

## **Funkčné vlastnosti proteínov v potravinách**

MARTINA HRČKOVÁ - JAROSLAV ZEMANOVIČ

**SÚHRN.** Proteíny v potravinách sú pre svoje funkčné vlastnosti dôležité pri vývoji a výrobe potravín. Ovplyvňujú záujem spotrebiteľa o daný potravinový výrobok. Pod funkčné vlastnosti proteínov sa zahrňujú ich fyzikálnochemické a výživové vlastnosti. Podstatný vplyv na kvalitu výrobku majú funkčné vlastnosti proteínov ako sú ich rozpustnosť, schopnosť viazať vodu a tuk, penivosť, emulgačné vlastnosti, viskozita a schopnosť tvoriť gél. Funkčné vlastnosti proteínov je možné vhodne upraviť fyzikálnymi a chemickými metódami alebo pomocou enzýmov. Najmä enzýmová modifikácia sa dlhodobo a tradične používa v potravinárskom priemysle, napr. pri výrobe syrov, v pekárskom priemysle alebo v pivovarníctve. Modifikované proteíny sa môžu použiť do potravín, ako sú doplnkové a regeneračné nápoje, dojčenské výživy, ďalej na zlepšenie textúry alebo ako farmaceutické zložky.

**KLÚČOVÉ SLOVÁ:** proteíny; funkčné vlastnosti; izolované proteíny; enzýmová hydrolýza

Spotrebiteľ si pri výbere potravín všíma najmä ich senzorické vlastnosti ako vzhľad, farbu, chuť a textúru. Na vytváraní týchto vlastností potravín sa vo veľkej miere podieľajú proteíny, ktoré sú spolu s lipidmi a sacharidmi hlavnými zložkami potravín [1,2].

Funkčné vlastnosti proteínov ako sú rozpustnosť, viskozita, väznosť vody, gélovatenie, elasticita, emulgačné vlastnosti, penivosť, väzba tuku a látok zodpovedných za chuťnosť a kohéznno-adhézne vlastnosti majú vplyv na kvalitu a stabilitu potravín [3]. Pre syry, mliečne výrobky, mäsové a pekárske výrobky alebo zmrzliny sú dôležité agregáčnne vlastnosti kazeínových micel a sójových proteínov, ďalej penivosť, šľahateľnosť, schopnosť proteínov vaječného bielka tuhnúť za tepla alebo schopnosť viazať vodu, emulgačné a textúrotrvorné vlastnosti proteínov mäsa [4,5].

V článku je uvedený detailnejší prehľad poznatkov z problematiky proteínov a ich funkčných vlastností.

---

Ing. Martina HRČKOVÁ, Ing. Jaroslav ZEMANOVIČ, PhD., Katedra mlieka, tukov a hygieny požívatín, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie STU, Radlinského 9, 812 37 Bratislava.

## Proteíny v potravinách

Potraviny a potravinárske výrobky sú v mnohých prípadoch tepelne alebo inak spracované potravinárske suroviny, v ktorých dochádza v priebehu spracovania k súboru fyzikálnych a chemických zmien proteínov. Proteíny sa teda v potravinách môžu vyskytovať v natívnej, denaturovanej alebo iným spôsobom upravenej forme. Obsah proteínov živočíšneho a rastlinného pôvodu v potravinách je uvedený v tab. 1 a 2. Z rastlinných produktov sú dobrým zdrojom proteínov najmä strukoviny (hrach, fazuľa, šošovica) a olej-niny (sója, arašidy, mak, orechy). Z produktov živočíšneho pôvodu sú to najmä mlieko, vajcia a mäso. Okrem vlastného obsahu proteínov je význam-né ich zloženie z hľadiska obsahu esenciálnych aminokyselín [2].

TAB. 1. Obsah proteínov v niektorých potravinách živočíšneho pôvodu [2].

TAB. 1. Protein contents in some food-stuffs of animal origin [2].

Potravina <sup>1</sup>	Priemerný obsah <sup>2</sup> [%]
Mäso, mäsové výrobky <sup>3</sup>	
hovädzie mäso <sup>4</sup>	20,8
bravčové mäso <sup>5</sup>	15,5
teľacie mäso <sup>6</sup>	21,8
baranie mäso <sup>7</sup>	16,4
vnútornosti <sup>8</sup>	17,2
údeniny <sup>9</sup>	20,8
Hydina <sup>10</sup>	
kurča <sup>11</sup>	20,5
morka <sup>12</sup>	20,1
kačica <sup>13</sup>	16,1
hus <sup>14</sup>	15,9
Zverina <sup>15</sup>	22,80
Ryby <sup>16</sup>	18,7
Mlieko, mliečne výrobky <sup>17</sup>	
kravské mlieko <sup>18</sup>	3,2
tvaroh <sup>19</sup>	19,4
mäkké syry <sup>20</sup>	15,0
tvrdé syry <sup>21</sup>	24,8
Slepačie vajce <sup>22</sup>	13,0
bielok <sup>23</sup>	11,0
žĺtok <sup>24</sup>	17,0

1 - food-stuff, 2 - average contents, 3 - meat, meat products, 4 - beef, 5 - pork, 6 - veal, 7 - mutton, 8 - guts, 9 - smoked products, 10 - poultry, 11 - chicken, 12 - turkey, 13 - duck, 14 - goose, 15 - venison, 16 - fish, 17 - milk, dairy products, 18 - cow milk, 19 - curd, 20 - soft cheeses, 21 - hard cheeses, 22 - hen's egg, 23 - white, 24 - yolk.

TAB. 2. Obsah proteínov v niektorých potravinách rastlinného pôvodu [2].

TAB. 2. Protein contents in some food-stuffs of plant origin [2].

Potravina <sup>1</sup>	Priemerný obsah <sup>2</sup> [%]
Obilniny, cereálne výrobky <sup>3</sup>	
pšeničná múka <sup>4</sup>	10,1
ražná múka <sup>5</sup>	9,6
biela ryža <sup>6</sup>	7,5
hnedá ryža <sup>7</sup>	7,6
ražnopšeničný chlieb <sup>8</sup>	6,7
biele pečivo <sup>9</sup>	8,5
cukrárske pečivo <sup>10</sup>	5,6
cestoviny <sup>11</sup>	11,8
Sójové bôby <sup>12</sup>	44,7
Mak <sup>13</sup>	19,5
Zemiaky <sup>14</sup>	2,0
Zelenina <sup>15</sup>	
plodová <sup>16</sup>	1,2
hlúbová <sup>17</sup>	1,4
listová <sup>18</sup>	2,6
koreňová <sup>19</sup>	2,0
Ovocie <sup>20</sup>	
surové <sup>21</sup>	1,0
sušené <sup>22</sup>	2,3
Ďalšie potraviny <sup>23</sup>	
hríby <sup>24</sup>	2,6
kakaový prášok <sup>25</sup>	18,0
čokoláda <sup>26</sup>	6,8

1 - food-stuff, 2 - average contents, 3 - cereals, 4 - wheat flour, 5 - rye flour, 6 - white rice, 7 - brown rice, 8 - rye-wheat bread, 9 - pastry, 10 - confectionery, 11 - pasta, 12 - soy beans, 13 - poppy seeds, 14 - potatoes, 15 - vegetable, 16 - fruit vegetable, 17 - tubers, 18 - leaf vegetable, 19 - root vegetable, 20 - fruits, 21 - fresh fruit, 22 - dried fruit, 23 - others, 24 - mushrooms, 25 - cacao powder, 26 - chocolate.

