

PAULINA BRODAŁKA, KATARZYNA FELISIAK, MARIUSZ SZYM CZAK

*Katedra Technologii Żywności
Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
Papieża Pawła VI 3, 71-450 Szczecin
E-mail: paulina.brodalka@zut.edu.pl*

HYDROLIZATY BIAŁKOWE JAKO ŹRÓDŁO BIOLOGICZNIE AKTYWNYCH PEPTYDÓW – OTRZYMYWANIE I ZASTOSOWANIE W PRZEMYSŁE SPOŻYWCZYM

BUDOWA BIAŁEK

Białka są naturalnymi produktami, które zbudowane są z reszt α -L-aminokwasowych, połączonych w łańcuchy polipeptydowe specyficznymi wiązaniami kowalencyjnymi. Ponadto, istnieje również grupa związków zaliczanych do peptydów, których skład i budowa jest tożsama z białkami, jednak różnica dotyczy mniejszej liczby reszt aminokwasowych, a co za tym idzie mniejszej wielkości cząsteczek, o znacznie prostszej strukturze przestrzennej. Pomimo tych różnic, nie ustalono oficjalnej granicy pomiędzy białkami a peptydami, jednak przyjęto umownie, że dany związek można nazwać białkiem, kiedy składa się z ponad 100 reszt aminokwasowych, a jego masa cząsteczkowa jest większa niż 10 kDa. Generalnie, liczba reszt aminokwasowych w białkach to 100–1000, a masa cząsteczkowa mieści się w granicach 10–100 kDa (BAŃKOWSKI 2006).

BIOLOGICZNIE AKTYWNE PEPTYDY

Peptydy biologicznie aktywne to związki, które wykazują korzystne oddziaływanie na funkcjonowanie organizmu człowieka. Są definiowane jako fragmenty białek, które pozostają nieaktywne w sekwencji swoich prekursorów, natomiast po uwolnieniu przez enzymy proteolityczne mogą oddziaływać z odpowiednimi receptorami oraz regulować funkcje fizjologiczne organizmu, wykazując działanie: przeciwutleniające, antybakteryjne, przeciwwirusowe, immu-

nomodulujące, antyproliferacyjne, przeciwzakrzepowe, antykoagulacyjne, przeciwnadciśnieniowe; działają również jako inhibitory konwertazy angiotensyny (ACE-inhibitor), hemolityczne, opioidowe oraz wiążące wapń. Ocenę białka jako prekursora bioaktywnych peptydów przeprowadza się na podstawie jego profilu potencjalnej aktywności i częstości występowania w sekwencji fragmentów bioaktywnych (DAREWICZ i współaut. 2013, SZERSZUNOWICZ 2014, PIKUL i POSPIECH 2016). Podział biologicznie aktywnych peptydów opiera się na ich aktywności fizjologicznej, która jest większa niż aktywność ich prekursorów, od których mają mniejszą masę cząsteczkową (SZERSZUNOWICZ 2014). Istnieje wiele klas biologicznie aktywnych peptydów, wyizolowanych z bakterii, grzybów, roślin i produktów zwierzęcych. W ich obrębie wyróżnia się mono- i dipeptydy oraz związki złożone: liniowe lub cykliczne oligo- i polipeptydy (PIKUL i POSPIECH 2016). Podstawą do określania aktywności peptydów jest ich sekwencja aminokwasowa. Peptydy, które wykazują aktywność biologiczną, zbudowane są najczęściej z 2 do 9 reszt aminokwasowych, jednak są też takie, które mają ich w swoim składzie 20, a nawet więcej (DAREWICZ i współaut. 2013, SZERSZUNOWICZ 2014). Z kolei inni badacze wskazują na liczbę reszt aminokwasowych w przedziale od 3 do 16 (DAREWICZ i DZIUBA 2009). Badania wykazały, że najłatwiej wchłaniane w przewodzie pokarmowym są peptydy zbudowane z 2–6 aminokwasów (GRIMBLE i współaut. 1986).

