

Remigiusz Ołędzki, Aleksandra Hristova

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

e-mails: remigiusz.oledzki@ue.wroc.pl; aleksandra.anna.hristova@gmail.com

SKŁADNIKI BIOAKTYWNE W PRODUKTACH FUNKCJONALNYCH I ICH ROLA W ŻYWIENIU CZŁOWIEKA

BIOACTIVE COMPONENTS IN FUNCTIONAL PRODUCTS AND THEIR ROLE IN HUMAN NUTRITION

DOI: 10.15611/nit.2017.1.03

JEL Classification: I10

Streszczenie: Rodzaj spożywanej żywności oraz sposób odżywiania mają istotny wpływ na rozwój psychofizyczny oraz funkcjonowanie organizmu człowieka. Rezultaty prowadzonych na świecie badań naukowych wskazują, że wiele nieodżywczych składników występujących w surowcach roślinnych i zwierzęcych ma istotny wpływ na szereg procesów zachodzących w organizmie człowieka, których prawidłowy przebieg jest niezbędnym warunkiem zachowania optymalnego stanu zdrowia. Wyniki obserwacji klinicznych potwierdzają wyraźny związek między spożywaniem określonego rodzaju pokarmów a ryzykiem występowania schorzeń cywilizacyjnych. Jak pokazują wyniki badań, odpowiednio dobrane do standardowo stosowanej diety żywnościowe produkty funkcjonalne mogą odgrywać istotną rolę w zakresie prawidłowego funkcjonowania organizmu. Celem niniejszej pracy jest przybliżenie informacji na temat właściwości i potencjalnych zastosowań składników bioaktywnych w produkcji funkcjonalnych produktów żywnościowych oraz ich roli w żywieniu człowieka.

Słowa kluczowe: żywność funkcjonalna, związki bioaktywne, drobnoustroje probiotyczne, dodatki do żywności.

Summary: The type of consumed food and the way of feeding have a significant impact on the psychophysical development and the functioning of human body. The results of scientific research indicate that many non-nutrient components found in natural plant and animal raw materials have a significant impact on many processes occurring in the human body. Proper course of these processes is a necessary condition of optimal physical and mental health. The results of clinical observations confirm that there is a clear relationship between the type of consumed food and the risk of the development of civilization diseases. The results of scientific research show that properly selected functional food products can play an important role in the proper functioning of the body and prevention of the diet-related diseases. The aim of the article is to present the information on properties and potential applications of bioactive components in the functional foods production. This article also presents the role of functional food in human nutrition.

Keywords: functional food, bioactive compounds, probiotic microorganisms, food additives.

1. Geneza i rozwój koncepcji żywności funkcjonalnej

Mimo że pojęcie „żywność funkcjonalna” zostało ukształtowane w latach 80. XX wieku, to w sensie praktycznego wykorzystania zjawisk towarzyszących konsumpcji niektórych rodzajów składników żywnościowych idea tworzenia i wykorzystywania żywności „bioaktywnej” towarzyszy człowiekowi od zarania dziejów. Już setki lat temu zaobserwowano, że niektóre produkty spożywcze na skutek działań przechowalniczych lub naturalnych procesów technologicznych o charakterze przetwórczym nabierają szczególnych cech, wynikających z nagromadzenia w tych produktach dużej ilości naturalnych substancji bioaktywnych [Harborne, Baxter, Moss 1999].

Zaobserwowano, że w naturalny sposób „wzbogacane produkty żywnościowe” dzięki określonym składnikom korzystnie wpływają na zdrowie, łagodząc lub często całkowicie niwelując objawy niektórych schorzeń. Stąd w dawnych przepisach kulinarnych i recepturach farmaceutycznych można znaleźć sugestie spożywania takich produktów, jak kiszonki, skwaszone mleko i kefir, jako naturalne remedium na dolegliwości przewodu pokarmowego lub spożywanie miódów kwiatowych z miętą na stany przeziębienia oraz infekcje układu oddechowego oraz jako środek o działaniu uspokajającym i rozkurczowym [Flandrin, Montanari 1999].

Bogatym źródłem opisów zastosowań terapeutycznych wybranych rodzajów żywności jest przede wszystkim antyczna grecka, chińska oraz hinduistyczna literatura medyczna. W opracowaniach tych znajdują się liczne sugestie na temat przyrządzania konkretnych produktów żywnościowych, które w połączeniu np. z wybranymi surowcami zielarskimi wykazują korzystne oddziaływanie na organizm człowieka [Tannahill 1995]. W praktyce starożytni Grecy, Egipcjanie, Chińczycy czy Hindusi potrafili otrzymywać oryginalne produkty lecznicze, które były spożywane z codzienną dietą i często miały zewnętrzną postać zbliżoną do zwyczajowo spożywanych produktów. Z historycznego punktu widzenia można uznać, że tradycyjna medycyna różnych regionów świata od zawsze wykorzystywała pewne szczególne rodzaje naturalnych produktów żywnościowych jako żywność terapeutyczną [Standage 2010].

Opisane wcześniej zjawisko naturalnego „nabywania” bioaktywności przez produkty żywnościowe powoduje, że niektóre powszechne dostępne rodzaje żywności również współcześnie są z powodzeniem wykorzystywane w terapiach schorzeń prowadzonych w warunkach domowych. Przykładowo, pożądane działanie w leczeniu przeziębienia można uzyskać, spożywając herbatę lipową lub imbirową z dodatkiem soku z malin lub miodu [Meo i in. 2017].

Obecnie odzwierciedlenie wielu antycznych poglądów na temat profilaktyki zdrowia bywa realizowane na drodze tworzenia i propagowania konsumpcji wyspecjalizowanych postaci żywności, jakimi są produkty funkcjonalne. Termin „żywność funkcjonalna” został użyty po raz pierwszy w Japonii w 1984 roku. Zrodziła się wtedy koncepcja produkcji żywności, która – oprócz funkcji odżywczej – wywiera

dotatkowo korzystne działanie na zdrowie człowieka. W 1991 roku został przez japońskie Ministerstwo Zdrowia i Opieki Społecznej zdefiniowany i wprowadzony do powszechnego stosowania termin „żywność o określonym zdrowotnym zastosowaniu” (*Foods for Specified Health Use* – tzw. FOSHU). Istotnym krokiem w kierunku rozwoju rynku żywnościowych produktów funkcjonalnych było wyprodukowanie i wprowadzenie do sprzedaży na początku lat 90. w Japonii pierwszego w pełni komercyjnego produktu funkcjonalnego – hipoalergicznego ryżu. Dzięki tym działaniom wzrosło zainteresowanie produktami funkcjonalnymi, nastąpił też dynamiczny rozwój segmentu żywności funkcjonalnej nie tylko na rynku azjatyckim, ale również na rynku amerykańskim, a następnie europejskim [<http://www.foodexpert.pl/artyku-1/14,historia-zywosci-funkcjonalnej>].

W 1996 roku w Europie rozpoczęto realizację programu badawczego FUFOSSE (*Functional Food Science in Europe*), mającego na celu opracowanie innowacyjnych metod i procedur „projektowania” żywności funkcjonalnej oraz naukowych i społecznych podstaw profilaktyki i przywracania zdrowia w oparciu o koncepcję zdrowego i racjonalnego odżywiania. W dokumencie końcowym FUFOSSE z 1999 r. została zaproponowana definicja żywności funkcjonalnej, według której uznano, że musi to być „żywność o udowodnionym korzystnym wpływie na jedną lub więcej funkcji organizmu z wykluczeniem efektu odżywczego (który to wpływ polega na poprawie stanu zdrowia oraz samopoczucia i/lub zmniejszeniu ryzyka chorób)” [Krygier, Florowska 2008].

Według ustalonych jednolitych kryteriów dokumentu FUFOSSE pozytywny wpływ konsumpcji tego rodzaju żywności powinien się przejawiać w poprawie ogólnego stanu zdrowia, poprawie samopoczucia oraz zmniejszaniu ryzyka chorób, głównie dietozależnych schorzeń cywilizacyjnych. Ponadto z zasad sformułowanej definicji wynika, że żywność funkcjonalna swoją postacią i wyglądem musi przypominać żywność konwencjonalną oraz wykazywać korzystne oddziaływanie w ilościach, które – jak się oczekuje – będą spożywane w ramach odpowiednio zbilansowanej i zróżnicowanej codziennej diety. Ponadto zwraca się uwagę, że podwyższona jakość zdrowotna żywności funkcjonalnej powinna wynikać przede wszystkim z obecności w jej składzie substancji bioaktywnych, które stymulują pożądaną przebieg przemian metabolicznych, jak również z optymalnej fizjologicznie proporcji poszczególnych składników [Grajeta 2004].

W literaturze przedmiotu można spotkać również inną definicję żywności funkcjonalnej, zgodnie z którą żywność tego rodzaju, zwana także projektowaną, to „żywność w taki sposób zmodyfikowana (głównie technologicznie), aby dostarczała konsumentowi konkretnych korzyści zdrowotnych, których nie przynoszą produkty niepoddane modyfikacji” [Niva 2007].