Funkčné vlastnosti proteínov v podstatnej miere závisia od ich štruktúrnych vlastností (veľkosť molekúl, primárna a sekundárna štruktúra) a od ich fyzikálochemických vlastností (rozloženie náboja, hydrofilnosť resp. hydrofóbnosť aminokyselín) [6].

#### *Proteíny živočíšneho pôvodu*

Proteíny v typickom svalovom tkanive tvoria okolo 20 % hmotnosti svalov. Najlepšie funkčné vlastnosti majú proteíny myofibrilárneho systému aktín, myozín a aktomyozín, tvoriace 60,5 % celkových proteínov. Napr. myofibrilárne proteíny stabilizujú emulzie vo väčšej miere ako sarkoplazma-

tické [7]. Pri výrobe mäsových výrobkov sa využíva schopnosť proteínov rozpúšťať sa v roztokoch solí. Vysoká rozpustnosť je žiadúca najmä kvôli jednoduchšej dispergácii väčšieho množstva proteínov, a tak dochádza k efektívnejšej difúzii na medzifázových rozhraniach voda/vzduch a voda/olej.

Z proteínov mlieka tvoria kazeíny 80 %, pričom najväčší podiel tvoria  $\alpha_{S1}$ -kazeín a  $\alpha_{S2}$ -kazeín. V prítomnosti vápenatých iónov tvorí kazeín  $\alpha_{S1}$  nerozpustnú vápenatú soľ. Kazeíny  $\alpha_{S2}$  sú menej citlivé na prítomnosť vápenatých iónov.  $\beta$ -kazeíny sa zaraďujú medzi fosfoproteíny obsahujúce 5 fosfoserínových zvyškov v polohe 1-40. S vápenatými iónmi poskytujú soľ rozpustnú pri teplotách 1 °C a nižších, pri vyšších teplotách nerozpustnú soľ. Hlavnou zložkou  $\kappa$ -kazeínov je rozvetvený tetrasacharid. S vápenatými iónmi tvorí  $\kappa$ -kazeín rozpustné soli stabilizujúce  $\alpha_{S1}$ -kazeín a  $\beta$ -kazeín v mlieku. Kazeíny sú v mlieku agregované do kazeínových komplexov a micíel približne guľatého tvaru s priemerom 10-300 nm. Na udržaní integrity kazeínových micíel sa podieľajú najmä vápnik a fosforečnany, čo má špeciálny význam pri funkčných vlastnostiach proteínov mlieka [8]. Srvátkové proteíny tvorí asi z 50 % globulárny proteín  $\beta$ -laktoglobulín. V mlieku je prítomný ako dimér. Pri zahreve v prítomnosti vysokých koncentrácií vápenatých iónov a v prostredí s pH > 8,6 nevratne denaturuje. Minoritnými, ale biologicky významnými proteínmi sú vysokomolekulárne globulárne glykoproteíny imunoglobulíny s účinnosťou protilátok. Významným srvátkovým proteínom je aj  $\alpha$ -laktoalbumín.

Sterilizáciou pri 140 °C počas 4 sekúnd denaturuje 100 % proteínov mlieka. Denaturované mliečne proteíny majú vyššiu nutričnú hodnotu ako proteíny surového mlieka. Denaturovaný  $\beta$ -laktoglobulín môže v sterilizovanom mlieku interagovať s  $\kappa$ -kazeínom a nastáva zvýšenie viskozity až flokulácia mlieka. Kazeíny pri pasterizácii a sterilizácii prakticky nedenaturujú, dochádza však k ich čiastočnej defosforylácii, proteolýze a agregácii ich molekúl. Znížením pH mlieka až na hodnotu 4,6, napr. pôsobením mliečnych kultúr, dochádza k precipitácii kazeínov. K čiastočnému zrážaniu kazeínov dochádza pri výrobe jogurtov a tvarohových syrov typu cottage pri použití vhodných kmeňov baktérií. Asociáciou kazeínových micíel nadobúda jogurt svoj typický gélovitý charakter. Pôsobením chymozínu sa  $\kappa$ -kazeín špecificky hydrolyzuje a štiepi na *para*- $\kappa$ -kazeín, ktorý je hydrofóbny a ostáva súčasťou kazeínových micíel. Keďže už nemá ochrannú funkciu a za prítomnosti  $\text{Ca}^{2+}$  iónov dochádza k tvorbe syreniny [2].

Funkčné vlastnosti proteínov významne ovplyvňujú vlastnosti mlieka ako sú rozpustnosť, tepelná stabilita, gélovanie, viskozita, penivosť a emulgačné vlastnosti. Tieto vlastnosti určujú vhodnosť použitia mliečnych proteínov a zložiek na báze mlieka pri potravinárskych aplikáciach [8]. Srvátkové pro-

teíny sa okrem svojej nutričnej hodnoty vyznačujú dobrými emulgačnými a stabilizujúcimi vlastnosťami. Majú dobrú schopnosť zvyšovať viskozitu potravín a zlepšovať ich vzhľad, chuť a textúru, ako aj dobre viazať vodu a tuk (tab. 3) [9]. Kazeináty sa používajú ako aditíva viažúce vodu alebo emulgačné prostriedky. Kazeinát sodný sa používa ako emulgačný a penotvorný prostriedok pri výrobe majonéz, zmrzlín, tavených syrov, kazeinát draselný pri výrobe cukrovín, zmes kazeinátu sodného, draselného a vápenatého na stabilizáciu a fortifikáciu mäsových výrobkov, jogurtov, chleba a i. Nerozpustné koprecipitáty mlieka tvorené kazeínmi a srvátkovými proteínmi sa používajú ako potravinárske aditíva v niektorých mäsových výrobkoch.

TAB. 3. Funkčné vlastnosti proteínov v srvátke [9].  
TAB. 3. Functional properties of whey proteins [9].

Proteín <sup>1</sup>	Funkčné vlastnosti <sup>2</sup>
$\beta$ -laktoglobulín	dobrá penivosť, emulgačné a gélotvorné vlastnosti, dobrá rozpustnosť, schopnosť stabilizovať chuť
$\alpha$ -laktalbumín	dobrá penivosť a emulgačné vlastnosti, dobrá rozpustnosť
imunoglobulíny	dobré gélotvorné vlastnosti a rozpustnosť
sérový albumín	dobré gélotvorné vlastnosti a rozpustnosť
$\kappa$ -kazeinomakropeptid	dobré emulgačné vlastnosti
proteózy peptóny	dobré emulgačné vlastnosti a penivosť
laktóferín	dobrá rozpustnosť, schopnosť viazať ióny

1 - protein, 2 - functional properties.