Słowa kluczowe: aktywność przeciwutleniająca, biologicznie aktywne peptydy, hydrolizaty białkowe, żywność funkcjonalna

BUDOWA PEPTYDÓW O WŁAŚCIWOŚCIACH ANTYOKSYDACYJNYCH

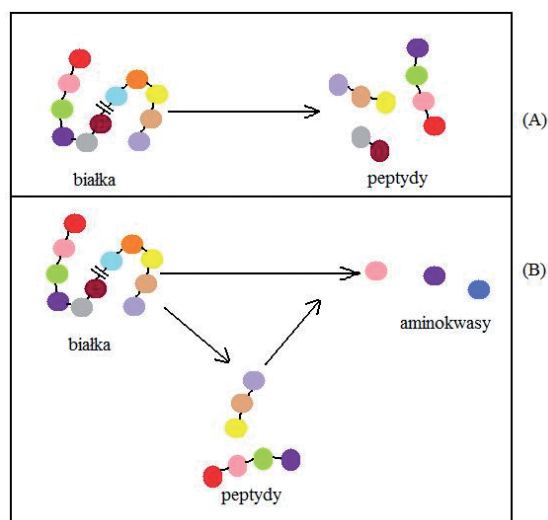
Głównymi składnikami peptydów antyoksydacyjnych są reszty histydyny lub tyrozyny, również metioniny, cysteiny, tryptofanu i lizyny, które w postaci wolnej także wykazują aktywność przeciwutleniającą. W przypadku tyrozyny, tryptofanu i histydyny dzieje się tak ze względu na obecność pierścienia aromatycznego w cząsteczce. W przypadku metioniny i cysteiny wpływ ma obecność grupy tiolowej, natomiast lizyna ma w swojej budowie dodatkową grupę aminową (PIHLANTO I MÄKINEN 2013, DAREWICZ i współaut. 2016). Peptydy o właściwościach przeciwutleniających w pozycji N-końcowej zawierają zazwyczaj reszty aminokwasów hydrofobowych, a niekiedy reszty aminokwasów kwaśnych. Reszty hydrofobowe wspomagają interakcje peptydów, np. z kwasem linolowym (PENA-RAMOS I XIONG 2003). Pierwszym źródłem, z którego wyizolowano peptydy o właściwościach antyoksydacyjnych były produkty mleczarskie (BORAWSKA i współaut. 2014).

SUROWCE DO PRODUKCJI HYDROLIZATÓW BIAŁKOWYCH

Związki antyoksydacyjne otrzymuje się na drodze hydrolizy enzymatycznej produktów pochodzenia zwierzęcego takich jak: mleko, krewetki, ostrobok, makrela, śledź, tuńczyk czy mintaj, oraz pochodzenia roślinnego, głównie z nasion roślin oleistych, strączkowych i glonów, a także bardzo często z pszenicy i soi (BORAWSKA i współaut. 2014, SZOŁTYSIK i współaut. 2016). Rozwiązaniem opartym na recyklingu jest produkcja hydrolizatów z surowców ubocznych przemysłu spożywczego. W taki sposób wykorzystuje się: śruty poekstrakcyjne, krew, skóry i kości. Wyróżnić można również szereg niekonwencjonalnych surowców, takich jak owady i kryl, którym przypisuje się potencjalnie dużą wartość ze względu na ich wysokowartościowe białko. Niewykluczone jest, że w przyszłości surowce te nabiorą innego, większego znaczenia wobec rosnącej liczby ludności na świecie i niewystarczającej produkcji białek konwencjonalnych (SZOŁTYSIK i współaut. 2016).

ENZYMY PROTEOLITYCZNE

Proteazy stanowią dużą i złożoną grupę enzymów występujących w każdej komórce organizmu eukariotycznego i prokariotycznego. Reprezentują klasę enzymów mających podstawowe znaczenie fizjologiczne, ponieważ uczestniczą w procesach katabolicznych



Rys. 1. Przebieg hydrolizy białka pod wpływem (a) endopeptydaz i (b) egzopeptydaz.

i regulatorowych. Ponadto, po wyizolowaniu są wykorzystywane w przemyśle piekarskim, mleczarskim, browarniczym i mięsny (RAO i współaut. 1998). Enzymy proteolityczne, z udziałem cząsteczki wody, katalizują rozrywanie wiązań peptydowych w białkach i peptydach. Peptydazy należą do klasy hydrolaz, stanowiąc podklasę czwartą – hydrolazy peptydowe (EC 3.4). Ze względu na położenie wiązania, które enzym hydrolizuje, wyróżnia się endo- i egzopeptydazy, rozrywające odpowiednio: wiązania wewnątrz łańcucha polipeptydowego i wiązania położone skrajnie (Ryc. 1).

