

## Upotreba koncentrata proteina sirutke u mlječnoj hrani za dojenčad\*

Dr. Ljubica TRATNIK, prof. dr. Ljerka KRŠEV,  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb

Stručni rad — Professional Paper  
Prispjelo: 25. 6. 1990.

UDK:637.144

### Sažetak

*Primjena ultrafiltracije u mljekarskoj industriji omogućila je dobivanje koncentrata proteina sirutke (KPS), te je njihova upotreba za pripremu mlječne hrane za dojenčad mnogo povoljnija od upotrebe demineralizirane sirutke. U tu svrhu najčešće se koriste KPS sa 60—80% proteina u suhoj tvari i sa oko 3% pepela u suhoj tvari.*

*Za pripremu »tekuće« mlječne hrane za dojenčad, po uzoru na humano mlijeko, mogu zadovoljiti i KPS s manjom količinom proteina u suhoj tvari, dobiveni ultrafiltracijom slatke ili demineralizirane sirutke.*

### 1. Uvod

Od davnine se kravlje mlijeko (najsličnije humanom) nastoji modificirati, odnosno približiti sastavu humanog mlijeka (tablica 1), da bi se prilagodilo potrebama dojenčadi.

Određenim tehnološkim procesom kravlje mlijeko se mora modificirati u smislu: smanjenja koncentracije proteina i mineralnih tvari (prvenstveno Na), promjene odnosa proteinskih frakcija u korist proteina sirutke i povećanja odnosa Ca : P. Manje je komplicirano povećanje količine ugljikohidrata, zamjena masti i dodavanje potrebnih vitamina (Carić, 1985).

### 2. Upotreba sirutke i koncentrata proteina sirutke za modifikaciju kravljeg mlijeka u prehrani dojenčadi

Oko 1975. godine uvodi se proizvodnja hrane za dojenčad na bazi mlijeka modificiranog dodatkom sirutke (90% demineralizirane) (Mettler, 1980).

Podešavanje količine i sastava frakcija proteina kravljeg mlijeka (po uzoru na humano) može se postići raznim proteinskim mješavinama (Pac-kard, 1982) kao što su:

1. obrano mlijeko s različitim sirutkinim proizvodima,
2. modificirano mlijeko (reducirana količina minerala) s različitim sirutkinim proizvodima, i

\* Referat održan na 9. jugoslavenskom međunarodnom simpoziju »Suvremena proizvodnja i prerada mlijeka«, Portorož, 1990.

**Tablica 1. Glavne komponente humanog i kravljeg mlijeka (Packard, 1982)**  
**Table 1. Main components of human and cow's milk (Packard, 1982)**

Komponente Components	Humano mlijeko Human milk (w/%)	Kravlje mlijeko Cow's milk (w/%)
Proteini Proteins	1,03 <sup>x</sup>	3,3
Mast Fat	4,4	3,7
Laktoza Lactose	6,9	4,7
Mineralne tvari Mineral matter	0,2	0,7
Voda Water	87,2	87,8

<sup>x</sup> Navedena količina proteina i ostalih sastojaka humanog mlijeka je prosječna vrijednost od 591 uzorka.

3. kazeinati (Na ili Ca soli kazeina) s različitim sirutkinim proizvodima (Packard, 1982).

Smanjenjem količine proteina i mineralnih tvari, te promjenom odnosa proteinskih frakcija u korist proteina sirutke, postiže se i bolja probavljivost proteina (Carić, 1985; Carić i sur., 1984.). Na primjer, dekalifikacijom mlijeka uklanjanjem 20% kalcija, stvara se mekši grušk koji dojenče lakše probavlja (Meduzov i sur., 1982).

Od sirutkinih proizvoda najčešće se koristi demineralizirana sirutka u prahu. Prednost ima demineralizirana sirutka elektrodijalizom (Mettler, 1980; Packard, 1982; Meduzov i sur., 1982; Craig, 1978; Houldsworth, 1980), zbog relativno manjeg uklanjanja kalcija (Carić, 1985), jer je u hrani za dojenčad poželjno povećati omjer Ca/P.

Uvođenje membranske metode koncentriranja sirutke — ultrafiltracije u mljekarsku industriju omogućilo je dobivanje koncentrata proteina sirutke (KPS) u topljivom i nativnom stanju (Carić, 1985), te je njihova upotreba za modifikaciju sastava proteina kravljeg mlijeka mnogo povoljnija. To omogućuje i proizvodnju »tekuće« mlječne hrane za dojenčad, koja je tek u razvitku, a začetnici su Finska (Lovio, 1984) i Danska (Hansen, 1986).