Vajcia obsahujú približne 13 % proteínov s vysokou nutričnou hodnotou. Vaječný bielok obsahuje asi 40 rôznych proteínov, ktoré sa zaraďujú medzi globulíny, glykoproteíny a fosfoproteíny. Hlavným proteínom bielka je ovoalbumín A, z ktorého pri skladovaní vajec vzniká reakciou tiolových a disulfidových skupín termorezistentnejší ovalbumín S. Relatívne ľahko však denaturuje pri šľahaní bielka. Konalbumín koaguluje pri nižšej teplote ako ovalbumín a má antimikrobiálne účinky. Ovomukoid a ovomucín sú proteíny zodpovedné za viskozitu a gélovitú konzistenciu bielka. Prítomný natívny ovoinhibitor s antinutričnými účinkami inhibuje proteázy ako trypsín a chymotrypsín. Antinutričné účinky má tiež bázičný glykoproteín avidín v surovom bielku, pretože viaže molekuly biotínu do nevyužiteľného komplexu. Denaturovaný avidín však s biotínom nereaguje [2,10]. Vďaka svojej

schopnosti vytvárať pevný gél a vyhovujúcej farbe je sušený vaječný bielok vhodnou spojivovou zložkou pri výrobe mäsových výrobkov [11]. Medzi proteíny vaječného žĺtka patria rôzne glykoproteíny, lipoproteíny, glykofosfoproteíny a glykofosfolipoproteíny. Podieľajú sa na absorpcii na medzifázovom rozhraní olej/voda, kde tvoria pevný film stabilizujúci vytvorené emulzie. Hlavnými proteínmi granúl sú lipovitelin (70 %), fosfovitín (16 %) a lipoproteíny s nízkou denzitou - LDL. V plazme sú prítomné predovšetkým lipovitelenín (85 %) a livetín [12]. Ukázalo sa, že LDL proteíny plazmy majú lepšie emulgačné vlastnosti ako albumíny hovädzieho séra a lepšie povrchovoaktívne vlastnosti ako srvátkové proteíny alebo kazeíny. Žĺtok slepačieho vajca má vďaka prítomným hydrofóbnym a hydrofilným proteínom veľmi dobré emulgačné vlastnosti, ktoré sa využívajú pri príprave rozsiahlej škály potravinárskych emulzií - majonéz, šalátových dresingov a sušienok [13,14]. Pri šľahaní bielka dochádza k čiastočnej denaturácii jeho proteínov. Denaturované proteíny nachádzajúce sa na fázovom rozhraní majú pozitívny vplyv na stabilitu peny. V rozmedzí teplôt 60–65 °C denaturuje okrem ovomukoidu väčšina proteínov bielka a pri teplotách 65–70 °C väčšina proteínov žĺtka, okrem fosvitínu [2].

#### *Proteíny rastlinného pôvodu*

Aminokyselinové zloženie proteínov semien rastlín sa líši od proteínov živočíšneho pôvodu. Obsahujú veľké množstvo kyseliny asparágovej a glutámovej a ich amidov. Výživová hodnota samotných rastlinných proteínov je pomerne nízka, pretože u všetkých býva nedostatková niektorá esenciálna aminokyselina. Vhodnou kombináciou rastlinných materiálov možno vytvoriť zmes proteínov s vysokou nutričnou hodnotou, ktorá môže slúžiť ako takmer plnohodnotná bielkovina, napr. pre výživu vegetariánov.

Významným zdrojom proteínov pre výživu človeka sú obilniny, najmä pšenica. Obsah proteínov v múke závisí od stupňa jej vymletia, od druhu, odrody rastliny a ďalších faktorov. Celozrnné múky majú preto až o 4 % vyšší obsah proteínov ako biele. Základnými proteínmi všetkých obilnín sú albumíny, globulíny, gliadíny (prolamíny) a glutelíny [2]. Zásobné, vo vode nerozpustné gliadíny a gluteníny pšenice sú reprezentované mnohými príbuznými proteínmi líšiacimi sa od seba aminokyselinovým zložením. Gliadíny predstavujú veľmi heterogénnu skupinu proteínov s dobrými viskoelastickými vlastnosťami [15]. Obsahujú veľké množstvo glutamínu, prolínu, o niečo menej kyseliny asparágovej a glutámovej, veľmi málo bázických aminokyselín arginínu, lyzínu a histidínu. Nízky obsah kyslých a bázických aminokyselín s polárnymi postrannými reťazcami súvisí s malou rozpustnosťou gliadínov. Gliadíny sú dôležitým ukazovateľom vhodnosti múky pre rôzne

technologické použitia, vrátane výroby chleba [2]. Cesto vyrobené z chlebovej múky (obsah proteínov min. 13 %) je viac elastické a tuhšie, dobre zadržiava CO<sub>2</sub> produkovaný kvasinkami a poskytuje objemnejšie výrobky. Slabé múky s obsahom proteínov nižším ako 10 % sú vhodné na výrobu sušienok, cukrárskeho pečiva a pod. Lepok v múke je tvorený z gliadínov a glutenínov. Typické viskoelastické vlastnosti mu prepožičiavajú práve gluteníny vytváraním trojrozmernej siete rôznymi väzbami medzi ich molekulami. Gliadínové molekuly majú na tieto vlastnosti cesta skôr len modifikujúci účinok. Kvalitu múky však určuje vzájomný pomer týchto proteínov. Úplne zdenaturovaný lepok stráca svoje typické viskoelastické vlastnosti. Miera denaturácie lepku závisí od aktivity vody, teploty a dĺžky sušenia cereálií. Ražné albumíny a globulíny sa vyznačujú podobnými vlastnosťami ako pšeničné. Gliadíny a glutelíny tvoria 45 % prítomných proteínov. Ražný lepok sa od pšeničného líši obsahom niektorých aminokyselín, ale predovšetkým viskoelastickými vlastnosťami. Pšeničný lepok je ťažný, ražný sa trhá. Preto má ražný chlieb úplne inú konzistenciu ako pšeničný.

Kukuričné proteíny tvorí zeín. Výrazne nedostatkovými aminokyselinami v kukuričnom lepku sú lyzín a tryptofán. Proteíny ryže tvorí z 80 % oryzeín. Gliadíny a ďalšie proteíny sú tu len minoritnou zložkou.