Do egzopeptydaz zalicza się enzymy odcinające pojedyncze aminokwasy N-końcowe – aminopeptydazy, bądź C-końcowe – karboksypeptydazy. Ponadto, do tej grupy należą enzymy odszczepiające jednostki dwu- i tripeptydowe (KOŁAKOWSKI 2005). Kryterium podziału w obrębie endopeptydaz jest rodzaj reszt aminokwasowych zlokalizowanych w centrum aktywnym. Wyróżnia się podklasy: serynowe (EC 3.4.21), cysteinowe (EC 3.3.22), aspartyłowe (EC 3.4.23), treoninowe (EC 3.4.25), metaloproteiny (EC 3.4.24) oraz endopeptydazy o nieznanym mechanizmie katalitycznym (EC 3.4.99). Specyficzność peptydaz w stosunku do rozkładanego substratu jest niska, jednak enzymy wykazują preferencje w odniesieniu do reszt aminokwasowych, tworzących wiązanie, na które działa enzym (BANKOWSKI 2006).

OTRZYMYWANIE HYDROLIZATÓW BIAŁKOWYCH

Istnieje kilka sposobów uzyskiwania biologicznie aktywnych peptydów stanowiących

produkty hydrolizy białek. Najważniejszą z fizjologicznego punktu widzenia oraz najbardziej znaną i powszechną hydrolizą enzymatyczną jest ta, która zachodzi bezpośrednio w przewodzie pokarmowym każdego człowieka przy udziale enzymów trawienych (między innymi: pepsyny, trypsyny i chymotrypsyny), ale także podczas prowadzenia celowo zaprojektowanej analogicznej hydrolizy z udziałem proteaz pochodzenia zwierzęcego, roślinnego i mikrobiologicznego (MINKIEWICZ I DZIUBA 2009, SZOŁTYSIK I WSPÓLAUT. 2012). Biologicznie aktywne peptydy mogą również w dużej mierze powstawać w trakcie procesów technologicznych, np. podczas dojrzewania serów czy fermentacji mleka, następujących przy zastosowaniu proteolitycznych kultur starterowych (SZERSZUNOWICZ 2014).

Pozyskiwanie preparatów białkowych zarówno z surowców roślinnych, jak i zwierzęcych polega na ich ekstrakcji i wytrącaniu, czego efektem jest powstanie izolatu białkowego, następnie stosuje się hydrolizę enzymatyczną (kwasową lub zasadową) do uzyskania hydrolizatów białkowych. Jednak powstająca mieszanina zawiera nie tylko spodziewane związki, wykazujące aktywność biologiczną. W jej skład wchodzi również niehydrolizowane białko, polipeptydy, a nawet komórki bakterii oraz enzymy i inne składniki. Zatem w celu uzyskania możliwie jak najefektywniejszych preparatów konieczne jest oczyszczanie powstałych biologicznie aktywnych peptydów (MINKIEWICZ I DZIUBA 2009). Surowe hydrolizaty mogą być poddawane dalszej obróbce, np. inaktywacji cieplnej, ultrafiltracji, filtracji, wirowaniu, zagęszczaniu na membranach i suszeniu. Metodą najczęściej wykorzystywaną do uzyskiwania formy sproszkowanej jest suszenie rozpyłowe. Najczęściej występującą i największą wadą gotowego produktu są zmiany sensoryczne, które w nim zachodzą podczas hydrolizy. Proces rozkładu enzymatycznego można jednak kontrolować. Ponadto można programować otrzymanie poszczególnych frakcji o określonych masach cząsteczkowych, jak również pożądanych zawartości wolnych aminokwasów, dobierając odpowiednie preparaty enzymatyczne. Poprzez modyfikację parametrów suszenia można również wpływać na cechy fizyczne produktu finalnego. Dobierając właściwie parametry procesu można modelować właściwości funkcjonalne uzyskanych preparatów. Wraz z rozwojem technik separacji produktów uzyskanych podczas hydrolizy, otrzymuje się frakcje biologicznie aktywnych peptydów o coraz większym stopniu czystości (SZOŁTYSIK I WSPÓLAUT. 2016).

