

JÓZEF SYNOWIECKI, GRAŻYNA SIKORSKA-WIŚNIEWSKA

FUNKCJONALNE WŁAŚCIWOŚCI I ŻYWIENIOWE ZASTOSOWANIE HYDROLIZATÓW BIAŁKOWYCH

Streszczenie

Warunki hydrolizy zmieniają właściwości funkcjonalne, sensoryczne oraz wartość żywieniową białek i hydrolizatów białkowych. Hydroliza niewielkiej liczby wiązań peptydowych modyfikuje białka zwiększając między innymi ich rozpuszczalność i zdolność emulgowania. Natomiast produkty intensywnej hydrolizy nie tworzą żelu i mogą przejawiać gorzki smak zależnie od liczby i sekwencji reszt hydrofobowych aminokwasów. Hydrolizaty białkowe znajdują duże zastosowanie przy wytwarzaniu dietetycznej żywności przydatnej przy leczeniu rozmaitych chorób.

Wstęp

Hydroliza enzymami proteolitycznymi powoduje stopniową zmianę właściwości białek wywołaną zniszczeniem pierwotnej konformacji i fragmentacją cząsteczek. Początkowo, po rozszczepieniu kilku wiązań peptydowych w cząsteczce, zmiany te są niewielkie i otrzymany produkt jest zmodyfikowanym białkiem. W przetwórstwie żywności modyfikuje się często białka enzymatycznie aby:

- poprawić reologiczne właściwości wyrobów,
- wytworzyć pożądane cechy smakowo-zapachowe,
- usunąć składniki o niekorzystnych właściwościach sensorycznych,
- polepszyć właściwości funkcjonalne białek oraz
- inaktywować białka szkodliwe biologicznie.

Niewielki stopień hydrolizy uzyskuje się zazwyczaj dostosowując odpowiednio temperaturę i czas trwania reakcji lub stosując enzymy o dużej specyficzności działania względem substratów lub niektórych wiązań peptydowych. Enzymatyczna modyfikacja białek zachodzi przy dojrzewaniu mięsa, soleniu i marynowaniu ryb oraz w

niektórych procesach technologicznych stosowanych w młeczarstwie, browarnictwie i piekarstwie. Dalej posunięta hydroliza prowadzi do powstania mieszaniny wolnych aminokwasów i peptydów, zwanej hydrolizatem białkowym, przydatnej jako składnik dietetycznej żywności dla dzieci, ludzi starszych lub osób ze schorzeniami przewodu pokarmowego, wątroby, trzustki i nerek oraz jako przyprawy smakowe. Hydrolizaty rybne i sojowe są od dawna popularne w krajach Azji i dostępne w postaci rozmaitych sosów i past [16, 18]. Enzymatyczna hydroliza umożliwia wykorzystanie niewielkich ryb pelagicznych, mało przydatnych do innych celów [15] oraz determinuje poprawę właściwości funkcjonalnych koncentratów białkowych [17]. Zastąpienie hydrolizy w alkalicznym lub kwaśnym środowisku procesem enzymatycznym zapobiega tworzeniu się produktów o niekorzystnym oddziaływaniu fizjologicznym, jak np. D-aminokwasy lub lizynoalanina [19] i umożliwia regulację zawartości wolnych aminokwasów i peptydów o pożądanej masie cząsteczkowej. Enzymatyczną hydrolizę białek wykorzystuje się również do wytwarzania peptonów dla celów mikrobiologicznych [20] i dodatków do żywności [5].

Właściwości funkcjonalne

Hydrolizaty różnią się od macierzystych białek lepkością roztworów, rozpuszczalnością, zdolnością emulgowania, stabilizowania emulsji i pienia się oraz brakiem zdolności żelowania [1]. Różnice te zależą od specyficzności użytego enzymu, udziału i sekwencji aminokwasów w białku oraz od stopnia hydrolizy (DH), wyrażonego procentowym udziałem azotu aminowego w ogólnej zawartości azotu w hydrolizacie bądź też ilości rozszczepionych wiązań peptydowych, obliczoną ze zużycia zasady dodawanej w celu utrzymania stałego pH hydrolizy [10, 13]. Zmianę właściwości funkcjonalnych powoduje: wzrost hydrofilności produktu wskutek zwiększenia podczas hydrolizy liczby grup aminowych i karboksylowych, zmniejszenie masy cząsteczkowej oraz zwiększenie hydrofobowości powierzchniowej wywołane rozfałdowaniem odsłaniającym reszty hydrofobowe aminokwasów, zlokalizowanych w natywnym białku wewnątrz cząsteczek.