W Polsce pierwsze żywnościowe produkty funkcjonalne pojawiły się w połowie lat 90., gdy w 1995 r. wprowadzono na rynek margarynę z dodatkiem steroli roślinnych. Mimo istnienia silnych ograniczeń wynikających z wysokich kosztów produkcji oraz braku wystarczającego zapotrzebowania i akceptacji ze strony konsumenten-

tów wkrótce zarejestrowano nowe żywnościowe produkty funkcjonalne, m.in. oleje roślinne (m.in. rzepakowy) wzbogacone w witaminy A, E, D3 i K czy też mleczne napoje fermentowane, jak jogurty i kefiry z dodatkiem bakterii z rodzaju *Bifidobacterium* lub *Lactobacillus acidophilus*. W kolejnych latach nastąpił znaczący wzrost produkcji żywności funkcjonalnej, która zaowocowała pojawieniem się produktów o coraz bardziej wysublimowanych cechach fizykochemicznych i sensorycznych. Przykładowym efektem tych działań jest wprowadzenie w 2005 r. w Polsce na rynek żywnościowy innowacyjnej herbaty o właściwościach probiotycznych. Natomiast w wyniku prac badawczych na Politechnice Łódzkiej powstała koncepcyjna bezcukrowa czekolada probiotyczna wzbogacona szczepami bakterii jogurtowych [Żyżelewicz i in. 2010].

Obecnie na rynku europejskim, w tym również w Polsce powszechnie dostępne są w sprzedaży żywnościowe produkty funkcjonalne spośród następujących kategorii:

- soki owocowe i warzywne (np. sok z dodatkiem probiotyków, m.in. bakterii *Lactobacillus plantarum*),
- napoje energetyzujące/energetyczne (np. napoje dostarczające składniki bioaktywne w postaci kofeiny i tauryny),
- tłuszcze roślinne i zwierzęce (np. margaryny i masła z zawartością kwasów omega-3 i omega-6),
- przetwory mleczne (np. jogurty pitne z zawartością steroli i stanoli roślinnych oraz mleka acidofilne z czystymi kulturami bakterii *Thermobacterium intestinale*),
- produkty zbożowe oraz piekarnicze (np. płatki zbożowe ze zwiększoną ilością mikroelementów i soli mineralnych),
- herbaty i kawy funkcjonalne ze zwiększoną zawartością białka [Chen i in. 2017].

Wiele współczesnych koncepcji funkcjonalnych produktów żywnościowych jest często rezultatem współpracy producentów żywności z prężnymi ośrodkami badawczymi. Przykładem jest Centrum Badawcze Nestlé (Nestlé Research Center) z siedzibą w Lozannie w Szwajcarii, które jako największy na świecie prywatny instytut badań nad żywnością dostarcza receptur do wyrobu wielu produktów funkcjonalnych dla niemowląt i małych dzieci, ale również osób dorosłych. Innym przykładem niezależnej organizacji wspierającej producentów żywności funkcjonalnej jest Instytut Żywienia Nestlé (NNI) (Nestlé Nutrition Institute) wspierający tezę, że innowacyjny i oparty o podstawy naukowe sposób żywienia może istotnie poprawić zdrowie i jakość życia konsumentów. Misją Instytutu Żywienia Nestlé jest również merytoryczne wsparcie m.in. pracowników służby zdrowia przez oferowanie specjalistycznych informacji żywieniowych z zakresu racjonalnego żywienia zarówno człowieka zdrowego, jak i chorego [Krygier, Florowska 2008].

Innym przykładem zaangażowania w rozwój wiedzy na temat żywności funkcjonalnej są działania Instytutu Żywności i Żywienia w Warszawie. Działania te obejmują ponadto udostępnianie publikacji naukowych, propagowanie najnowszych wyników badań naukowych czy organizowanie konferencji na temat wpływu związków bioaktywnych zawartych w żywności na funkcjonowanie ludzkiego organizmu.

2. Rozwiązania przyjęte w ramach definiowania i klasyfikacji żywności funkcjonalnej

Opracowanie i przyjęcie jednolitej definicji, która obowiązywałaby na całym świecie oraz jednoznacznie precyzowała, czym jest żywność funkcjonalna, przysparza naukowcom licznych trudności. Brak jednej obowiązującej powszechnie definicji powoduje w konsekwencji funkcjonowanie niezależnie kilku nieskatoryzowanych (czyli dających możliwość swobody w interpretowaniu tego pojęcia) określeń dla tego rodzaju żywności.

Trudności w precyzyjnym zdefiniowaniu pojęcia żywności funkcjonalnej sprawiają, że w poszczególnych krajach zaangażowanych w jej produkcję wprowadzono do powszechnego użycia różne terminy i pojęcia. W konsekwencji zaczęto używać następujących pojęć będących uzupełnieniem definicji żywności funkcjonalnej [Kubiński 2010]:

- żywność projektowana (*designer foods*),
- żywność farmaceutyczna (*pharma foods*),
- żywność medyczna (*medical foods*),
- żywność terapeutyczna (*therapeutical foods*),
- żywność o właściwościach odżywczych (*nutraceutical foods*),
- żywność wzbogacona (suplementowana) (*fortified foods*),
- żywność specjalna (*special foods*),
- żywność prozdrowotna – nazwa używana często w polskiej literaturze [Zduńczyk 1999].

Dotychczas jedyną prawnie usankcjonowaną na świecie definicją jest pojęcie żywności funkcjonalnej podane w rozporządzeniu japońskiego Ministerstwa Zdrowia i Opieki Zdrowotnej z 1991 roku. Według tego dokumentu „żywność funkcjonalna to pożywienie o działaniu sprzyjającym zdrowiu człowieka, stworzone na podstawie wiedzy o zależnościach między składnikami pokarmu a regulacją różnorodnych procesów fizjologicznych zachodzących w organizmie człowieka”. W dokumencie tym można również przeczytać, że „jest to żywność używana do celów zdrowotnych, po spożyciu której można oczekiwać uzyskania konkretnego efektu zdrowotnego”. W ogólnym znaczeniu tego rodzaju produkty nie mogą jednakże pełnić roli terapeutyku, lecz powinny być stosowane, jako część codziennej diety i traktowane, jako żywność ogólnego spożycia [Antosiewicz 1997].

Wspomniane rozporządzenie umożliwiło przyznanie wybranym produktom spożywczym statusu żywności funkcjonalnej i określanie jej jednocześnie mianem FOSHU, czyli „żywności o określonym zdrowotnym zastosowaniu” (*Foods for Specified Health Use*). W założeniu produkty FOSHU muszą mieć standardową postać charakterystyczną dla tradycyjnej żywności, którą wzbogacono o składniki aktywne biologicznie, w celu otrzymania wyrobu posiadającego odpowiednią wartość odżywczą i podnoszącego kondycję zdrowotną człowieka. Dotyczy to również żywności, z której usunięto niepożądane składniki, np. składniki uczulające (alergeny),

które po spożyciu mogłyby wywołać niepożądane reakcje immunologiczne i fizjologiczne [Saito 2007].

Zgodnie z ideą żywności o określonym zdrowotnym zastosowaniu (FOSHU) żywność funkcjonalna powinna:

- być produktem spożywczym otrzymanym z naturalnie występujących składników, jednakże nie będąc tabletką, kapsułką, granulem lub proszkiem,
- stanowić podstawowy element codziennej diety,
- wpływać korzystnie na procesy fizjologiczne organizmu,
- zapobiegać określonym grupom chorób (głównie dietozależnych) lub spowalniać ich rozwój,
- sprzyjać leczeniu określonych chorób i przywracaniu zdrowia po okresie choroby,
- spowalniać procesy starzenia organizmu,
- sprzyjać ogólnemu dobrostanowi fizycznemu i psychicznemu [Kudełka, Łobaza 2007].

W kwietniu 2001 roku rząd japoński wprowadził nowy system regulacji dotyczący żywności funkcjonalnej, przyjmując obszerniejsze jej określenie – „żywność ze specjalnymi żywieniowymi deklaracjami” (*Food with Health Claims* – FHC). Według norm przyjętych przez rząd japoński ustalono podział żywności FHC na dwa rodzaje:

- żywność zawierającą funkcjonalne składniki odżywcze (FNFC – *Food with Nutrient Function Claims*), która w składzie ma określone dodatki (witaminowe, mineralne itp.). Jeżeli żywność ta spełnia wymagane normy, to może być przetwarzana i dystrybuowana bez konieczności rejestracji czy informowania wyspecjalizowanych organów kontroli państwowej ds. oceny jakości i bezpieczeństwa produktów żywnościowych;
- żywność o określonym przeznaczeniu zdrowotnym (FOSHU – *Food for Special Health Use*), która oficjalnie musi zostać zatwierdzona i której korzystne oddziaływanie na organizm człowieka musi być udowodnione. Ten rodzaj żywności musi zawierać w swoim składzie substancje o działaniu prozdrowotnym, których wpływ na organizm ludzki jest potwierdzony naukowo, a spożywanie tego rodzaju żywności ma skutkować poprawą lub utrzymaniem zadowalającego stanu zdrowia. Aby można było sprzedawać żywność jako produkty FOSHU, należy potwierdzić jej bezpieczeństwo i efektywne oddziaływanie na ludzki organizm, którego ostatecznie dokonuje minister zdrowia i opieki [Statement of the scientific... 2007].

Z kolei według interpretacji zaproponowanej w 2002 r. przez Międzynarodową Radę Informacji o Żywności – IFIC (*International Food Information Council*) będącą fundacją, której celem jest międzynarodowa i ogólnospołeczna misja informacyjna oraz edukacyjna dotycząca zdrowia, żywienia i bezpieczeństwa produktów żywnościowych, żywność funkcjonalna to żywność wywołująca pozytywny wpływ na zdrowie, w którego wywołaniu nie biorą udział podstawowe składniki odżywcze [Statement of the scientific... 2007].