WYKORZYSTANIE HYDROLIZATÓW BIAŁKOWYCH W ŚRODKACH SPECJALNEGO PRZEZNACZENIA

Badania nad znaczeniem różnorodnych składników żywnościowych wielokrotnie potwierdziły, że rodzaj i sposób, w jaki spożywana jest żywność niepodważalnie wpływają na zdrowie ludzi. W związku z udokumentowaną zależnością pomiędzy dietą a kondycją ludzkiego organizmu, w wielu krajach rozpoczęto i kontynuuje się produkcję żywności określanej mianem funkcjonalnej, która wykazuje szczególną wartość zdrowotną (SZAJDEK I BOROWSKA 2004). Uzyskuje się ją przez sterowanie właściwościami funkcjonalnymi i biologicznymi (PIKUL I POSPIECH 2016). Coraz większa część konsumentów zwraca uwagę na właściwości prozdrowotne artykułów spożywczych. Żywność o cechach funkcjonalnych gwarantuje nie tylko poprawę zdrowia, ale również jakości życia, co w obecnych czasach jest bardzo ważnym aspektem związanym z higieną trybu życia. Racjonalne wydaje się być sięganie po żywność funkcjonalną ze względu na jej korzystne oddziaływanie udokumentowane w badaniach klinicznych (DAREWICZ I WSPÓLAUT. 2013). Właściwie każde białko może być surowcem do produkcji preparatów białkowych, które wykazują właściwości przeciwutleniające. Znaczna część produktów spożywczych, naturalnie zawierających w swoim składzie biologicznie aktywne peptydy stanowią wyroby mleczarskie. Zasadne jest wykorzystanie hydrolizatów białkowych w celu modyfikacji wartości odżywczej samych środków spożywczych, jak i pochodzących z nich potraw przez poprawę jakości, zwiększenie ilości białka lub zmniejszenie zawartości składników niekorzystnych dla zdrowia. Z przyczyn ekonomicznych najczęściej stosuje się hydrolizaty białkowe zastępujące drogie lub deficytowe białko. Wykorzystuje się je również z myślą o grupach ludzi wymagających specjalnego odżywienia oraz przy projektowaniu mieszanek do początkowego i następnego żywienia niemowląt, a także w produktach dla sportowców, którzy potrzebują dobrze wchłanianego i pełnowartościowego białka. Przykładem jest również stosowanie ich w produktach zastępujących standardowe posiłki wykorzystywane w dietach redukcyjnych, a także w tych, z których usuwa się fenyloalaninę, stosowanych u ludzi chorujących na fenyloketonurię (SZOŁTYSIK I WSPÓLAUT. 2016). Pomimo że stosowanie syntetycznych przeciwutleniaczy jest zakazane w wielu grupach żywności, to wciąż w przemyśle spożywczym dominują one nad naturalnymi. W przypadku tych drugich często występują problemy związane z pojawianiem się niepożądanych efektów