Rozpuszczalność

Przy wzroście stopnia hydrolizy zwiększa się rozpuszczalność białek i zanika zdolność do strącania się w punkcie izoelektrycznym oraz wysalania nawet w obecności dwuwartościowych kationów. Odporność na strącanie się z roztworów sterylizowanych w temperaturze do 150°C umożliwia zastosowanie hydrolizatów i modyfikowanych enzymatycznie białek do zwiększania wartości żywieniowej napojów i skondensowanej, ciekłej żywności. Niewielka lepkość stężonego roztworu hydrolizatów, mała zależność lepkości od temperatury i utrata zdolności żelowania

ułatwia wiele operacji technologicznych, jak np. pompowanie, mieszanie i suszenie rozpyłowe.

Właściwości emulgujące

Częściowa hydroliza białek sojowych o $DH < 5\%$ poprawia właściwości emulgujące wskutek zwiększenia hydrofobowości powierzchniowej. Natomiast dalsze zwiększenie stopnia hydrolizy wywołuje liniowy ubytek zdolności emulgowania i stabilizowania emulsji wskutek zmniejszenia liczby cząsteczek peptydów zawierających zarówno domeny hydrofobowe jak i hydrofilowe. Takie peptydy mają istotne znaczenie w tworzeniu wokół kropeł lipidowych warstwy międzyfazowej, obniżającej napięcie powierzchniowe, która zmniejsza pracę niezbędną dla wytworzenia emulsji oraz zapobiega flokulacji i koalescencji tłuszczu. Peptydy zawierające mniej niż 20 reszt aminokwasowych są gorzej adsorbowane, co uniemożliwia wytworzenie stabilnej emulsji, powstającej dopiero przy stężeniu białek na granicy faz $0,5\text{--}20\text{ mg/m}^2$ [6, 19]. Właściwości emulgujące hydrolizatu zależą też od specyficzności użytego enzymu w stosunku do danego białka. Dlatego hydrolizaty białek serwatki wytworzone z użyciem α -chymotrypsyny rozszczepiającej wiązania peptydowe przy resztach tryptofanu, tyrozyny i fenyloalaniny i tworzącej wskutek tego peptydy o krótkich sekwencjach reszt hydrofobowych są gorszymi emulgatorami od hydrolizatów wytworzonych przez trypsynę działającą na wiązania lizyna-arginina [7].

Zdolność żelowania

Hydrolizaty podobnie jak białka o masie cząsteczkowej mniejszej niż 23 kD nie tworzą żelu [19]. Brak zdolności żelowania i tworzenia stabilnej emulsji utrudnia wytwarzanie niektórych rodzajów dietetycznej żywności przeznaczonej np. dla dzieci uczulonych na białko, zawierającej zamiast białek hydrolizaty o dużej wartości DH . Poprawę jakości takiej żywności umożliwia około 2% dodatek skrobi zapewniającej żelowanie i stabilizującą emulsję wskutek wzrostu lepkości fazy wodnej. Małocząsteczkowe peptydy pomimo, że same są pozbawione zdolności żelowania i stabilizowania emulsji, zwiększają jednak stabilność i trwałość żelu skrobiowego powodując wzrost entalpii żelowania i zmniejszenie entalpii retrogradacji skrobi [7].

Oddziaływanie fizjologiczne

Fizjologiczne oddziaływanie hydrolizatów białkowych zależy od ich przyswajalności w przewodzie pokarmowym, masy cząsteczkowej, składu aminokwasowego, stopnia hydrolizy oraz zawartości peptydów zmieniających ciśnienie krwi i od innych aktywnych fizjologicznie substancji. Hydrolizaty ułatwiają utrzymanie równowagi azotowej organizmu wskutek szybkiej absorpcji zawartych w nich wolnych amino-

kwasów i peptydów. Są one szczególnie przydatne do wzbogacania żywności dla osób starszych, dzieci i ludzi narażonych na znaczny wysiłek fizyczny [4]. Stosuje się je również przed i po zabiegach operacyjnych przewodu pokarmowego, w chorobach przebiegających ze zmniejszeniem wydzielania enzymów proteolitycznych, a przez to z ograniczeniem przyswajania żywności i przy zaburzeniach motoryki jelit.