3. Klasyfikacja żywności funkcjonalnej

Podobnie jak w przypadku definicji żywności funkcjonalnej, również w odniesieniu do klasyfikacji tego rodzaju produktów nie ma jednego powszechnie stosowanego podziału. Ze względu na to, że znaczna część produktów funkcjonalnych ma wielokierunkowe i wielopłaszczyznowe oddziaływanie na organizm człowieka, niejednokrotnie różne produkty są przypisywane do kilku grup jednocześnie. Jednym z kryteriów branych pod uwagę w klasyfikacji żywności funkcjonalnej jest sposób jej wytwarzania. Z tego powodu wyodrębnia się:

- żywność, w której zwiększono zawartość jednego lub większej liczby składników prozdrowotnych (np. jogurty ze zwiększoną ilością probiotyków),
- żywność wzbogacona o jeden lub więcej składników prozdrowotnych (np. margaryna z dodatkiem steroli roślinnych),
- żywność, z której usunięto składnik niepożądany lub zredukowano istotnie jego zawartość (np. pieczywa o obniżonej zawartości białek glutenowych, żółte i pleśniowe sery o obniżonej zawartości histaminy, produkty mleczne o obniżonej zawartości laktozy, jogurty o obniżonej zawartości tłuszczu) [WHO 2003].

Żywność funkcjonalną można również grupować wedle kryterium, jakim jest kierunek oddziaływania na psychofizyczny dobrostan konsumenta. Wyróżnia się w tej grupie produkty, które:

- mają bezpośredni wpływ na organizm człowieka dzięki hamowaniu zmian degeneracyjnych ustroju lub wywierają działanie lecznicze w trakcie niektórych schorzeń, np. związanych z zanikiem (dystrofią) mięśni i ubytkiem kości (np. żywność wzbogacona w witaminę D),
- w stanach zwiększonego zapotrzebowania na składniki odżywcze zapewniają zwiększoną podaż do organizmu elementów budulcowych i regeneracyjnych; produkty te są zalecane szczególnie w okresie rekonwalescencji, intensywnego wzrostu organizmu, ciąży i połogu (np. wysokobiałkowe batony funkcjonalne, jogurty o wysokiej zawartości serwatki charakteryzujące się wysoką zawartością aminokwasów egzogennych),
- są stosowane w stanach chorobowych, które wymagają zastosowania odpowiednio skomponowanej diety specjalistycznej (np. wysokoproteinowe jogurty niezawierające cukru dla diabetyków lub produkty nabiałowe z dodatkiem średniołańcuchowych trójglicerydów (MCT– *medium chain triglycerides*), które do hydrolizy nie wymagają obecności lipazy i żółci oraz wchłaniają się z przewodu pokarmowego bezpośrednio do żyły wrotnej),
- są stosowane w stanach wzmożonego napięcia nerwowego, stresu czy problemów ze snem, wpływając na poprawę nastroju, cykliczność i jakość snu oraz wydolność psychofizyczną organizmu (np. napoje z ekstraktem z szyszek chmielowych lub wyciągiem z róży i szafranu) [WHO 2003; Ommen 2004].

Uwzględniając terapeutyczne i prewencyjne oddziaływanie, można dokonać podziału żywności funkcjonalnej, wyróżniając m.in. produkty, które przyczyniają się do:

- zmniejszenia ryzyka rozwoju niektórych chorób nowotworowych (np. pieczywo wzbogacone izoflawonami, jak genisteina, daidzeina, glyciteina, owsiane batoniki śniadaniowe z ekstraktem lub z pestkami dyni, pieczywo pszenne z dodatkiem antocyjanów – substancji o właściwościach antynowotworowych),
- zmniejszenia ryzyka rozwoju chorób układu krążenia (np. oleje spożywcze wzbogacone w nienasycone kwasy tłuszczowe ω -3 i ω -6),
- zmniejszenia ryzyka rozwoju osteoporozy (np. jogurty i biszkopty wzbogacone w wapń, kwas foliowy, żelazo i inulinę),
- poprawy wydolności psychofizycznej (np. jogurty i batony wysokobiałkowe, napoje z ekstraktem z zielonej herbaty, produkty czekoladowe zawierające melatoninę i kwas γ -aminomasłowy),
- poprawy kondycji i stanu zdrowia kobiet w ciąży i karmiących piersią (np. pieczywo i produkty nabiałowe wzbogacone w składniki mineralne, kwasy tłuszczowe ω -3 czy jogurty wzbogacone w kwas foliowy i witaminy z grupy D),
- wspomaganie procesów fizjologicznego wzrostu dzieci i młodzieży (np. mleko wzbogacane w kwasy tłuszczowe ω -3 i ω -6, batony zbożowe wzbogacone witaminami i aminokwasami egzogennymi),
- wspomaganie wydolności sportowców, m.in. przez takie efekty fizjologiczne, jak rozszerzenie naczyń krwionośnych, wzrost ukrwienia serca oraz skuteczniejsze wykorzystanie tlenu do pracy mięśni podczas intensywnego wysiłku (np. napoje i batony energetyczne z L-argininą i wyciągiem z ostrokrzewu paragwajskiego (*Yerba Mate*)),
- wspomaganie trawienia u osób z zaburzeniami tego procesu (np. mleczne produkty fermentowane z żywymi kulturami bakterii probiotycznych *ActiRegularis*, płatki śniadaniowe z probiotykami, pieczywo z dodatkiem antocyjanów, które spowalniają proces uwalniania energii),
- opóźnianie procesów starzenia, szczególnie u osób po 50. roku życia (np. specjalne produkty mleczne z dodatkiem przeciwutleniaczy, jak β -karoten (prowitamina A), tokoferole, biotyna, selen oraz cynk) [Statement of the scientific... 2007].

Z kolei biorąc pod uwagę skład żywności funkcjonalnej, można dokonać podziału na żywność:

- wysokobłonnikową (np. pełnoziarniste produkty zbożowe ze zwiększoną ilością błonnika uzyskaną przez wprowadzenie odpowiedniego dodatku, np. otrąb, śliwek, jabłek),
- wysokoenergetyczną (np. wysokoenergetyczne płynne preparaty odżywcze wzbogacone m.in. w wolno wchłaniane węglowodany, jak maltodekstryna i sacharoza, oraz w trójglicerydy długołańcuchowe LCT (*long chain triglycerides*)),
- probiotyczną, która wzbogacona jest w żywe kultury bakterii fermentacji mlekowej, zwłaszcza szczepy *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus plantarum* oraz *Bifidobacterium bifidum*,

- niskosodową, która cechuje się obniżoną zawartością chlorku sodu, (np. pieczywo niskosodowe, sól morską niskosodową wzbogaconą magnezem i potasem),
- niskocholesterolową, która charakteryzuje się obniżoną zawartością cholesterolu (np. majonezy bezjajeczne dla osób z zaburzeniem funkcjonowania receptorów cholesterolowych),
- niskotłuszczową, która charakteryzuje się obniżoną zawartości kwasów tłuszczowych, np. niskotłuszczowe majonezy,
- niskoenergetyczną (np. produkty typu *light* o obniżonej zawartości cukrów prostych oraz o obniżonej zawartości nasyconych kwasów tłuszczowych) [Davidson, McDonald 1998; Statement of the scientific... 2007].

4. Substancje bioaktywne w żywnościowych produktach funkcjonalnych i ich biologiczna rola w organizmie człowieka

Podwyższona jakość zdrowotna żywności funkcjonalnej wynika głównie z obecności w jej składzie składników bioaktywnych, stymulujących pożądany przebieg przemian metabolicznych oraz z optymalnej fizjologicznie proporcji poszczególnych składników bioaktywnych. Właściwości żywności funkcjonalnej zależą zatem od dodatkowo wprowadzonych do produktu substancji, jak również substancji będących ich pierwotnym składnikiem [Gawęcki, Messor-Pietraszewska (red.) 2004]. Przykładowe składniki dodawane do żywności i ich wpływ na zdrowie człowieka przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1. Przykładowe składniki dodawane do żywności i ich wpływ na organizm człowieka
Table 1. Exemplary components added to foods and their impact on human body

Składnik/ Component	Efekt zdrowotny i terapeutyczny/The health and therapeutic effect
1	2
α -karoten, β -karoten/ α -carotene, β -carotene	neutralizacja wolnych rodników tlenowych, obniżenie poziomu frakcji LDL cholesterolu i tym samym zapobieganie miażdżycy naczyń krwionośnych, chorobom serca oraz udarowi mózgu/neutralization of oxygen free radicals, lowering of the LDL cholesterol fraction, prevention of atherosclerosis of the blood vessels, heart diseases and stroke
Luteina/Lutein	obniżenie ryzyka degeneracji plamki żółtej siatkówki, ochrona przed zanikami pamięci spowodowanymi procesami starzenia centralnego układu nerwowego/ lowering the risk of retinal macula degeneration, protection against memory loss due to aging of the central nervous system
Likopen/Lycopene	działanie antynowotorowe (hamowanie mutacji w komórkach nowotworowych) w przypadku nowotworu jamy ustnej, krtani, przełyku, pęcherza moczowego oraz prostaty, stymulowanie układu immunologicznego, ochronne działanie na skórę względem promieniowania UV, obniżenie ryzyka chorób serca oraz nadciśnienia tętniczego krwi/anti-cancer activity (inhibition of mutations in cancer cells) against the mouth, larynx, esophagus, bladder and prostate cancer, stimulation of the immune system, protective effect on the skin against UV radiation, lowering the risk of heart disease and hypertension