Vo výžive sa čoraz častejšie objavujú takmer zabudnuté alebo v minulosti neznáme obilniny, napr. proso, cícer a tzv. pseudocereálie, medzi ktoré sa zaraďuje pohánka a láskavec (amarant) [2]. V amarante sa nachádza 13–18 % a v pohánke 12–15 % proteínov. Proteíny pohánky sú bohaté na lyzín a majú vysokú biologickú hodnotu. Zistilo sa, že amarantové koncentráty proteínov majú lepšiu rozpustnosť, penivosť a emulgačné vlastnosti ako proteíny sóje. Naproti tomu koncentráty proteínov pohánky boli veľmi dobre rozpustné, s výbornými emulgačnými vlastnosťami, ale slabou penivosťou. Čiastočnou enzýmovou hydrolýzou v prítomnosti trypsínu sa podarilo rozpustnosť zlepšiť a tiež zmeniť ich penotvorné vlastnosti [16]. Do popredia sa v súčasnosti dostávajú obilniny, ktoré majú zvýšený obsah proteínov, napr. hybrid pšenice a raže triticales, obsahujúci 15–20 % proteínov.

Strukoviny majú vysoký obsah proteínov (20–45 %), avšak nízky obsah sírnych aminokyselín. Proteíny hrachu, fazule a ďalších strukovín reprezentujú väčšinou globulíny. U hrachu tvoria asi 50 % prítomných proteínov globulíny nazývané legumín a vicilín, u podzemnice predstavuje približne rovnaké množstvo arachín a príbuzné konarachíny [2]. Asi 70 % proteínov sóje tvoria zásobné proteíny glycinín a  $\beta$ -konglycinín, nazývané aj ako 11S- a 7S-proteíny, z toho glycinín predstavuje 60 %. Výživová hodnota proteínov semien sóje je limitovaná obsahom sírnych aminokyselín, a to metionínu a cysteínu [17]. Izoláty sójových proteínov zahriaté na 60 °C vykazujú dobré



tokové vlastnosti, majú výbornú schopnosť viazať vodu a dobrú rozpustnosť. Záhrevom sa vylepšia aj emulgačné vlastnosti [3]. Múčku zo strukovín možno pridávať do špagiet, rôznych pást, do chleba alebo do frankfurtských párkov [18]. Semená cíceru (*Cicer arietinum* L.) obsahujú 14,9–30,6 % proteínov, ktoré môžu byť vhodnou náhradou proteínov živočíšneho pôvodu. Najväčšou frakciou kotyledónov cíceru predstavujú zásobné globulíny (64,2 %). Pre cícer je typický nízky obsah sírnych aminokyselín najmä metionínu, cysteínu a relatívne vysoký obsah lyzínu [19]. Ukázalo sa, že izoláty proteínov cíceru majú dobrú schopnosť viazať vodu a tuk, vyznačujú sa dobrou rozpustnosťou a majú dobrú emulgačnú kapacitu [20].

### Funkčné vlastnosti proteínov

Funkčné vlastnosti proteínov možno rozdeliť do troch skupín:

- a) vlastnosti ovplyvnené interakciou proteín-voda alebo hydratačnými vlastnosťami, napr. rozpustnosť,
- b) vlastnosti ovplyvnené interakciami proteín-proteín, napr. vytváranie siete počas agregácie,
- c) povrchové vlastnosti, ktoré sú ovplyvňované povrchovým napätím, napr. tvorba peny a emulzie.

Modifikovaním štruktúrnych vlastností proteínov možno získať molekuly s optimálnou veľkosťou, povrchovým nábojom alebo optimálnym hydrofilno/hydrofóbnym pomerom, čím sa dosiahnu požadované vlastnosti proteínov alebo ich zlepšenie. Na túto modifikáciu sa najčastejšie využívajú chemické a enzýmové metódy [3].

Niektoré funkčné vlastnosti proteínov v potravinových systémoch sú uvedé v tab. 4.

#### *Rozpustnosť*

Rozpustnosť v širokom rozsahu hodnôt pH, teplôt a iónových podmienok má vplyv na emulgačné, penotvorné a gélotvorné vlastnosti proteínov. Významná je aj z hľadiska stráviteľnosti proteínov [4,21]. Kyslé prostredie spôsobuje precipitáciu proteínov, pokiaľ zásadité podmienky obyčajne ich rozpustnosť zlepšujú. Činidlá rozrušujúce disulfidové väzby, napr. tioly ako cysteín, merkaptoetanol a siričitany, rozštiepením disulfidových väzieb spôsobujú disagregáciu proteínov, a tým zvyšujú ich rozpustnosť [3]. V mnohých prípadoch sa na úpravu rozpustnosti proteínov použili soli. Napr.  $\alpha$ S1-kazeín koaguluje v prítomnosti 8 mM  $\text{CaCl}_2$  v dôsledku konformačných



TAB. 4. Funkčné vlastnosti proteínov v potravinách [1].

TAB. 4. Functional properties of food proteins [1].

Funkcia <sup>1</sup>	Mechanizmus <sup>2</sup>	Potravina <sup>3</sup>	Zdroj proteínov <sup>4</sup>
1. rozpustnosť <sup>5</sup>	hydrofilnosť	nápoje	srvátkové proteíny
2. viskozita <sup>6</sup>	väzba vody, hydrodynamická veľkosť, tvar	polievky, šalátové dresingy, šťavy	
3. väznosť vody <sup>7</sup>	väzba H atómov, hydratacia	mäsové klobásky, koláče, chlieb	proteíny mäsa a vajca
4. gélovatenie <sup>8</sup>	zadržiavanie vody a imobilizácia, sieťovanie	mäso, gély, koláče, pečivo, syry	proteíny mäsa, vaječné a mliečne proteíny
5. kohézia/adhézia <sup>9</sup>	hydrofóbne a vodíkové väzby	mäso, párky, pasty, pečené potraviny	proteíny mäsa a vajca, srvátkové proteíny
6. elasticita <sup>10</sup>	hydrofóbne väzby, disulfidové sieťovanie	mäso, pečivo	proteíny mäsa
7. emulgácia <sup>11</sup>	medzfázová adsorpcia, tvorba filmu	párky, polievky, koláče, dresingy	proteíny mäsa, mliečne a vaječné proteíny
8. penivosť <sup>12</sup>	medzfázová adsorpcia, tvorba filmu	šľahané výrobky, koláče, dezerty	vaječné a mliečne proteíny
9. viazanie tuku a stabilizácia chutnosti <sup>13</sup>	hydrofóbne väzby, zachytávanie	napodobeniny mäsa, pečivo, šišky	vaječné a mliečne proteíny

1 - function, 2 - mechanism, 3 - food system, 4 - protein source, 5 - solubility, 6 - viscosity, 7 - water binding, 8 - gelation, 9 - cohesion/adhesion, 10 - elasticity, 11 - emulsification, 12 - foaming, 13 - fat and flavour binding.

zmien molekúl proteínov spôsobených prítomným vápnikom. Ku koagulácii však už nedochádza v prítomnosti 100 mM CaCl<sub>2</sub>, aj keď dochádza k odkrytiu väčšieho množstva hydrofóbnych skupín. Pri vyššom obsahu CaCl<sub>2</sub> sa zväčšujú odpudivé sily, ktoré regulujú kationovú rovnováhu a zároveň odstraňujú destabilizačný účinok hydrofóbnych skupín proteínov [8]. Zvýšenie rozpustnosti kazeinátu sodného, slabo rozpustného v blízkosti jeho pI hodnoty, možno dosiahnuť úpravou pH prostredia, ale na úkor zhoršenia iných funkčných vlastností. Naopak, nízka rozpustnosť kazeinátu sodného pri pH 3,5–4 spôsobuje zvýšenie emulgačnej kapacity tohto proteínu [22].

