniły się pomiędzy sobą ogólną zawartością kwasów fenolowych jak i zawartością poszczególnych kwasów fenolowych w ziarnie (Tab. 3, 4). Wśród odmian pszenicy ozimej, ziarno odmiany Kris charakteryzowało się najwyższym poziomem kwasów fenolowych, a ziarno Tonacji najniższym (Tab. 4). Z pszenic jarych najwyższą ogólną zawartość kwasów fenolowych stwierdzono w ziarnie odmiany Bombona, a najniższą w ziarnie odmiany Raweta (Tab. 3). Na zależność między zawartością związków fenolowych ogółem, a cechami odmianowymi różnych zbóż, w tym

pszenicy jarej i ozimej wskazują również badania innych autorów [Czaban i in., 2013; Millard i in., 1996; Żuchowski i in., 2009; Żuchowski i in., 2011].

Tab. 3. Zawartość kwasów fenolowych ($\mu\text{g g}^{-1}$) w ziarnie odmian pszenicy jarej

Odmiany	Zawartość	FER	SYN	pKUM	KAW	WAN	SYR	pHB	PRO	SAL	Ogółem
Bombona	$\mu\text{g g}^{-1}$	677,74 c	23,17 a	12,17 a	2,96 c	18,19 b	14,52 b	7,35 b	1,78 c	0,38 b	758,26 c
	%	89,38	3,06	1,60	0,39	2,40	1,91	0,97	0,23	0,05	
Nawra	$\mu\text{g g}^{-1}$	629,14 b	28,84 b	12,54 b	2,84 b	17,21 b	17,16 a	8,49 b	1,43 a	0,33 a	717,98 b
	(%)	87,63	4,02	1,75	0,40	2,40	2,39	1,18	0,20	0,05	
Raweta	$\mu\text{g g}^{-1}$	601,15 a	23,37 a	12,65 b	2,08 a	19,84 b	14,64 b	6,29 a	1,63 b	0,32 a	681,97 a
	%	88,15	3,43	1,85	0,30	2,91	2,15	0,92	0,24	0,05	

Objaśnienia jak pod Tab.

Zawartość dominującego w ziarnie pszenicy kwasu ferulowego (która głównie wpłynęła na ogólną zawartość kwasów fenolowych) wahała się u pszenicy ozimej od 543 w ziarnie odmiany Tonacja do 758 $\mu\text{g g}^{-1}$ w ziarnie odmiany Kris, a u pszenicy jarej od 601 w ziarnie odmiany Raweta do 678 $\mu\text{g g}^{-1}$ w ziarnie odmiany Bombona (Tab. 3, 4). Przedstawione zakresy zawartości kwasu ferulowego są wyższe od zawartości tego związku w ziarnie amerykańskich odmian pszenicy (490-521 $\mu\text{g g}^{-1}$) w badaniach Pussayanawin i Wetzela [1987] czy odmianach polskich pszenicy jarej (466-546 $\mu\text{g g}^{-1}$) i ozimej (480 do 501 $\mu\text{g g}^{-1}$) w badaniach Żuchowskiego i in. [2009, 2011]. Z kolei Rybka i in. [1993] stwierdzili wyższą zawartość kwasu ferulowego w ziarnie polskich odmian (772 do 982 $\mu\text{g g}^{-1}$), a Lempereur i in. [1997] w ziarnie francuskich odmian pszenicy (780-1980 $\mu\text{g g}^{-1}$). Czaban i in. [2013] stwierdzili, że zawartości kwasu ferulowego w ziarnie tych samych odmian pszenicy ozimej, uprawianej w tym samym czasie i w tej samej miejscowości, ale w innym zmianowaniu (100% udział zbóż) są bardzo zbliżone do prezentowanych w obecnej pracy (514-692 $\mu\text{g g}^{-1}$). Jednakże, w przeciwieństwie do obecnych wyników, ziarno Kris charakteryzowało się najniższą zawartością, a Satyna najwyższą. Ziarno pochodzące z obu doświadczeń (opisanym w pracy Czabana i in. [2013] i prezentowanym w obecnej pracy) różniło się wieloma parametrami, między innymi plonem ziarna, masą 1000 ziaren, zasiedleniem ziarniaków pszenicy przez różne gatunki *Fusarium* i zawartością różnych toksyn fuzaryjnych [Czaban i in., 2015]. Różnice w zawartości kwasu ferulowego u tych samych odmian pszenicy ozimej pomiędzy tymi doświadczeniami sugerują, że zawartość kwasów fenolowych w ziarnie pszenicy jest bardzo zależna od różnych czynników doświadczalnych, wpływających na jakość ziarna. Również Nawracała i in. [2011; 2012; 2013] stwierdzili, że zawartości kwasu ferulowego w tych samych odmianach pszenicy bardzo różniły się w zależności od warunków doświadczenia.

Tab. 4. Zawartość kwasów fenolowych ($\mu\text{g g}^{-1}$) w ziarnie odmian pszenicy ozimej

Odmiany	Zawartość	FER	SYN	pKUM	KAW	WAN	SYR	pHB	PRO	SAL	Ogółem
Kris	$\mu\text{g g}^{-1}$	757,50 c	54,31 a	12,76 b	2,11 a	11,68 a	9,13 a	5,28 a	1,25 a	0,33 b	854,3 5 c
	%	88,66	6,36	1,49	0,25	1,37	1,07	0,62	0,15	0,04	100
Satyna	$\mu\text{g g}^{-1}$	691,46 b	41,43 c	11,65 a	3,45 b	12,59 b	14,63 b	6,26 a	2,15 c	0,31 b	783,9 3 b
	(%)	88,20	5,28	1,49	0,44	1,61	1,87	0,80	0,27	0,04	100
Tonacja	$\mu\text{g g}^{-1}$	542,55 a	47,09 b	12,81b	2,47 a	11,63 a	8,70 a	7,43 b	1,72 b	0,20 a	634,6 a
	%	85,49	7,42	2,02	0,39	1,83	1,37	1,17	0,27	0,03	100

Objaśnienia jak pod Tab. 2.

W przypadku pozostałych kwasów fenolowych, których łączna zawartość w ziarnie różnych odmian pszenicy ozimej i jarej nie przekraczała 15% zawartości wszystkich kwasów fenolowych, stwierdzono także istotne różnice odmianowe (Tab. 3, 4). Wśród odmian pszenicy jarej, Bombona, zawierająca w ziarnie największą ilość kwasów fenolowych, charakteryzowała się istotnie większą zawartością kwasów: protokatechowego, salicylowego i kawowego w odniesieniu do odmian Nawra i Raweta. Z kolei ziarno odmiany Nawra wyróżniało się największą zawartością kwasów: syringowego i synapinowego. Wśród odmian pszenicy ozimej, ziarno odmiany Kris charakteryzowało się istotnie największą zawartością kwasu synapinowego. Odmiana Satyna wyróżniała się najwyższą zawartością kwasu protokatechowego, syringowego i kawowego, a ziarno odmiany Tonacja odznaczało się najwyższą zawartością kwasu *p*-hydroksybenzoesowego (Tab. 4).

Inni autorzy [Mpofu i in., 2006; Żuchowski i in., 2009; Żuchowski i in., 2011] w swoich badaniach także wykazali istotne różnice w zawartości kwasów fenolowych w ziarnie pomiędzy odmianami zarówno pszenicy jarej jak i ozimej (w tym kwasu wanilinowego, synapinowego, *p*-kumarowego i *p*-hydroksybenzoesowego).

Ziarno pszenicy jarej nie różniło się istotnie od ziarna pszenicy ozimej zawartością kwasu ferulowego oraz sumą wszystkich kwasów fenolowych. Stwierdzono natomiast istotne różnice w sumarycznej zawartości kwasów hydroksycynamonowych innych niż kwas ferulowy oraz sumarycznej zawartości kwasów hydroksybenzoesowych. Ziarno pszenicy ozimej charakteryzowało się wyższą zawartością tych kwasów hydroksycynamonowych (7,2-9,8%) niż ziarno pszenicy jarej (5,0-6,2%), natomiast w przypadku kwasów hydroksybenzoesowych relacja była odwrotna (3,2-4,7% w porównaniu do 5,6-6,3%). Ponadto, obie grupy związków występowały w ziarnie pszenicy jarej w podobnej ilości, a w ziarnie pszenicy ozimej zawartość kwasów hydroksycynamonowych była dwukrotnie wyższa niż zawartość kwasów hydroksybenzoesowych (Tab. 1). Występujące w największej ilości hydroksybenzoesowe kwasy syringowy, wanilinowy i *p*-

hydroksybenzoesowy stanowiły ok. 5-6% sumy wszystkich kwasów fenolowych w ziarnie pszenicy jarej, a tylko 3-4% w ziarnie pszenicy ozimej, odwrotnie do udziału kwasu synapinowego, wynoszącego 3-4% w przypadku ziarna pszenicy jarej i 5-6% w przypadku ziarna pszenicy ozimej (Tab. 2-4). W badaniach innych autorów [Żuchowski i in., 2011] nie znaleźli różnic w zawartości różnych kwasów fenolowych pomiędzy pszenicą jarą i ozimą, natomiast Vaher i in. [2010] stwierdzili, podobnie jak w naszych badaniach, wyższą o około 40% zawartość kwasu synapinowego w ziarnie pszenicy ozimej niż jarej, a niższą o ponad 30% zawartość kwasu wanilinowego. W badaniach Czabana i in. [2013] ziarno odmian pszenicy ozimej badanych w obecnej pracy, ale uprawianych w innym zmianowaniu, także charakteryzowało się wyższym udziałem kwasu synapinowego (ok. 7% sumy kwasów fenolowych) od sumy kwasów wanilinowego, syringowego i *p*-hydroksybenzoesowego (ok. 4%).

Tab. 5. Współczynniki korelacji pomiędzy zawartościami kwasów fenolowych w ziarnie pszenic

	FER	SYN	pKUM	KAW	WAN	SYR	pHB	PRO	SAL	Ogólna zaw. kw. fenolowych
FER	x	0,202	0,233	0,070	-0,999	0,034		-0,095	- 0,338	0,996**
SYN		x	0,096	- 0,120	- 0,896**	- 0,810**	- 0,585	-0,108	- 0,519	0,255
pKUM			x	- 0,534	0,263	0,032	0,118	0,027	- 0,399	0,243
KAW				x	-0,214	0,242	0,083	0,616*	0,292	0,007
WAN					x	0,737**	0,543	-0,001	0,288	-0,138
SYR						x	0,531	0,240	0,382	-0,040
pHB							x	-0,093	- 0,082	-0,553
PRO								x	- 0,231	-0,154
SAL									x	0,318

** korelacja istotna przy $P < 0,01$, * przy $P < 0,05$, *; Objasnienia jak pod Tab. 2

Badania zależności pomiędzy zawartościami różnych kwasów fenolowych wykazały dodatnią korelację (przy $P < 0,01$) pomiędzy zawartością w ziarnie pszenicy kwasów wanilinowego i syringowego, hydroksybenzoesowych odpowiedników kwasów ferulowego i synapinowego. Zawartości obu tych kwasów (przy $P < 0,01$), a także zawartość kwasu *p*-hydroksybenzoesowego (przy $P < 0,05$) były ujemnie skorelowane z zawartością kwasu synapinowego (Tab. 5). Wynika to z różnych zawartości tych kwasów fenolowych w ziarnie odmian pszenicy jarej i ozimej. Sumaryczna zawartość wszystkich kwasów fenolowych była skorelowana jedynie z zawartością kwasu ferulowego, stanowiącego prawie 90% ogólnej zawartości tych związków.

Podsumowanie

1. Dominującym kwasem fenolowym w ziarnie badanych odmian zarówno pszenicy ozimej jak i jarej był kwas ferulowy, którego zawartość stanowiła blisko 90% sumarycznej zawartości oznaczonych kwasów fenolowych.
2. Zarówno zawartość kwasów fenolowych ogółem jak i zawartość poszczególnych kwasów fenolowych zależała od odmiany analizowanego ziarna pszenicy.
3. W porównaniu do ziarna wszystkich badanych odmian pszenicy jarej, ziarno wszystkich badanych odmian pszenicy ozimej charakteryzowało się wyższą zawartością kwasu synapinowego, a niższą zawartością kwasów: syringowego i wanilinowego.

Literatura

- [1] Czaban J., Sułek A., Pecio Ł., Żuchowski J., Podolska G.: Effect of genotype and crop management systems on phenolic acid content in winter wheat grain. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 2013, 11, 1201-1206.
- [2] Czaban J., Wróblewska B., Sułek A., Mikos M., Boguszevska E., Podolska G., Nieróbca A.: Colonisation of winter wheat grain by *Fusarium spp.* and mycotoxin content as dependent on a wheat variety, crop rotation, a crop management system and weather conditions. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 2015. <http://dx.doi.org/10.1080/19440049.2015.1019939>. 1-37..
- [3] Fardet A.: New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: what is beyond fibre?. *Nutrition Research Reviews*. 2010, 23, 65-134.
- [4] Fernandez-Orozco R., Li L., Harflett C., Shewry P. R., Ward J. L.: Effects of environment and genotype on phenolic acids in wheat in the HEALTHGRAIN diversity screen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, 9, 11-21.
- [5] Gawlik - Dziki U.: Fenolokwasy jako bioaktywne składniki żywności. Zielinski H., Achremowicz B., Przygodzka M. *Przeciwutleniacze ziarniaków zbóż. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, 4 (41), 29-40.
- [6] Kähkönen M.P., Hopia A.I., Vourela H.J., Rauha J.P., Pihlaja K., Kujala T.S., Heinonen M.: Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1999, 47, 3954-3962.
- [7] Kim K-H., Taso R., Yang R., Cui S.W.: Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extract and the effect of hydrolysis conditions. *Food Chemistry*, 2006, 95, 466-473.
- [8] Lempereur I., Rouau X., Abecassis J.: Genetic and agronomic variation in arabinoxylan and ferulic acid contents of durum wheat (*Triticum durum* L.) grain and its milling fractions. *Journal of Cereal Science*, 1997, 25, 103-101.