1	2
Błonnik pokarmowy (np. celuloza, hemiceluloza, pektyny, nieskrobiowe polisacharydy, nietrawiona inulina, oligosacharydy, polidekstroza, gumy, śluzy roślinne, β -glukan)/ Dietary fiber (eg cellulose, hemicellulose, pectin, non-starch polysaccharides, inulin, oligosaccharides, polydextrose, gums, plant slime, β -glucan)	obniżenie ryzyka raka piersi i okrężnicy, obniżenie stężenia cholesterolu całkowitego oraz lipoprotein LDL, przeciwdziałanie otyłości, cukrzycy, nadciśnieniu tętniczemu, miażdżycy oraz kamicy żółciowej/lowering the risk of breast and colon cancer, lowering of total cholesterol and LDL lipoproteins, counteracting obesity, diabetes, hypertension, atherosclerosis and cholelithiasis
Kwas linolowy (CLA)/ Linoleic acid (CLA)	stymulowanie fizjologicznego procesu wzrostu tkanek, obniżenie ryzyka chorób nowotworowych, działanie cytostaticzne względem nowotworów piersi u kobiet, płuc, jelit oraz czerniaka złośliwego, działanie przeciwmiażdżycowe i ochronne względem układu krążenia/stimulating the physiological process of tissue growth, reducing the risk of cancer, cytostatic action against breast cancer in women, anti-cancer activity against lungs, intestines and malignant melanoma, antiatherosclerotic and cardiovascular protection
Antocyjanidyny/ Anthocyanidins	neutralizacja wolnych rodników tlenowych, obniżenie ryzyka niektórych typów nowotworów, stymulacja mikrokrążenia ocznego, wzmacnianie i uszczelnianie śródbłonna naczyń/neutralization of free oxygen radicals, reduction of risk of some types of cancer, stimulation of ocular microcirculation, strengthening and sealing of the vascular endothelium
Katechiny/Catechins	neutralizacja wolnych rodników tlenowych, obniżenie ryzyka chorób nowotworowych, działanie przeciwzakrzepowe, redukcja tkanki tłuszczowej, obniżenie poziomu glukozy we krwi/neutralization of oxygen free radicals, reduction of cancer risk, anticoagulant effect, reduction of adipose tissue, reduction of blood glucose level
Flawonole/Flavonols	działanie uszczelniające na naczynia krwionośne, działanie przeciwzapalne i przeciwutleniające/sealing effect on blood vessels, anti-inflammatory and antioxidant effects
Izoflawony/Isoflavones	obniżenie ryzyka zachorowania na nowotwory estrogenozależne, przeciwdziałanie osteoporozie/lowering the risk of estrogen-dependent cancers, protection against osteoporosis
Lignany/ Lignans	zapobieganie chorobom nowotworowym, zapobieganie chorobie wieńcowej i miażdżycy naczyń krwionośnych, obniżenie stężenia glukozy we krwi, zahamowanie ubytku masy kostnej/prevention of cancer, prevention of coronary heart disease and atherosclerosis, reduction of blood glucose, inhibition of bone loss
Taniny/Tannins	zapobieganie chorobom nowotworowym przez spowalnianie tempo podziału komórek nowotworowych/prevention of cancer by slowing the rate of cancer cell division
Estry stanoli roślinnych/ Esters of plant stanols	obniżenie poziomu cholesterolu całkowitego oraz frakcji LDL/reduction of total cholesterol and LDL fraction

Źródło/Source: [Jaworska-Łuczak, Wiśniewska 2011; Lang 2007; Landström i in. 2007].

Składniki bioaktywne są obecnie stosowane przez większość producentów żywności. Wiele współczesnych przedsiębiorstw z branży żywnościowej specjalizujących się w produkcji żywności funkcjonalnej stosuje surowce, które mają przede wszystkim wzbogacać produkt substancjami dostosowanymi do aktualnych trendów konsumenckich i odpowiadającymi na potrzeby naukowo uzasadnionej profilaktyki żywieniowej. Można wyróżnić wiele substancji, które dodawane do żywności nadają jej charakteru funkcjonalnej i tym samym pomagają wspomagać prawidłowy przebieg naturalnych procesów w organizmie.

4.1. Błonnik pokarmowy

Błonnik pokarmowy jest jednym z najczęściej stosowanych składników dodawanych do żywności dla podniesienia wartości zdrowotnej produktów żywnościowych. Badania wykazały, że istotną rolą fizjologiczną włókna pokarmowego jest regulacja poziomu cholesterolu we krwi, co stanowi ważny element ograniczający rozwój schorzeń układu krążenia. Drugą istotną właściwością błonnika pokarmowego w żywieniu jest udział tego składnika (przez ograniczenie ilości wchłanianego tłuszczu oraz cukrów prostych) w zapobieganiu otyłości i hipertriglicerydemii [Kranz i in. 2012].

Wykazano ponadto, że istotnym oddziaływaniem włókna pokarmowego jest zapobieganie cukrzycy i innym zespołom objawów o różnorodnej etiologii charakteryzujących się hiperglikemią. Badania wykazały, że regularne spożywanie wskazanej ilości błonnika pomaga ograniczać wchłanianie glukozy, zapobiegając przyrostowi masy ciała oraz zwiększając jednocześnie wykorzystanie nieglikemicznych składników odżywczych w diecie. Wyniki badań wskazują, że dieta obejmująca produkty żywnościowe bogate w błonnik pokarmowy pomaga obniżyć poposiłkową glikemię u pacjentów z cukrzycą typu 1, a także insulinemię u osób z cukrzycą typu 2 [Hopping i in. 2009].

Zaobserwowano, że u osób chorych na cukrzycę typu 2 błonnik rozpuszczalny ułatwia kontrolowanie glikemii poposiłkowej, gdyż zapobiega wahaniom glukozy przez hamowanie szybkości jej wchłaniania z przewodu pokarmowego. Dzieje się tak, ponieważ glukoza w roztworze wodnym tworzy z pektynami lepki roztwór żelu zagęszczającego, który utrudnia jej wchłanianie. Wykazano, że pektyny oraz słuzy roślinne wpływają również na obniżenie cholesterolu, a szczególnie frakcji LDL, co przekłada się na zmniejszenie ryzyka wystąpienia miażdżycy naczyń [Lasota 2014; Biorlund i in. 2005].

Wyniki badań naukowych wskazują, że błonnik pokarmowy zawarty w funkcjonalnych produktach żywnościowych może również wykazywać ochronne działanie na nabłonek jelita grubego. Sugeruje się, że spożycie błonnika pokarmowego w zalecanych ilościach może ograniczać ryzyko wystąpienia nowotworów jelita grubego (w tym okrężnicy i odbytnicy) zarówno u kobiet, jak i u mężczyzn. Udowodniono, że błonnik pokarmowy może ograniczać ryzyko nowotworu jelita grubego ze wzglę-

du na jego wielopłaszczyznowe działanie związane m.in. ze zwiększeniem objętości stolca i skróceniem pasażu jelitowego, hamowaniem nadmiernego rozwoju bakterii siarkowych (odpowiedzialnych za procesy gnilne) oraz wiązaniem związków kancerogennych [Lattimer, Haub 2010; Olejnik i in. 2010].

Ponadto wykazano, że błonnik pełni również bardzo ważną rolę w oczyszczaniu organizmu z metali ciężkich. Wskazuje się również na istotny udział błonnika, zarówno frakcji rozpuszczalnej, jak i nierozpuszczalnej, w eliminowaniu z organizmu nadmiernej ilości kwasów żółciowych oraz utrzymaniu w jelitach optymalnego kwaśnego odczynu [Świdorski, Kolonowski 2003].

Wyniki badań naukowych sugerują, że z kolei inulina zawarta w produktach funkcjonalnych, poprzez korzystne oddziaływanie na florę jelit, wpływa także na poprawę biodostępności niektórych minerałów, m.in. magnezu, wapnia, cynku i żelaza. Z kolei skuteczniejsze wchłanianie tych pierwiastków może wpłynąć na wyższą mineralizację kości w okresie dojrzewania i menopauzy [Patterson i in. 2010].

Należy jednak zaznaczyć, że nasilenie i charakter oddziaływania błonnika zawartego w produktach żywnościowych na procesy fizjologiczne w organizmie są silnie uzależnione od rodzaju spożywanych produktów wysokobłonnikowych, które istotnie różnią się między sobą zarówno ilością, jak i rodzajem włókna pokarmowego. Na rynku żywności funkcjonalnej dostępne są produkty bogate zarówno w hemicelulozy pochodzące od dodatku ziaren zbóż, w pektyny pochodzące z dodatku owoców, a nawet w ligniny wynikające z dodatku warzyw. Z tego powodu poszczególne grupy żywności charakteryzujące się obecnością konkretnego rodzaju błonnika cechują się odmiennym oddziaływaniem na procesy fizjologiczne w organizmie człowieka [Durko, Malecka-Panas 2014].

4.2. Probiotyki oraz prebiotyki

Probiotyki są najczęściej wykorzystywaną i jednocześnie najbardziej rozpoznawaną przez konsumentów grupą składników żywności funkcjonalnej. Zgodnie z definicją przedstawioną przez Światową Organizację Zdrowia (WHO) i Organizację Narodów Zjednoczonych ds. Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) probiotyki określa się jako żywe, specyficzne szczepy mikroorganizmów, które wprowadzane w odpowiedniej dawce (ilości) do przewodu pokarmowego, wywierają korzystny wpływ na fizjologię organizmu człowieka [Gawęcki 2004].

Naturalna flora bakteryjna znajdująca się w przewodzie pokarmowym człowieka ma za zadanie pełnić funkcję ochronną przed niekorzystnymi czynnikami dietetycznymi i środowiskowymi oraz podnosić immunologiczną odporność organizmu. Deficyt lub nieprawidłowy skład bakteryjnej flory jelitowej jest bezpośrednią przyczyną m.in. zespołu przesiąkliwego jelita (inaczej zespołu nieszczelnego jelita), a w konsekwencji szeregu zaburzeń metabolicznych, które wywoływane są przez toksyny oraz szkodliwe produkty przemiany materii dostające się do krwiobiegu [Quigley 2016].