lub zbyt słabą aktywnością. Samo wyodrebnienie przeciwutleniaczy w czystej postaci, w szczególności z surowców roślinnych, wiąże się z trudnościami. Są one gorzej rozpuszczalne, szczególnie w olejach, stosunkowo słabo odporne na podwyższoną temperaturę i promieniowanie świetlne. Mogą przyczyniać się do powstawania przebarwień, zwłaszcza kiedy występują w obecności metali ciężkich, pochodzących z żywności albo z opakowań, powodując zmianę barwy, smaku i aromatu (SZAJDEK i BORAWSKA 2004). Obecnie szuka się możliwości wykorzystania biologicznie aktywnych peptydów w celach terapeutycznych, ze szczególnym uwzględnieniem antybiotykoterapii i leczenia za pomocą środków przeciwrzybiczych, a także schorzeń takich jak: zaburzenia neurologiczne, kardiologiczne, systemu odpornościowego czy zapalenia wirusowe (CICHOSZ i CZECZOT 2013). Możliwości zastosowania biologicznie aktywnych peptydów o charakterze antyoksydacyjnym w zapobieganiu, a także terapii chorób cywilizacyjnych, takich, jak: zaburzenia układu sercowo-naczyniowego i choroby nowotworowe, wymaga dalszych badań, także klinicznych. Jest to szczególnie istotne w przypadku analizy uszkodzeń oksydacyjnych w obrębie DNA (DAREWICZ i DZIUBA 2009). Pomimo powszechnej opinii, że najlepszym sposobem zaspokajania potrzeb żywieniowych jest zbilansowana i racjonalna dieta składająca się z naturalnych produktów, rynek suplementów i odżywek przeżywa okres dynamicznego rozwoju. Duży udział w tym rynku mają preparaty białkowe i według prognoz będą mieć jeszcze większy, ponieważ społeczeństwo jest coraz bardziej świadome podejmowania właściwych wyborów żywieniowych i preferuje żywność wygodną. Producenci nieustannie starają się sprostać wymaganiom konsumentów i poszukują wciąż nowych, wygodnych produktów o korzystnych właściwościach funkcjonalnych. Istnieje już wiele produktów w postaci mieszanek aminokwasów, które służą do karmienia parenteralnego (pozajelitowego). Stosuje się je u pacjentów jest w okresie okołoperacyjnym, po ciężkich zabiegach chirurgicznych, po silnych urazach lub w stanie śpiączki. Aminokwasy w postaci żelu i tabletek do podaży dojelitowej chętnie stosują sportowcy w celu wzbogacenia swojej diety i uzupełnienia standardowego odżywiania w okresie wzmożonego wysiłku fizycznego. Peptydy wykazujące właściwości antyoksydacyjne mogą być traktowane jako potencjalne składniki suplementów. Istotne znaczenie ma zdolność wiązania kationów i udział w ich transporcie. Przykładem są kazeinofosfopeptydy, które powstają z kazeiny w obecności trypsyny i wiążą jony metali dwuwartościowych, ta-

kich jak: magnez, wapń, żelazo, cynk i selen. Określone fragmenty frakcji α_{s1} -kazeiny, α_{s2} -kazeiny, β -kazeiny oraz κ -kazeiny wykazują takie zdolności. Te specyficzne peptydy powodują zwiększenie biodostępności wspomnianych jonów dwuwartościowych oraz biorą udział w procesie remineralizacji szkliwa zębów. β -kazeina, poddana hydrolizie za pomocą trypsyny, zdolna jest do chelatowania jonów żelaza, dzięki czemu chroni wielonienasycone kwasy tłuszczowe przed utlenianiem. Aktywność *in vitro* peptydów pochodzących z białek mleka nie zawsze koreluje z tą, która wykazuje efekty biologiczne *in vivo*. Związane jest to z mechanizmami molekularnej absorpcji i transportu, a także z podatnością peptydów na degradację w przewodzie pokarmowym (SZOŁTYSIK i współaut. 2016).

ZNACZENIE HYDROLIZATÓW BIAŁKOWYCH DODAWANYCH DO PREPARATÓW DLA OSÓB Z ALERGIĄ NA BIAŁKA MLEKA

Mleko krowie jest źródłem około 20 białek, które są potencjalnymi czynnikami wyzwalającymi reakcje uczuleniowe. W przypadku atopii objawy kliniczne pochodzą ze strony układu pokarmowego, często też z oddechowego, a także przybierają postać skórą (IWANIAK i DZIUBA 2009). Część białek mleka określana jest jako alergeny główne, do których zalicza się: α -laktoalbuminę, β -laktoglobulinę, albuminę surowicy bydlęcej, laktoferynę bydlęcą i alergeny kazeiny (UKLEJA-SOKOŁOWSKA i BARTUZI 2015). W związku z tym, że zdarzają się sytuacje, kiedy matka nie może karmić dziecka naturalnie, rynek preparatów mleko-zastępczych wychodzi naprzeciw oczekiwaniom konsumentów i proponuje wiele różnych produktów wytworzonych na bazie mleka krowiego, jednak z tak zmodyfikowanym składem, aby w maksymalnym stopniu przypominały mleko matki. W mieszankach mleko-zastępczych znaczącą większość substancji azotowych ($\leq 95\%$) stanowią peptydy o wielkości powyżej 1,5 kDa. Resztę tworzą peptydy o masie cząsteczki poniżej 6 kDa. Jeśli ograniczenie w karmieniu naturalnym dodatkowo wiąże się z ryzykiem wystąpienia u dziecka alergii, korzystne jest sięganie po mieszanki mleko-zastępcze określane mianem hipoalergicznych (HA). Jest to wyjątkowa grupa preparatów zawierających krótkie peptydy lub wolne aminokwasy, przeznaczonych do karmienia niemowląt i dzieci (SZOŁTYSIK i współaut. 2016). Charakteryzują się one obniżoną zawartością peptydów o masie przekraczającej 6 kDa i stanowią jedynie niewielką część wszystkich substancji białkowych zawartych