### *Emulgačné vlastnosti*

Potravinárske emulzie ako zmrzliny a majonézy obsahujú okrem tuku zmes proteínov, najmä proteíny vaječného žĺtka a mlieka, ktoré najviac prispievajú svojimi vlastnosťami k tvorbe a stabilite reologických vlastností výrobkov. Pri zisťovaní emulgačných vlastností proteínov sa zvyčajne stanovuje emulgačná kapacita, vyjadrujúca gramy emulgovaného oleja na gram

proteínu a emulgačná aktivita, predstavujúca plochu rozhrania stabilizovanú jednotkovým množstvom proteínu v  $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  [21]. Emulgačné vlastnosti proteínov ovplyvňuje rýchlosť adsorpcie molekúl na rozhraní olej/voda, množstvo naadsorbovaného proteínu, konformačné rozloženie na fázovom rozhraní, miera zníženia povrchového napätia a tvorba kohézneho filmu. Veľký vplyv na tieto vlastnosti má aj rozpustnosť a hydrofóbnosť proteínov [1], ktoré určujú najmä emulgačnú aktivitu, kým stabilitu emulzie ovplyvňuje flexibilita molekúl.

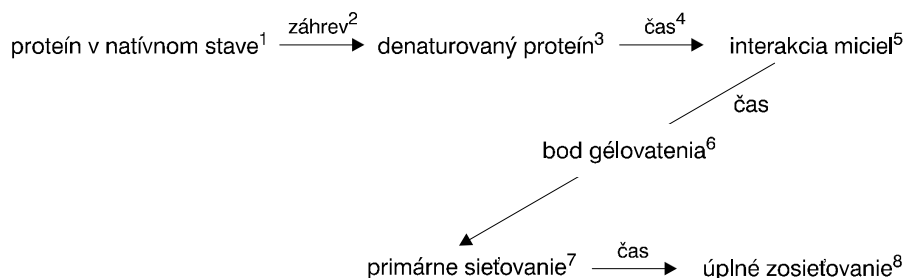
Emulgačné vlastnosti výrobkov z proteínov mlieka výrazne ovplyvňuje stupeň ich agregácie. Prítomnosť väčších micel znižuje ich emulgačnú schopnosť, ale zvyšuje ich schopnosť stabilizovať emulzie. Zistilo sa, že emulzie vyrobené pomocou veľkých kazeínových micel, nachádzajúcich sa v proteínových koncentrátoch mlieka a v prášku z odstredeného mlieka boli stabilnejšie ako emulzie vyrobené pomocou kazeinátu sodného. Mechanizmus flokulácie hrá dôležitú úlohu pri tvorbe štruktúry niektorých mliečnych emulzií, najmä pri výrobe šľahačiek, kde sa podieľa na viskozite vznikajúcej emulzie a schopnosti zadržiavať vzduch v smotane v prvých štádiách jej výroby [23]. Štúdie ukázali, že na agregáciu molekúl srvátkových proteínov stabilizujúcich emulzie vplyva pH prostredia a prítomnosť  $\text{CaCl}_2$ . V prítomnosti  $\text{CaCl}_2$  ( $> 3 \text{ mM}$ ) pri pH 7 sa viskozita a nestabilita emulzie zvýšila. Tento efekt sa zaznamenal v menšej miere v emulziách pri pH 3 ešte pri koncentrácii  $150 \text{ mM}$   $\text{CaCl}_2$ , ale pri pH 5 prítomnosť  $\text{CaCl}_2$  nemala vplyv na horeuvedené vlastnosti [24].

#### *Viskozita a gélotvorné vlastnosti*

Schopnosť proteínov tvoriť gély sa využíva na tvorbu pevných viskoelastických gélov, ako aj na zlepšenie schopnosti viazať vodu, na zahusťovanie, zlepšenie adhézných, emulgačných a penotvorných vlastností. Na vznik a vlastnosti gélu vplyva koncentrácia proteínov, teplota a dĺžka zahrevu, koncentrácia solí, prítomnosť tiolov, siričitanov a lipidov [3]. Pri pH  $> 6,4$  a nízkej koncentrácii NaCl sú gély z hovädzieho sérového albumínu číre, pri pH prostredia okolo hodnoty pI (pH 5,1), vznikajú nepriehľadné gély nezávisle od koncentrácie NaCl. Tvorba zakalených gélov je typická pri zvýšenej koncentrácii NaCl pri pH  $> 6,4$ .

Proces tvorby proteínového gélu pozostáva z lokálneho narušenia solvatačného alebo iónového obalu molekúl alebo micel, ktorý je podmienkou pre ich postupné zosieťovanie. Vyžaduje si dosiahnutie primeranej rovnováhy medzi príťažlivými a odpudivými silami. U srvátkových proteínov sa tvorba gélu uskutočňuje:

a) denaturáciou v prítomnosti chaotropných zlúčenín, napr. močoviny,



OBR. 1. Všeobecný model tvorby teplom indukovaných gélov srvátkových proteínov [1].

FIG. 1. General model of the formation of heated-induced whey protein gels [1].

1 - native protein, 2 - heating, 3 - denatured protein, 4 - time, 5 - micellar interaction, 6 - geling point, 7 - primary matrix, 8 - equilibrium matrix.

- b) kovaletným spájaním molekúl v prítomnosti enzýmov, napr. transglutaminázy,
- c) limitovanou proteolýzou.

