

CONȚINUTUL MINERAL AL ZERULUI - BENEFICIILE CALCIULUI ȘI FOSFORULUI

Irina PALADII^{1, 2}

¹Școala Doctorală a Universității Tehnice a Moldovei, str. Studenților 9/8, Chișinău, Moldova

²Institutul de Fizică Aplicată, Universitatea de Stat din Moldova, str. Academiei, 5, MD2028, Republica Moldova

*Autorul corespondent: Irina Paladii, e-mail irina.paladii@ifa.md

Îndrumător/coordonator științific: Natalia ȚISLINSKAIA, dr., conf. univ., UTM

Rezumat. *Lucrarea descrie conținutul mineral al laptelui și zerului. Se menționează semnificația principalelor macroelemente (calciu, fosfor) și microelementelor pentru funcțiile vitale ale organismului, subliniind importanța proporției echilibrate a ionilor de calciu și fosfor în nutriție. Se accentuează necesitatea elaborării unor tehnologii emergente cu obținerea concentratelor îmbogățite cu calciu și fosfor din materia primă accesibilă, spre exemplu din zer.*

Cuvinte cheie: *produse lactate secundare, microminerale, macrominerale, fosfat de calciu, lapte*

Introducere

Substanțele minerale sunt vitale pentru corpul uman și prezintă un constituent necesar al dietei umane. Ele sunt împărțite în două grupe mari: macroelemente, care alcătuiesc 99% din compoziția corpului uman și microelemente. Conținutul mineral al laptelui, care este o fracțiune mică (aproximativ $8-9 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), conține cationi (calciu, magneziu, sodiu și potasiu) și anioni (fosfat anorganic, citrat și clorură). Laptele și produsele lactate sunt surse importante de minerale în nutriția umană, deoarece oferă aproximativ 55 și 25% din aportul zilnic recomandat de calciu și respectiv fosfor [1- 3].

Laptele conține aproximativ 30 mM calciu și 22 mM fosfat anorganic în soluție, cu majoritatea calciului (68%) și fosfatului (47%) asociat cu proteinele α_{S1-} , α_{S2-} , β - și κ -cazeina din miceliile de cazeină. Cazeinele α_{S1-} , α_{S2-} și β - au un număr de resturi de fosfat serină (Ser(P)) în motive specifice ale situsului de fosforilare, cum ar fi $[-(\text{Ser(P)})_3(\text{Glu})_2]$, care sunt esențiale pentru interacțiunea lor cu fosfatul de calciu [4]. Calciul și fosforul sunt cele mai importante macroelemente ale laptelui, se conțin într-o formă ușor digerabilă și proporții bine echilibrate. Compușii lor sunt, de asemenea, de mare importanță pentru procesarea laptelui. Majoritatea sărurilor de calciu din lapte (pH 6,47–6,67) sunt fosfați care prezintă o solubilitate scăzută și un grad nesemnificativ de disociere. Doar o mică parte dintre ele este conținută sub forma unei soluții adevărate; cea mai mare parte este sub forma unei soluții coloidale. Fosfatul de calciu coloidal legat de cazeinatul de calciu se conține în lapte sub formă de fosfat-cazeinat de calciu [2, 5].

La procesarea primară a laptelui, aproape toate macro- și microelementele trec în zer. Adesea, compoziția totală a solidelor din zer nu corespunde sumei echivalente a componentelor sale, datorată diferitor metode de determinare. Compoziția minerală a zerului depinde, în primul rând, de tipul produsului lactat primar rezultat, de perioada anului, de condițiile de procesare și de alți factori. Conținutul Ca, P și Mg în zer depinde în principal de conținutul lor în lapte, dar și de conținutul de proteine [6]. Conținutul ridicat de minerale din zerul acru (7,9 g/L), comparativ cu cel al zerului dulce (5,3 g/L), este asociat cu eliberarea de calciu și fosfor din miceliile de cazeină la acidifierea laptelui la pH de 4,6 [7, 8]. Principalele microelemente ale zerului, în $\mu\text{g}/\text{kg}$: fier – 674; zinc – 3108; cupru – 7,6; cobalt – 6,08; se conțin în mai mult de 20 de compuși, iar ultra-microelementele în aproximativ 16 compuși. Cationii zerului sunt compuși din K, Na, Ca, Mg și Fe; anionii sunt formați din radicalii acizilor fosforic, citric și clor. Sărurile anorganice ale acidului lactic conțin 67% fosfor, 78% calciu și 80% magneziu [8].