- [9] McKeehen J.D., Bush R.H., Fulcher R.G.: Evaluation of wheat (*Triticum aestivum* L.) phenolic acids during grain development and their contribution to *Fusarium* resistance. *Journal of Agricultural of Food Chemistry*, 1999, 47, 1476-1482,
- [10] Millard M.N., Soum M.H., Boivin P., Berset C.: Antioxidant activity of barley and malt: relation-ship with phenolic content. *Lebensmittell- Wissenschaft und Technologie*, 1996, 29, 238-244.
- [11] Mpofu A., Sapirtein H.D., Beta T.: Genotype and environmental variation in phenolic content, phenolic acid composition, and antioxidant activity of hard spring wheat. *Journal of Agricultural of Food Chemistry*, 2006, 54, 1265-1270.
- [12] Nawracała J., Perkowski J., Kurasiak-Popowska D., Stuper-Szablewska K.: 2011, 2012, 2013. Ustalenie zależności występowania kwasu ferulowego w ziarnie a odpornością na choroby grzybowe pszenicy. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Rolnictwa i Bioinżynierii, Katedra Genetyki i Hodowli Roślin. <http://bip.puls.edu.pl/?q=content/dotacje-ministra-rolnictwa>
- [13] Parker M.L., Ng A., Waldron K.W.: The phenolic acid and polysaccharide composition of cell walls of bran layers of mature wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Avalon) grains. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2005, 85, 2539-2547
- [14] Peterson D.M.: Oat antioxidants. *Journal of Cereal Science*, 2001, 33, 115-129.
- [15] Pussayanawin V., Wetzel D.L.: High - Performance Liquid Chromatographic determination of ferulic acid in wheat milling fractions as measure of bran contamination. *Journal of Chromatography*, 1987, 39, 24-255.
- [16] Rybka K., Sitarski J., Raczynska-Bojanowska K.: Ferulic acid in rye and wheat grain and grain dietary fiber. *Cereal Chemistry*, 1993, 70, 55-59.
- [17] Vaher M., Matso K., Levandi T., Helmja K., Kaljurand M.: Phenolic compounds and the antioxidant activity of the bran, flour and whole grain of different wheat varieties. *Procedia Chemistry*, 2010, 2, 76-82.
- [18] Zieliński H., Kozłowski H.: Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and their different morphological fractions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2000, 48, 2008-2016.
- [19] Zielinski H., Achremowicz B., Przygodzka M.: Przeciwutleniacze ziarniaków zbóż. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, 1(80), 5-26.
- [20] Żuchowski J., Kapusta I., Szwałk B., Jończyk K., Oleszek W.: Phenolic acid content of organic and conventionally grown winter wheat. *Cereal Research Communications*. 2009, 37(2), 189-197.
- [21] Żuchowski J., Jończyk K., Pecio Ł., Oleszek W.: Phenolic acid concentrations in organically and conventionally cultivated spring and winter wheat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2011, 91(6), 1089-1095.

OCENA ŻYWIENIA DZIECI W WIEKU PRZEDSZKOLNYM W WOJEWÓDZTWIE LUBELSKIM

EMILIA SYKUT-DOMAŃSKA, ZBIGNIEW RZEDZICKI, PIOTR ZARZYCKI,
ALDONA SOBOTA, ANNA WIRKIJOWSKA, EWELINA KUZAWIŃSKA,
ANNA KOT, KATARZYNA BARTOSZEK

Streszczenie

Przeanalizowano sposób żywienia dzieci w wieku przedszkolnym (4-6 lat). Na podstawie tygodniowych jadłospisów z losowo wybranych przedszkoli z Lublina i okolic, określono wartość energetyczną oraz odżywczą diety (białko, tłuszcz, węglowodany) a także udział błonnika pokarmowego w przedszkolnych racjach pokarmowych. Ocenie poddano również sposób kształtowania właściwych nawyków żywieniowych u dzieci poprzez różnorodność wprowadzanych produktów zbożowych.

Wartość energetyczna przedszkolnych racji pokarmowych przekraczała zalecaną normę. Podaż białka oraz tłuszczów w większości placówek była wyższa w porównaniu do zaleceń, natomiast większość placówek realizowała racje pokarmowe ze zbyt małą ilością węglowodanów w porównaniu do zaleceń. Zawartość błonnika pokarmowego w racjach pokarmowych była zróżnicowana zarówno pomiędzy przedszkolami jak również pomiędzy poszczególnymi dniami, co wskazuje na brak bilansowania tego składnika w żywieniu dzieci.

Słowa kluczowe: błonnik pokarmowy, wartość odżywcza, żywienie przedszkolne

Wprowadzenie

Prawidłowe żywienie dzieci wpływa na ich optymalny rozwój nie tylko fizyczny, ale także umysłowy i społeczny. Obserwowane w ostatnim dwudziestoleciu niekorzystne zmiany stylu życia, zachowań żywieniowych oraz brak aktywności fizycznej prowadzą do wielu problemów zdrowotnych. Nadkonsumpcja żywności skutkuje wzrostem masy ciała, a w perspektywie czasu wzrostem zachorowalności na choroby cywilizacyjne. Dzieci obecnie spożywają zbyt dużą ilość kalorii w porównaniu do zapotrzebowania. Głównym ich źródłem są tłuszcze i cukry proste [Moszczyński, 2010]. Konsekwencją nadmiernego spożywania posiłków w restauracjach gastronomicznych z żywnością typu fast food jest wzrost masy ciała, co zwiększa ryzyko otyłości oraz cukrzycy typu 2 [Łoś-Rycharska, Niecławska, 2010]. Wyniki badań Rolland-Cachera i in. [1984] dowodzą, że znaczna część otyłych dzieci i młodzieży utrzymuje nadwagę w wieku

dorosłym, a ryzyko to wzrasta, gdy otyłość rozpoczyna się we wczesnym dzieciństwie. Nadwaga i otyłość u dzieci w wieku przedszkolnym stanowią duży problem. Według Europejskich Ankietowych Badań Zdrowia co szósty chłopiec boryka się z nadwagą lub otyłością [Szymborski, 2012]. Wyniki badań przeprowadzonych w rzeszowskich przedszkolach wskazują na konieczność podjęcia działań profilaktycznych i leczniczych otyłości u dzieci w 4-6 lat. Nadwagę stwierdzono u 9,1% dziewcząt i 9,9% chłopców natomiast otyłość u 7,2% dziewcząt i 8,4% chłopców [Mazur i in., 2005]. Z drugiej strony powszechnym problemem jest niedożywienie, czego konsekwencją jest zmniejszona odporność oraz opóźnienie rozwoju intelektualnego [Wierzejska, 2011].

W świetle postępującej epidemii otyłości i nadwagi wśród dzieci znaczenia nabiera racjonalne żywienie z zachowaniem wysokiej jakości i regularności spożywanych posiłków. Dzieci powinny spożywać 4-5 urozmaiconych posiłków dziennie. Głównym źródłem energii w diecie przedszkolaków powinny być produkty zbożowe, które charakteryzują się dużą zawartością błonnika pokarmowego, witamin oraz makro i mikroelementów [Traczyk, 2008]. Należy zachęcać dzieci do spożywania żywności bogatej w błonnik. Ma ona zmniejszoną gęstość energetyczną, dzięki czemu dłużej utrzymuje się uczucie sytości po jej spożyciu [Wierzejska, 2011; Brauchla, 2012]. Dla dzieci zalecana dobowa ilość błonnika powinna wynosić 0,4-0,5g/kg masy ciała [Woś, Staszewska-Kwak, 2008]. Należy jednak zwrócić uwagę, że nadmierna zawartość błonnika w diecie może powodować u dzieci pogorszenie się wchłaniania soli mineralnych oraz zwiększa zapotrzebowanie na wodę [Charzewska, 2011]. Mając na względzie bardzo ważną rolę prawidłowo zbilansowanej diety w oddziaływaniu na stan zdrowia dziecka oraz jego rozwój psychofizyczny podjęto badania w zakresie oceny zawartości makroskładników w zaplanowanych racjach pokarmowych w lubelskich placówkach wychowania przedszkolnego.

Materiał i metody badań

W badaniach wykorzystano dane uzyskane z dokumentacji jadłospisów tygodniowych, pochodzących z losowo wybranych publicznych i niepublicznych przedszkoli z Lublina i okolic. Jadłospisy zostały zebrane w okresie jesiennym (wrzesień, październik 2013r.). Oceniono racje pokarmowe z pięciu dni tygodnia (wyłączając soboty i niedziele), składające się z trzech posiłków: II śniadania, obiadu i podwieczorku. Wykorzystując program komputerowy DIETETYK oraz tabele „Wartości odżywczej wybranych produktów spożywczych i gotowych potraw” [2012] oszacowano średnią wartość energetyczną oraz zawartość białka, tłuszczu i węglowodanów (w tym błonnika pokarmowego) w racjach pokarmowych. Udział badanych posiłków przedszkolnych w całkowitym zapotrzebowaniu na energię i składniki odżywcze obliczono w oparciu o najnowsze „Normy żywienia dla populacji polskiej - nowelizacja” [2012]. Do

oceny spożycia wykorzystano normy średniego zapotrzebowania grupy EAR oraz % realizacji całodiennej energii dla poszczególnych makroskładników.

Analizę statystyczną wykonano przy pomocy programu komputerowego SAS 9.1.3. Obliczono wartości średnie, odchylenia standardowe, wartości minimalne i maksymalne; przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji, wykorzystując test Duncana przy poziom istotności $p \leq 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Przedszkolne posiłki powinny pokrywać 70-75% całodziennego zapotrzebowania na energię i składniki odżywcze na poziomie zalecanego spożycia [Jarosz, Bułhak-Jahymczyk, 2008]. Według norm i zaleceń żywieniowych Instytutu Żywności i Żywienia [Jarosz, 2010, 2012] zapotrzebowanie na energię dla dzieci w wieku 4-6 lat o umiarkowanym poziomie aktywności fizycznej powinno wynosić 1400kcal/osobę/dzień przy czym przedszkolne racje pokarmowe powinny dostarczać ok. 980kcal. Średnia wartość energetyczna w 7 z 11 ocenianych przedszkoli spełniała dzienne zalecenia (Tabela 1), jednak w poszczególnych dniach wykazano niższą niż zalecana podaż energii. W pozostałych 4 przedszkolach racje pokarmowe nie spełniały zaleceń – ich wartość energetyczna była niższa niż 980kcal.

Średnie zapotrzebowanie na białko na poziomie zalecanego spożycia RDA dla dzieci w wieku 4-6 lat wynosi 21g/osobę/dzień natomiast na poziomie średniego zapotrzebowania EAR 16g/osobę/dzień [Jarosz, 2010, 2012]. Wartości te są niższe od minimalnego poziomu jaki powinno stanowić białko w całodzienniej energii, czyli 10% co stanowi 35g białka na dzień. Ponieważ żywienie przedszkole powinno stanowić 70% całodzienniej podaży białka w związku z tym udział tego składnika powinien wynosić ok. 25g w racjach przedszkolnych. Bezpieczny poziom referencyjny białka dla dzieci w wieku przedszkolnym to 1,1g/kg m.c./dzień co w przeliczeniu na średnią masę ciała 19kg daje 21g białka. Z badań wynika, że średnia zawartość białka w przedszkolnych racjach pokarmowych mieściła się w zakresie od 25,75g do 48,62g (Tabela 1). Wartości te są zbliżone do wyników Dymkowskiej-Malesa i Skibniewskiej [2011]. Minimalna zawartość białka wynosiła 13,48g (przedszkole 6). Należy zaznaczyć, że prawidłowa realizacja zapotrzebowania człowieka na białko nie polega na spożywaniu go każdego dnia w ilościach ściśle odpowiadających zapotrzebowaniu. Średnie spożycie białka w przeliczeniu na dobę z kilku lub kilkunastu dni nie powinno być mniejsze od poziomu normy EAR, ale w rzeczywistości powinno być większe (zapewniające pokrycie powyżej 10% energii pochodzącej z białka w całodzienniej diecie).

Zawartość tłuszczu w przedszkolnych racjach pokarmowych była zróżnicowana (Tabela 1). Normy żywienia dla tłuszczów wynoszą ok. 47-54g/osobę/dzień, co stanowi 30-35% całodzienniej energii [Jarosz, 2010, 2012]. Wykazano zróżnicowanie pod względem udziału tłuszczu pomiędzy poszczególnymi

przedszkolami. Najniższą średnią podaż tłuszczu wykazano w przedszkolu 9 (Tabela 1). W przedszkolu tym również w ciągu poszczególnych dni podaż tłuszczu była najniższa i nie przekraczała 32g. W 6 na 11 ocenianych przedszkoli wykazano większą podaż tłuszczu niż wynika to z norm. Podobną tendencję zaobserwowali inni autorzy [Grajeta i in., 2003; Kowieska i in., 2009; Dymkowska-Malesa, Skibniewska, 2011].

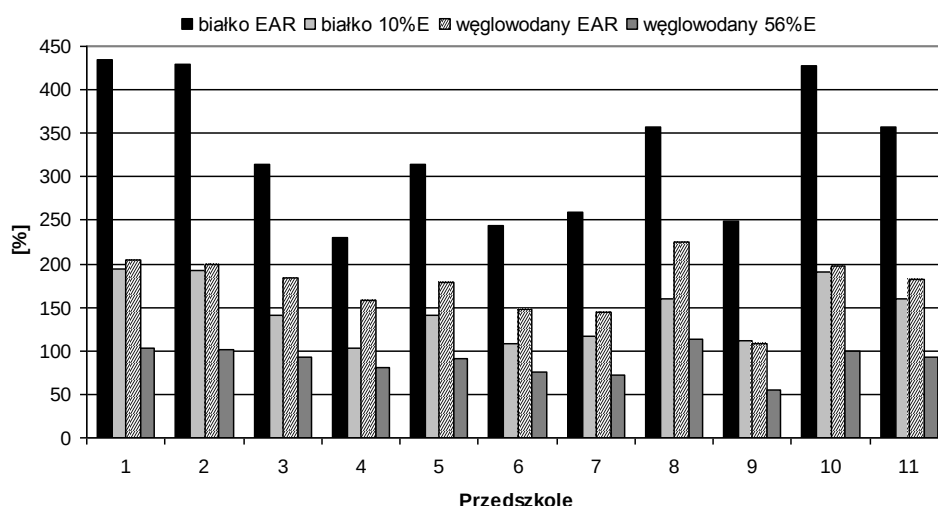
W przypadku węglowodanów średnie zapotrzebowanie dla dzieci i młodzieży w wieku 1-18 lat zostało ustalone na podstawie zapotrzebowania mózgu na glukozę i wynosi 100g/dzień. Natomiast zalecane spożycie węglowodanów przyswajalnych wynosi 130g/dzień [Jarosz, 2010, 2012; IOM]. Wartości te, podobnie jak w przypadku białka, są niższe niż zalecany procent udziału węglowodanów w całodiennej energii. Normy na węglowodany dla ludności Polski nie wyodrębniają dzieci w wieku przedszkolnym jako odrębnej grupy, podając ogólny zakres dla osób powyżej 1 r.ż. wynoszący 50-70% całodiennej energii [Jarosz, 2012]. Charzewska i wsp. [2011] w rekomendacjach dla realizatorów żywienia przedszkolnego zaleca poziom węglowodanów stanowiący ok. 56-60% całodiennej energii, co daje zakres od 196g do 210g węglowodanów na dzień. Badania własne wykazały zróżnicowanie w średniej podaży węglowodanów pomiędzy poszczególnymi przedszkolami (Tabela 1). Zakres średniego udziału tego składnika w racjach przedszkolnych wynosił od 75,27g do 157,26g. Przedszkole 9 istotnie różniło się od pozostałych placówek, wykazując najniższą średnią podaż węglowodanów.