Dzięki probiotykom możliwe jest przywrócenie stanu najbardziej zbliżonego do naturalnego, który został zakłócony w wyniku m.in. nieprawidłowego odżywiania, występowania niektórych stanów chorobowych czy antybiotykoterapii. Przywrócenie stanu równowagi dzieje się poprzez zmianę w zespole mikroorganizmów jelitowych, która prowadzi do zmniejszenia w organizmie liczebności bakterii szkodliwych oraz zwiększenia pożytecznych [Toczek, Glibowski 2015].

Udowodniono również, że probiotyki dodawane do żywności ułatwiają trawienie laktozy, łagodząc tym samym zaburzenia występujące ze strony przewodu pokarmowego po spożyciu niefermentowanych produktów mlecznych. Związane jest to z produkcją przez niektóre szczepy bakterii probiotycznych enzymu β -D-galaktozydazy, który hydrolizuje laktozę do glukozy i galaktozy. Ponadto sugeruje się, że spożywanie produktów zawierających bakterie probiotyczne może mieć istotne znaczenie w zapobieganiu dyslipidemii i choroby wieńcowej serca [Ettinger i in. 2014].

Znaczna część probiotycznych produktów funkcjonalnych wzbogacana jest w bakterie kwasu mlekowego z rodzaju *Bifidobacterium* lub *Lactobacillus*, jednakże wśród szczepów bakterii probiotycznych są również gatunki z rodzaju *Enterococcus* i *Bacillus*. W celu wzbogacania żywności w mikroorganizmy probiotyczne wykorzystuje się również niektóre gatunki drożdży jak *Saccharomyces boulardii*, wywodzące się ze szczepu *Saccharomyces cerevisiae* [Kapka-Skrzypczak i in. 2012; Yu i in. 2017].

Wykazanie korzystnego wpływu na zdrowie i bezpieczeństwo konsumenta jest kluczowym etapem określania możliwości wykorzystania do produkcji żywności określonego szczepu probiotycznego. Obecnie rygorystyczne kryteria dla szczepów bakterii probiotycznych spełniają m.in. *Lactobacillus rhamnosus* GG, *Lactobacillus jahnsoni* La1, *Lactobacillus casei* Shirato, *Lactobacillus acidophilus* NC 1487 oraz *Bifidobacterium lactis* Bb12 [Kapka-Skrzypczak i in. 2011].

Badania naukowe potwierdziły, że bakterie probiotyczne dostarczane do organizmu z pożywieniem wywierają hamujący wpływ na rozwój bakterii gnilnych, przez co pośrednio przyczyniają się do zmniejszenia ryzyka zachorowania na nowotwory jelita grubego. Dzieje się tak, ponieważ bakterie probiotyczne wytwarzają substancje antybiotyczne oraz odpowiednio obniżają odczyn treści jelita cienkiego, stwarzając tym samym warunki niesprzyjające do rozwoju bakterii gnilnych, które są odpowiedzialne m.in. za przekształcenie azotanów pochodzących z żywności w rakotwórcze nitrozoaminy. Potwierdzono również, że probiotyki zapobiegają zaparciom oraz podrażnieniu ściany jelita poprzez przyspieszenie perystaltyki jelit, skracając tym samym kontakt resztek kałowych ze ścianą jelita [Świdorski, Kolonowski 2003; Kozłowska-Wojciechowska i in. 2010; Zhang i in. 2013].

Wyniki badań wskazują również, że z kolei probiotyczne bakterie fermentacji mlekowej mogą obniżać poziom cholesterolu we krwi dzięki zdolności do asymilacji tego steroidu w jelicie cienkim. Wykazano ponadto, że bakterie probiotyczne, przez zwiększenie produkcji w organizmie naturalnej substancji przeciwwirusowej

– γ -interferomu, stymulują układ odpornościowy, jak również wykazują zdolność do syntezy witamin z grupy B oraz kwasu foliowego [Buttriss, Stokes 2008].

Z kolei mianem prebiotyków określa się substancje, które stanowią pożywkę stymulującą rozwój bakterii probiotycznych naturalnie występujących w przewodzie pokarmowym człowieka. Według definicji WHO prebiotyki muszą wykazywać korzystny wpływ na organizm poprzez selektywne stymulowanie wzrostu oraz aktywności życiowej jednego lub wielu szczepów bakterii jelitowych. Indukowane dzięki temu korzystne dla organizmu zmiany ogólne lub miejscowe stanowią jednocześnie podstawowe kryterium, aby składnik żywności mógł być zaliczony do grupy składników prebiotycznych. Prebiotyki obecne w komercyjnie dostępnych produktach funkcjonalnych mają najczęściej postać wyselekcjonowanych składników pożywienia, które nie ulegają trawieniu w przewodzie pokarmowym i jednocześnie pobudzają wzrost lub aktywność korzystnych dla ustroju bakterii bytujących w jelicie grubym [Gawęcki, Mossor-Pietraszewska (red.) 2004].

Określony składnik żywności może zostać zaliczony do grupy prebiotyków, gdy spełnia dwa dodatkowe istotne kryteria mówiące o tym, że składnik taki nie może być hydrolizowany przez przewód pokarmowy człowieka ani przez niego wchłaniany. Wszystkie omówione kryteria są dotychczas spełniane przez takie substancje, jak inulina, trans-galaktooligosacharydy (TOS), fruktooligosacharydy (FOS), mannooligosacharydy (MOS) oraz laktuloza [Badia i in. 2013; Gonçalves, Gallardo-Escárate 2017]. Naturalnym źródłem wspomnianych prebiotyków są niektóre rodzaje warzyw, jak szparag, cykorja, czosnek oraz cebula [Chow 2002; Sabater-Molina i in. 2009]. Preparaty i produkty żywnościowe, w których składzie występują jednocześnie prebiotyki, jak i probiotyki są określane terminem synbiotyków [Gibson 1998].

4.3. Fitosterole i fitostanole

Sterole roślinne, nazywane inaczej fitosterolami, to substancje syntezowane przez różne gatunki jedno- i wielokomórkowych roślin, które są funkcjonalnymi i strukturalnymi analogami cholesterolu. Sterole produkowane przez rośliny stanowią element strukturalny ich błon komórkowych i cytoplazmatycznych. Wykazano, że bogatym źródłem steroli roślinnych są przede wszystkim oleje, jak rzepakowy, sezamowy, kukurydziany, sojowy oraz ryżowy, jak również orzechy włoskie i laskowe, warzywa strączkowe, kiełki kukurydzy i pszenicy, nasiona sezamu i słonecznika oraz migdały [Kopeć i in. 2011].

Z tego powodu, że sterole i stanole są związkami słabo rozpuszczalnymi w tłuszczach i całkowicie nierozpuszczalnymi w wodzie, w procesie produkcji żywności funkcjonalnej dodawane są w formie zestryfikowanej, która istotnie zwiększa ich rozpuszczalność [Kozłowska-Wojciechowska i in. 2010].

Sugeruje się, że sterole roślinne, takie jak m.in. β -sitosterol, kampesterol, stigmasterol czy brassikasterol, mogą się przyczyniać do znacznego obniżenia poziomu cholesterolu frakcji LDL, który należy do głównych czynników ryzyka choroby nie-

dokrwiennej serca, a obniżenie wartości tej frakcji poniżej 2,6 mmol/l (100 mg/dl) - 3,0 mmol/l (115 mg/dl) uznawane jest za istotny warunek skutecznej profilaktyki przeciwzakrzepowej i przeciwmiażdżycowej [Ras i in. 2015].

Stwierdzono, że sterole roślinne wykazują hipocholesterolemiczne działanie poprzez hamowanie absorpcji cholesterolu w jelicie cienkim. Podczas procesu trawienia tłuszczu pokarmowych sole kwasów żółciowych wytwarzają micelle, do których mogą przenikać fosfolipidy oraz wolny cholesterol. Wykazano, że stanole roślinne mają zdolność do wypierania cholesterolu z miceli, dzięki czemu znacznie zmniejsza się intensywność jego wchłaniania, a tym samym zwiększa ilość wydalanego cholesterolu z organizmu [Jesch, Carr 2017].

Potwierdzono, że spożywanie żywności zawierającej związki fitosterolowe zmniejsza istotnie ryzyko zawału mięśnia sercowego, jak również zapobiega rozwojowi zmian miażdżycowych w naczyniach krwionośnych [Vergès, Fumeron 2015; Köhler in. 2017]. Coraz częściej sugeruje się również znaczący udział fitosteroli w prewencji cukrzycy typu 2 [Naruse i in. 2015].

4.4. Nienasycone kwasy tłuszczowe

Kolejną obszerną grupą związków bioaktywnych wykorzystywanych w produkcji żywności funkcjonalnej są jedno- i wielonienasycone kwasy tłuszczowe. Dostarczanie wraz z pokarmem wielonienasyconych kwasów tłuszczowych z szeregu ω -3 oraz ω -6 jest szczególnie istotne ze względu na brak możliwości ich syntezy przez organizm człowieka. Najważniejsze z nich to kwas eikozapentaenowy (EPA, ω -3) i dokozaheksaenowy (DHA, ω -3) α -linolenowy (ALA, ω -3) oraz kwas linolowy (ω -6) LA [Kuhnt i in. 2016].

Wspomniane kwasy tłuszczowe są niezbędnym elementem budulcowym fosfolipidów błon komórkowych i mitochondrialnych tkanki zarówno centralnego, jak i obwodowego układu nerwowego. Tłuszcze EPA, DHA i LA są również nieodzowne w procesie naprawy zwyrodniałych komórek nerwowych, a także warunkują stabilność procesu wytwarzania energii w mitochondriach [Kuhnt i in. 2016].