U pacjentów z przewlekłym, nawracającym zapaleniem trzustki stwierdza się znaczny ubytek masy ciała spowodowany biegunką tłuszczową, upośledzeniem wydzielania enzymów trzustkowych i utratą apetytu. Jest on często efektem przewlekłego alkoholizmu, prowadzącego do uszkodzenia błony śluzowej przewodu pokarmowego, dając obraz Zespołu Złego Wchłaniania. U chorych tych należy stosować dietę bogatowęglowodanową, ubogotłuszczową i bogatobiałkową, wprowadza się zatem do pożywienia wolne aminokwasy i małowczątkowe peptydy. Podobne diety peptydowe stosuje się również w żywieniu dojelitowym w późnym okresie ostrego zapalenia trzustki, gdy ustąpi już niedowład przewodu pokarmowego.

Hydrolizaty białkowe wykorzystywane są także w żywieniu chorych z tzw. "zespołem krótkiej pętli", występującym po rozległej resekcji jelita cienkiego z powodu jego martwicy. Wskutek znacznego zmniejszenia powierzchni trawiennej i niedoboru enzymów trawiennych szybko dochodzi do wyniszczenia chorych. Ich przeżycie zależy od stopniowej, powolnej adaptacji do zmienionych warunków. Po około 3 – miesięcznym żywieniu parenteralnym, stopniowo wdraża się karmienie doustne, podaje wodę i cukry proste. Gdy chory dobrze je toleruje, można wprowadzać peptydowe preparaty przemysłowe, stopniowo zwiększając ich dawkę i stężenie, np. Terapin firmy Polfa – Kutno, będący hydrolizatem kazeiny uzupełnionym wolnymi aminokwasami.

Podobnie w niewydolności wątroby, do żywienia dojelitowego stosuje się mieszanki peptydowo–aminokwasowe sporządzone przemysłowo, zawierające dużo aminokwasów o rozgałęzionym łańcuchu bocznym, a małoaromatycznych i siarkowych. Przykładem takiego preparatu jest Lactostriect (Fresenius AG), w którym składnik azotowy stanowi białko mleka i soi z dodatkiem wolnych aminokwasów.

Dzięki hydrolizie uzyskuje się również odżywki stanowiące ekwiwalent białka pokarmowego dla chorych na fenyloketonurię. Preparaty takie są ubogie w fenyloalaninę, bądź jej pozbawione.

Hydrolizaty białkowe są podstawą leczenia dzieci cierpiących z powodu alergii pokarmowej, w której objawy nietolerancji danego pokarmu są następstwem reakcji alergicznej opartej na mechanizmach immunologicznych. Wśród zjawisk odpowiedzialnych za wystąpienie objawów alergii pokarmowej najczęściej spotyka się reakcję anafilaktyczną (typu natychmiastowego). Jest ona wywołana reakcją antygen pokarmowy – specyficzne przeciwciało IgE, której efektem jest degranulacja komórek tucz-

nych w jelicie i wyzwolenie mediatorów o silnych właściwościach biologicznych. Do alergenów odpowiedzialnych za wystąpienie alergii pokarmowej należą bardzo różne składniki pożywienia, ale najczęściej są to białka, zwłaszcza białka mleka krowiego - α , β i γ kazeina, β -laktoglobulina i α -laktoalbumina [2]. Immunogenne są również pośrednie produkty trawienia tych białek.

Oprócz białek mleka krowiego, w grupie alergenów pokarmowych najczęściej wywołujących reakcje alergiczne są również gluten, owoalbumina, oraz białka ryb i nasion roślin strączkowych.