Najviac používanou metódou tvorby gélu je teplom indukovaná denatúracia srvátkových proteínov (obr. 1) [25]. Schopnosť proteínov vytvárať gél ovplyvňuje textúru potravín, a tým aj ich kvalitu. Vaječné proteíny sú svojimi polyfunkčnými vlastnosťami žiadanou zložkou potravín. V kvapalnom stave na ich gélové vlastnosti vplyva pH prostredia. Zistilo sa, že gél z vaječného albumínu vykazuje väčšiu pevnosť v rozsahu pH 7,0–9,0. S rastúcim pH pevnosť gélu rastie v dôsledku premeny sulfhydrylových väzieb na disulfidové [26]. Vaječný bielok má veľmi dobré väzbové vlastnosti, a preto sa môže aplikovať aj do mäsových výrobkov. Uprednostňuje sa sušený vaječný bielok pred čerstvým, pretože obsahuje viac proteínov a vytvára silnejší a pevnejší gél [11]. Ker a Chen [27] zistili, že suspenzie izolátov sójových proteínov po účinku strižných síl sú vhodnou aditívnou zložkou do nízkotučných mäsových výrobkov alebo môžu v týchto výrobkoch nahrádzať tuk, napr. vo frankfurtských párkoch. Podľa Hettiarachchyho a Kalapathyho [3] môžu sójové proteíny tvoriť gél, v ktorom sú schopné viazať vodu a sacharidy, pričom zachovávajú požadovanú chuť. Napr. tofu gél je proteínový matrix, ktorý viaže vápnik alebo horčík a slúži tak ako zdroj výživných látok. Kombináciou iných hydrokoloidov spolu s mliečnymi proteínmi v mliečnych výrobkoch možno zlepšiť textúru finálneho výrobku, vytvoriť požadované gély a taktiež zvýšiť trvanlivosť mliečnych výrobkov [23]. Pevnosť gélu a schopnosť syreni-

ny viazať vodu ovplyvňujú pri výrobe syrov ich výťažnosť, obsah vody a textúru. V nevhodných podmienkach dochádza k značným stratám tuku a k zhoršeniu chutnosti syrov [28].

#### *Penivosť*

Proteíny sa využívajú v potravinárskych technológiach, aj pre svoju schopnosť vytvárať a stabilizovať peny. Proteín je dobrým penotvorným činidlom vtedy, keď dobre zadržiava bublinky plynu v kontinuálnej lamelárnej fáze v kvapaline [29]. Podľa práce Phianmongkhola a Varleya [30] sa za peny považujú aj niektoré potraviny ako chlieb, koláče, cukrovinky a nápoje, vrátane piva. Penivosť jednotlivých roztokov je ovplyvnená veľkosťou molekúl, nábojom zložiek, rýchlosťou migrácie proteínov k fázovému rozhraniu a schopnosťou zachytávať bublinky vzduchu. Tvorba proteínového filmu v pene závisí od schopnosti proteínov znížiť povrchové napätie, kým stabilita peny závisí od charakteru filmu [31]. Hettiarachchy a Kalapathy [3] vo svojej práci uvádzajú, že sójové proteínové izoláty vykazujú lepšiu penivosť ako proteíny sójovej múky a koncentrátov. Peny zo sójovej múky a sójových proteínových koncentrátov sú nestabilné, za čo sú zodpovedné lipidy sprevádzajúce proteíny v sóji v pomerne veľkom množstve. Ich penivosť možno zlepšiť odstránením lipidov alebo záhrevom sójových izolátov na 70–85 °C [3]. Stabilita peny čiastočne zdenaturovaného  $\alpha$ -laktoglobulínu, z ktorého sa pomocou kyseliny etyléndiamíntetraoctovej (EDTA) odstránili väzby medzi  $\text{Ca}^{2+}$  iónmi, sa v prítomnosti 0,1 mg.ml<sup>-1</sup> EDTA podstatne zlepšila. V porovnaní s natívnym proteínom má  $\alpha$ -laktalbumín v prítomnosti  $\text{Ca}^{2+}$  lepšiu penivosť a stabilitu peny v dôsledku nasýtenia povrchu iónmi  $\text{Ca}^{2+}$  [32].

### **Funkčné vlastnosti izolovaných proteínov**

V súčasnosti je veľkou snahou využitie netradičných zdrojov proteínov, najmä sójových extrahovaných šrotov, srvátky a rybích múčiek. Proteínové koncentráty (50 %) sa najčastejšie pripravujú z olejninových extrahovaných šrotov alebo bôbov strukovín. Proteínové izoláty (90 %) sa získavajú extrakciou proteínovej frakcie z príslušnej suroviny vhodným alkalickým roztokom hydroxidu sodného alebo vápenatého. Obidva typy proteínových preparátov sa vhodným spôsobom upravujú na žiadanú textúru, pripomínajúcu mäso, tvaroh alebo syr [33].

Nutričná hodnota potravín býva niekedy znížená prítomnosťou iných zlúčenín. Napr. u sóje je ovplyvnená prítomnosťou antinutričných faktorov

ako sú inhibítory trypsínu a lektíny, negatívne ovplyvňujúcich trávenie prítomných proteínov [34]. Trypsínové inhibítory obsahuje aj pšeničná a ražná múka, v menšej miere ryža a ovsené výrobky [33]. Vo vaječnom bielku sa vyskytujú inhibítory trypsínu, chymotrypsínu, prevažne sú to prítomné ovomukoidy a natívny ovoinhibítor. Avidín má schopnosť viazať molekuly biotínu do nevyužiteľného komplexu [2]. Na zlepšenie nutričnej hodnoty proteínov v takýchto potravinách sa používajú úpravy ako zázeh, praženie alebo lisovanie. Termolabilné antinutričné faktory sa inaktivujú a proteíny sa do určitého stupňa denaturujú, čo ich robí dostupnejšími enzýmovej hydrolyze [34]. Zázeh tiež zlepšuje stráviteľnosť a dostupnosť sírnych aminokyselín, najmä u sóje, podzemnice a strukovín. V chlebe je využiteľnosť metionínu, tryptofánu a treonínu lepšia ako v pôvodnej pšenici [33]. Denaturované mliečne proteíny majú vyššiu nutričnú hodnotu ako proteíny v surovom mlieku. Zázehom izolátov sójových proteínov na 60 °C nadobudnú proteíny výbornú schopnosť viazať vodu a dobrú rozpustnosť. Zlepšia sa aj ich emulgačné vlastnosti.

Izoláty sójových proteínov majú lepšiu emulgačnú kapacitu ako múky a koncentráty týchto proteínov [3]. Taktiež vodné roztoky izolátov pšeničných proteínov sa vyznačujú dobrými funkčnými vlastnosťami. Ich penivosť je vyššia ako v kazeináte sodnom, sójovom bielkovinovom izoláte alebo v odtučnenom mlieku. Zistilo sa, že okrem sušeného vaječného bielka, majú pšeničné izoláty vyššiu kapacitu tvoriť penu ako ostatné proteíny. Pena z takýchto izolátov je hladká a biela a vyznačuje sa dobrou disperzitou a palatabilitou v potravinách, v ktorých sa použije. Izoláty pšeničných proteínov môžu nahradiť iné izoláty proteínov v potravinárskych aplikáciach, u ktorých sa vyžaduje dobrá penivosť a stabilita peny, ako je to pri výrobe koláčov, chleba, snehových pusiniiek, zmrzlín a dezertov [4]. Ryža okrem proteínov obsahuje značný podiel vlákniny, fytátov a množstvo disulfidových väzieb v molekulách proteínov, čo spôsobuje slabú rozpustnosť týchto proteínov. Izoláty proteínov z ryžových otrúb majú lepšiu penivosť dokonca aj pri porovnaní s proteínmi vaječného bielka [35].

