

CONȚINUTUL PROTEIC AL ZERULUI

Irina PALADII^{1,2}

¹Universitatea Tehnică a Moldovei, Școala doctorală Știința Alimentelor, Chișinău, Moldova

²Institutul de Fizică Aplicată, str. Academiei 5, Chișinău, Moldova

*Autorul corespondent: Paladii Irina, paladiiirina@gmail.com

Rezumat. Lucrarea reprezintă o descriere succintă a conținutului proteic al zerului care constituie circa 20 % din proteinele laptelui. Proteinele zerului sunt proteine bine structurate cu ramificări secundare și terțiare stabile. Principalele componente proteice majore ale zerului sunt β -lactoglobulina, α -lactalbumina, albumina serică bovină și imunoglobulinele. Astfel de proteine precum lactoperoxidaza, serum transferina, lactoferina, lactolin și fracția proteose-peptone reprezintă așa numitele proteine „minore” ale conținutului proteic al zerului.

Cuvinte cheie: proteine serice, β -lactoglobulina, α -lactalbumina, albumina serică bovină, imunoglobuline.

Zerul este co-produsul fabricării brânzeturilor și al cazeinei în industria laptelui. În dependență de tipul brânzeturilor fabricate, se obțin două tipuri de zer principale – zerul dulce și zerul. Zerul dulce este derivat din fabricarea brânzeturilor obținute prin fabricarea cu cheaguri. Zerul acru este obținut după fabricarea brânzeturilor produse cu acizi [1].

Compoziția zerului este condiționată de metoda utilizată pentru producerea acestuia, tehnologia procesării și utilajul întrebuințat. Tipul produselor lactate primare obținute influențează conținutul solid al zerului [1].

Zerul conține aproximativ 50% constituenții laptelui, cum ar fi lactoza (~ 70%, în funcție de aciditatea zerului), proteine (~ 14%), minerale și unele grăsimi. Principalele diferențe sunt în conținutul de calciu, fosfat, acid lactic și lactat, care este mai mare pentru zerul acid decât pentru zerul dulce (Tab. 1) [3].

Tabelul 1

Compoziția comparativă a diferitor tipuri de zer [3]

Componente	Zer nativ	Zer dulce	Zer acru	Zer sărat
Conținut solid total	2,5±0,01	16,8±0,01	2,86±0,07	8,9±0,01
Cenușa	0,2±0,003	0,7±0,08	0,21±0,01	1,7±0,11
Proteină totală	2,2±0,01	10,8±0,4	1,73±0,01	1,0±0,1
Azot fără proteine	0,005±0,001	0,01±0,0	0,006±0,001	0,01±0,0
pH	6,5±0,03	6,4±0,02	4,2±0,02	5,5±0,01
Lactoză	0,1±0,02	2,9±0,03	0,7±0,02	2,4±0,3
Acid lactic	0,001±0,0001	0,1±0,03	0,2±0,02	0,07±0,001
Ca (mg 100·g ⁻¹)	40±1	20±3	140±10	80±1
K (mg 100·g ⁻¹)	30±1	100±20	10±0,0	50±6
Mg (mg 100·g ⁻¹)	20±1	10±1	10±1	10±6
Na (mg 100·g ⁻¹)	10±4	400±20	30±10	1100±50
Fosfat anorganic (mg 100·g ⁻¹)	10±6	10±3	3±1	10±3
Fosfat total (mg 100·g ⁻¹)	20±2	30±6	10±3	20±1

Proteinele zerului sunt bine structurate cu ramificări secundare și terțiare stabile. Proteinele din zer constituie circa 20 % din proteinele laptelui. Patru componente proteice majore ale zerului constituie 90% din proteinele zerului, acestea fiind β -Lactoglobulina (β -Lg), α -Lactalbumina (α -La), Albumina Serică Bovină - Bovine Serum Albumina (BSA) și Imunoglobulinele (Ig). Restul 10 % reprezintă: lactoperoxidaza, serum transferina, lactoferina, lactolin și fracția proteose-

peptone. Structura și stabilitatea proteinelor din zer sunt esențiale pentru cunoașterea diferitor parametri (presiunii, temperaturii, acidității active (pH)) la procesul extragerii proteinelor serice în diferite concentrate [4]