Badania własne wykazują rozbieżności i niedoszacowanie ocenianych jadłospisów w zależności od zastosowanych wskaźników oceny spożycia żywności. Stosując zalecany przy ocenie spożycia żywności w żywieniu grupowym poziom średniego zapotrzebowania grupy EAR dochodzi do obniżenia kaloryczności diety w porównaniu do zastosowania poziomów poszczególnych makroskładników, wynikających z ich udziału w całodiennej energii.

W tabeli 2 przedstawiono % realizacji przez żywienie przedszkolne zapotrzebowania na energię oraz składniki odżywcze na poziomie średniego zapotrzebowania EAR. Wykazano zróżnicowanie pod względem realizacji norm w poszczególnych przedszkolach. Szczególnie przekroczony jest udział białka w racjach pokarmowych w porównaniu do średniego zapotrzebowania grupy – jego podaż przekracza nawet 400% (przedszkole 1). Wykazano dni w trakcie których udział białka w racjach pokarmowych przekraczał 600% (przedszkole 1). Badania Kłos i Bertrandta [1999] wykazały, że średnia zawartość białka w przedszkolnych posiłkach stanowiła 137% zalecanej ilości. Realizacja normy na węglowodany na poziomie średniego zapotrzebowania wahała się w zakresie od 107,53% do 204,06%.

Porównano realizację normy spożycia na białko i węglowodany z normą wynikającą z udziału tych składników w całodiennej energii (Rys. 1). Wykazano, że realizacja średniego zapotrzebowania grupy EAR na białko przekracza

kilkakrotnie normę, podobnie jak w przypadku węglowodanów. Natomiast uwzględnienie przy ocenie realizacji normy ilościowego udziału białka i węglowodanów niezbędnych do pokrycia całodiennej energii wskazuje na niewystarczające spożycie węglowodanów i przekroczone spożycie białka.



Rys. 1. Porównanie realizacji na normę dla białka i węglowodanów na poziomie EAR oraz na podstawie procentu realizacji zapotrzebowania na energię, pochodzącą z białka i węglowodanów

Przeanalizowano udział energii pochodzącej z białek, tłuszczów i węglowodanów w racjach pokarmowych w poszczególnych przedszkolach (Tab. 3). Według zaleceń białka powinny stanowić 12-14% energii, tłuszcze ok. 30%, zaś węglowodany nie mniej niż 55% [Jarosz, Bułhak-Jahymczyk, 2008].

Przeprowadzone badania wykazały, że struktura pokrycia zapotrzebowania na energię była właściwa. Wykazano, że największy odsetek energii w każdej placówce pochodzi z węglowodanów - średni odsetek energii wynosił od 49,32% do 56,61% (Tab. 3).

Tab. 1. Średnia zawartość ($X_{\text{śr.}}$) oraz udział minimalny (min) i maksymalny (max) energii i podstawowych składników odżywczych w przedszkolnych racjach pokarmowych

Przedsz kole	Średnia wartość energetyczna [kcal]		Średni udział białka [g]		Średni udział tłuszczu [g]		Średni udział węglowodanów [g]	
	$X_{\text{śr.}}$	min-max	$X_{\text{śr.}}$	min-max	$X_{\text{śr.}}$	min-max	$X_{\text{śr.}}$	min-max
1	1092,03 ^{a,b}	871,58- 1426,52	48,62 ^a	26,42- 100,7	38,48 ^{a,b,c}	25,23- 55,63	142,84 ^{a,b}	91,12- 242,93
2	1118,45 ^a	1008,09- 1302,5	48,07 ^a	33,72- 55,63	40,99 ^{a,b}	30,48- 53,65	139,63 ^{a,b}	132,85- 156,52
3	973,17 ^{a,b,c,d}	736,81- 1293,56	35,24 ^{a,b}	23,97- 44,91	35,35 ^{a,b,c}	13,42- 65,44	128,83 ^{a,b}	115,03- 136,91
4	786,48 ^{c,d,e}	575,39- 891,77	25,75 ^b	17,02- 31,26	27,18 ^{b,c}	10,42- 35,19	110,51 ^{b,c}	93,17- 130,68
5	988,52 ^{a,b,c,d}	760,24- 1242,45	35,3 ^{a,b}	17,91- 46,61	35,9 ^{a,b,c}	23,05- 49,4	124,57 ^{a,b}	77,14- 159,95
6	747,26 ^{d,e}	609,9- 977,62	27,22 ^b	13,48- 35,36	26,65 ^{b,c}	20,44- 35,51	103,87 ^{b,c}	80,77- 132,52
7	846,95 ^{b,c,d,e}	545,46- 975,98	29,1 ^{a,b}	15,08- 48,52	32,04 ^{a,b,c}	23,76- 42,24	100,52 ^{b,c}	68,27- 138,73
8	1221,96 ^a	842,6- 1430,4	40,05 ^{a,b}	26,84- 54,71	45,92 ^a	23,54- 70,25	157,26 ^a	131,52- 202,12
9	620,19 ^e	531,18- 804,35	27,82 ^b	16,15- 37,4	20,57 ^c	15,88- 31,3	75,27 ^c	62,14- 104,43
10	1031,11 ^{a,b,c}	753,12- 1230,58	47,85 ^a	40,08- 58,98	32,79 ^{a,b,c}	10,13- 49,22	138,61 ^{a,b}	101,35- 162,23
11	1050,29 ^{a,b}	955,02- 1121,46	39,95 ^{a,b}	26,2- 53,1	40,43 ^{a,b}	23,91- 49,04	127,78 ^{a,b}	103,3- 157,37

Wartości średnie w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie statystycznie ($p \leq 0,05$)

Tab. 2. Realizacja 70% normy EAR na energię i składniki odżywcze w przedszkolnych racjach pokarmowych (wartości średnie $X_{\text{sr.}}$, wartość minimalna - min, wartość maksymalna - max)

Przed szkole	Realizacja normy na energię [%]		Realizacja normy na białko [%]		Realizacja normy na tłuszcz [%]		Realizacja normy na węglowodany [%]	
	$X_{\text{sr.}}$	min-max	$X_{\text{sr.}}$	min-max	$X_{\text{sr.}}$	min-max	$X_{\text{sr.}}$	min-max
1	111,43 ^{a,b}	88,94- 145,56	434,14 ^a	235,89- 899,11	116,59 ^{a,b,c}	76,45- 168,58	204,06 ^{a,b}	130,17- 347,04
2	114,13 ^a	102,87- 132,91	429,2 ^a	301,07- 496,7	124,22 ^{a,b}	92,36- 162,58	199,48 ^{a,b}	189,79- 223,6
3	99,3 ^{a,b,c,d}	75,18- 132	314,66 ^{a,b}	214,02- 400,98	107,13 ^{a,b,c}	40,67- 198,3	184,05 ^{a,b}	164,33- 195,59
4	80,25 ^{c,d,e}	58,71- 91	229,87 ^b	151,96- 279,11	82,37 ^{b,c}	31,58- 106,64	157,87 ^{b,c}	133,1- 186,69
5	100,87 ^{a,b,c,d}	77,58- 126,78	315,14 ^{a,b}	159,91- 416,16	108,78 ^{a,b,c}	69,85- 149,7	177,95 ^{a,b}	110,2- 228,5
6	76,25 ^{d,e}	62,23- 99,76	243,05 ^b	120,36- 315,71	80,76 ^{b,c}	61,94- 107,61	148,38 ^{b,c}	115,39- 189,31
7	86,42 ^{b,c,d,e}	55,66- 99,59	259,82 ^{a,b}	134,64- 433,21	97,08 ^{a,b,c}	72-128	143,59 ^{b,c}	97,53- 198,19
8	124,69 ^a	85,98- 145,96	357,55 ^{a,b}	239,64- 488,48	139,16 ^a	71,33- 212,88	224,65 ^a	187,89- 288,74
9	63,29 ^e	54,2- 82,08	248,39 ^b	144,2- 333,93	62,34 ^c	48,12- 94,85	107,53 ^c	88,77- 149,19
10	105,21 ^{a,b,c}	76,85- 125,57	427,27 ^a	357,86- 526,61	99,38 ^{a,b,c}	30,7- 149,15	198,01 ^{a,b}	144,79- 231,76
11	107,17 ^{a,b}	97,45- 114,43	356,68 ^{a,b}	233,93- 474,11	122,52 ^{a,b}	72,45- 148,61	182,54 ^{a,b}	147,57- 224,81

Wartości średnie w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie statystycznie ($p \leq 0,0$)

Wartości te są jednak niższe niż zalecane 56-60% całodiennej energii dla dzieci w wieku 4-6 lat. Drugie miejsce pod względem udziału energii zajmują tłuszcze. Średni odsetek energii pochodzącej z tłuszczów wynosił od 24,94% do 33,80%. Udział energii pochodzącej z białka w ocenianych przedszkolach był wyższy niż zalecany minimalny udział energii wynoszący 10% (Tab. 3). Podobną tendencję wykazała Leszczyńska i in. [2007] Instytut Żywności i Żywienia, Centrum Zdrowia Dziecka i Instytut Matki i Dziecka uważają, że nie należy

przekraczać 15% energii z białka, ze względu na zbyt wysoką ilość białka na 1 kg masy ciała w zwyczajowo spożywanych dietach przez dzieci w wieku przedszkolnym [Rusin, Marć, 2009; Weker, 2000].

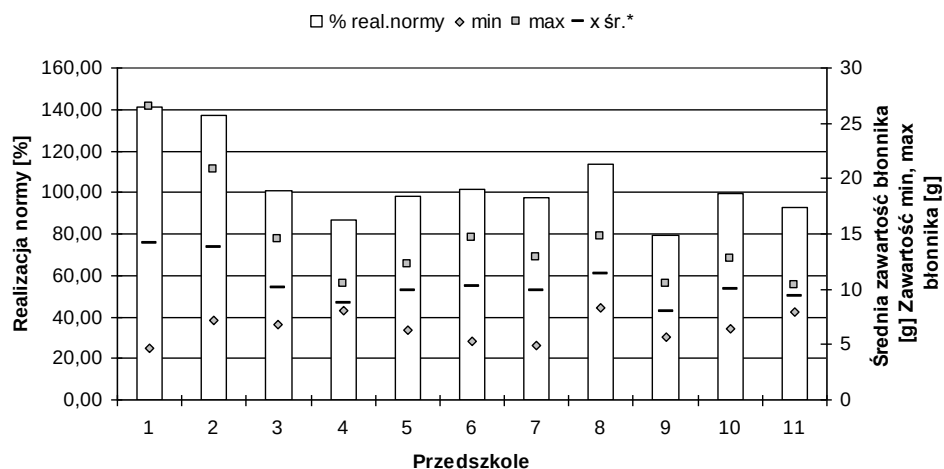
Tab. 3. Wartości średnie ($X_{\text{śr.}}$), minimalne i maksymalne udziału energii z białek, tłuszczu i węglowodanów w przedszkolnych racjach pokarmowych

Przedszkole	Udział energii z białka		Udział energii z tłuszczu		Udział energii z węglowodanów	
	$X_{\text{śr.}}$	min-max	$X_{\text{śr.}}$	min-max	$X_{\text{śr.}}$	min-max
1	16,8*	12,02-26,49	31,29*	16,96-41,69	51,91*	43,22-70,77
2	16,87	13,9-20,2	29,52	22,99-37,86	53,71	44,98-61,45
3	15,13	11,46-22,05	28,87	16,4-45,89	56	40,15-66,5
4	13,37	10,79-16,87	29,75	16,29-37,75	53,13	46,61-58,01
5	14,69	9,5-18,23	32,55	27,65-42,57	52,76	41,13-62,86
6	14,84	8,84-22,29	31,42	26,12-39,51	53,74	43,68-60,99
7	12,92	7,08-17,98	31,77	22,96-39,2	49,32	32,8-60,27
8	17,08	15,76-18,55	26,31	22,6-30,13	56,61	52,67-61,64
9	16,28	10,24-19,35	30,37	22,65-35,02	53,35	47,23-67,11
10	18,83	14,9-22,47	24,94	12,27-36,63	56,23	44,03-65,78
11	15,82	10,71-21,22	33,8	22,53-40,66	50,38	38,12-57,25

*Nie wykazano różnic istotnych statystycznie w ocenianych parametrach pomiędzy przedszkolami ($p \leq 0,05$)

Przeanalizowano udział błonnika pokarmowego w przedszkolnych racjach pokarmowych (Rys. 2). Według zaleceń Instytutu Żywności i Żywienia wystarczające spożycie błonnika dla dzieci wynosi 14g/dzień z czego około 10g powinno być dostarczone w żywieniu przedszkolnym [Woś, Staszewska-Kwak, 2008].

W przeprowadzonych badaniach wykazano, że podaż błonnika pokarmowego w każdej z analizowanych placówek na przełomie pięciu dni (poniedziałek – piątek) jak również wartości średnie były zróżnicowane (Rys. 2). Najmniejsze zróżnicowanie w podaży tego składnika wykazano w przedszkolu 4 i 11, największe natomiast w przedszkolu 1. Rozrzut zawartości błonnika w racjach pokarmowych przedszkola 1 mieścił się w zakresie od 4,92g do 26g. Tak duże różnice świadczą o braku prawidłowego bilansowania tego składnika. Tylko w dwóch przedszkolach wykazano średnią podaż błonnika niższą od zalecanych 10g. W pozostałych placówkach wartości te są równe lub wyższe od 70% zalecanego dziennego spożycia błonnika.



* Nie wykazano różnic istotnych statystycznie ($p \leq 0,05$)

Rys. 2. Średnia zawartość błonnika pokarmowego ($x_{sr.}$), zawartość minimalna (min) i maksymalna (max) błonnika pokarmowego oraz procent realizacji normy spożycia błonnika pokarmowego w przedszkolnych racjach pokarmowych

Również badania innych autorów wskazują na zróżnicowanie w podaży błonnika pokarmowego w przedszkolnych racjach pokarmowych [Leszczyńska i in., 2007; Sochacka-Tatara i in., 2008; Warzywniak i in., 2010; Frąckiewicz i in., 2011].

W pracy poddano ocenie różnorodność produktów, będących źródłem błonnika pokarmowego w żywieniu przedszkolnym dzieci. Spośród asortymentu płatków śniadaniowych najczęściej serwowane były wysokoprzetworzone płatki kukurydziane. Charakteryzują się one jednym z najniższych udziałów błonnika pokarmowego spośród produktów zbożowych [Sykut-Domańska, 2012]. Tylko raz stwierdzono występowanie płatków owsianych. Asortyment pieczywa stanowiło głównie pieczywo mieszane, sporadycznie występowało pieczywo razowe. Cennym źródłem włókna pokarmowego jest asortyment kasz, który w ocenianych przedszkolach był bardzo ubogi (kasza gryczana oraz kasza jęczmienna). Mało urozmaicony asortyment produktów zbożowych przemawia za ich modyfikacją, ale również potrzebą ciągłej edukacji osób odpowiedzialnych za żywienie dzieci w tego typu placówkach. Nieodpowiednie nawyki żywieniowe kształtujące się w okresie rozwoju mogą bowiem negatywnie wpływać na stan zdrowia w wieku dorosłym, dlatego powinno się wprowadzić programy edukacyjne propagujące zdrowe i racjonalne odżywianie wśród najmłodszych.