Naturalnym źródłem kwasów tłuszczowych ω -3 EPA i DHA, nazywanych kwasami wysoce wielonasyconymi, są przede wszystkim tłuste ryby morskie, takie jak łosoś, makrela, tuńczyk czy dorsz. W przypadku kwasu ω -3 linolenowego (ALA) i kwasu ω -6 linolowego (LA) ich zasobnymi źródłami są produkty roślinne, jak tłoczony na zimno olej, sojowy, lniany, rzepakowy, a także nasiona słonecznika, dyni, sezamu oraz orzechy włoskie. Wysoką zawartość kwasu tłuszczowego ω -6 linolowego oraz innego ważnego nienasyconego kwasu tłuszczowego – kwasu γ -linolenowego (GLA) stwierdzono również w oleju z nasion wiesiołka (*Oenothera L.*). Z kolei źródłem sprzężonego kwasu linolowego CLA są głównie produkty pochodzenia zwierzęcego – mleko, przetwory mleczne, a także mięso pozyskane od przeżuwaczy [Simon i in. 2014].

Potwierdzono, że wielonienasycone kwasy tłuszczowe omega-3 wykazują działanie przeciwzakrzepowe i przeciwzatorowe oraz przeciwdziałają procesom zapal-

nym w tętnicach, zmniejszając tym samym tempo rozwoju miażdżycy [Harris, Del Gobbo, Tintle 2017].

Ponadto wykazano, że wielonienasycone kwasy tłuszczowe ω -3 hamują syntezę triacylogliceroli oraz nieznacznie obniżają ciśnienie tętnicze, co może się przyczyniać do zmniejszenia ryzyka choroby wieńcowej. Dodatkowo potwierdzono, że kwasy tłuszczowe z rodziny ω -6 wspomagają leczenie otyłości i cukrzycy, a także choroby wrzodowej żołądka i dwunastnicy [Liu i in. 2016; Bennacer in. 2017].

Wskazuje się, że wielonienasycone kwasy tłuszczowe ω -3 i ω -6 mają istotny wpływ na prawidłowy rozwój ośrodkowego układu nerwowego człowieka, nie tylko w okresie płodowym i postnatalnym, ale również w okresie starzenia, kiedy poziom DHA i EPA w mózgu wyraźnie maleje. Z tego powodu konsumpcja żywności bogatej w wielonienasycone kwasy tłuszczowe ω -3 i ω -6 zalecana jest jako czynnik mogący ograniczać ryzyko wystąpienia demencji starczej oraz choroby Alzheimera [Yassine i in. 2017].

Istnieją doniesienia naukowe, iż nienasycone kwasy tłuszczowe ω -3 i ω -6 mogą odgrywać istotną rolę także w zapobieganiu chorobom nowotworowym. Wykazano, że kwasy tłuszczowe EPA i DHA mogą hamować namnażanie się komórek nowotworowych, ich rozprzestrzenianie w organizmie, a także spowalniają proces tzw. zezłośliwienia guzów nowotworowych [Hou i in. 2017]. Wykazano również, że kwasy tłuszczowe ω -3 i ω -6 hamują dolegliwości kostno-stawowe dzięki redukcji stanów zapalnych w obrębie tkanki kostnej i chrzęstnej [Wu i in. 2015].

Duże znaczenie kwasów tłuszczowych ω -3 i ω -6 w profilaktyce wielu schorzeń cywilizacyjnych stało się silnym uzasadnieniem do wykorzystania tych związków jako substancji wzbogacających szeroką gamę produktów spożywczych. Wykazano, że warunkiem wytworzenia produktów funkcjonalnych o wysokiej wartości biologicznej i tym samym korzystnym oddziaływaniu na organizm człowieka jest zawartość obu rodzajów nienasyconych kwasów tłuszczowych (ω -3 i ω -6) w odpowiedniej proporcji. Należy zaznaczyć, że standardowa dieta Europejczyków dostarcza zbyt dużych ilości kwasów tłuszczowych ω -6, podczas gdy podaż kwasów ω -3 w przyjmowanym pożywieniu jest zbyt niska. Zaburzony stosunek kwasów ω -6 do ω -3 (wynoszący średnio 20:1 zamiast prawidłowego mieszczącego się w przedziale od 4:1 do 2:1) skutkuje obniżeniem lub całkowitym zablokowaniem wchłaniania EPA oraz wbudowywania tego kwasu tłuszczowego do błon komórkowych [Materac, Marczyński, Bodek 2013].

W efekcie powstającego w ten sposób deficytu kwasu EPA następuje wiele przemian metabolicznych, w wyniku których z kwasów ω -6 powstają związki o charakterze prozapalnym. Wykazano, że długotrwałe przyjmowanie w nadmiarze kwasów ω -6 sprzyja osłabieniu funkcji układu odpornościowego oraz nadmiernej skłonności organizmu do stanów zapalnych. Z powodu braku odpowiedniej ilości kwasów ω -3, które wykazują charakter przeciwzapalny i jednoczesnego nadmiaru kwasów ω -6 o charakterze prozapalnym może dochodzić również do agregacji płytek krwi wewnątrz naczyń krwionośnych. Powstający w ten sposób skrzep może spowodować

wać częściowe lub całkowite zablokowanie przepływu krwi przez naczynia, co w konsekwencji prowadzi do takich stanów patofizjologicznych, jak udar mózgu lub zawał mięśnia sercowego. Zatem tak istotne jest utrzymanie odpowiedniej proporcji kwasów tłuszczowych ω -6 do ω -3 zarówno w codziennej diecie, jak i tych występujących w żywnościowych produktach funkcjonalnych [Obiedzińska, Waszkiewicz-Robak 2012; Sobiś 2015].

4.5. Związki fenolowe

Bardzo obszerną grupą składników, która ze względu na swoje terapeutyczne działanie i powszechne występowanie budzi coraz większe zainteresowanie naukowców i producentów żywności, są związki polifenolowe.

Właściwości prozdrowotne związków fenolowych zawartych w produktach funkcjonalnych związane są przede wszystkim z ich właściwościami przeciwutleniającymi. Jednakże z tego względu, że polifenole wykazują nie tylko właściwości antyoksydacyjne ale również przeciwzapalne, przeciwbakteryjne, przeciwwirusowe, a także przeciwzakrzepowe, diecie bogatej w polifenole roślinne przypisuje się rolę obniżania ryzyka rozwoju schorzeń o różnej etiologii [Joseph, Edirisinghe, Burton-Freeman 2016].

Badania wskazują, że żywność zawierająca lub wzbogacona w polifenole może być skuteczna w zapobieganiu i terapii chorób układu krążenia. Wyniki badań pozwalają sugerować, że kwercetyna pochodząca ze skórek winogron oraz katechina zawarta w dużych ilościach m.in. w truskawkach, jabłkach, wiśniach, brzoskwiniach czy śliwkach chronią układ krążenia przez wzmacnianie i uszczelnianie ścian naczyń krwionośnych i obniżanie ciśnienie tętniczego krwi [Mangels, Mohler 2017; Xiao i in. 2017].

Z kolei takie związki, jak epigenina i galusan epigallokatechiny (EGCG), obecne w m.in. w zielonej herbacie, wykazują ochronny wpływ na ośrodkowy i obwodowy układ nerwowy [Xicota i in. 2017].

Ponadto podaje się, że galusan epigallokatechiny znacznie zwiększa liczbę regulatorowych limfocytów T (tzw. limfocytów grasicozależnych), komórek odpowiedzialnych za odpowiedź odpornościową komórkową, w wyniku której następuje niszczenie komórek obcych dla organizmu. Badania laboratoryjne wykazały, że galusan epigallokatechiny może znacznie zwiększać liczbę limfocytów T w śledzionie i węzłach chłonnych. Z tego powodu żywność funkcjonalna wzbogacona w galusan epigallokatechiny (EGCG) jest zalecana w celach terapeutycznych, np. w sytuacji osłabienia układu immunologicznego, którego efektem jest zwiększona podatność na infekcje [Cornwall i in. 2016].

Badania naukowe sugerują, że z kolei takie polifenole, jak kurkumina, kwercetyna, resweratrol i galusan epigallokatechiny (EGCG) mogą także oddziaływać przeciwnowotworowo i przeciwzapalnie. Wykazano, że wymienione przeciwutleniacze nie tylko ograniczają podziały komórek nowotworowych, ale wpływając na

aktywność białek biorących udział w regulacji cyklu komórkowego skierowują komórki nowotworowe na drogę apoptozy [Santel 2008; Kangawa i in. 2017].

Istnieją silne przesłanki naukowe wskazujące, że niektóre polifenole będące antocyjanami, jak delfini dyna zapobiegają również tworzeniu nowych naczyń krwionośnych w guzie nowotworowym (tzw. angiogenezie nowotworowej) oraz przeciwdziałają powstawaniu przerzutów (rozsiewowi nowotworu) do innych tkanek (tzw. metastazie) [Kee 2016; Kim i in. 2017]. Sugeruje się również, że związki polifenolowe odgrywają znaczącą rolę w opóźnianiu i łagodzeniu objawów klimakterium, a także mogą obniżać zachorowalność na osteoporozę u kobiet w okresie postmenopauzalnym [Chen in. 2010; Szkutnik-Fiedler i in. 2010].

Coraz częściej wskazuje się na pożądane działanie występującego w zielonej herbacie jednego z flawonoidów – epikatechiny w leczeniu cukrzycy. Zaobserwowano, że epikatechina przyspiesza proces przekształcenia proinsuliny w insulinę oraz stymuluje proces syntezy i sekrecji insuliny w komórkach β wysp trzustkowych [Samuvel i in. 2010; Katz i in. 2011].

Dodatkowo wskazuje się, że kwas kawowy, ferulowy i galusowy mają zdolność „blokowania” związków kancerogennych, które powstają na drodze przemian metabolicznych niektórych metabolitów. Z kolei kurkuminie oraz kwasowi rozmarynowemu przypisuje się działanie nie tylko przeciwnowotworowe oraz również silnie przeciwzapalne [Mori i in. 2000; Maurya, Devasagayam 2013].