w preparacie. Zawartość ta może sięgać 18%, ale występują też produkty o zawartości 2% (HOZYASZ 2004).

Oczekiwane efekty, czyli zmniejszenie immunogenności mleka krowiego w preparacie HA, następują na skutek zmniejszenia masy molekularnej białek, a tym samym zmniejszenia właściwości alergicznych (UKLEJA-SOKOŁOWSKA i BARTUZI 2015). Ponadto, częściowo zhydrolizowane białka mleka po strawieniu w świetle naczyń limfatycznych w obrębie jelit mogą przyczyniać się do wytworzenia się tolerancji na białka mleka krowiego (HAYS 2005).

HYDROLIZATY BIAŁKOWE JAKO DODATEK DO WYROBÓW ŻYWNOŚCIOWYCH I ARTYKUŁÓW PRZEMYSŁOWYCH

Wszystkie związki wykazujące aktywność biologiczną mogą być wykorzystywane jako naturalne dodatki przy modelowaniu właściwości funkcjonalnych produktów żywnościowych. Wiele artykułów spożywczych jest podatnych na zmiany zachodzące w obrębie nienasyconych kwasów tłuszczowych w wyniku działania tlenu atmosferycznego. Zmiany te mogą negatywnie wpływać na jakość produktu, a szczególnie na jego cechy sensoryczne, które ulegają znacznemu pogorszeniu nawet przy niewielkich zmianach oksydacyjnych. Dodatkowo dochodzi do gromadzenia się produktów utleniania lipidów, a te mogą wykazywać działanie toksyczne (SZOŁTYSIK i współaut. 2012). Enzymatyczną hydrolizę białek stosuje się w celu uszlachetnienia surowców spożywczych. Poza rolę, jaką mają do spełnienia w produktach wysokotłuszczowych, znajdują zastosowanie w technologii przetworów spożywczych, gdzie poprzez ich dodatek można uzyskać produkt o lepszej teksturze. Składniki hydrolizatów białkowych mają lepsze zdolności emulgujące, pianotwórcze i rozpraszające, a także odznaczają się lepszą rozpuszczalnością w porównaniu z białkami macierzystymi. Dodatkowo uzyskuje się produkty o bardziej pożądanym smaku, a także korzystniejszej wodorochłonności (SZOŁTYSIK i współaut. 2016). Skrócenie łańcuchów białkowych zwykle poprawia wartość odżywczą i wzmacnia walory smakowe. Należy jednak mieć na uwadze, że zbyt intensywny rozkład białek może powodować pojawienie się gorzkiego smaku. Najbardziej gorzkie są peptydy typu: Leu-Trp, Ile-Trp, Phe-Gy-Phe-Gly i Phe-Gly-Gly-Phe. Obecny stan wiedzy pozwala na uzyskanie mieszanek o znanym, z góry założonym i zaprojektowanym składzie hydrolizatu pod względem wielkości peptydów, ich jakości, a także udziału wolnych aminokwasów (KOŁA-

KOWSKI 2005). Z ekonomicznego punktu widzenia, względne korzyści odnosi się poprzez przedłużenie trwałości produktów za pomocą dodatku hydrolizatów białkowych. Technika ta wykorzystywana jest szczególnie w przetwórstwie mięsnym, gdzie dodatkowo zwiększona jest dostępność i atrakcyjność wyrobów dla konsumentów (DAREWICZ i DZIUBA 2009). Jednak hydrolizaty białkowe znajdują szersze zastosowanie i oprócz przemysłu żywnościowego, wykorzystywane są również w przemyśle paszowym, w którym spełniają określone funkcje, a zalicza się do nich korzystne oddziaływanie na cechy użytkowe i dobrostan zwierząt w związku z wpływem na florę żołądkowo-jelitową i stopień strawności paszy. Z hydrolizatów korzysta także przemysł kosmetyczny, farmaceutyczny (produkty z dużą zawartością lipidów) i papierniczy (RADHA i współaut. 2007). Ponadto stosuje się je w produkcji farb, materiałów ulegających biodegradacji, klejów, spoiw, powłok o szczególnych właściwościach mechanicznych i barierowych, a także nanomateriałów i biopolimerów (SZOŁTYSIK i współaut. 2016).