Wnioski

1. Wykazano zróżnicowanie pomiędzy ocenianymi placówkami pod względem udziału energii oraz białka, tłuszczu i węglowodanów w racjach pokarmowych.
2. Wykazano zbyt niski udział węglowodanów w strukturze energii w porównaniu do zaleceń.
3. Udział błonnika pokarmowego w codziennych racjach pokarmowych był zróżnicowany pomiędzy przedszkolami.
4. Tylko w dwóch placówkach stwierdzono, że podaż błonnika pokarmowego w ocenianych racjach pokarmowych była niższa niż przewidują normy.
5. Wykazano bardzo małe zróżnicowanie przetworów zbożowych, wykorzystanych w żywieniu przedszkolnym.
6. Istnieje konieczność wprowadzenia wśród personelu placówek wychowania przedszkolnego szerokiej edukacji, dotyczącej prawidłowego żywienia dzieci.

Literatura

- [1] Brauchla M., Juan W., Story J., Kranz S.: Sources of Dietary Fiber and the Association of Fiber Intake with Childhood Obesity Risk (in 2–18 Year Olds) and Diabetes Risk of Adolescents 12–18 Year Olds: NHANES 2003–2006, 2012.
- [2] Charzewska J.: Rekomendacje dla realizatorów żywienia z zakresu zasad prawidłowego żywienia dzieci w przedszkolach. Wydawnictwo Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa, 2011.
- [3] Dymkowska-Malesa M., Skibniewska K.: Udział posiłków przedszkolnych w pokryciu zapotrzebowania na podstawowe składniki odżywcze i energię. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2011, 374-379.
- [4] Frąckiewicz J., Ring-Andrzejczuk K., Gronowska-Senger A., Zawartość energii i wybranych składników w racjach pokarmowych przedszkoli z rejonu warszawskiego. *Roczniki PZH*, 2011, 62(2), 181-185.
- [5] Grajeta H., Iłow R., Prescha A.: Ocena wartości energetycznej i odżywczej posiłków przedszkolnych. *Rocznik PZH*, 2003, 417-425.
- [6] Jarosz M.: Praktyczny podręcznik dietetyki. Wydawnictwo Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa, 2010.
- [7] Jarosz M.: Normy żywienia dla populacji polskiej - nowelizacja. Wydawnictwo Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa, 2012.
- [8] Jarosz M., Bułhak-Jachymczyk B., Normy żywienia człowieka. Podstawy prewencji otyłości i chorób niezakaźnych. PZWL, Warszawa, 2008.
- [9] Kłos A., Bertrandt J.: Żywienie dzieci w wybranych przedszkolach wojskowych na terenie Warszawy, *Lekarz wojskowy*, 1999, 275-279.
- [10] Kowieska A., Biel W., Chalaba A.: Charakterystyka żywienia dzieci w wieku przedszkolnym. *Żywienie Człowieka i Metabolizm*, 2009, 179-184.
- [11] Leszczyńska T., Sikora E., Kręcina K., Pysz K.: Udział posiłków przedszkolnych w całkowitym pokryciu zapotrzebowania na energię

- i składniki odżywcze na przykładzie wybranej stołówki. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, 327-334.
- [12] Łoś-Rycharska E., Niecławska A.: Spożycie pokarmów typu fast-food przez dzieci w wieku poniemowlęcym i przedszkolnym. *Pediatrica Polska*, 4, 2010, 345-352.
 - [13] Mazur A., Klimek K., Małecka-Tendera E.: Czynniki ryzyka występowania otyłości u dzieci szkolnych w województwie podkarpackim. *Endokrynologia. Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii*, 2005, 3, 157-166.
 - [14] Moszczyński P.: Wpływ żywienia i żywności oraz zdrowego stylu życia na zdrowie populacji. *Przegląd Lekarski*, Kraków, 2010, 414-418.
 - [15] Rolland-Cachera M.F., Deheeger M., Bellisle F., Sempé M., Guilloud-Bataille M., Patois E.: Adiposity rebound in children. 1984, 1, 129-135.
 - [16] Rusin J., Maré M., Zwyczaje żywieniowe dzieci w okresie dzieciństwa (2 i 3 rok). W: *Zdrowie publiczne. Część1: Żywnienie w zdrowiu publicznym*, Ed. Januszewicz P., Socha P., Mazur A., Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego, Rzeszów, 2009, 106-119.
 - [17] Szymborski J.: *Zdrowie publiczne i polityka żywnościowa*. Rządowa Rada Ludnościowa. Warszawa, 2012.
 - [18] Sykut-Domańska E.: Charakterystyka wybranych sortymentów zbóż śniadaniowych dostępnych na rynku polskim i brytyjskim. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2012, 72-82.
 - [19] Traczyk I.: Produkty zbożowe z pełnego przemiału w diecie. W: *Zasady prawidłowego żywienia dzieci i młodzieży oraz wskazówki dotyczące zdrowego stylu życia*. Ed. M. Jarosz, Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa, 2008, 89-96.
 - [20] Warzywniak A., Hamułka J., Brenk M., Ocena sposobu żywienia dzieci i młodzieży z wybranego domu dziecka. *Roczniki PZH*, 2010, 61(2), 183-189.
 - [21] Weker H., Ocena stanu odżywienia i sposobu żywienia dzieci w wieku 3-7 lat – wyniki badań ankietowych, *Medycyna Wieku Rozwojowego*, 2000, 4(1), 41-52.
 - [22] Wierzejeska R.: Znaczenie prawidłowego żywienia dzieci w wieku przedszkolnym. W: *Rekomendacje dla realizatorów żywienia z zakresu zasad prawidłowego żywienia dzieci w przedszkolach*. Ed. J. Charzewska, Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa, 2011, 9-15.
 - [23] Woś H., Staszewska-Kwak A.: *Żywnienie dzieci*. Wydawnictwo: Lekarskie PZWL, Wrocław, 2008.

ŻYWNOŚĆ FUNKCJONALNA SZANSĄ ROZWOJU NAUKI O ŻYWNOŚCI I ŻYWIENIU ORAZ ZAPEWNIENIA BEZPIECZEŃSTWA ŻYWNOŚCI

BOŻENA WASZKIEWICZ-ROBAK, KLAUDIA KULIK, MACIEJ BAZARNIK

Streszczenie

W pracy omówiono zagadnienia związane z rozwojem żywności funkcjonalnej jako nowej kategorii żywności mogącej poprawić stan zdrowia społeczeństwa. Wskazano, że głównym zagrożeniem zdrowotnym ludności na świecie są choroby układu sercowo-naczyniowego. W Polsce choroby układu krążenia są przyczyną ponad 40% zgonów, ale istotnym problemem zdrowotnym Polaków są też nowotwory i choroby metaboliczne, głównie cukrzyca. Omówiono rolę żywności funkcjonalnej w codziennym żywieniu jako czynnika warunkującego poprawę zdrowia społeczeństwa. Wskazano, że żywność funkcjonalna powinna stanowić ważną część prawidłowo zbilansowanej diety i powinna być dostępna w postaci bardzo szerokiej gamy produktów spożywczych. Omówiono kategorie żywności funkcjonalnej wskazując, że mogą to produkty naturalne, modyfikowane na etapie pozyskiwania surowca lub przetworzone. Żywność funkcjonalna musi jednak przypominać żywność konwencjonalną i wykazywać korzystne oddziaływanie w ilościach, które oczekuje się, że będą normalnie spożywane z dietą. Z żywnością funkcjonalną ściśle związane są różne składniki bioaktywne. Omówiono korzyści zdrowotne wynikające z ich spożywania oraz wskazano kierunki badań, które należałoby zintensyfikować, m.in. poprzez rozwój nutrigenomiki lub wprowadzenie spersonalizowanego sposobu odżywiania. Stwierdzono, że rozwój badań w zakresie oceny jakości żywności funkcjonalnej powinien obejmować zachodzące interakcje między składnikami odżywczymi diety a składnikami bioaktywnymi, polimorfizmami genetycznymi oraz całym ustrojem, a uzyskane wyniki badań w tym zakresie powinny stanowić dowody naukowe pozwalające na formułowanie oświadczeń zdrowotnych dla żywności funkcjonalnej. Zwrócono także uwagę, że należy prowadzić edukację żywieniową konsumentów nie tylko w zakresie podstawowych zasad żywienia, ale również w zakresie składników bioaktywnych stanowiących podstawę żywności funkcjonalnej i warunkujących jej prozdrowotne oddziaływanie.

Słowa kluczowe: żywienie, zdrowie, żywność funkcjonalna, substancje bioaktywne, rozwój nauki, bezpieczeństwo żywności

Wprowadzenie

Światowy Europejski Raport Zdrowia [2013] wskazuje, że życie mieszkańców Europy wydłuża się, lecz zmieniają się wzorce obciążenia chorobami, zwiększają się nierówności zdrowotne i oddziaływanie czynników warunkujących zdrowie. Głównym zagrożeniem zdrowotnym ludności na świecie są choroby układu sercowo-naczyniowego.

Podobne tendencje obserwuje się w Polsce GUS [2014]. W 2002 r. przeciętny wiek mężczyzn wynosił 70,4 lata (kobiet 78,8 lat), a w roku 2013 - 73,5 lat (kobiet 81,1 lat). Z danych GUS wynika także, że od wielu lat około 80% zgonów Polaków spowodowanych jest chorobami cywilizacyjnymi, a szczególnie niekorzystnym zjawiskiem jest wzrost liczby zgonów spowodowanych chorobami układu krążenia, nowotworami, czy cukrzycą - Tab. 1.

Tab. 1. Odsetek zgonów ludności w Polsce spowodowanych wybranymi chorobami cywilizacyjnymi (GUS, 2014)

Przyczyna zgonów	Odsetek zgonów (%) w latach		
	2005	2010	2012
Choroby układu krążenia	44,1	45,2	46,1
Nowotwory	24,2	24,9	25,7
Zaburzenia wydzielania wewnętrznego, stanu odżywiania i przemiany metabolicznej	15,6	17,8	19,6
w tym cukrzyca	14,3	16,9	18,5

Wg Raportu Narodowego Instytutu Zdrowia Publicznego - PZH stan zdrowia Polaków poprawił się w ostatnich latach, ale na tle innych krajów Unii Europejskiej sytuacja wciąż nie jest zadowalająca. Polacy żyją średnio o 4 lata krócej niż przeciętna wieku w UE 27, chociaż zajmują niezłą pozycję wg wskaźnika UE HLY (ang. Healthy Life Years), który oznacza czas trwania życia w zdrowiu [Wojtyński i in., 2012].

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzić należy potrzebę interwencji w zmianie stylu życia społeczeństwa, szczególnie polskiego, aby osiągnąć nie tylko przeciętną długość życia porównywalną z innymi krajami UE, ale również, aby poprawić statystyki związane z kondycją prozdrowotną społeczeństwa. Efekt można uzyskać poprzez rozwój i propagowanie w diecie tzw. żywności funkcjonalnej. Koncepcja żywności funkcjonalnej wiąże się ściśle z przydatnością zdrowotną określoną w programie FOSHU (ang. Food For Specified Health Use). Żywność ta uzyskała dotychczas status prawny jedynie na rynku japońskim w latach 80. ubiegłego wieku, i co ważniejsze zyskała ogromne uznanie konsumentów [Arai, 1996].

Idąc śladami postępów na japońskim rynku żywności funkcjonalnej, w Europie zainicjowano program badawczy Functional Food Science In Europe (FUFOSE), którego celem było rozwijanie i koordynowanie współpracy pomiędzy różnymi

ośrodkami naukowymi i przemysłem spożywczym krajów członkowskich UE. W wyniku dość intensywnych działań opracowano naukową definicję żywności funkcjonalnej, która ponad podstawowy efekt odżywczy ma służyć poprawie stanu zdrowia oraz samopoczucia i/lub zmniejszaniu ryzyka chorób. Ten pozytywny efekt prozdrowotny może odnosić się do jednej lub więcej funkcji organizmu, ale w każdym przypadku musi być udowodniony naukowo [Scientific Concepts of Functional Foods in Europe, 1999].

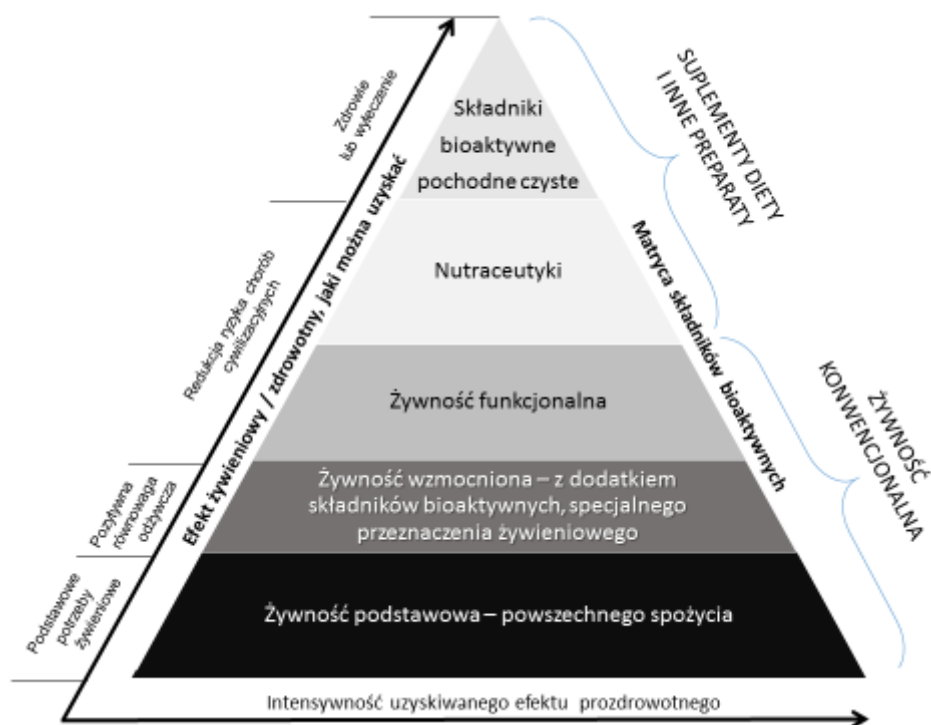
Pomimo faktu, że o żywności funkcjonalnej w Europie zaczęto dyskutować w tym samym czasie co w Japonii, to jednak do chwili obecnej jest ona nadal tylko koncepcją, choć intensywnie rozwijającą się. Żywność funkcjonalna powinna stanowić ważną część prawidłowo zbilansowanej diety i powinna być dostępna w postaci bardzo szerokiej gamy produktów spożywczych [Functional Foods, 2010].