Opisane wyniki badań nad właściwościami substancji dodawanych do żywności wskazują na szereg ich korzystnych prozdrowotnych oddziaływań. Ze względu na ogólnie pozytywny wpływ na ludzki organizm, opisane substancje bioaktywne stwarzają ogromny potencjał ich wykorzystywania jako składniki nowych form i rodzajów funkcjonalnych produktów żywnościowych. Należy mieć nadzieję, że omówione składniki bioaktywne, będą w przyszłości wykorzystywane przez producentów w większym zakresie, a tworzone z ich udziałem nowe rodzaje żywności funkcjonalnej będą skuteczniej niż dotychczas przeciwdziałały lub wspierały konwencjonalne terapie wielu chorób wywołanych rozwojem współczesnej cywilizacji.

5. Podsumowanie

W chwili obecnej, przemysł spożywczy dysponuje znaczną ilością substancji bioaktywnych, które są w coraz większym zakresie wykorzystywane do produkcji żywnościowych produktów funkcjonalnych. Z punktu widzenia konsumenta ważne jest, aby codzienna dieta była wzbogacona o te składniki bioaktywne, które najskuteczniej wspomagają i regulują procesy fizjologiczne, jednocześnie w sposób dopasowany do indywidualnych i specyficznych potrzeb organizmu. Jeżeli spożywane produkty funkcjonalne będą odpowiednio dobrane nie tylko pod względem rodzaju, ale również ilości spożywanej żywności, to stwarzane są możliwości maksymalnie skutecznego oddziaływania zawartych w niej składników bioaktywnych. Przykładem takiego podejścia jest nie tylko coraz większa inwencja producentów żywności

funkcjonalnej w dostarczaniu na rynek zróżnicowanej gamy produktów ale również coraz większe zaangażowanie w dostarczanie konsumentom rzetelnych informacji umożliwiających precyzyjną ocenę właściwości oraz kierunku oddziaływania składników bioaktywnych na organizm człowieka.

Literatura

- Antosiewicz I., 1997, *Żywność o określonych funkcjach prozdrowotnych – żywność funkcjonalna na tle doświadczeń japońskich*, Żywność, Żywnienie a Zdrowie, 4, s. 346.
- Badia R., Lizardo R., Martinez P., Brufau J., 2013, *Oligosaccharide structure determines prebiotic role of β -galactomannan against Salmonella enterica ser. Typhimurium in vitro*, Gut Microbes, 4(1), s. 72-75.
- Bennacer A.F., Haffaf E., Kacimi G., Oudjit B., Koceir E.A., 2017, *Association of polyunsaturated/saturated fatty acids to metabolic syndrome cardiovascular risk factors and lipoprotein (a) in hypertensive type 2 diabetic patients*, Ann Biol Clin (Paris), 1, 75(3), s. 293-304.
- Biorklund M., Rees A., Mensink R.P., Onning G., 2005, *Changes in serum lipids and postprandial glucose and insulin concentrations after consumption of beverages with beta-glucans from oats or barley: A randomized dose controlled trial*, Eur J Clin. Nutr., 59, s. 1272-1281.
- Buttriss J.L., Stokes C.S., 2008, *Dietary fibre and health: An overview*, British Nutrition Foundation, Nutr Bull., 33, s. 186-200.
- Chen Z.G., Luo L.L., Xu J.J., Zhuang X.L., Kong X.X., Fu Y.C., 2010, *Effects of plant polyphenols on ovarian follicular reserve in aging rats*, Biochem Cell Biol., 88(4), s. 737-745.
- Chen Y., Wu Y., Du M., Chu H., Zhu L., Tong N., Zhang Z., 2017, *An inverse association between tea consumption and colorectal cancer risk*, Oncotarget, 6, 8(23), s. 37367-37376.
- Chow J., 2002, *Probiotics and prebiotics: A brief overview*, J Ren Nutr., 12(2), s. 76-86.
- Cornwall S., Cull G., Joske D., Ghassemifar R., 2016, *Green tea polyphenol "epigallocatechin-3-gallate", differentially induces apoptosis in CLL B-and T-Cells but not in healthy B-and T-Cells in a dose dependant manner*, Leuk Res., 51, s. 56-61.
- Davidson M., McDonald A., 1998, *Fiber: forms and function*, Nutr Res., 4, s. 617-624.
- Durko L., Malecka-Panas E., 2014, *Lifestyle modifications and colorectal cancer*, Curr Colorectal Cancer Rep., 10(1), s. 45-54.
- Ettlinger G., MacDonald K., Reid G., Burton J.P., 2014, *The influence of the human microbiome and probiotics on cardiovascular health*, Gut Microbes, 5(6), s. 719-728.
- Flandrin J.L., Montanari M., 1999, *Food: A Culinary History from Antiquity to the Present Hardcover*, Columbia University Press, New York.
- Gawęcki J., Messor-Pietraszewska T. (red.), 2004, *Kompendium wiedzy o żywności, żywieniu i zdrowiu*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, s. 126.
- Gibson G.R., 1998, *Dietary modulation of the human gut microflora using prebiotics*, Br J Nutr., 80(4), s. 209-212.
- Gonçalves A.T., Gallardo-Escárate C., 2017, *Microbiome dynamic modulation through functional diets based on pre- and probiotics (mannan-oligosaccharides and Saccharomyces cerevisiae) in juvenile rainbow trout (Oncorhynchus mykiss)*, J Appl Microbiol., 122(5), s. 1333-1347.
- Grajeta H., 2004, *Żywność funkcjonalna w profilaktyce chorób układu krążenia*, Adv Clin Exp Med., 2004, 13, 3, s. 503-510.
- Harborne J.B., Baxter H., Moss G.P., 1999, *Phytochemical Dictionary: Handbook of Bioactive Compounds from Plant*, Second ed. Taylor and Francis, London.
- Harris W.S., Del Gobbo L., Tintle N.L., 2017, *The Omega-3 Index and relative risk for coronary heart disease mortality: Estimation from 10 cohort studies*, Atherosclerosis, 262, s. 51-54.

- Hopping B.N., Erber E., Grandinetti A., Verheus M., Kolonel L.N., Maskarinec G., 2009, *Dietary fiber, magnesium, and glycemic load alter risk of type 2 diabetes in a multiethnic cohort in Hawaii*, J Nutr., 109.
- Hou R., Yao S.S., Liu J., Wang L.L., Wu L., Jiang L., 2017, *Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids, fish consumption, and endometrial cancer risk: A meta-analysis of epidemiological studies*, Oncotarget, May 30.
- <http://www.foodexpert.pl/artykul/14.historia-zywosci-funkcjonalnej> (dostęp: 23.03.2015).
- Jaworska-Luczak B., Wiśniewska I., 2011, *Żywność funkcjonalna*, Aptekarz Polski, 59/37.
- Jesch E.D., Carr T.P., 2017, *Food ingredients that inhibit cholesterol absorption*, Prev Nutr Food Sci., 22(2), s. 67-80.
- Joseph S.V., Edirisinghe I., Burton-Freeman B.M., 2016, *Fruit Polyphenols: A Review of Anti-inflammatory Effects in Humans*, Crit Rev Food Sci Nutr. 56(3), s. 419-444.
- Kangawa Y., Yoshida T., Maruyama K., Okamoto M., Kihara T., Nakamura M., Ochiai M., Hippo Y., Hayashi S.M., Shibutani M., 2017, *Cilostazol and enzymatically modified isoquercitrin attenuate experimental colitis and colon cancer in mice by inhibiting cell proliferation and inflammation*, Food Chem Toxicol., 100, s. 103-114.
- Kapka-Skrzypczak L., Niedźwiecka J., Cyranka M., Kruszewski M.K., Skrzypczak M., Wojtyła A., 2011, *Nutrigenomics – perspectives of personalized nutrition*, Pediatr Endocrinol Diabetes Metab., 17(4), s. 222-226.
- Katz D.L., Doughty K., Ali A., 2011, *Cocoa and chocolate in human health and disease*, Antioxid Redox Signal, 15, 15(10), s. 2779-2811.
- Kee J.Y., Han Y.H., Kim D.S., Mun J.G., Park J., Jeong M.Y., Um J.Y., Hong S.H., 2016, *Inhibitory effect of quercetin on colorectal lung metastasis through inducing apoptosis, and suppression of metastatic ability*, Phytomedicine, 1, 23(13), s. 1680-1690.
- Kim M.H., Jeong Y.J., Cho H.J., Hoe H.S., Park K.K., Park Y.Y., Choi Y.H., Kim C.H., Chang H.W., 2017, *Delphinidin inhibits angiogenesis through the suppression of HIF-1 α and VEGF expression in A549 lung cancer cells*, Oncol Rep., 37(2), s. 777-784.
- Kopeć A., Nowacka E., Piątkowska E., Leszczyńska T., 2011, *Charakterystyka i prozdrowotne właściwości steroli roślinnych*, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 3(76), s. 5-14.
- Kozłowska L., 2010, *Rola błonnika w utrzymaniu prawidłowej pracy jelit*, Żywność dla Zdrowia, 13, s. 23-27.
- Kozłowska-Wojciechowska M., Cybulska B., Narkiewicz K., Opolski G., Tykarski A., 2010, *Stanole roślinne – niedoceniony element diety w profilaktyce i terapii chorób układu krążenia, Nadciśnienie Tętnicze*, 14(4), s. 346.
- Köhler J., Teupser D., Elsässer A., Weingärtner O., 2017, *Plant sterol enriched functional food and atherosclerosis*, Br J Pharmacol., 174(11), s. 1281-1289.
- Kranz S., Brauchla M., Slavin J.L., Miller K.B., 2012, *What do we know about dietary fiber intake in children and health? The effects of fiber intake on constipation, obesity, and diabetes in children*, Adv Nutr., 3(1), s. 47-53.
- Krygier K., Florowska A., 2008, *Żywność funkcjonalna obecnie i w przyszłości*, Przemysł Spożywczy, 62, 5, s. 2-6.
- Kubiński T., 2010, *Żywność funkcjonalna*, Życie Weterynaryjne, 85(11).
- Kudelka W., Łobaza D., 2007, *Charakterystyka żywności funkcjonalnej*, Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Krakowie, 743, s. 91-120.
- Kuhnt K., Weiß S., Kiehntopf M., Jahreis G., 2016, *Consumption of echium oil increases EPA and DPA in blood fractions more efficiently compared to linseed oil in humans*, Lipids Health Dis., 18, 15, s. 32.
- Lang T., 2007, *Functional foods*, British Medical Journal, 19, 334(7602), s. 1015-1016.
- Landström E., Hursti U.K., Becker W., Magnusson M., 2007, *Use of functional foods among Swedish consumers is related to health-consciousness and perceived effect*, Br J Nutr., 98(5), s. 1058-1069.