Streszczenie

Białko jest w niemal wszystkich surowcach i produktach żywnościowych. Podczas składowania lub przetwarzania żywności białka często ulegają rozkładowi na mniejsze fragmenty, do peptydów zbudowanych z kilku do kilkunastu aminokwasów. Peptydy te mogą wykazywać aktywność biologiczną, korzystną dla zdrowia człowieka. Dlatego też coraz większym zainteresowaniem cieszy się żywność z dodatkiem hydrolizatów białkowych. Obecnie najczęściej wykorzystuje się właściwości przeciutleniające peptydów. Właściwości biologicznie aktywnych peptydów zależą od surowców i enzymów użytych do produkcji hydrolizatów. Są to surowce pochodzenia zwierzęcego, jak mleko i ryby, oraz roślinnego, jak nasiona roślin oleistych, strączkowych lub zbóż. Tanim źródłem białka do produkcji hydrolizatów są również owady. Dzięki bioaktywnym peptydom, hydrolizaty białkowe pozwalają również tworzyć nową żywność projektowaną dla grupy osób o specjalnych potrzebach żywieniowych, np. dla alergików.

LITERATURA

- BAŃKOWSKI E., 2006. *Biochemia. Podręcznik dla studentów studiów licencjackich i magisterskich*. MedPharm Polska, Wrocław.
- BORAWSKA J., DAREWICZ M., IWANIAK A., MINKIEWICZ P., 2014. *Biologicznie aktywne peptydy pochodzące z białek żywności jako czynniki prewencji wybranych chorób dietozależnych*. *Bromat. Chem. Toksykol.* 47, 230-236.
- CICHOSZ G., CZECZOT K., 2013. *Żywieniowy fenomen mleka*. Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińskiego-Mazurskiego, Olsztyn-Warszawa.
- DAREWICZ M., DZIUBA J., 2009. *Peptydy kształtujące właściwości smakowe*. [W:] *Biologicznie aktywne peptydy i białka żywności*. DZIUBA J., FORMAL Ł. (red.). Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 72-79.
- DAREWICZ M., BORAWSKA J., MINKIEWICZ P., IWANIAK A., 2013. *Peptydy aktywne biologicznie*