## Úprava funkčných vlastností proteínov enzýmovou hydrolyzou

Enzýmovú hydrolyzu je možné uskutočniť pri miernej teplote a neutrálnom alebo mierne kyslom pH, čím je možné vyhnúť sa tvorbe potenciálne škodlivých vedľajších produktov a produkcii hydrolyzátov s obsahom solí [36]. Hydrolyzou proteínov za prítomnosti vhodnej proteázy je možné zlepšiť ich rozpustnosť, gélotvorné, emulgačné alebo penotvorné vlastnosti v širo-

kom rozsahu pH hodnôt a výrobných podmienok. Zmenou veľkosti molekúl proteínov, zmenou konformácie a sily inter- a intramolekulových väzieb medzi nimi je možné meniť, resp. zlepšiť schopnosť viazať vodu a tuk, viskozitu a koagulačné vlastnosti proteínov [5]. Pre dosiahnutie požadovaných vlastností konečného produktu je dôležitý výber správneho enzýmu, podmienok a stupňa hydrolýzy (DH). Funkčné vlastnosti hydrolyzátoov môže ovplyvniť aj prítomnosť hydrokoloidov, emulgátorov, neporušených proteínov a uhľovodíkov, najmä ich interakcie so zložkami hydrolyzátoov [21]. Okrem potreby zlepšiť výživové a funkčné vlastnosti sa proteíny hydrolyzujú aj kvôli zlepšeniu textúry potravín alebo kvôli odstráneniu nežiaducich chutí a pachov, či toxických a antinutritívnych látok. Hydrolýza proteínov predstavuje takisto možnosť potlačenia alebo odstránenia ich alergizujúcich účinkov [37]. Enzymovou hydrolýzou za katalýzy alkalickou proteínázou Alcalase 2,4 L možno zvýšiť rozpustnosť kukuričného gluténu [38]. Hydrolýzou proteínov sóje a kazeínu v rozmedzí pH 2–9 za prítomnosti pankreatínu sa v dôsledku vzniku menších molekúl peptidov a odkrytia ionizovateľných amino- a karboxylových skupín podstatne zvýši ich rozpustnosť. Najväčšia rozpustnosť sa zaznamenala po hydrolýze pri pH 4–5 [21].

Hydrofóbnosť proteínov a peptidov je daná prítomnosťou hydrofóbných aminokyselín fenyľalanínu, valínu, leucínu, izoleucínu, tyrozínu, tryptofánu, cysteínu a metionínu. Plazmínové hydrolyzáty  $\beta$ -laktoglobulínu obsahujú pomerne veľké peptidy s množstvom hydrofóbných skupín a preto majú lepšiu penivosť a schopnosť tvoriť emulzie, najmä pri pH 6,7 [39].

Znížená viskozita hydrolyzátoov proteínov sa využíva v potravinárskom priemysle pri výrobe práškov sprejovým sušením. Limitovanou hydrolýzou proteínov je možné efektívne zvýšiť obsah sušiny pred sprejovým sušením [21]. Extrakciou, membránovou frakciáciou a následnou enzymovou hydrolýzou proteínov semien repky olejnej sa získali nízkomolekulové frakcie s veľmi dobrými penotvornými a emulgačnými vlastnosťami [40]. Hydrolýzou srvátkových proteínov za prítomnosti enzýmov Alcalase, trypsínu,  $\alpha$ -chymotrypsínu, pepsínu a kyslej fungálnej proteázy sa zvýši penivosť týchto proteínov. Najmä použitím trypsínu a Alcalase získame hydrolyzáty s vyššou penivosťou oproti srvátkovým proteínom a vaječnému bielku [41]. Hydrolýzou semien repky za prítomnosti ficínu pri 40 °C a pH 6 sa okrem rozpustnosti, schopnosti viazať tuk a vodu a viskozity, výrazne zlepšili aj penotvorné vlastnosti [34].

## Literatúra

1. HETTIARACHCHY, N. S. - ZIEGLER, G. R.: Protein functionality in food systems. IFT basic symposium series, 9, 1994, s. 1-5, 26-27.
2. VELÍŠEK, J.: Chemie potravin. Praha : OSSIS, 1999. 352 s.
3. HETTIARACHCHY, N. S. - KALAPATHY, U.: Functional properties of soy proteins. In: WHITAKER, J. a kol.: Functional properties of proteins and lipids. III. Series. Washington, DC : American Chemical Society, 1997, s. 80-93.
4. AHMEDNA, M. - PRINYAWIWATKUL, W. - RAO, R. M.: Solubilized wheat protein isolate: functional properties and potential food applications. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 47, 1999, s. 1340-1345.
5. BABIKER, E. E.: Effect of transglutaminase treatment on the functional properties of native and chymotrypsin-digested soy protein. Food Chemistry, 70, 2000, s. 139-145.
6. LÉONIL, J. - GAGNAIRE, V. - MOLLÉ, D.: Application of chromatography and mass spectrometry to the characterization of food proteins and derived peptides. Journal of Chromatography A, 881, 2000, s. 1-21.
7. TOTOSAUS, A. - GUERRERO, I. - LARA, P.: Functional properties of goat meat proteins. In: WHITAKER, J. a kol.: Functional properties of proteins and lipids. III. Series. Washington, DC : American Chemical Society, 1997, s. 218-228.
8. AUGUSTIN, M. A.: Mineral salts and their effect on milk functionality. The Australian Journal of Dairy Technology, 55, 2000, s. 61-64.
9. KORHONEN, H. - PIHLANTO-LEPPÄLÄ, A. - RANTAMÄKI, P.: The functional and biological properties of whey proteins: prospects for the development of functional foods. Agricultural and Food Science in Finland, 7, 1998, s. 283-296.
10. AWADÉ, A. N. - EFSTATHIOU, T.: Comparison of three liquid chromatographic methods for egg-white protein analysis. Journal of Chromatography B, 723, 1999, s. 69-74.
11. LU, G. H. - CHEN, T. C.: Application of egg white and plasma powders as muscle food binding agents. Journal of Food Engineering, 42, 1999, s. 147-151.
12. ANTON, M. - GANDEMER, G.: Effect of pH on interface composition and on quality of oil-in-water emulsion made with hen egg yolk. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 12, 1999, s. 351-358.
13. LE DENMAT, M. - ANTON, M. - BEAUMAL, V.: Characterization of emulsion properties and of interface composition in O/W emulsions prepared with hen egg yolk, plasma and granules. Food Hydrocolloids, 14, 2000, s. 539-549.
14. MINE, Y.: Emulsifying characterization of hens egg yolk proteins in oil-in-water emulsions. Food Hydrocolloids, 12, 1998, s. 409-415.
15. MIMOUNI, B. - ROBIN, J. M. - ANANZA, J. L.: Wheat flour proteins: isolation and functionality of gliadin and HMW-glutenin enriched fractions. Journal of Science Food and Agriculture, 78, 1998, s. 423-428.
16. BEJOSANO, P. F. - CORKE, H.: Properties of protein concentrates and hydrolysates from *Amaranthus* and buckwheat. Industrial Crops and Products, 10, 1999, s. 175-183.
17. SEXTON, P. J. - PAEK, C. N. - SHIBLES, M. R.: Effects of nitrogen source and timing of sulfur deficiency on seed yield and expression of 11S and 7S seed storage proteins of soybean. Field Crops Research, 59, 1998, s. 1-8.
18. PAPAVERGOU, E. J. - BLOUKAS, J. G. - DOXASTAKIS, G.: Effect of lupin seed proteins on quality characteristics of fermented sausages. Meat Science, 52, 1999, s. 421-427.
19. CLEMENTE, A. - SÁNCHEZ-VIOQUE, R. - VIOQUE, J.: Effect of cooking on protein quality of chickpea (*Cicer arietinum*) seeds. Food Chemistry, 62, 1998, č. 1, s. 1-6.
20. SÁNCHEZ-VIOQUE, R. - CLEMENTE, A. - VIOQUE, J.: Protein isolates from chickpea (*Ci-*