Na Rys. 1. przedstawiono różne kategorie produktów spożywczych dostępnych dla konsumenta z propozycją kolejności ich codziennego stosowania. Rola produktów spożywczych zaliczanych do poszczególnych kategorii żywności zależy od wartości odżywczej oraz od rodzaju i ilości zawartych w nich składników bioaktywnych. Znany jest fakt, że składniki bioaktywne zawarte w żywności wykazują wiele potencjalnych korzyści zdrowotnych i/lub poprawiających samopoczucie, przy czym efekty prozdrowotne uzyskiwane w bardzo krótkim czasie po ich spożyciu warunkują przeznaczenie tej żywności jako wzmacniającej funkcje organizmu, a uzyskiwane po długotrwałym spożywaniu jako żywność zmniejszająca ryzyko chorób cywilizacyjnych.

Przyczyny rozwoju żywności funkcjonalnej

Strategia rozwoju żywności funkcjonalnej oparta jest głównie na zawartych w niej składnikach bioaktywnych. Niezwykle ważne dla dalszego rozwoju koncepcji żywności funkcjonalnej jest więc opracowanie produkcji i pozyskiwania odpowiednich substancji bioaktywnych, często nazywanych nutraceutykami. Potrzeba opracowania i wprowadzania na rynek nowych asortymentów żywności funkcjonalnej wynika z rosnącego zainteresowania konsumentów wpływem specyficznych składników żywności na zdrowie [Wrześniewska-Wal, 2014], które kojarzone są z następującymi oczekiwaniami w zakresie:

- profilaktyki zdrowotnej,
- opóźnienia procesów starzenia,
- rekonwalescencji po przebytych chorobach,
- wzmocnienia systemu odpornościowego,
- kontroli kondycji fizycznej i emocjonalnej.



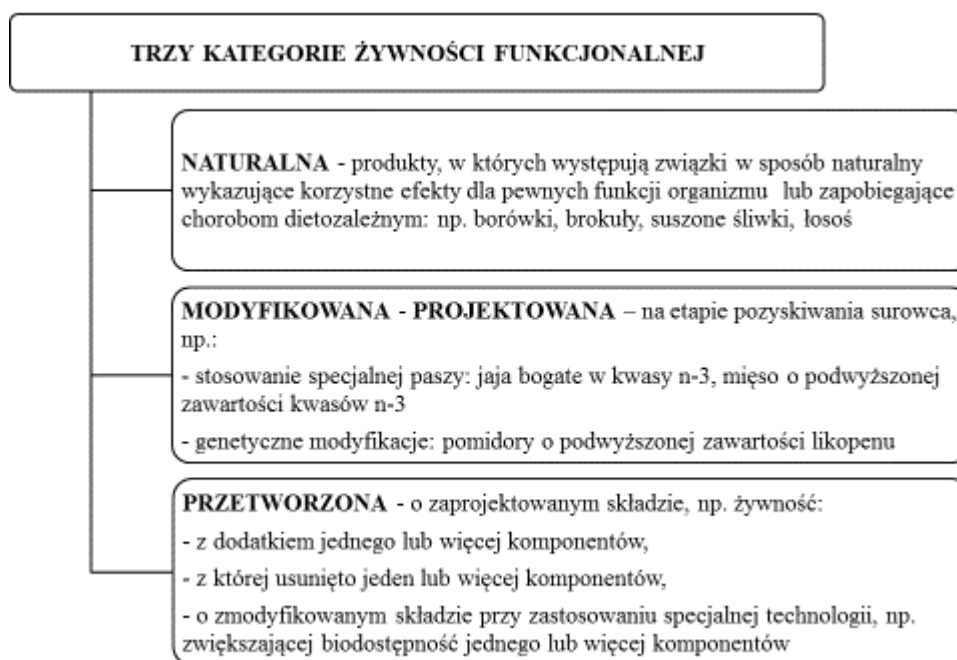
Rys. 1. Komplementarność stosowania produktów spożywczych w codziennej diecie (opracowanie własne)

Rozwój segmentu żywności funkcjonalnej w różnych kategoriach jest o tyle uzasadniony, gdyż istnieje bardzo szeroki wachlarz jej bezpośrednich odbiorców. Są to: konsumenci przekonani i uświadomieni w zakresie wpływu żywności na zdrowie (15% konsumentów), niezdecydowani i wahający się, o średniej wiedzy i niskiej częstotliwości zakupu tego typu żywności (20% respondentów), rozsądni, tj. wykazujący dużą wiedzę o żywności i żywieniu, ale równocześnie wykazujący najniższą częstotliwość zakupu (11% konsumentów), tzw. testerzy o małej wiedzy i dość niskiej częstotliwości zakupu (16%), oraz „zorientowani na urodę” o małej wiedzy w zakresie żywienia i zdrowia, ale wykazujących bardzo wysoką częstotliwość zakupu żywności funkcjonalnej (11%). W każdej grupie stwierdza się zróżnicowanie w zakresie wieku oraz statusu ekonomicznego [Horská i Sparke, 2007].

Działaniem, które w największym stopniu może przyczynić się do poprawy stanu zdrowia, jest właściwe odżywianie się, a więc m.in. częste spożywanie warzyw i owoców, zwiększenie udziału w diecie: błonnika pokarmowego, pro- i prebiotyków, ograniczanie tłuszczów zwierzęcych, cukru, produktów skrobiowych. Takie postępowanie sprzyja rozwojowi wiedzy na temat żywności funkcjonalnej, która może spełniać powyższe wymagania.

Na Rys. 2 przedstawiono rodzaj żywności, która może być uznana jako żywność funkcjonalna. Jest to żywność naturalna, modyfikowana na etapie pozyskiwania surowca lub przetworzona, np. poprzez usunięcie składników niepożądanych lub dodatek składników bioaktywnych. Żywność funkcjonalna musi przypominać żywność konwencjonalną i wykazywać korzystne oddziaływanie w ilościach, które oczekuje się, że będą normalnie spożywane z dietą. W profilaktyce chorób cywilizacyjnych, głównie układu krążenia (do rozwoju których przyczyniają się: miażdżyca, nadciśnienie tętnicze, nadwaga i otyłość) żywność funkcjonalna powinna charakteryzować się:

- obniżoną wartością energetyczną,
- niską zawartością cholesterolu i sodu,
- podwyższoną lub wysoką zawartością błonnika pokarmowego,
- dodatkiem składników bioaktywnych: kwasów tłuszczowych z grupy n-3, fitosteroli, witamin przeciwutleniających i innych naturalnych przeciwutleniaczy.



Rys. 2. Proponowane kategorie żywności funkcjonalnej (opracowanie własne)

Wielu Autorów nazywa żywność funkcjonalną także żywnością programowaną (ang. designer food), żywność bioaktywną, prozdrowotną, czy nutraceutykami, chociaż sformułowania te nie są tożsame [Olędzka, 2007; Kiedrowski, 2015; Marinangeli i Jones, 2010]. Nutraceutyki to określenie produktu, surowca i/lub substancji czynnej, które plasują się między środkiem odżywczym

a farmaceutykiem, które mogą być spożywane samodzielnie, ale też mogą być dodawane do żywności jako pochodne czyste, ekstrakty, wyciągi lub w innej postaci przetworzonej czy nieprzetworzonej. Nutraceutyki to pojedyncze składniki bioaktywne (pochodne czyste) lub produkty złożone (np. suplementy diety), zioła i przetwory ziołowe, surowce genetycznie modyfikowane, żywność projektowana, różne przetworzone i nieprzetworzone produkty spożywcze, takie jak np. przetwory zbożowe, zupy, napoje [Świderski i in., 2006].

W produkcji żywności funkcjonalnej należy tak dobierać bioaktywne składniki, aby nie zmieniały jakości sensorycznej, ponieważ w opinii konsumentów zajmuje ona decydującą pozycję wśród czynników warunkujących akceptację żywności. Spośród wielu innych czynników wzmagających rozwój żywności funkcjonalnej należy wymienić:

- wzrost częstości występowania schorzeń chronicznych związanych z żywieniem,
- starzenie się społeczeństwa i wzrost kosztów opieki medycznej i społecznej,
- rozwój wiedzy dotyczącej biologicznie aktywnych, składników żywności i ich fizjologicznego oddziaływania na organizm człowieka,
- dostępność nowych bioaktywnych składników żywności (w tym nutraceutyków),
- wzrost siły nabywczej konsumentów w krajach rozwiniętych /rozwijających się,
- rozwój technik i technologii przetwórstwa surowców spożywczych.

Czynniki te sprzyjają rozwojowi wielu nowych asortymentów żywności wyróżniających się składem i formą.

Znaczenie składników bioaktywnych w rozwoju żywności funkcjonalnej

Prowadzenie badań nad funkcjonalnymi składnikami żywności wiąże się z wieloma obietnicami dotyczącymi poprawy jakości życia konsumentów. Wciąż niedostatecznie rozpoznana jest biodostępność i skuteczność tych związków na poziomach, które są fizjologicznie osiągalne w typowych wzorcach żywieniowych [Crowe i Francis, 2013].

Biesalski i in. [2009] wskazują, że substancje bioaktywne to specyficzne składniki stanowiące niezbędne i/lub nie-niezbędne składniki, które są pochodzenia naturalnego, stanowią część łańcucha pokarmowego, mają udowodniony, korzystny wpływ na zdrowie ludzi ponad podstawowy efekt odżywczy. Dotychczasowe korzyści zdrowotne udowodnione w badaniach naukowych wynikające ze spożywania składników bioaktywnych to m.in.:

- lepszy wczesny rozwój i wzrost dzieci,
- poprawa wielu funkcji organizmu, np. układu odpornościowego, pokarmowego, krążenia, zdrowia psychicznego, zdrowia w procesie starzenia, wytrzymałości fizycznej,

- zmniejszenie ryzyka otyłości oraz przewlekłych chorób dietozależnych, np. układu krążenia, układu mięśniowo-szkieletowego, cukrzycy typu 2, czy chorób metabolicznych.

Kluczowym wyzwaniem badań naukowych jest potrzeba identyfikacji nowych funkcjonalnych składników żywności i pozyskania akceptacji konsumentów.

W szczególności, badania wymagają rozwoju w zakresie:

- identyfikacji funkcjonalnych składników, które mogłyby zapewnić korzyści w zakresie zdrowia i dobrego samopoczucia,
- identyfikacji biomarkerów będących potwierdzeniem odpowiedzi biologicznej organizmu na dany składnik bioaktywny,
- potrzeb na indywidualne żywienie z zastosowaniem żywności funkcjonalnej,
- zapewnienia stabilności składników bioaktywnych podczas procesów technologicznych, jak również w czasie ich przejścia przez przewód pokarmowy w nienaruszonej postaci do docelowego miejsca w organizmie,
- opracowania zalecanych norm spożycia substancji bioaktywnych.

Istnieje także potrzeba prowadzenia badań bardziej skomplikowanych, prowadzących do rozpoznania mechanizmu działania tych składników, co może być osiągnięte poprzez rozwój nowoczesnych dziedzin nauki, jak np. nutrigenomiki, bioinformatyki, proteomiki, metabolomiki, czy nanotechnologii [Kuhne i Gellynck, 2012].

W badaniach dotyczących żywności funkcjonalnej większy nacisk powinien być skierowany na rozwój nutrigenomiki lub „spersonalizowanego sposobu odżywiania”. Nutrigenomika i nutrigenetyka wyjaśniają zależności między genomem i dietą, a także dostarczają narzędzi do rozpoznania zachodzących interakcji między składnikami odżywczymi diety, polimorfizmami genetycznymi oraz całym ustrojem. Dotychczasowe osiągnięcia naukowe mają duże znaczenie praktyczne – pozwalają na odkrywanie nowych właściwości znanych powszechnie związków, np. niektórych przeciwutleniaczy oraz definiowanie nowych biomarkerów. Ich wpływ najczęściej potwierdzany jest w badaniach epidemiologicznych, a nutrigenomika pozwala na wyjaśnienie mechanizmu działania tych składników na poziomie molekularnym [Fenech, 2008].

Bioaktywne składniki diety uważane są jako cząsteczki sygnałowe, które przenoszą informacje ze środowiska zewnętrznego i wpływają w sensie ilościowym i jakościowym na poziom ekspresji genów w komórce. Dotychczas zdobyta wiedza o mechanizmach działania bioaktywnych składników diety w procesie ekspresji genów i ciągły rozwój nutrigenomiki daje nadzieje na praktyczne wykorzystanie tej wiedzy podczas projektowania sposobu żywienia przeznaczonego dla określonych populacji lub pojedynczych osób w leczeniu oraz profilaktyce [Gętek i in., 2013].

Pozyskane w ten sposób dane mogą pozytywnie wpłynąć na rozwój żywności funkcjonalnej dla ukierunkowanych grup ludności, z określonymi czynnikami

ryzyka lub chorób, takich jak alergia, cukrzyca, otyłość i choroby układu sercowo-naczyniowego (CVD). Jeszcze bardziej innowacyjna jest możliwość łączenia informacji o fizjologicznych reakcjach organizmu człowieka na żywność, wynikających z indywidualnej informacji genetycznej. Dane takie mogą być wykorzystane do projektowania zindywidualizowanej diety. Wprowadzanie nowych, innowacyjnych rozwiązań technologicznych może również przyczynić się do dalszych postępów w rozwoju produktów spożywczych, które mogą wspierać zdrowie [Functional Foods, 2010].

Z podstawowych założeń żywności funkcjonalnej wynika, że ma ona mieć pozytywny wpływ na jedną lub więcej funkcji fizjologicznych, odnoszących się nie tylko do fizjologicznej regulacji uczucia głodu i sytości, ale również zapewniających potrzeby emocjonalne człowieka. Zbyt duży lub zbyt mały pobór składników pokarmowych może mieć ogromny wpływ na procesy fizjologiczne zachodzące w organizmie, ale również na ludzkie zdrowie psychiczne. Żywnienie człowieka nie powinno być więc rozpatrywane tylko pod kątem fizjologicznym, ale również psychologicznym, o czym należy pamiętać w aspekcie rozwoju żywności funkcjonalnej. Dobrze skomponowana dieta, bogata w składniki mineralne, witaminy, czy inne składniki bioaktywne, jak i również terapia psychologiczna, wzmacniająca poczucie własnej wartości, walka ze stresem oraz negatywnymi emocjami może przyczynić się do lepszego efektu terapeutycznego w przypadku otyłości oraz związanych z nią zaburzeń żywieniowych, co podkreśla interdyscyplinarny problem tego schorzenia [Koszowska i in., 2013].