Compușii organici cuprind fosfor ca parte a cazeinei, fosfolipide, esteri fosforici a carbohidraților, unele coenzime, acizi nucleici etc. Fosfații de calciu pot fi sub formă de $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, CaHPO_4 , $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ și alte săruri mai complexe; citrații de calciu sunt $\text{Ca}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2$ și $\text{Ca}(\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_7)$. Forma în care fosfații de calciu și citrații se conțin în lapte nu este încă clară; însă, se știe că majoritatea acestor săruri sunt în stare coloidală și o mică parte (aproximativ 30–40%) sub formă de soluție adevărată. Între ele se stabilește un echilibru. Raportul dintre aceste forme joacă un rol important în menținerea unui anumit grad de dispersie, în hidratarea particulelor de proteine, în stabilizarea lor la tratament termic și în apariția coagulării cheagului [9].

Conținutul de calciu și fosfor în lapte este bine echilibrat, ceea ce asigură asimilabilitatea lor relativ mare. Raportul Ca:P în produsele lactate este cel mai mare în comparație cu alte produse alimentare: este de 1:1 până la 1,4:1 în lapte (1:1,5 până la 1:2 în caș și brânză), în timp ce este de 1:13 și 1:11 în carne și respectiv pește. Conform diferitelor surse din literatură, raportul Ca:P variază; un rol important îl joacă, posibil, metodele de cercetare, regiunea, perioada anului, speciile de animale, tipul de hrănire și alți factori [10]. Cantitatea de calciu din laptele de vacă variază între 100 și 140 mg, iar conținutul de fosfor este de 74–130 mg; 0,5 L de lapte pot asigura necesarul zilnic al organismului pentru acest element.

Fosforul este foarte abundent în produsele alimentare; prin urmare, corpul uman nu suferă aproape niciodată de deficiență. Necesarul mediu zilnic de fosfor este de 1,5–2,0 g. Necesarul zilnic de calciu pentru adulți este de 0,8–1,5 g. Procesele metabolice ale fosforului și calciului sunt strâns legate între ele, iar tulburările metabolice ale unuia dintre aceste elemente sunt însoțite de un dezechilibru metabolic al celuilalt, care este evident din modificări ale scheletului osos și ale excitabilității neuromusculare [11]. Fosforul, împreună cu calciul, îndeplinește o funcție plastică importantă, fiind implicat în formarea oaselor și a dinților (conțin 85% din fosforul organismului). Compușii fosforului sunt de mare importanță în aproape toate procesele de activitate vitală; sunt deosebit de importante în metabolism și în funcțiile țesuturilor nervoase și cerebrale, enzimelor și hormonilor [9, 10].

Fosforul se conține în lapte în formă minerală și organică. Compușii anorganici sunt fosfații de calciu și alte metale, iar conținutul lor este de 45–100 mg (circa 63–66% din cantitatea totală de fosfor) [12]. Calciul este cel mai abundent mineral din organism. Peste 99% din totalul de calciu din organism se află sub formă de hidroxiapatită de calciu ($\text{Ca}_{10}[\text{PO}_4]_6[\text{OH}]_2$) în oase și dinți și fortifică țesuturile respective. Este nutrientul cel mai frecvent asociat cu formarea și metabolismul țesutului osos și servește ca un rezervor și o sursă de calciu pentru procese metabolice critice prin procesul de remodelare osoasă [13].

Calciul promovează coagularea sângelui prin activarea proteinei fibrinei, iar împreună cu magneziul ajută la reglarea ritmului cardiac, a tonusului muscular, a contracției musculare și a transmisiilor nervoase. Are rolul de mesager intracelular esențial în celule și țesuturi din corpul uman. Deși acest bazin de calciu este cantitativ mic, calciul ionizat prezent în sistemul circulator, lichidul extracelular, mușchi și alte țesuturi, este esențial pentru medierea contracției vasculare și vasodilatației, a funcției musculare, a transmisiei nervoase și a secreției hormonale, mai puțin de 1% de calciu corporal total este necesar pentru a susține aceste funcții metabolice critice [10, 11, 13].

Conținutul mineral bogat și variat al zerului poate fi valorificat prin electroactivare, obținând concentrate proteice minerale înnobilate cu diferite fracții proteice și minerale benefice pentru sănătate [14, 15].

Concluzii

Laptele și produsele lactate sunt surse importante de minerale în nutriția umană oferind aproximativ 55 și 25% din aportul zilnic recomandat de calciu și respectiv fosfor. Conținutul mineral al zerului este variat, optim și bine balansat din punct de vedere biologic. Aproape toate macro- și microelementele laptelui trec în zer, în special potasiu, sodiu, calciu, fosfor, magneziu, clor etc., iar conținutul lor variază în funcție de produsele lactate primare obținute, de perioada anului și de condițiile de procesare. Calciul și fosforul sunt două dintre cele mai importante macrominerale necesare pentru creștere, schelet și funcționarea organismului, sunt implicate în mai multe procese fiziologice vitale.