- cer arietinum* L.): chemical composition, functional properties and protein characterization. Food Chemistry, 64, 1999, s. 237-243.
21. MAHMOUD, M. I.: Physicochemical and functional properties of protein hydrolysates in nutritional products. Food Technology, 10, 1994, s. 89-94.
  22. JAHANIAVAL, F. - KAKUDA, Y. - ABRAHAM, V.: Soluble protein fractions from pH and heat treated sodium caseinate: physicochemical and functional properties. Food Research International, 33, 2000, s. 637-647.
  23. RELKIN, P. - HAGOLLE, N. - DALGLEISH, D. G.: Foam formation and stabilisation by pre-denatured ovalbumin. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 12, 1999, s. 409-416.
  24. KULMYRZAEV, A. K. - SIVESTRE, P. C. M. - MCCLEMENTS, D. J.: Rheology and stability of whey protein stabilized emulsions with high CaCl<sub>2</sub> concentrations. Food Research International, 33, 2000, s. 21-25.
  25. FOEGEDING, E. A. - GWARTNEY, E. A. - ERRINGTON, A. D.: Functional properties of whey proteins in forming networks. In: WHITAKER, J. a kol.: Functional properties of proteins and lipids. III. Series. Washington, DC : American Chemical Society, 1997, s. 145-157.
  26. CHANG, Y. I. - CHEN, T. C.: Functional and gel characteristics of liquid whole egg as affected by pH alteration. Journal of Food Engineering, 45, 2000, s. 237-241.
  27. KER, Y. C. - CHEN, H. R.: Shear-induced conformational changes and gelation of soy protein isolate suspensions. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie, 31, 1998, s. 107-113.
  28. PANDEY, P. K. - RAMASWAMY, H. S. - ST-GELAIS, D.: Water-holding capacity and gel strength of rennet curd as affected by high-pressure treatment of milk. Food Research International, 33, 2000, s. 655-663.
  29. EUSTON, R. S. - HIRST, R. L.: Comparison of the concentration-dependent emulsifying properties of protein products containing aggregated and non-aggregated milk protein. International Dairy Journal, 9, 1999, s. 693-701.
  30. PHINMOMGKHOL, A. - VARLEY, J.: A multipoint conductivity measurement system for characterisation of protein foams. Colloids and Surfaces, 12, 1999, s. 247-259.
  31. MUTILANGI, W. A. M. - PANYAM, D. - KILARA, A.: Functional properties of hydrolysates from proteolysis of heat-denatured whey protein isolate. Journal of Food Science, 61, 1996, č. 2, s. 270-274, 303.
  32. IBANOGLU, E. - IBANOGLU, S.: Foaming behaviour of EDTA-treated  $\alpha$ -lactalbumin. Food Chemistry, 66, 1999, s. 477-481.
  33. DAVÍDEK, J. - JANÍČEK, G. - POKORNÝ, J.: Chemie potravin. Praha : Alfa, 1983. 632 s.
  34. MARSMAN, G. J. P. - GRUPPEN, H. - MUL, A. J.: In vitro accessibility of untreated, toasted and extruded soybean meals for proteases and carbohydrases. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 45, 1997, s. 4088-4095.
  35. WANG, M. - HETTIARACHCHY, N. S. - QI, M.: Preparation and functional properties of rice bran protein isolate. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47, 1999, s. 411-416.
  36. CHIANG, W. D. - SHIH, CH. J. - CHU, Y. H.: Functional properties of soy protein hydrolysates produced from a continuous membrane reactor system. Food Chemistry, 65, 1999, s. 189-194.
  37. PERIAGO, J. M. - VIDAL, L. M. - ROS, G.: Influence of enzymatic treatment on the nutritional and functional properties of pea flour. Food Chemistry, 63, 1998, č. 1, s. 71-78.
  38. HARDWICK E. J. - GLATZ, CH. E.: Enzymatic hydrolysis of gluten meal. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 27, 1989, s. 1188-1192.
  39. CAESSENS, P. W. J. R. - VISSER, S. - GRUPPEN, M.:  $\beta$ -lactoglobulin hydrolysis. 1. Peptide composition and functional properties of hydrolysates obtained by the action of plasmin, trypsin and *Staphylococcus aureus* V8 protease. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 47, 1999, s. 2973-2979.

40. MAHAJAN, A. - DUA, D.: Role of enzymatic treatments in modifying the functional properties of rapeseed (*Brassica campestris* var. Toria) meal. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 49, 1998, s. 435-440.
41. ALTHOUSE, P. J. - DINAKAR, P. - KILARA, A.: Screening of proteolytic enzymes to enhance foaming of whey protein isolates. *Journal of Food Science*, 60, 1995, č. 5, s. 1110-1112.

Do redakcie došlo 27.4.2001.

### **Functional properties of food proteins**

HRČKOVÁ, M. - ZEMANOVIČ, J.: *Bull. potrav. Výsk.*, 40, 2001, p. 191-207.

**SUMMARY.** Proteins are important in food processing and food product development because they are responsible for many functional properties that influence the consumer acceptance of food products. These functional properties include both physicochemical and nutritional properties. Functional properties such as solubility, water binding capacity, oil binding properties, foaming capacity and stability, emulsion capacity, viscosity and gelation have a significant impact on the product quality. Functional properties of proteins can be modified using physical, chemical and enzymatic methods. Particularly enzymatic modification have had a long tradition of being applied in food industry, e. g. cheese production, baking industry or brewing. Modified proteins can be used in food systems, such as additive and regeneration beverages, infant formulae, as food texture enhancers, or as pharmaceutical ingredients.

**KEYWORDS:** proteins; functional properties; protein isolates; enzymatic hydrolysis