Najnowszą światową tendencją produkcji żywności funkcjonalnej o udokumentowanym wpływie na zdrowie jest: *“Bio-inspired food processing”*, czyli przetwórstwo inspirowane wiedzą m.in. na temat biologicznego działania składników żywności na organizm ludzki. Konsument powinien zdawać sobie sprawę, że należy stosować umiar w spożyciu żywności o podwyższonych walorach zdrowotnych i kierować się zdrowym rozsądkiem, aby cieszyć się dobrym zdrowiem każdego dnia. Należy jednak prowadzić edukację żywieniową konsumentów nie tylko w zakresie podstawowych zasad żywienia, ale również w zakresie składników bioaktywnych warunkujących funkcjonalność [Cenic i Chingwaru, 2010].

Obecnie w Europie o statusie żywności funkcjonalnej można tylko teoretyzować na podstawie oświadczeń zdrowotnych zamieszczonych na etykietach opakowań jednostkowych. Na umieszczanie takich oświadczeń wskazujących potencjalnemu nabywcy, jakich efektów zdrowotnych można spodziewać się po jej spożyciu decyduje EFSA (ang. European Food Safety Authority). Uzyskanie takiej zgody wymaga przedstawienia dość skomplikowanej dokumentacji potwierdzającej prozdrowotne działanie żywności (bądź składnika żywności), a wysokie koszty niezbędne do przeprowadzenia takich badań stanowiąc utrudniają i hamują rozwój nauki w tym zakresie. Dlatego też,

osiągnięcie celu w postaci prawnego ukonstytuowania żywności funkcjonalnej z przyczyn obiektywnych z pewnością będzie wymagało dużo czasu.

Bezpieczeństwo żywności funkcjonalnej

Każdy produkt spożywczy trafiający na rynek niezależnie od tego do jakiej grupy jest klasyfikowany, musi być bezpieczny dla konsumenta. Propagowanie badań nad prozdrowotnym oddziaływaniem żywności funkcjonalnej (lub bioaktywnego składnika żywności) może przyczynić się do wskazania nowych markerów potwierdzających bezpieczeństwo zdrowotne żywności funkcjonalnej. Bardzo ważne są systemy kontroli łańcucha produkcyjnego żywności. Dotychczas rozważano już kilka koncepcji takich systemów, np.: od pola do stołu czy od stołu do pola. Ostatnio rozważa się kolejny system od konsumenta (organizmu) do pola, dając w ten sposób sygnał, iż podstawowym i ostatecznym celem produkcji spożywczej powinno być zdrowie konsumenta. Koncepcja taka obejmuje także kontrolę matrycy żywności, która ulegając zmianie w czasie procesu technologicznego, ma bezpośredni wpływ na strawność i bioprzyswajalność składników żywności [Fardet i Rock, 2014].

Podsumowanie

Wprowadzenie żywności funkcjonalnej w różnych kategoriach żywności jako źródło rozpoznanych pod względem bezpieczeństwa zdrowotnego składników bioaktywnych może wpłynąć na poprawę zdrowia społeczeństwa. Żywność funkcjonalna wprowadzona na rynek korzystnie wpłynie na sytuację przemysłu żywnościowego w rozwiniętych krajach. Rozwój nutrigenomiki, nutrigenetyki, „spersonalizowanego sposobu odżywiania”, a także przetwórstwa inspirowanego wiedzą m.in. na temat biologicznego działania składników żywności na organizm ludzki, pozwoli na rozwój badań w zakresie oceny jakości żywności funkcjonalnej, a także przyczyni się do:

- wyjaśnienia zależności między genomem i dietą,
- rozpoznania zachodzących interakcji między składnikami odżywczymi diety, polimorfizmami genetycznymi oraz całym ustrojem,
- dostarczenia dowodów naukowych pozwalających na formułowanie oświadczeń zdrowotnych dla żywności funkcjonalnej.

Literatura

- [1] Arai S.: Studies on functional foods in Japan — State of the art. Rev. Biosci. Biotech. Biochem., 1996, 60, 9-15.
- [2] Biesalski H.K., Dragsted L.O., Elmadfa I., Grossklaus R., Müller M., Schrenk D., Walter P., Weber P.: Bioactive compounds: Definition and assessment of activity. Nutrition, 2009, 11-12, 1202-1205.
- [3] Cencic A., Chingwaru W.: The Role of Functional Foods, Nutraceuticals, and Food Supplements in Intestinal Health. Nutrients, 2010, 2, 611-625.

- [4] Crowe K.M., Francis C.: Academy of Nutrition and Dietetics. Position of the academy of nutrition and dietetics: functional foods. *J. Acad. Nutr. Diet.*, 2013, 113(8), 1096-1103.
- [5] Fardet A., Rock E.: Toward a New Philosophy of Preventive Nutrition: From a Reductionist to a Holistic Paradigm to Improve Nutritional Recommendations. *American Society for Nutrition. Adv. Nutr.*, 2014, 5, 430-446.
- [6] Fenech M.: Genome health nutrigenomics and nutrigenetics – diagnosis and nutritional treatment of genome damage on an individual basis. *Food Chem. Toxicol.*, 2008, 46, 1365-1370.
- [7] Functional Foods: Directorate-General for Research. FP7 cooperation – Food. EUROPEAN COMMISSION. European Commission, Office SDME 08/87, B-1049, 2010, Brussels.
- [8] Gętek M., Czech N., Fizia K., Białek-Dratwa A., Muc-Wierzgoń M., Kokot T., Nowakowska-Zajdel E.: Nutrigenomika - bioaktywne składniki żywności. *Postepy Hig. Med. Dosw. (online)*, 2013, 67, 255-260.
- [9] GUS. Mały Rocznik Statystyczny Polski 2014. Red. Nowak T. i Bielak R. Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa ROK LVII.
- [10] Horská E., Sparke K.: Marketing attitudes towards the functional food and implications for market segmentation. *Agric. Econ.-Czech.*, 2007, 53(8), 349-353.
- [11] Kiedrowski M.: Żywność funkcjonalna – charakterystyka, trendy, perspektywy. <http://www.Poradnikmedyczny.pl/mod/archiwum/7273>, on-line 10.04.2015 r.
- [12] Koszowska A., Dittfeld A., Zubelewicz-Szkodzińska B.: Psychologiczny aspekt odżywiania oraz wpływ wybranych substancji na zachowania i procesy myślowe. *Hygeia Public Health*, 2013, 48(3), 279-284.
- [13] Kuhne B., Gellynck X.: Enhancing the Innovativeness of Food SMEs through the Management of Strategic Network Behavior and Network Learning Performance. *International Journal on Food System Dynamics*, 2012, 3(3), 199-200.
- [14] Marinangeli C.P., Jones P.J.: Functional food ingredients as adjunctive therapies to pharmacotherapy for treating disorders of metabolic syndrome. *Ann. Med.*, 2010, 42, 317-333.
- [15] Olędzka R.: Nutraceutyki, żywność funkcjonalna – rola i bezpieczeństwo stosowania. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2007, XL, 1-8.
- [16] Raport: Europejski Raport Zdrowia 2012: droga do osiągnięcia dobrostanu. WHO Regional Office for Europe, Scherfigsvej 8, DK-2100 Copenhagen Ø, Denmark, 2013.
- [17] Scientific Concepts of Functional Foods in Europe: Consensus Document. *Br. J. Nutr.* 1999, 81, S1-S27.

- [18] Świderski F. (red): Żywność wygodna i Żywność funkcjonalna. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2006.
- [19] Wojtyniak B., Goryński P., Moskalewicz B.: Sytuacja zdrowotna ludności polski i jej uwarunkowania. Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego - Państwowy Zakład Higieny, Warszawa, 2012.
- [20] Wrześniewska-Wal I.: Innowacje w żywności. Przemysł Spożywczy, 2014, 68(1), 17-20.

OWADY W DIECIE CZŁOWIEKA – NIEKONWENCJONALNE ŹRÓDŁO PEŁNOWARTOŚCIOWEGO BIAŁKA

EWELINA ZIELIŃSKA, MONIKA KARASZ, ANNA JAKUBCZYK

Wprowadzenie

Według raportu Organizacji Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) w 2050 roku liczba ludności na świecie osiągnie 9,1 mld, czyli około 30% więcej niż obecnie. Największy wzrost populacji zostanie osiągnięty w krajach rozwijających się. Szacuje się, że urbanizacja będzie nadal wzrastała w przyspieszonym tempie i niedługo około 70% ludności Świata będzie żyło w miastach. Aby dostarczyć odpowiednią ilość żywności dla wciąż rozwijającej się populacji ludzi, produkcja żywności musi wzrosnąć o 70%. W tym roczna produkcja zbóż powinna wzrosnąć o około 0,9 mld ton, a roczna produkcja mięsa powinna wzrosnąć o ponad 200 mln ton, by osiągnąć 470 mln ton rocznie. Ponadto, z raportu FAO wynika, że zwiększenie produkcji nie zapewnia osiągnięcia bezpieczeństwa żywnościowego [FAO, 2009].

W związku z powyższym uzasadnione jest poszukiwanie niekonwencjonalnych źródeł białka. Alternatywą dla mięsa zwierząt rzeźnych i drobiu, promowaną zarówno przez FAO, jak i Komisję Europejską, są owady jadalne. Entomofagia, czyli spożywanie owadów, ma długą historię, jednak w większości krajów rozwiniętych owady budzą strach oraz obrzydzenie, kojarzą się z czymś nieestetycznym. Głównym wyzwaniem jest więc przełamywanie stereotypów i przedstawianie faktów przemawiających za prozdrowotnymi właściwościami tego typu żywności. Owady stanowią ważne źródło białka, są także źródłem nienasyconych kwasów tłuszczowych, witamin i składników mineralnych, co dodatkowo potęguje ich pozytywny wpływ na organizm człowieka [Van Huis, 2003].

Spożycie owadów na świecie

Entomofagia jest praktykowana w ponad 100 krajach. Do największych konsumentów owadzych specjalistów należą mieszkańcy Chin, Japonii, Tajlandii, RPA oraz Meksyku. Spośród milionów gatunków owadów żyjących w przyrodzie, jadalnych jest około 2 tys. [Rumpold i Schlüter, 2013a]. Każdy region Świata posiada swój przysmak, przykładowo Chińczycy gustują w mrówkach, w Japonii powodzeniem cieszą się larwy pajaków, w Tajlandii chętnie jedzone są czerwie pszczoł, w Afryce gąsienice i termity, a w Etiopii szarańcze. Popularność owadów jako pożywienia w niektórych krajach jest tak olbrzymia, że istnieje realne zagrożenie wyginięcia najbardziej pożądanых gatunków. Owady najczęściej

poddawane są obróbce tj. smażenie, pieczenie, gotowanie lub suszenie, lecz mogą być spożywane także na surowo w postaci dorosłych owadów, ale też poczwerek, larw i jaj [Łuczaj, 2005]. W Europie owady jadalne wciąż nie cieszą się dużą popularnością wśród konsumentów i spożywane są głównie nieświadomie na przykład w suszonych przyprawach mielonych, w mące lub sokach. Czerwony barwnik koszenila, powszechnie stosowany w przemyśle spożywczym, produkowany jest z wysuszonych, zmielonych owadów zwanych czerwcami kaktusowymi (*Dactylopius coccus*).

Badania dotyczące spożycia jadalnych owadów rozpoczęto na przełomie XIX i XX wieku, lecz wzmianki na temat ich spożycia można spotkać już w czasach starożytnych. Salomon karmił żony szarańczą, a Arystofanes nazwał ją czteroskrzydłym drobiem. W XVIII wieku w Europie owady uznawano za lekarstwo na różne choroby, natomiast dla Chińczyków lekarstwem pozostały do dziś. Lecznicze właściwości przypisywane są m.in. szarańczy, modliszkom, turkucowi podjadkowi czy jedwabnikowi [Łuczaj, 2005].

Wartość odżywcza owadów

Białka to jedno z najważniejszych składników odżywczych, których organizm potrzebuje do prawidłowego funkcjonowania. Nie są one magazynowane w organizmie i muszą być systematycznie dostarczane w diecie. Owady są bogatym ich źródłem. W zależności od gatunku i stadium rozwoju zawartość białka w owadach waha się od 15 do 81% suchej masy. Strawność białka owadziego jest wyższa niż strawność wielu białek roślinnych. Wynosi ona ok. 77–98% i zbliżona jest do strawności białka zwierzęcego [Ramos-Elorduy i in., 1997]. Na uwagę zasługuje również fakt, że jest to białko pełnowartościowe, zawierające kompletny skład aminokwasów egzogennych [Ramos-Elorduy i in., 2012].

Zawartość tłuszczu w jadalnych owadach wynosi 10–50% i zależy od gatunku, stadium rozwoju, siedliska, płci i zastosowanej karmy. Bogate są one w nienasycone kwasy tłuszczowe. Skład nienasyconych kwasów tłuszczowych omega-3 i omega-6 w mączniku młynarku (*Tenebrio molitor*) jest porównywalny z niezbędnymi nienasyconymi kwasami tłuszczowymi występującymi w tłuszczach ryb. Owady bogate są w kwas linolowy i α -linolenowy, które mają szczególne znaczenie zwłaszcza w rozwoju dzieci i niemowląt. Na uwagę zasługuje fakt, że skład kwasów tłuszczowych możemy modyfikować poprzez zmianę diety hodowanych owadów [Finke, 2002; Yang i in., 2006].

Zawartość węglowodanów w owadach jadalnych wynosi 6,7–16%. Znaczną ich część stanowi chityna, posiadająca właściwości lecznicze. Wykazano, że może ona działać jako środek hemostatyczny do naprawy tkanek, poprawiając gojenie się ran, ma istotny wpływ na zmniejszenie stężenia cholesterolu w surowicy krwi, działa jako antykoagulant, posiada właściwości przeciwpasożytnicze oraz łagodzi niektóre stany alergiczne. Chityna może również odgrywać rolę włókna pokarmowego w naszej diecie [Paoletti, 2007].

Wartość energetyczna owadów jest bardzo zróżnicowana i średnio wynosi 410–510 kcal/100g suchej masy. Najwyższe wartości sięgają 800 kcal/100g suchej masy, a najniższe 200 kcal/100g suchej masy [Ramos- Elorduy, 2008].