Postępowanie lecznicze polega na stosowaniu hypoalergicznym preparatów odżywczych. Muszą one być bezglutenowe, bezlaktozowe, bezsacharozowe, o osmolarności fizjologicznej ok. 270 mOsm/l (jak pokarm kobiecy); masa cząsteczkowa białka nie powinna przekraczać 1500–5000 Da. Są to bądź mieszanki zawierające hydrolizaty kazeiny i białek serwatki, kolagenu czy soi bądź preparaty mlekozastępcze z innymi białkami roślinnymi i zwierzęcymi. Aminokwasy, di- i tripeptydy hydrolizatów kazeiny są około milion razy mniej alergizujące niż białka wielkocząsteczkowe. Dzieci z rozpoznaną alergią na białko mleka krowiego powinny być od razu leczone hydrolizatami białkowymi. W tym celu stosuje się między innymi: hydrolizaty kazeiny wzbogacone L-cystyną, L-tyrozyną, L-tryptofanem i tauryną (Nutramigen, Mead-Johnson), i dodatkowo triacyloglicerolami (Pregestimil, Mead-Johnson), hydrolizaty kolagenu i soi (Pregomin, Milupa), oraz hydrolizaty białek serwatki (Alfare, Nestle; Nidal H.A., Nestle; oraz Aptamil H.A., Milupa). Opracowując receptury żywności zawierającej hydrolizaty należy uwzględnić zmiany ciśnienia osmotycznego wywołane obecnością wolnych aminokwasów i małowcząsteczkowych peptydów. Mogą one zakłócić równowagę kwasowo-zasadową organizmu i absorpcję wody w jelitach, wywołując biegunkę, odwodnienie, mdłości lub wymioty. Dlatego w żywności z dodatkiem hydrolizatów o dużej wartości **DH** powinno się zmniejszyć zawartość soli mineralnych i małowcząsteczkowych węglowodanów. W USA produkuje się obecnie ponad 100 rozmaitych rodzajów żywności z hydrolizatami kazeiny lub białek soi, serwatki i mięsa, z których korzysta około 5 mln osób. Roczna wartość produkcji tych wyrobów w 1991 roku przekraczała 1 mld dolarów [12]. W zależności od rodzaju białka i selektywności enzymu hydrolizaty mogą zawierać peptydy zmniejszające ciśnienie lub krzepliwość krwi, uaktywniające układ immunologiczny oraz przejawiające oddziaływanie antibakteryjne [3]. Można je otrzymać z białek mleka, kolagenu, białek mięśniowych, fibrynogenu i w mniejszym stopniu z białek roślinnych. Cząsteczki aktywnych biologicznie peptydów zawierają zespoły 2–5 reszt aminokwasowych o sekwencji umożliwiającej łączenie się z enzymami i innymi regulatorami metabolizmu w organizmie, blokując ich działanie. Peptydy zmniejszające ciśnienie krwi są np. inhibitorami enzymu uaktywniającego czynnik wywołujący skurcz naczyń krwionośnych i hydrolizu-

jącego stymulatory: rozszerzania naczyń, aktywności makrofagów oraz migracji limfocytów. Bogatym źródłem peptydów rozszerzających naczynia krwionośne jest mięso fok i karibu, co potwierdza wierzenia Eskimosów, że spożycie mięsa tych zwierząt zabezpiecza przed zimą [8]. Tauryna stanowiąca około 17% wolnych aminokwasów mięsa fok jest ważnym regulatorem metabolizmu serca, mięśni i centralnego układu nerwowego [14]. Wskutek hydrolizy kolagenu lub fibrynogenu można uzyskać peptydy zapobiegające agregacji komórek i krzepnięciu krwi. Warunkiem ich aktywności jest występowanie układu Arg-Gly-Asp. Natomiast peptydy zawierające domeny o sekwencji Glu-Ala-Glu są stymulatorami wydzielania α - i β -interferonów i tworzenia limfocytów T w układzie immunologicznym. Komputerowa analiza sekwencji aminokwasów umożliwia ocenę białek jako potencjalnego źródła aktywnych biologicznie peptydów i ułatwia wybór odpowiedniej endopeptydazy [3].