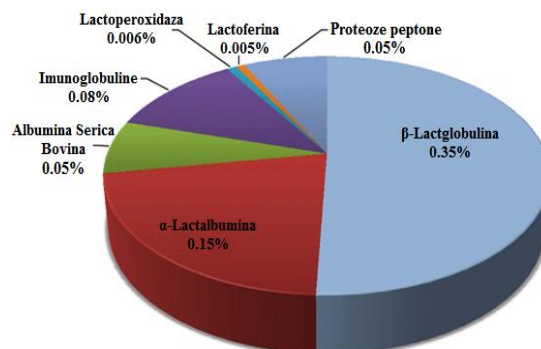


Figura 1. Conținutul proteic al zerului

β -Lactoglobulina (β -Lg), β -Lg constituie 50% din proteinele din zer și 12% din conținutul proteic total al laptelui. β -Lg nativă este o proteină mică globulară cu masa moleculară 18,3 kDa cu structură secundară și terțiară definită. Molecula de β -Lg este formată din structuri α -helice, β -coli și bobină aleatorie reprezentată în proporție de 10-15%, 43% și 47% respectiv. În soluții apoase la pH 5-7 la temperatura camerei această proteină este sub formă de dimer, adică din două subunități identice. Masa moleculară a fiecărei subunități este 18,3 kDa și constă din 162 de aminoacizi, dintre care 84 - esențiali și patru resturi de cisteină. În condiții fiziologice β -Lg se află sub formă de dimer a două β -Lg subunități proteice, cu echilibru spre forma monomerică, ceea ce permite transformarea dimerului în monomeri nativi. Echilibrul spre formarea monomerului din dimer are loc când concentrația β -Lg este joasă (mică), puterea ionică este mică sau pH-ul este mai mic de 7. Astfel β -Lg poate asocia și disocia în dependență de pH al mediului. La pH-ul caracteristic laptelui β -Lg există sub formă de dimer. Datorită unei repulsii electrostatice înalte la pH 3,5, β -Lg disociază reversibil în monomeri. Pe de altă parte, unii autori au arătat că β -Lg există sub formă de monomer la pH mai mic de 3,5, precum și la pH mai mare de 7,5. A fost stabilit că β -Lg poate exista sub formă de agregate tetramerice, octamerice și multimerice în diverse condiții ale mediului [5].

α -Lactalbumină (α -La), reprezintă 20% din proteinele zerului laptelui bovin. Sunt proteine mici, formate din 123 resturi de aminoacizi cu masa moleculară 14,2 kDa. α -La este o proteină reglatoare a complexului enzimatic lactose syntetasa, iar concentrația lactozei în lapte este direct legată de concentrația α -La. Lactoza este o componentă extrem de importantă a laptelui și responsabilă pentru menținerea a 50% din presiunea osmotică, fiind respectiv o proprietate indirectă și α -La. α -La este o proteină mică cu proprietăți acide (pH 4-5) afinitate înaltă față de ionii de Ca^{2+} și alți cationi bivalenți. Această proteină există în două forme generice A și B, cu masa moleculară 14.146 și 14.174, respectiv. Una dintre principalele diferențe structurale față de β -Lg este că aceasta nu are nici o grupare tiol liberă care poate servi drept punct de start pentru o reacție covalentă de agregare. Întreaga arhitectură a plierii moleculei proteice a α -La este determinată de însăși secvența polipeptidică și nu este rezultatul interacțiunii punților disulfidice. Legarea calciului la α -La este necesară pentru formarea corectă a punților disulfidice pe parcursul plierii proteinelor. De asemenea situsul pentru legarea calciului este important pentru stabilitatea α -La pe parcursul acțiunii temperaturilor înalte, deoarece calciul mărește stabilitatea α -La ce este necesar pentru generarea eficientă a proteinei native cu punți disulfidice corect poziționate din statutul reductiv degenerat [6].

Albumina Serică Bovină (ASB) nu este sintetizată în glandele mamare, dar apare în lapte prin transportul pasiv din fluxul sanguin. ASB este o proteină formată din 582 de resturi de aminoacizi, masa moleculară fiind de 66,267 kDa. Conține 17 punți disulfidice intermoleculare și o grupă tiolică la restul de AA 34. ASB se caracterizează printr-un conținut mic de triptofan și metionină și un conținut mare de cisteină și aminoacizi ce au sarcină, acizii glutamic și aspartic, lizină și arginine [7].