- Lasota B., 2014, *Żywność funkcjonalna – przykłady i znaczenie w diecie człowieka*, Journal of NutriLife, 07.
- Lattimer J.M., Haub M.D., 2010, *Effects of dietary fiber and its components on metabolic health*, Nutr. 2(12), s. 1266-1289.
- Liu L., Hu Q., Wu H., Xue Y., Cai L., Fang M., Liu Z., Yao P., Wu Y., Gong Z., 2016, *Protective role of n6/n3 PUFA supplementation with varying DHA/EPA ratios against atherosclerosis in mice*, J Nutr Biochem., 32, s. 171-180.
- Mangels D.R., Mohler E.R., 2017, *Catechins as potential mediators of cardiovascular health*, Arterioscler Thromb Vasc Biol., 37(5), s. 757-763.
- Materac E., Marczyński Z., Bodek K.H., 2013, *Rola kwasów tłuszczowych omega-3 i omega-6 w organizmie człowieka*, Bromat Chem Toksykol., 21, s. 232-237.
- Maurya D.K., Devasagayam T.P., 2013, *Ferulic acid inhibits gamma radiation-induced DNA strand breaks and enhances the survival of mice*, Cancer Biother Radiopharm., 28(1), s. 51-57.
- Meo S.A., Al-Asiri S.A., Mahesar A.L., Ansari M.J., 2017, *Role of honey in modern medicine*, Saudi J Biol Sci., 24(5), s. 975-978.
- Mori H., Kawabata K., Matsunaga K., Ushida J., Fujii K., Hara A., Tanaka T., Murai H., 2000, *Chemopreventive effects of coffee bean and rice constituents on colorectal carcinogenesis*, Biofactors, 12(1-4), s. 101-105.
- Naruse R., Hori K., Terasawa T., Hara K., Suetsugu M., Takebayashi K., Morita K., Aso Y., Inukai T., 2015, *Alterations of plant sterols, lathosterol, oxidative stress and inflammatory markers after the combination therapy of ezetimibe and statin drugs in type 2 diabetic patients*, Obes Res Clin Pract., 9(1), s. 67-74.
- Niva M., 2007, *All foods affect health: understanding of functional foods and healthy eating among health-oriented Finns*, Appetite, 48(3), s. 389.
- Obiedzińska A., Waszkiewicz-Robak B., 2012, *Niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe szeregu omega-3 – charakterystyka, występowanie, znaczenie biologiczne i zdrowotne*, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 1, 80.
- Olejnik A., Tomczyk J., Kowalska K., Grajek W., 2010, *Rola naturalnych składników diety w chemioprewencji nowotworów jelita grubego*, Postepy Hig Med Dosw, 64, s. 175-187.
- Ommen van B., 2004, *Nutrigenomics: Exploiting systems biology in the nutrition and health arenas*, Nutr., 20, s. 4-8.
- Patterson J.K., Yasuda K., Welch R.M., Miller D.D., Lei X.G., 2010, *Supplemental dietary inulin of variable chain lengths alters intestinal bacterial populations in young pigs*, J Nutr., 140 (12), s. 2158-2161.
- Quigley E.M., 2016, *Leaky gut – concept or clinical entity?*, Curr Opin Gastroenterol., 32(2), s. 74-79.
- Ras R.T., van der Schouw Y.T., Trautwein E.A., Sioen I., Dalmeijer G.W., Zock P.L., Beulens J.W., 2015, *Intake of phytoosterols from natural sources and risk of cardiovascular disease in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition-the Netherlands (EPIC-NL) population*, Eur J Prev Cardiol., 22(8), s. 1067-1075.
- Sabater-Molina M., Larqué E., Torrella F., Zamora S., 2009, *Dietary fructooligosaccharides and potential benefits on health*, J Physiol Biochem., 65(3), s. 315-328.
- Saito M., 2007, *Role of FOSHU (food for specified health uses) for healthier life*, Yakugaku Zasshi., 127(3), s. 407-416.
- Samuvel D.J., Sundararaj K.P., Li Y., Lopes-Virella M.F., Huang Y., 2010, *Adipocyte-mononuclear cell interaction, Toll-like receptor 4 activation, and high glucose synergistically up-regulate osteopontin expression via an interleukin 6-mediated mechanism*, J Biol Chem., 5, 285(6), s. 3916-3927.
- Santel T., Pflug G., Hemdan N.Y., Schäfer A., Hollenbach M., 2008, *Curcumin inhibits glyoxalase I: A possible link to its anti-inflammatory and anti-tumor activity*, PLoS One, 3(10), e3508.
- Simon D., Eng P.A., Borelli S., Kägi R., Zimmermann C., Zahner C., Drewe J., Hess L., 2014, *Gamma-linolenic acid levels correlate with clinical efficacy of evening primrose oil in patients with atopic dermatitis*, Adv Ther., 31(2), s. 180-188.

- Sobiś J., 2015, *Wielonienasycone kwasy omega-3 w profilaktyce zaburzeń afektywnych*, Psychiatria, 12, 3, s. 147-152.
- Standage T., 2010, *An Edible History of Humanity*, Walker Publishing Company, Inc., New York.
- Statement of the scientific panel on dietetic products, nutrition and allergies on a request from the commission related to dietary fiber, EFSA 2007.
- Szkutnik-Fiedler D., Jedrzejczyk M., Grześkowiak E., Bartkowiak-Wieczorek J., Seremak-Mrozikiewicz A., Drews K., Mrozikiewicz P.M., 2010, *The role of phytoestrogen therapy in relieving postmenopausal symptoms*, Ginekol Pol., 81(12), s. 929-934.
- Świderski F., Kolonowski W., 2003, *Żywność wygodna i żywność funkcjonalna*, WNT, Warszawa, s. 281-282.
- Tannahill R., 1995, *Food in History*, Broadway Books.
- Toczek K., Glibowski P., 2015, *Bakterie probiotyczne w żywności – nowe kierunki stosowania*, Przemysł Spożywczy, 69, s. 42.
- Vergès B., Fumeron F., 2015, *Potential risks associated with increased plasma plant-sterol levels*. Diabetes Metab. 41(1), s. 76-81.
- WHO, 2003, World Health Organization: Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases, Geneva.
- Wu C.L., Jain D., McNeill J.N., Little D., Anderson J.A., Huebner J.L., Kraus V.B., Rodriguiz R.M., Wetsel W.C., Guilak F., 2015, *Dietary fatty acid content regulates wound repair and the pathogenesis of osteoarthritis following joint injury*, Ann Rheum Dis., 74(11), s. 2076-2083.
- Xiao L., Liu L., Guo X., Zhang S., Wang J., Zhou F., Liu L., Tang Y., Yao P., 2017, *Quercetin attenuates high fat diet-induced atherosclerosis in apolipoprotein E knockout mice: A critical role of NADPH oxidase*, Food Chem Toxicol., 105, s. 22-33.
- Xicota L., Rodriguez-Morato J., Dierssen M., de la Torre R., 2017, *Potential role of (-)-Epigallocatechin-3-Gallate (EGCG) in the secondary prevention of Alzheimer disease*, Curr Drug Targets, 18(2), s. 174-195.
- Zhang Z., Xu G., Ma M., Yang J., Liu X., 2013, *Dietary fiber intake reduces risk for gastric cancer: A meta-analysis*, Gastroenterol., 145, s. 113-120.
- Zduńczyk Z., 1999, *Nowe wyzwanie dla badaczy i producentów żywności*, Przemysł Spożywczy, 53(3), s. 2.
- Żyżelewicz D., Nebesny E., Motyl I., Libudzisz Z., 2010, *Effect of Milk Chocolate Supplementation with lyophilised Lactobacillus cells on its attributes*, Czech J. Food Sci., 28, 5, s. 392-406.
- Yassine H.N., Braskie M.N., Mack W.J., Castor K.J., Fonteh A.N., Schneider L.S., Harrington M.G., Chui H.C., 2017, *Association of docosahexaenoic acid supplementation with Alzheimer disease stage in apolipoprotein E ε4 carriers: A review*, JAMA Neurol., 1,74(3), s. 339-347.
- Yu L., Zhao X.K., Cheng M.L., Yang G.Z., Wang B., Liu H.J., Hu Y.X., Zhu L.L., Zhang S., Xiao Z.W., Liu Y.M., Zhang B.F., Mu M., 2017, *Saccharomyces boulardii Administration Changes Gut Microbiota and Attenuates D-Galactosamine-Induced Liver Injury*, Sci Rep., 2;7(1), s. 1359.