Owady są także bogate w minerały odgrywające ważną rolę w procesach biologicznych w naszym organizmie. Gąsienica (*Imbrasia belina*) zawiera 31–77 mg żelaza w 100 g suchej masy, dla porównania zawartość żelaza w wołowinie to 6 mg/100g suchej masy. Owady uważa się również za bogate źródło cynku, wapnia, miedzi, potasu i magnezu. Witaminy zawarte w owadach to m.in. tiamina w ilości 0,1–4 mg/100g suchej masy, ryboflawina od 0,11 do 8,9 mg/100g suchej masy. Dla porównania chleb razowy zawiera 0,16 mg tiaminy i 0,19 mg ryboflawiny na 100 g suchej masy. Witamina B₁₂ występuje tylko w żywności pochodzenia zwierzęcego i dobrym jej źródłem są świerszcze domowe (*Acheta domestica*) – 5,4 µg/100g w dorosłych i 8,7 µg/100g w nimfach. Pszczoły natomiast bogate są w witaminy A i D. Niektóre gatunki owadów to wręcz tzw. „bomby witaminowe”. Spożycie 100 g gigantycznej larwy ćmy jedwabnika (*Bombyx mori*) zapewnia 100% dziennego zapotrzebowania na miedź, cynk, żelazo, tiaminę i ryboflawinę [Bukkens, 2005; Ramos-Elorduy i in., 2012].

Dodatkowo owady stanowią źródło peptydów o właściwościach przeciwutleniających. Cechują się one zdolnością do neutralizowania wolnych rodników, powodujących procesy przedwczesnego starzenia i prowadzących do powstawania wielu chorób, zdolnością do chelatowania jonów metali przejściowych m.in. jonów żelaza Fe²⁺ i jonów miedzi Cu²⁺, katalizujących procesy powstawania reaktywnych form tlenu.

Ekologiczne aspekty produkcji białek pochodzenia owadziego

Białko owadów nazywane jest ekologicznym białkiem ze względu na przyjazność dla środowiska. Warto zauważyć, że hodowla owadów wymaga znacznie mniejszego zużycia wody pitnej i paszy. Aby wyprodukować 100 kg drobiu, trzeba wykorzystać ok. 320 kg paszy, 100 kg wieprzowiny – ok. 520 kg, a do produkcji 100 kg wołowiny aż 900 kg paszy. Natomiast do wyprodukowania takiej samej ilości owadów użyjemy jedynie ok. 125 kg paszy. Kolejnym aspektem jest produkcja gazów cieplarnianych, które stanowią realne zagrożenie dla środowiska naturalnego. Szacuje się, że zwierzęta rzeźne odpowiedzialne są za ok. 20% światowej emisji gazów cieplarnianych. Hodowla owadów emituje 10 razy mniej metanu niż w przypadku zwierząt rzeźnych, 300 razy mniej tlenu azotu i znacznie mniej amoniaku niż trzoda chlewna czy drób. Produkcja białka z owadów można więc nazwać przyjazną środowisku [Rumpold i Schlüter, 2013b].

Charakterystyka najpopularniejszych gatunków jadalnych owadów

Motyle (rzęd Lepidoptera) to jedna z największych grup owadów na Ziemi. Najczęściej spożywa się ich larwy (gąsienice), a za największy przysmak uznawane są gąsienice z rodzaju *Imbrasia*, które bezpośrednio trafiają do

restauracji. Na terenach wiejskich Konga, przed sprzedażą, owady zwykle są suszone na słońcu i po ich wysuszeniu gąsienice trafiają do państw europejskich tj. Francja czy Belgia. W Botswanie i Republice Południowej Afryki larwy motyli osiągają wielkość nawet ponad 15 cm i najczęściej konserwowane i przechowywane są w puszkach [Resh i Cardé, 2009].

Termity (rząd Isoptera) najczęściej spożywane są przez mieszkańców Afryki. Królowa termitów jest szczególnie luksusową przekąską, gdyż charakteryzuje się dobrym smakiem i może osiągnąć 10–12 cm długości. Ze względu na wysoką zawartość tłuszczu termity łatwo się smaży, nadają się także do suszenia [Nonaka, 2009].

Larwy i poczwarki pszczoł i os (rząd Hymenoptera) są najczęściej spożywanymi formami tych owadów (rząd Hymenoptera), natomiast dorosłe osobniki nie wykazują wysokich walorów smakowych ze względu na twarde pancerzyki zawierające duże ilości chityny. Larwy os są specjalnością w górskich rejonach południowych Chin. W Japonii natomiast całe osy konserwowane są w puszkach [Nonaka, 2009].

Świerszcze czy szarańcze, potocznie nazywane konikami polnymi (rząd Orthoptera) występują na całym świecie, jednak najwięcej ich żyje w strefie klimatu tropikalnego i subtropikalnego. Popularnymi metodami przyrządzania tych owadów jest pieczenie i podsmażanie, po wcześniejszym usunięciu skrzydeł i odnóży. Są one jednymi z najczęściej spożywanych gatunków owadów na świecie [Resh i Cardé, 2009].

Chrząszcze (rząd Coleoptera) są spożywane we wszystkich stadiach rozwojowych, jednak większość osobników dorosłych nie jest spożywanych w całości, ze względu na twarde chitynowy pancerz. Niektóre z gatunków w stadium larwalnym osiągają imponujące rozmiary ok. 18 cm o masie 100 g [Resh i Cardé, 2009].

Spożywane są nawet pluskwiaki (rząd Hemiptera) żyjące na lądzie, w wodach słodkich oraz w wodach oceanicznych. Z jaj kilku gatunków pluskwiaków wodnych przyrządza się tzw. meksykański kawior [Resh i Cardé, 2009].

Potrawy przygotowane z owadów

Jedną z przeszkód do spożycia owadów przez Europejczyków jest nieumiejętność ich przygotowania. Różnią się one od tradycyjnie spożywanego mięsa i trudność może sprawić ich prawidłowe przyprawienie, dobranie dodatków czy obróbka termiczna. W rzeczywistość przyrządzenie potraw z owadów nie jest trudne i często przypomina inne dania spożywane przez Europejczyków. Światowym centrum entomofagii stał się Meksyk, gdzie popyt na owady jest tam tak duży, że wielu meksykańskim gatunkom grozi wyginięcie, stąd też w meksykańskich restauracjach za talerz larw motyli trzeba zapłacić 25 USD, a 1 kg tłustych białych gąsienic żyjących na agawach (*Hypochoeris glabra*) osiąga cenę nawet dziesięciokrotnie wyższą.

Niektóre rodzaje poczwerek mrówek, nazywane *escamoles*, znajdują się w menu najlepszych światowych restauracji. Podaje się je smażone na maśle z cebulą, czosnkiem i innymi warzywami. Z innych meksykańskich przysmaków wymienić można *ahuahutle*. Są to jaja specjalnie hodowanych ogromnych pluskwiaków wodnych (*Belostomatidae*). Uważane są za meksykański „kawior” i pieczone na lekkim tłuszczu stanowią delikatne, smaczne danie [Łuczaj, 2005].

Na bankietach w Japonii dużą popularnością cieszą się kandyzowane koniki polne nazywane *inago*. Bardzo popularne są także *zaza-mushi*, czyli mieszanka larw różnych wodnych owadów, m.in. jętek, chruścików, ważek, pluskwiaków czy widelnic. Najczęściej poławiane są w okresie zimowym, gdyż charakteryzują się wtedy wyższą zawartością tłuszczu oraz lepszym smakiem. Wypłukane z mułu *zaza-mushi* gotuje się przez 10 min, odcedza i doczyszczcza z kawałków patyków oraz piasku. Tak oczyszczone dodaje się do sosu sojowego, który może być dodatkiem do ryżu [Łuczaj, 2005].

W Tajlandii czerwie pszczoł przyprawia się olejem kokosowym, czosnkiem, chili, cytryną, fermentowaną rybą oraz warzywami. W północno-wschodniej części kraju bardzo popularne są wodne pluskwy z gatunku *Lethocerus indicus*, znane jako *malaeng da na*. Ich mięso w smaku jest słodkie i przypomina owoce morza. Najczęściej gotowane są w słonej wodzie lub smażone i spożywane w całości lub po rozdrobnieniu z dodatkiem grzybów, cebuli, czosnku i chili. Z innych przysmaków chętnie jedzonych w Tajlandii wymienić można turkucie i modliszki [Łuczaj, 2005].

Larwy motyli stanowią niezastąpiony składnik wielu sosów, mięs, ryb, a także gotowanych warzyw. Pieczone na małym ogniu charakteryzują się słodkim, migdałowym smakiem. Mieszkankę larw, poczwerek i dorosłych os z gatunku *Vespula lewisi* gotuje się z sosem sojowym i cukrem. W Kolumbii popularną słoną przekąską są mrówki żniwiarki (*Messor barbarus*) oraz mrówki grzybiarki (*Acromyrmex octospinosus*). Mogą być pieczone oraz smażone – stanowią odpowiednik naszego popcornu (bardzo chętnie są zjadane w kinach). Można również spożywać je w formie pasty lub jako dodatek do zup. Wysuszone owady dodawane są do sosów, a najlepiej nadają się do sosu z baraniny [Baranowski i in., 2004].

Jako przekąski najczęściej sprzedawane są smażone, pieczone lub grillowane owady, nadziewane na patyk lub zawijane w tortille. Europejczycy swoją przygodę z owadami rozpoczynają od spożycia ich w formie przekąsek np. drewnojad w karmelu, świerszcz w chili, w curry lub w czekoladzie, a także jako ciekawy dodatek do tradycyjnie spożywanych potraw.

Bezpieczeństwo owadów jadalnych jako składników żywności

Z bezpieczeństwem owadów jako żywności wiąże się kilka kwestii: bezpieczeństwo mikrobiologiczne, toksyczność, walory smakowe, zanieczyszczenia nieorganiczne oraz wykorzystanie odpadów jako karmy dla

owadów. Zarówno owady odławiane z natury, jak i hodowane w specjalnych hodowlach mogą posiadać patogenne mikroorganizmy takie jak bakterie, wirusy, grzyby i inne. Na ogół jednak patogeny owadów są różnią się taksonomicznie od patogenów kręgowców i mogą być uważane za bezpieczne dla ludzi. Również ich flora jelitowa nie stanowi dla nas zagrożenia zdrowotnego [Vega i Kaya, 2012].

Nie wszystkie owady są jednak bezpieczne do spożycia przez ludzi. Niektóre gatunki owadów uważa się za toksyczne, lecz ze względu na walory smakowe po odpowiedniej obróbce termicznej mogą być spożywane. Innym zagrożeniem może stanowić nadmierne spożycie chityny, które może prowadzić do zaparć. Ważne jest więc odpowiednie przygotowanie owadów do spożycia m.in. poprzez usunięcie ostrych lub zbyt twardych elementów [Rumpold i Schlüter, 2013b].

Stwierdzono, że owady mogą kumulować także metale ciężkie ze środowiska, w którym bytują. Jednak po każdym procesie linienia, czyli wzrostu, owady tracą część skumulowanych metali. Zaletą hodowli owadów jest więc niezaprzeczalnie zwiększona kontrola nad tym zagrożeniem [Vijver i in., 2003].

Owady, jak wszystkie produkty zwierające białko mogą powodować alergie u osób wrażliwych. Alergenne mogą być też inne substancje zawarte w owadach np. pyłki roślin. Wykazano jednak, że chityna może poprawiać odpowiedź immunologiczną, osłabiać reakcje alergiczne oraz wykazuje potencjał do poprawy funkcjonowania systemu odpornościowego [Muzzarelli, 2010].

Popularyzacja spożywania owadów

Już kilka lat temu Komisja Europejska postanowiła przeznaczyć 3 mln euro na badania nad owadami jako potencjalnym alternatywnym źródłem białka dla mieszkańców Unii Europejskiej i ogłosiła projekt „owady jako nowe źródło białka”. Również od wielu lat Organizacja Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) w licznych raportach promuje spożycie owadów i zachęca do poszerzenia wiedzy na ten temat, jednak w Polsce entomofagia jest czymś nowym i zwiększone zainteresowanie tym zjawiskiem obserwuje się od niedawna.

Także badania nad bioaktywnymi składnikami pochodzącymi z owadów jadalnych cieszą się bardzo dużą popularnością. Naukowcy z Wageningen otrzymali od rządu w Hadze ponad milion euro na projekt propagujący owady, a studenci z Uniwersytetu McGill w Montrealu otrzymali prestiżową nagrodę Hult Prize – milion dolarów grantu na stworzenie mąki z owadów. Założenia projektu to m.in. zlikwidowanie niedożywienia i głodu na świecie.

Wprowadzenie owadów do diety Europejczyków to tylko kwestia czasu. Początki zapewne nie będą proste, lecz za kilka lat można się spodziewać dodatku białka z owadów lub mąki do tradycyjnie spożywanych potraw. Ze względu na barierę jaką jest poczucie obrzydzenia do owadów, rozwiązanie to wydaje się być najbardziej realnym. Naukowcy poczynili już pierwsze kroki w kierunku oceny zastosowania dodatku sproszkowanych owadów do tradycyjnie spożywanych

produktów. Przebadano właściwości funkcjonalne sproszkowanych owadów i stwierdzono, że można je stosować w szczególności w produktach piekarniczych z powodu wysokiej zdolności do absorpcji wody. Natomiast stabilność tworzonych przez nie emulsji pozwala im działać jako środek teksturujący w produktach spożywczych [Omotoso, 2006].

Podsumowanie

70% ziemi uprawnej oraz 9% słodkiej wody przeznacza się obecnie na chów zwierząt rzeźnych. Oznacza to, że ani produkcja roślinna, ani zwierzęca w skali światowej nie wzrośnie już istotnie. Koniecznością jest więc poszukiwanie alternatywnych źródeł białka w celu zaspokojenia zapotrzebowania rosnącej wciąż populacji ludzkiej.

Najnowsze badania potwierdzają, że owady mogą być obiecującą alternatywą dla mięsa zwierząt rzeźnych poprzez bezpośrednie spożycie lub wykorzystanie ich jako surowiec do wzbogacania żywności. Zawartość pełnowartościowego białka, nienasyconych kwasów tłuszczowych, witamin i minerałów to tylko niektóre z wielu ich zalet. Wartość energetyczna owadów jest podobna do wartości energetycznej dostarczanej przez mięso, a skład aminokwasowy wykazuje wysoką jakość. Dodatkowo hodowla owadów jest bardziej przyjazna dla środowiska niż hodowla zwierząt rzeźnych. Aktywność biologiczna owadów pozwala na zastosowanie ich w produkcji żywności funkcjonalnej lub suplementów diety, korzystnych dla zdrowia człowieka. Owady jadalne są szansą na zniwelowanie niedostatku lub braku pożywienia w krajach rozwijających się, a także na poprawę jakości żywności w krajach rozwiniętych.

Literatura

- [1] Baranowski K., Fiedler A. R., Hejke K., Kuczyński M., Momatiuk I., Pawlikowska B., Piętowski A., Rogozińska M., Zawada A., Szwarc-Bronikowski S., Tomalik M., Witkowska M.: Świat na talerzu. Wyd. G+J RBA, Warszawa 2004.
- [2] Bukkens S. G. F.: Insects in the human diet: nutritional aspects. W: M.G. Paoletti, Ecological implications of minilivestock; role of rodents, frogs, snails, and insects for sustainable development. Science Publishers. New Hampshire. 2005, 545–577.
- [3] FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, How to feed the World in 2050, http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf, 2009.
- [4] Finke M.D.: Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. Zoo Biology, 2002, 21(3), 269-285.