Imunoglobulinele sunt o familie de anticorpi bioactivi de protecție găsită în zer. O proteină din zer conține aproximativ 10-15% imunoglobuline sau anticorpi. Imunoglobulinele și lactoferina sunt două componente minore de proteine din zer cu activitate antimicrobiană dovedită. Imunoglobulinele comune includ IgG, IgA și IgM. IgG a fost găsit la concentrații 0,6-0,9 mg/ml. Conform rezultatelor unui studiu in vitro, IgG bovin la concentrații până la 0,3 mg/ml a suprimat sinteza IgG, IgA și IgM umane cu până la 98%. Pe baza acestor constatări, cercetătorii au concluzionat că laptele de bovine are un potențial de a modula răspunsul imun la oameni. Atunci când sunt consumate din alimente, imunoglobulinele leagă bacteriile, toxinele și alte molecule dăunătoare și le transportă în siguranță din organism. Imunoglobulinele din produsele lactate s-au dovedit a asigura protecția omului la boli. Revelarea importanței acestor componente minore a sporit cererea de a le prepara într-o formă foarte purificată și într-o cantitate mare [8]. Proteinele zerului conțin, de asemenea, lactoferină, ce se racordează la așa numitele proteine „minore”, sunt în cantitate nesemnificativă și nu posedă valoare nutritivă importantă, însă au alte funcții importante. Lactoferina, în special, este un antioxidant, ce are proprietăți bactericide, contribuie la funcțiile protectoare a glandei mamare de pătrunderea diferitor infecții. Se întâlnește în cantitate mare în laptele matern (17%), dar în orice colostru conținutul ei este considerabil (mai mare de patru ori) și contribuie la ridicarea imunității și rezistenței organismelor din primele zile. Datorită proprietății de a conexe fierul, lactoferina inhibă creșterea bacteriilor patogene și a fugilor, contribuie la creșterea bifidobacteriilor, astfel oferind o funcționare normală a microflorei intestinale neonatale [9]. Lactoperoxidaza, la fel, se referă la proteinele „minore” ale zerului și are proprietatea de a inhiba creșterea bacteriilor mistuitoare de fier [9, 10]. Circa 24% din proteinele zerului sunt proteozo-peptonele. Această fracție este eterogenă în compoziție, conține patru componente, dintre care una este o proteină serică cu o greutate moleculară de aproximativ 41 kDa și un nivel ridicat de carbohidrați (17%– glicomacropoteide). Restul componentelor sunt fosfopeptidele formate (împreună cu γ -cazeina) la hidroliza β -cazeinei sub acțiunea proteinazei din lapte [11]. Compoziția proteinelor din zer diferă în laptele a diferitor specii de mamifere, astfel încât aceasta poate varia de la 6 la 10 g/l proteine. Chiar raportul de cazeină / proteine din zer diferă în mod constant între speciile de mamifere. Ea variază de la 3,2: 1 la 4,7: 1 la caprine, ovine și bovine, în timp ce este 0,4: 1 la om, 1,1: 1 la cabaline și 1,3: 1 la lapte de măgăriță. Laptele de oaie are cel mai mare conținut de proteine totale, de 5,2% (greutate / volum), în timp ce este de 3,2% în laptele de bovine și de caprine. Pe de altă parte, laptele cabalinelor conține o cantitate mică de proteine, 2,7% (greutate / volum), iar compoziția și conținutul de proteine seamănă cu cele din laptele uman. S-au raportat variații sezoniere ale conținutului de proteine în toate tipurile de lapte și, respectiv de zer, în deosebi la cel de ovine și caprine [12]. Proteinele zerului au cea mai mare rată de clivaj în procesul digestiv din toate proteinele integrale. În plus, circa 14% din proteinele zerului sunt parțial hidrolizate în aminoacizi, di- tri- și polipeptide, ce sunt inițiatorii digestiei și participă la sinteza enzimelor și hormonilor vitali. Concentrația aminoacizilor și peptidelor în sânge crește brusc deja în prima oră după ingestia de produse alimentare pe bază de proteine din zer [13]. Sunt cunoscute diverse metode de prelucrare a produselor lactate secundare cu obținerea concentratelor proteice, utilizate cu succes în diferite suplimente atât alimentare, cât și farmaceutice în calitate de adaosuri biologic active [14].

Concluzii

Conținutul proteic al zerului este constituit din patru componente proteice majore ale zerului: β -lactoglobulina, α -lactalbmina, albumina serică bovină și imunoglobulinele. Proteinele zerului conțin, de asemenea așa numitele proteine „minore” care sunt prezente în cantități nesemnificative: lactoperoxidaza, serum transferina, lactoferina, lactolin și fracția proteose-peptone. Proteinele zerului conțin practic toți aminoacizii esențiali și neesențiali, plus, au cea mai mare rată de clivaj în procesul digestiv din toate proteinele integrale. Proteinele zerului, datorită proprietăților lor biologice, funcționale și nutriționale valoroase prezintă un interes sporit la utilizarea lor atât în industria alimentară, cât și cea farmaceutică.