Zmniejszanie gorzkości hydrolizatów

Niektóre hydrolizaty np. białek mleka lub krwi mają gorzki smak wywołany wolnymi aminokwasami: leucyną, izoleucyną, waliną, fenyloalaniną, tyrozyną i tryptofanem, a szczególnie gorzkimi peptydami, zawierającymi przynajmniej jedną hydrofobową resztę aminokwasową w cząsteczce. W natywnym białku domeny hydrofobowe znajdują się wewnątrz cząsteczek i nie działają na receptory smakowe. Intensywność gorzkości jest skorelowana z ogólną hydrofobowością hydrolizatu (Q) wyrażoną średnią energią swobodną przeniesienia reszt aminokwasowych peptydu z etanolu do wody. Gorzkie są peptydy o wartości Q przekraczającej 5900 kJ/mol. Reguła ta jest jednak słuszna tylko dla cząsteczek o masie poniżej 6 kD [9]. Przy bardzo dużym stopniu hydrolizy gorzkość zmniejsza się wskutek wzrostu ilości wolnych aminokwasów i peptydów z resztami hydrofobowymi w pozycjach N- lub C-końcowych, mniej gorzkich od peptydów z aminokwasami hydrofobowymi, których zarówno grupa α -aminowa jak i karboksylowa są zablokowane wiązaniami peptydowymi [11]. Zatem smak hydrolizatu zależy od składu i sekwencji aminokwasów w białku, specyficzności użytego enzymu oraz od konformacji peptydu wpływającej na oddziaływanie reszt hydrofobowych z receptorami smakowymi. Gorzkość hydrolizatu można zmniejszyć poprzez: usunięcie hydrofobowych aminokwasów i gorzkich peptydów, uniemożliwienie ich oddziaływania na receptory smakowe (maskowanie), syntezę plastein lub przez użycie egzopeptydaz hydrolizujących peptydy przy resztach hydrofobowych z wytworzeniem mniej gorzkich produktów zawierających hydrofobowe reszty na końcach cząsteczek. Selektywna adsorpcja hydrofobowych aminokwasów i peptydów na węgiel aktywnym, żywicach fenolowo-formaldehydowych lub włóknach szklanych, lub ich ekstrakcja azeotropową mieszaniną butanolu i wody [11], powoduje straty zależne od udziału tych substancji w białku i zmniejsza wartość żywieniową produktu wskutek

usunięcia: fenyloalaniny, leucyny, izoleucyny, waliny i tryptofanu. Do maskowania gorzkości stosuje się wielofosforany, żelatynę, dekstryny, skrobię lub koncentraty białkowe. Substancje te adsorbują hydrofobowe peptydy nie dopuszczając do ich kontaktu z receptorami smakowymi. Gorzki smak ulega też zmniejszeniu w obecności kwasu glutaminowego, asparaginowego i tauryny. Ich oddziaływanie polega przypuszczalnie na blokowaniu receptorów smakowych. Synteza plastein umożliwia zarówno zmniejszenie gorzkości jak i zwiększenie wartości żywieniowej produktu w przypadku wbudowania do cząsteczek peptydów reszt deficytowych aminokwasów. Powstający białkopodobny produkt zawiera peptydy o masie cząsteczkowej nawet do 500 kD. Jest on dobrze rozpuszczalny w rozcieńczonych kwasach i zasadach, strąca się w 10% kwasie trichlorooctowym i 70% etanolu i tworzy z wodą żele [17]. Gorzkość, zdolność żelowania i rozpuszczalność plastein w wodzie zależy od hydrofobowości powierzchniowej. Na wydajność syntezy plastein wpływa rodzaj zastosowanej endopeptydazy, masa cząsteczkowa peptydów w hydrolizacie poddanym modyfikowaniu, stężenie substratu i kwasowość środowiska zazwyczaj różna od optymalnego pH hydrolizy [23]. Największą wydajność ma reakcja przebiegająca w substracie o stężeniu do 40%, w/v [21], zawierającym peptydy złożone z 5–6 reszt aminokwasowych. Katalizowana papainą reakcja plasteinowa hydrolizatu z krwinek (DH = 19%) z dietylowym estrem kwasu glutaminowego zmniejsza gorzkość hydrolizatu z 4,1 w skali 5-punktowej do 2,1 w produkcie [22]. O dobrej wydajności wbudowywania kwasu glutaminowego świadczy około 4-krotny wzrost zawartości reszt tego kwasu w produkcie oraz zmniejszenie ogólnej ilości wolnych aminokwasów z 18,5 mg/g hydrolizatu do 1,8 mg/g plasteiny. Duży postęp badań w zakresie hydrolizatów białkowych umożliwia wytwarzanie żywności o zaprojektowanym oddziaływaniu fizjologicznym i wartości żywieniowej. W tym celu można zastosować mało przydatne produkty uboczne przemysłu rybnego, jak również innych branż przemysłu spożywczego.

LITERATURA

- [1] Adler-Nissen J.: *Enzymic Hydrolysis of Food Proteins*. Elsevier Applied Science Publishers, London, 1986.
- [2] Cordle C.T.: Control of food allergies using protein hydrolysates. *Food Technol.*, **48**, 1994, 72-76.
- [3] Dziuba J., Minkiewicz M., Plitnik K.: Białka mięsa kurcząt jako potencjalne prekursorzy bioaktywnych peptydów. *Polish J. Food Nutr. Sci.*, **5**, 1996, 85-96.
- [4] Prodjaer S.: Use of hydrolysates for protein supplementation. *Food Technol.*, **48**, 1994, 86-88.
- [5] Kijowski J., Leśniewski G., Stangierski J.: Enzymatyczny hydrolizat białkowy z frakcji kostnej po mechanicznym odkostnianiu kurcząt. *Przem. Spoż.*, **46**, 1992, 149-150.
- [6] Lee S.W., Shimizu, M., Kaminogawa S., Yamauchi K.: Emulsifying properties of peptides obtained from the hydrolysates of β -casein. *Agric. Biol. Chem.*, **51**, 1987, 161-166.