- jako składniki żywności funkcjonalne. Technika Technologia 67, 38-41.
- DAREWICZ M., BORAWSKA-DZIADKIEWICZ J., IWANIAK A., MINKIEWICZ P., 2016. *Produkty hydrolizy białek ryb jako prewencyjne czynniki stresu oksydacyjnego oraz czynniki kardioprotekcyjne*. Probl. Hig. Epidemiol. 97, 113-117.
- GRIMBLE G. K., KEOHANE P. P., HIGGINS B. E., KAMINSKI M. V., SILK D. B., 1986. *Effect of peptide chain length on amino acid and nitrogen absorption from two lactalbuminhydrolysates in the normal human jejunum*. Clin. Sci. 71, 65-69.
- HAYS T., 2005. *Systematic review of the role of hydrolyzed infant formulas in allergy Prevention*. Arch. Pediatr. Adolesc. Med. 159, 810-819.
- HOZYASZ K., 2004. *Alergia na białka mleka krowiego. Rola mieszanek hipoalergiczných (HA) w żywieniu niemowląt*. Borgis-Nowa Pediatría 1, 18-20.
- IWANIAK A., DZIUBA B., 2009. *Motifs with potential physiological activity in food proteins – BIOPEP database*. Acta Sci. Pol. Technol. Aliment. 8, 59-85.
- KOŁAKOWSKI E., 2005. *Enzymy i ich wykorzystanie w modyfikacji białek żywnościowych*. [W:] *Enzymatyczna modyfikacja składników żywności*. KOŁAKOWSKI E., BEDNARSKI W., BIELECKI S. (red.). WAR, Szczecin, 31-100.
- MINKIEWICZ P., DZIUBA J., 2009. *Hydroliza enzymatyczna białek*. [W:] *Biologicznie aktywne peptydy i białka żywności*. DZIUBA J., FORMAL Ł. (red.). Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 111-117.
- PENA-RAMOS E. A., XIONG Y. L., 2003. *Whey and soy protein hydrolysates inhibit lipid oxidation in cooked pork patties*. Meat Sci. 64, 259-263.
- PIHLANTO A., MÄKINEN S., 2013. *Antihypertensive properties of plant protein derived peptides*. [W:] *Bioactive food peptides in health disease*. HERNANDEZ-LADESMA B., HSIEH C.-C. (red.). In-Tech, Rijeka, 145-182.
- PIKUL J., POSPIECH E., 2016. *Białka mleka*. [W:] *Białka w żywności i żywieniu*. GAWECKI J. (red.). Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Poznań, 37-44.
- RADHA C., KUNAR P., PRAKASH V., 2007. *Preparation and characterization of a protein hydrolysates from an oilseed flour mixture*. Food Chem. 106, 1166-1174.
- RAO M., TANKSALE A., GHATGE M., DESHPANDE V., 1998. *Molecular and biotechnological aspects of microbial proteases*. Microbiol. Mol. Biol. Rev. 62, 597-635.
- SZAJDEK A., BOROWSKA J., 2004. *Właściwości przeciwutleniające żywności pochodzenia roślinnego*. Żywność Nauka Technologia Jakość. 4, 5-28.
- SZERSZUNOWICZ I., 2014. *Wpływ peptydów uwalnianych z białek mleka krowiego na układ krwionośny*. Innowacyjne Mleczarstwo 2, 4-12.
- SZOŁTYSIK M., NIEDEBALSKA J., DĄBROWSKA A., KUPCZYŃSKI R., ZAMBROWICZ A., POKORA M., BABIŃ K., CHRZANOWSKA J., 2012. *Zastosowanie enzymatycznej hydrolizy kazeiny do otrzymywania peptydów o aktywności przeciwutleniającej*. Przemysł Chemiczny 91, 1014-1019.
- SZOŁTYSIK M., KUPCZYŃSKI R., DĄBROWSKA A., CHRZANOWSKA J., FIGURSKA-CIURA D., ZAMBROWICZ A., BUDA B., 2016. *Zastosowanie funkcjonalnych preparatów białkowo-mineralnych w przemyśle żywnościowym i paszowym*. Przemysł Chemiczny 95, 269-273.
- UKLEJA-SOKOŁOWSKA N., BARTUZI Z., 2015. *Epide-miologia i naturalny przebieg alergii na białka mleka krowiego*. Alergia Astma Immunol. 20, 5-11.

KOSMOS Vol. 67, 4, 889-894, 2018

PAULINA BRODAŁKA, KATARZYNA FELISIAK, MARIUSZ SZYMCZAK

Department of Food Science and Technology, Faculty of Food Science and Fisheries, West Pomeranian University of Technology, 3 Papięz Paweł VI Str., 71-450 Szczecin, E-mail: paulina.brodalka@zut.edu.pl

PROTEIN HYDROLYSATES AS A SOURCE OF BIOLOGICALLY ACTIVE PEPTIDES – PREPARATION AND APPLICATION IN THE FOOD INDUSTRY

Summary

Proteins are found in almost all raw materials and food products. During the storage or processing of food, proteins are often divided into smaller fragments to peptides built from a few to a dozen of amino acids. These peptides may have biological activity that is beneficial to human health. Therefore, protein hydrolysates and foods with the addition of these hydrolysates are becoming more and more popular. Currently, the antioxidant properties of peptides are most commonly used. The properties of biologically active peptides depend on the raw materials and enzymes used to produce the hydrolysates. These are raw materials of animal origin, such as milk and fish, as well as vegetable ingredients such as oilseeds, legumes or cereals. Insects are also a cheap source of protein for the production of hydrolysates. Due to the bioactive peptides, protein hydrolysates also allow to create new foods designed for people with special nutritional needs.

Key words: antioxidant activity, biologically active peptides, functional foods, protein hydrolysates