Mulțumiri. Doctoranda, Paladii Irina, mulțumește conducătorilor științifici, doamnei Țislinscaia Natalia, dr., conf. 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. WANG, Q., & MA, Y. Effect of temperature and pH on salts equilibria and calcium phosphate in bovine milk. In: *International Dairy Journal*, 2020, 110, 104713. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104713>
2. GORSKA-WARSEWICZ, H., REJMAN, K., LASKOWSKI, W., & CZECZOTKO, M. Milk and dairy products and their nutritional contribution to the average polish diet. In: *Nutrients*, 2019, 11(8):1771. doi:10.3390/nu11081771
3. FRANZOI, M., COSTA, A., PENASA, M., & De MARCHI, M. Genetic background of calcium and phosphorus phases predicted from milk mid-infrared spectra of Holstein cows. In: *Italian Journal of Animal Science*, 2021, 20(1), pp 777-783, doi: 10.1080/1828051X.2021.1912663
4. CROSS, K.J., HUQ, N.L., & Reynolds, E.C. Casein Phosphopeptide-Amorphous Calcium Phosphate Nanocomplexes: A Structural Model. In: *Biochemistry*, 2016, 55(31), pp. 4316-25. doi: 10.1021/acs.biochem.6b00522
5. LOUGHRILL, E., WRAY, D., CHRISTIDES, T., & ZAND, N. Calcium to phosphorus ratio, essential elements and vitamin D content of infant foods in the UK: Possible implications for bone health. In: *Maternal & child nutrition*, 2017, 13(3), e12368. <https://doi.org/10.1111/mcn.12368>
6. FRANCESCHI, P., MARTUZZI, F., FORMAGGIONI, P., MALACARNE, M., & SUMMER, A. Seasonal Variations of the Protein Fractions and the Mineral Contents of the Cheese Whey in the Parmigiano Reggiano Cheese Manufacture. In: *Agriculture*, 2023, 13, 165. <https://doi.org/10.3390/agriculture13010165>
7. CHANDRAJITH, V.G.G., KARUNASENA, G.A.D.V. Applications of whey as a valuable ingredient in food industry. In: *Journal of Dairy & Veterinary Sciences*, 2018, 6(5), pp. 555. doi: 10.19080/JDVS.2018.06.555698
8. PALADII, I.V., VRABIE, E.G., SPRINCHAN, K.G., BOLOGA, M.K. Whey: Review. Part 1: Classification, Composition, Properties, Derivatives, and Application. In: *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*, 2021, 57(5), pp. 579—594. Doi: [10.3103/S1068375521050112](https://doi.org/10.3103/S1068375521050112).
9. SHKEMBI, B., & HUPPERTZ, T. Calcium Absorption from Food Products: Food Matrix Effects. In: *Nutrients*, 2021, 14, 180. <https://doi.org/10.3390/nu14010180>
10. LOUGHRILL, E., WRAY, D., CHRISTIDES, T., & ZAND, N. Calcium to phosphorus ratio, essential elements and vitamin D content of infant foods in the UK: Possible implications for bone health. In: *Maternal & child nutrition*, 2017, 13(3), e12368. <https://doi.org/10.1111/mcn.12368>
11. SUN, M., WU, X., YU, Y., WANG, L., XIE, D., ZHANG, Z., CHEN, L., LU, A., ZHANG, G., & LI, F. Disorders of Calcium and Phosphorus Metabolism and the Proteomics/Metabolomics-Based Research. In: *Frontiers in cell and developmental biology*, 2020, 8, 576110. <https://doi.org/10.3389/fcell.2020.576110>
12. БОГАТОВА, О. В., ДЮГАПЕВА, Н. Г. *Khimiya i fizika moloka*. [Chemistry and Physics of Milk Proteins]. Orenburg: Orenburg Gos. Univ, 2004
13. SINGH, M., SHARMA, R. G., RANVIR, S., GANDHI, K., MANN, B. Profiling and distribution of minerals content in cow, buffalo and goat milk. In: *Indian Journal of Dairy Science*, 2019, 72(5), pp. 480-488.
14. SPRINCHAN, E.G., Optimization of technological regimes for obtaining protein–mineral concentrated products from secondary milk raw materials. In: *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*, 2009, 45(1), pp. 63–70
15. BOLOGA, M. K., VRABIE, E. G. and STEPURINA, T. G. Features of Mineralization of Protein Concentrates during the Electrophysical Treatment of Whey. In: *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*, 2013, 49, pp. 504 - 508.