- [5] Łuczaj Ł.: Podręcznik robakożercy, czyli jadalne bezkręgowce Środkowej Europy. Wyd. Chemigrafia. 2005.
- [6] Muzzarelli R.A.A.: Chitins and chitosans as immunoadjuvants and non-allergenic drug carriers. *Marine Drugs*, 2010, 8(2), 292–312.
- [7] Nonaka K.: Feasting on insects. (Special issue: trends on the edible insects in Korea and Abroad.). *Entomological Research*, 2009, 39(5), 304–312.
- [8] Omotoso O. T.: Nutritional quality, functional properties and anti-nutrient compositions of the larva of *Cirina forda* (Westwood) (Lepidoptera: Saturniidae). *Journal of Zhejiang University Science B*, 2006, 7, 51–55.
- [9] Paoletti M.G., Norberto L., Damini R., Musumeci S.: Human gastric juice contains chitinase that can degrade chitin. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 2007, 51(3), 244–251.
- [10] Ramos-Elorduy J., Moreno J. M. P., Prado E. E., Perez M. A., Otero J. L., De Guevara O. L.: Nutritional value of edible insects from the state of Oaxaca, Mexico. *Journal of food composition and analysis*, 1997, 10(2), 142-157.
- [11] Ramos-Elorduy J.: Energy supplied by edible insects from Mexico and their nutritional and ecological importance. *Ecology of Food and Nutrition*, 2008, 47, 280–297.
- [12] Ramos-Elorduy J., Moreno J. M. P., Camacho V. H. M.: Could grasshoppers be a nutritive meal. *Food and Nutrition Sciences*, 2012, 3, 164–175.
- [13] Resh V. H., Cardé R. T.: *Encyclopedia of insects*. Academic Press, 2009.
- [14] Rumpold B. A., Schlüter O. K.: Nutritional composition and safety aspects of edible insects, *Molecular Nutrition and Food Research*, 2013a, 57(3), 802-823.
- [15] Rumpold B. A., Schlüter O. K.: Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2013b, 17, 1-11.
- [16] Van Huis A.: Insects as food in Sub-Saharan Africa. *Insect Science Application*, 2003, 23(3), 163 –185.
- [17] Vega F., Kaya H.: *Insect Pathology*. Academic Press. London. 2012.
- [18] Vijver M., Jager T., Posthuma L., Peijnenburg W.: Metal uptake from soils and soil-sediment mixtures by larvae of *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2003, 54(3), 277–289.
- [19] Yang L. F., Siriamornpun S., Li D.: Polyunsaturated fatty acid content of edible insects in Thailand. *Journal of Food Lipids*, 2006, 13(3), 277-285.

AUTORZY

KATARZYNA BARTOSZEK - *Katedra Inżynierii i Technologii Zbóż, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

MACIEJ BAZARNIK - *Katedra Żywności Funkcjonalnej, Ekologicznej i Towaroznawstwa, Zakład Żywności Funkcjonalnej i Towaroznawstwa, Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.*

MONIKA BOJANOWSKA - *Katedra Chemii, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

JUSTYNA BORAWSKA - *Katedra Biochemii Żywności, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie.*

EWELINA BRZOZOWSKA - *Instytut Chemicznej Technologii Żywności, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, Politechnika Łódzka.*

NATALIA BURMAŃCZUK - *Katedra Fizjologii Zwierząt, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

BARBARA CHILCZUK - *Katedra Chemii, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

ANNA CIOŁEK - *Katedra Chemii, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

ALEKSANDRA CIOŁKOWSKA - *Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Grzybów, Wydział Nauk o Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

JANUSZ CZABAN - *Zakład Mikrobiologii Rolniczej, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Państwowy Instytut Badawczy w Puławach.*

ANNA CZECH - *Katedra Biochemii i Toksykologii, Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

IZABELA CZYŻYŃSKA-CICHOŃ - *Katedra Żywienia Człowieka, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie.*

MAŁGORZATA DAREWICZ - *Katedra Biochemii Żywności, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie.*

DOROTA DEC - *Zakład Inżynierii Rolno-spożywczej i Leśnej, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka.*

PIOTR DOBROWOLSKI - *Zakład Anatomii Porównawczej i Antropologii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie.*

ZBIGNIEW J. DOLATOWSKI - *Katedra Technologii Mięsa i Zarządzania Jakością, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

ANNA DRAHUN - *Katedra Żywienia Człowieka, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie.*

EWA DYBKOWSKA - *Katedra Żywności Funkcjonalnej, Ekologicznej i Towaroznawstwa, Zakład Żywności Funkcjonalnej i Towaroznawstwa, Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.*

MAGDALENA DYKIEL - *Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Krośnie, Zakład Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich, SKN Rolników „Włościanin”, Sekcja Doktorancka, Uniwersytet Rzeszowski.*

MAŁGORZATA DŻUGAN - *Katedra Chemii i Toksykologii Żywności, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski.*

AGNIESZKA FILIPIAK-FLORKIEWICZ - *Katedra Technologii Gastronomicznej i Konsumpcji, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie.*

MAGDALENA FRANCZYK-ŻARÓW - *Katedra Żywienia Człowieka, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie.*

HALINA GAMBUŚ - *Katedra Technologii Węglowodanów, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie.*

MARTA GARGAŁA - *Zakład Architektury Krajobrazu, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski.*

KATARZYNA GAWEL-BĘBEN - *Katedra Zdrowia Publicznego, Dietetyki i Chorób Cywilizacyjnych, Wydział Medyczny, Wyższa Szkoła Informatyki i Zarządzania w Rzeszowie.*

ANTONI GAWRON - *Zakład Anatomii Porównawczej i Antropologii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie.*

WIOLETA GIZA - *Katedra Biotechnologii, Żywienia Człowieka i Towaroznawstwa Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

PAWEŁ GLIBOWSKI - *Katedra Biotechnologii, Żywienia Człowieka i Towaroznawstwa Żywności, Zakład Technologii Mleka i Hydrokoloidów, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

JAN GMIŃSKI - *Katedra Zdrowia Publicznego, Dietetyki i Chorób Cywilizacyjnych, Wydział Medyczny, Wyższa Szkoła Informatyki i Zarządzania w Rzeszowie.*

WALDEMAR GUSTAW - *Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Grzybów, Wydział Nauk o Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

AGNIESZKA HALSKA - *Wydział Nauki o Zdrowiu, Warszawski Uniwersytet Medyczny.*

PAULINA IWANIAK - *Zakład Anatomii Porównawczej i Antropologii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie.*

EWA JABŁOŃSKA-RYŚ - *Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Grzybów, Wydział Nauk o Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

ANNA JAKUBCZYK - *Katedra Biochemii i Chemii Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

PIOTR JAKUBOWSKI - *Katedra Technologii Węglowodanów, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie.*

MONIKA KARAŚ - *Katedra Biochemii i Chemii Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

MAŁGORZATA KARWOWSKA - *Katedra Technologii Mięsa i Zarządzania Jakością, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

PAULINA KĘSKA - *Katedra Technologii Mięsa i Zarządzania Jakością, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

AGNIESZKA KIEREPKA - *Katedra Biotechnologii, Żywienia Człowieka i Towaroznawstwa Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

JANUSZ KILAR - *Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Stanisława Pigonia w Krośnie.*

MAGDALENA KILAR - *Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Stanisława Pigonia w Krośnie.*

MAGDALENA KONIECZNY - *Instytut Gospodarki Rolnej i Leśnej, Zakład Rolnictwa, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Jana Grodka w Sanoku.*

MAŁGORZATA KOSTECKA - *Katedra Chemii, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

RENATA B. KOSTOGRYS - *Katedra Biochemii Klinicznej, Zakład Diagnostyki Genetycznej i Nutrigenomiki, Uniwersytet Jagielloński Collegium Medicum.*

ANNA KOT - *Katedra Inżynierii i Technologii Zbóż, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

DARIUSZ KOWALCZYK - *Katedra Biochemii i Chemii Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

MAŁGORZATA KOWCZYK-SADOWY - *Zakład Chemii, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka.*

BARBARA KROCHMAL-MARCZAK - *Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Krośnie, Zakład Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich.*

KLAUDIA KULIK - *Katedra Żywności Funkcjonalnej, Ekologicznej i Towaroznawstwa, Zakład Żywności Funkcjonalnej i Towaroznawstwa, Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.*

EWELINA KUZAWIŃSKA - *Katedra Inżynierii i Technologii Zbóż, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

AGNIESZKA LATOCH - *Katedra Technologii Mięsa i Zarządzania Jakością, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

JUSTYNA LIBERA - *Katedra Technologii Mięsa i Zarządzania Jakością, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

BOŻENA ŁOZOWICKA - *Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy w Białymstoku.*

MARCIN ŁUKASIEWICZ - *Katedra Technologii Węglowodanów, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie.*

MAŁGORZATA MATERSKA - *Katedra Chemii, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

AGNIESZKA MALIK - *Katedra Biotechnologii, Żywienia Człowieka i Towaroznawstwa Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

MONIKA MICHALAK-MAJEWSKA - *Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Grzybów, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

STANISŁAW MLEKO - *Zakład Technologii Mleka i Hydrokoloidów, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

MACIEJ NASTAJ - *Katedra Biotechnologii, Żywienia Człowieka i Towaroznawstwa Żywności, Zakład Technologii Mleka i Hydrokoloidów, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

SŁAWOMIR OBIDZIŃSKI - *Zakład Inżynierii Rolno-Spożywczej i Leśnej, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka.*

KATARZYNA OGNIK - *Katedra Biochemii i Toksykologii, Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt, Uniwersytet Przyrodniczy.*

ANNA OKOŃ - *Katedra Technologii Mięsa i Zarządzania Jakością, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

MAGDALENA PAKLA - *Katedra Chemii i Toksykologii Żywności, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski.*

IRENA PERUCKA - *Katedra Chemii, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

JOLANTA PIEKUT - *Zakład Inżynierii Rolno-Spożywczej i Leśnej, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka.*

MARTA PISAREK - *Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Krośnie, Zakład Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich, Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Biologiczno-Rolniczy.*

MONIKA PLISZKA - *Katedra Biochemii Żywności, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie.*

GRAŻYNA PODOLSKA - *Zakład Uprawy Roślin Zbożowych, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Państwowy Instytut Badawczy w Puławach.*

MONIKA PYTKA - *Katedra Biotechnologii, Żywienia Człowieka i Towaroznawstwa Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

WOJCIECH RADZKI - *Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Grzybów, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

MARIA RUDA - *Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Stanisława Pigonia w Krośnie.*

KAMILA RYBCZYŃSKA - *Katedra Zdrowia Publicznego, Dietetyki i Chorób Cywilizacyjnych, Wydział Medyczny, Wyższa Szkoła Informatyki i Zarządzania w Rzeszowie.*

ZBIGNIEW RZEDZICKI - *Katedra Inżynierii i Technologii Zbóż, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

MAREK SADY - *Katedra Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie.*

MARIOLA SAMSONOWICZ - *Zakład Chemii, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka.*

MAGDALENA SKOTNICKA - *Katedra Żywienia Klinicznego, Zakład Chemii, Ekologii i Towaroznawstwa Żywności, Wydział Nauk o Zdrowiu z Oddziałem Pielęgniarstwa i Instytutem Medycyny Morskiej i Tropikalnej, Gdański Uniwersytet Medyczny.*

KATARZYNA SKRZYPCZAK - *Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Grzybów, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

ALICJA SKRZYPEK - *Katedra Chemii, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

ANETA SŁAWIŃSKA - *Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Grzybów, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

ALDONA SOBOTA - *Katedra Inżynierii i Technologii Zbóż, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

BARTOSZ SOŁOWIEJ - *Katedra Biotechnologii, Żywienia Człowieka i Towaroznawstwa Żywności, Zakład Technologii Mleka i Hydrokoloidów, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

JOANNA STADNIK - *Katedra Technologii Mięsa i Zarządzania Jakością, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

DARIUSZ M. STASIAK - *Katedra Technologii Mięsa i Zarządzania Jakością, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

ALICJA SUŁEK - *Zakład Uprawy Roślin Zbożowych, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Państwowy Instytut Badawczy w Puławach.*

STANISŁAW SURMA - *Katedra Zdrowia Publicznego, Dietetyki i Chorób Cywilizacyjnych, Wydział Medyczny, Wyższa Szkoła Informatyki i Zarządzania w Rzeszowie.*

EMILIA SYKUT-DOMAŃSKA - *Katedra Inżynierii i Technologii Zbóż, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

MONIKA ŚWITAJ - *Katedra Biochemii Żywności, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie.*

ZDZISŁAW TARGOŃSKI - *Katedra Biotechnologii, Żywienia Człowieka i Towaroznawstwa Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

KAMIL TOCZEK - *Katedra Biotechnologii, Żywienia Człowieka i Towaroznawstwa Żywności, Zakład Technologii Mleka i Hydrokoloidów, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

EWA TOMASZEWSKA - *Katedra Fizjologii Zwierząt, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

AGNIESZKA TOMCZYK - *Katedra Fizjologii Zwierząt, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Uniwersytet Przyrodniczy, w Lublinie.*

MARTA TOMCZYŃSKA-MLEKO - *Instytut Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin, Wydział Agrobiotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

KINGA TOPOLSKA - *Katedra Technologii Gastronomicznej i Konsumpcji, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie.*

BOŻENA WASZKIEWICZ-ROBAK - *Katedra Żywności Funkcjonalnej, Ekologicznej i Towaroznawstwa, Zakład Żywności Funkcjonalnej i Towaroznawstwa, Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.*

MONIKA WESOŁOWSKA - *Katedra Chemii i Toksykologii Żywności, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski.*

ANNA WIRKIJOWSKA - *Katedra Inżynierii i Technologii Zbóż, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

ELŻBIETA WOŁEJKO - *Zakład Biologii Sanitarnej i Biotechnologii, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka.*

KAROLINA M. WÓJCIAK - *Katedra Technologii Mięsa i Zarządzania Jakością, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

IWONA WYBRAŃSKA - *Katedra Biochemii Klinicznej, Zakład Diagnostyki Genetycznej i Nutrigenomiki, Uniwersytet Jagielloński Collegium Medicum.*

MARTA ZALEWSKA-KORONA - *Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Grzybów, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

PIOTR ZARZYCKI - *Katedra Inżynierii i Technologii Zbóż, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

ZWENYSLAVA ZASADNA - *Laboratorium Instrumentalnych Metod Kontroli, Ukraiński Naukowo-Badawczy Instytut Kontroli Leków Weterynaryjnych oraz Dodatków Paszowych we Lwowie.*

EWELINA ZIELIŃSKA - *Katedra Biochemii i Chemii Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.*

JERZY ŻUCHOWSKI - *Zakład Biochemii i Jakości Plonów, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Państwowy Instytut Badawczy w Puławach.*