- [7] Mahmoud M.I.: Physicochemical and functional properties of protein hydrolysates in nutritional products. *Food Technol.*, **48**, 1996, 89-94.
- [8] Matsukawa H., Ito H., Suzuki T. Influence of muscle hydrolysates of various animals on peripheral circulation. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **40**, 1974, 1139-1143.
- [9] Ney K.H.: Aminosäure-Zusammensetzung von Proteinen und die Bitterkeit ihrer Peptide. *Z. Lebensm.-Untersuch. Forsch.*, **149**, 1972, 321-323.
- [10] Olsen H.S. Adler-Nissen J.: Industrial production and applications of a soluble enzymatic hydrolysate of soya proteins. *Process. Biochem.*, **14**, 1979, 6-11.
- [11] Pedersen B.: Removing of bitterness from protein hydrolysates. *Food Technol.*, **48**, 1994, 96-98.
- [12] Schmidt M.K., Taylor S.L., Nordlee J.A.: Use of hydrolysate-based products in special medical diets. *Food Technol.*, **48**, 1994, 77-80.
- [13] Shahidi F., Synowiecki J., Balejko J.: Proteolytic hydrolysis of muscle proteins of Harp seal (*Phoca groenlandica*). *J. Agric. Food Chem.*, **42**, 1994, 2634-2638.
- [14] Shahidi J., Synowiecki J.: Seal meat a unique source of muscle food for health and nutrition. *Food Rev. Int.*, **12**, 1996, 283-302.
- [15] Shahidi F., Xiao-Qing H., Synowiecki J. Production and characteristics of protein hydrolysates from capelin (*Mallotus villosus*). *Food Chem.*, **53**, 1995, 285-293.
- [16] Sikorski Z.E.: *Technologia żywności pochodzenia morskiego*. WNT, Warszawa, 1971.
- [17] Sikorski Z.E., Naczek M.: Modification and technological properties of fish protein concentrates. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, **14**, 1981, 201-230.
- [18] Sikorski Z.E.: Charakterystyka białek głównych surowców żywnościowych. W: *Chemiczne i funkcjonalne właściwości składników żywności*. Z.E. Sikorski, (red.), WNT, Warszawa, 1994.
- [19] Sikorski Z.E. Proteins. In: *The Chemical and Functional Properties of Food Components*. Sikorski, Z.E. (ed.), Technomic, Lancaster, 1996, str. 119-160.
- [20] Skorupa, K., Sikorski, Z.E. Otrzymywanie peptonów do celów mikrobiologicznych z niejadalnych części filetów dorsza. *Med. Weteryn.*, **48**, 1992, 279-281.
- [21] Studnik-Hryniewicz R.: Próba zastosowania aminobaku jako substratu reakcji plasteinowej. Praca dyplomowa magisterska, promotor Sikorski, Z.E., Katedra Technologii Utrwalania Żywności Politechniki Gdańskiej, Gdańsk, 1975.
- [22] Synowiecki J., Jagielka R., Shahidi F.: Preparation of hydrolysates from bovine red blood cells and their debittering following plastein reaction. *Food Chem.*, **57**, 1996, 435-439.
- [23] Watanabe M., Arai S.: The plastein reaction: fundamentals and applications. w: *Biochemistry of Food Proteins*. Hudson, B.J.F. (ed), Elsevier Science Publishers, London, 1992, str. 271-305.

FUNCTIONAL PROPERTIES AND NUTRITIONAL UTILIZATION OF PROTEIN HYDROLYSATES

S u m m a r y

A review of the effect of hydrolysis on the functional, sensory, and biological properties of proteins and protein hydrolysates has been done. Hydrolysis of relatively low number of peptide bonds leads to modification that can increase some functional properties, e.g. solubility and emulsifying capacity of the proteins. The products of extensive hydrolysis have no gel forming ability and may have a bitter taste depending on the number and sequence of hydrophobic amino acid residues. Many products of protein hydrolysis find very diversified applications as functional food additives and as designer foods of biomedical value. ❀