Muțumiri. Doctoranda, Paladii Irina, mulțumește conducătorilor științifici, domnului Bernic Mircea, dr., hab., prof. univ., domnului Bologa Mircea, acad., dr. hab., prof. univ., precum și doamnei Vrabie Elvira, dr., cerc. ș., coord., pentru sprijinul și îndrumările acordate pe parcursul lucrului. Lucrarea a fost elaborată în cadrul proiectului program de stat, ANCD nr. 20.80009.5007.06.

Referințe

1. BULUT SOLAK, B., AKIN, N. *Functionality of Whey Protein*. In: Int. J. Health Nutr., 2012, 3(1), pp. 1-7.
2. NISHANTHI, M., CHANDRAPALA, J., VASILJEVIC, T., *Compositional and structural properties of whey proteins of sweet, acid and salty whey concentrates and their respective spray dried powders*, In: Int. Dairy J., 2017, 74, pp. 49-56. doi: 10.1016/j.idairyj.2017.01.002.
3. CHANDRAJITH, V.G.G., KARUNASENA, G.A.D.V. *Applications of whey as a valuable ingredient in food industry*, In: Dairy and Vet. Sci. J., 2018, 6 (5), pp. 1-4. doi: 10.19080/JDVS.2018.06.555698.
4. YUKALO, V., DATSYSHYN, K., STOROZH, L. *Electrophoretic system for express analysis of whey protein fractions*. In: Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2019, 2, pp. 37-44.
5. BOLOGA, M., VRABIE, E., PALADII, I., ILIASENCO, O., et al. *Peculiarities of extraction of β -lactoglobuline in protein mineral concentrates at electroactivation of whey*. One Health & Risk Management, 2020, 2(1), pp.52-68. <https://doi.org/10.38045/ohrm.2021.1.06>.
6. STĂNCIUC, N., RAPEANU, G. *An overview of bovine α -lactalbumin structure and functionality*. Food Technology. In: Innov. Rom. Food Biotechnol, 2010, 34 (2), pp. 83-93.
7. SHARMA, R. *Whey proteins in functional foods*. In: Hilton C. Deeth, Nidhi B., ed. *Whey Proteins*, St Lucia, QLD, Australia, Academic Press, 2019, pp. 637-663.
8. ULFMAN, L., LEUSEN, J., SAVELKOUL, H., WARNER, J.O., et al. *Effects of bovine immunoglobulins on immune function, allergy, and infection*. In: Frontiers in Nutrition, 2018, 5, pp. 1-20.
9. GANGURDE, H., PATIL, P.S., CHORDIYA, M., BASTE, N.S., *Whey protein*. In: Scholars' Research J., 2011, 1(2), pp. 69-77.
10. SILVIYA, R.M., BHUMIKA, K.D., PARMAR, S.C, APARNATHI, K.D., *Whey and its utilization*. In: Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci., 2016, 5(8), p. 134.
11. ХРАМЦОВ, А.Г., ПАНОВА, Н.М., РЯБЦЕВА, С.А., ЕВДОКИМОВ, И.А., и др., *Разработка технологии бифидо-активных кормовых добавок на основе молочного белково-углеводного сырья*, Сборник научных трудов. Серия «Продовольствие». Ставрополь: ГОУВПО «СевКавГТУ», 2002, № 5, с. 67.
12. PAPADEMAS, P., KOTSAKI, P. *Technological utilization of whey towards sustainable exploitation*. In: Advances in Dairy Research, 2019, 7, pp.1-10.
13. ХРАМЦОВ, А.Г., ВАСИЛИСИН, С.В., РЯБЦЕВА, С.А., ВОРОТНИКОВА, Т.С., *Технология продуктов из вторичного молочного сырья*, Санкт-Петербург, ООО Издательство ГИОРД, 2009, с. 424.
14. RAMOS, O.L., PEREIRA, R.N., RODRIGUES, R.M., TEIXEIRA, J.A., et al., *Whey and whey powders: Production and uses*, In: Caballero, B., Finglas, P., Toldrá, F. (eds.), *The Encyclopedia of Food and Health* vol. 5, Oxford, Academic Press, 2016, pp. 498–505.