KPS dobiveni metodom ultrafiltracije su sto posto probavljivi (Tablica 2), a neki autori navode da su zapažene male promjene denaturacije proteina ali one nisu pogoršale njihova funkcionalna svojstva, jer topljivost proteina nije smanjena, čak je nađen mali porast topljivosti proteina u istraživanju pH-vrijednosti (Chojnowski i Dziuba, 1982).

Koncentrati proteina sirutke (KPS) koji se koriste za podešavanje količine proteina u mlječnoj hrani za dojenčad, moraju biti oslobođeni velikih količina mineralnih tvari. Zbog toga se metode koncentriranja (kao reverzna osmoza, ultrafiltracija i dijafiltracija), zatim frakcioniranje (gel filtracija) i demineralizacija (ionska izmjena i elektrodijaliza) često kombiniraju radi dobivanja KPS željene količine proteina, laktoze i pepela (Packard, 1982).

**Tablica 2. Biološka vrijednost (BV), probavna vrijednost (TD) i biološka dostupnost lizina (BAL) u različitim sirutkinim proizvodima (Porter, 1978)****Table 2. Biological value (BV), true digestibilities (TD) and availability of lysine (BAL) in different whey products (Porter, 1978)**

	BV/%	TD/%	BAL/%
Slatka sirutka	92	97	83
Fresh rennet whey			
Delaktozirana sirutka	94	94	89
Lactose-reduced whey			
Ultrafiltrirani koncentrat sirutkinih proteina			
Ultrafiltered whey protein concentrate UF (WPC)			
72°C, 15 h sušen zamrzavanjem	91	100	82
freeze-dried			
72°C, 15 h sušen raspršivanjem			
spray-dried	92	100	88
71°C, 18 min sušen raspršivanjem			
spray-dried	91	100	91
Laktalbumin			
Lactalbumin	94	98	92

Najčešće se za pripremu mlječne hrane za dojenčad koriste KPS s 60—80% proteina u suhoj tvari i sa oko 3% pepela u suhoj tvari (Packard, 1982; Meduzov i sur., 1982; Renner, 1983; McDonough i sur., 1974; De Boer i sur., 1977; Zall i sur., 1978; De Boer i Hidink, 1980; Roger i Mabois, 1981). Za industrijski proizvedenu mlječnu hranu za dojenčad koristi se u svijetu usvojeni termin formula na bazi mlijeka. Tako će se termin formula za dojenčad koristiti i u ovom radu. Upotrebom KPS omogućuje se i podešavanje potrebne količine esencijalnih aminokiselina u formulama za dojenčad.

Novija istraživanja nekih autora (Raiha i sur., 1986; Raiha i sur., 1986; Janas i sur., 1987) navode da prehrana dojenčadi s formulom uz omjer kazein: proteini sirutke 40:60% i količinom proteina od 1,8 g/418,4 J (1,2 g/100 ml formule s 280,33 J/100 ml) može osigurati metabolizam proteina karakterističan za prehranu humanim mlijekom (s nekim pokazateljima kao količina dušika uree u krvi, dušik urina ili koncentracija aminokiselina u plazmi). Jedino je nađena manja koncentracija taurina i triptofana u plazmi.

Veoma je važno povećati količinu cistina u mlječnoj hrani za dojenčad, jer jetra dojenčadi ne sadrži enzim cistationazu, potreban za konverziju metionina u cistein (Department of Health and Social Security, 1980), kao odraslih koji koriste kravlje mlijeko (Gurr, 1981). Veća količina cistina rasterećuje još nerazvijenu jetru dojenčeta a značajna je pri razvoju mozga (Packard, 1982). Porastom omjera cistin/metionin raste i iskoristivost proteina u organizmu dojenčeta. Omjer cistin:metionin (Renner, 1983) u proteinima sirutke (1 : 0,73) se približava njihovom omjeru u humanom mlijeku (1 : 0,69).

Povećanjem udjela proteina sirutke u kravljem mlijeku povećava se i udio cistina, tako da se omjerom kazein : proteini sirutke (40:60%), kao što je u

humanom mlijeku, postiže i količina cistina humanog mlijeka (Department of Health and Social Security, 1980), ali u formuli s količinom od 1,5 g proteina/100 ml hrane za dojenčad (Tablica 3).

**Tablica 3. Količina ukupnih aminokiselina sa sumporom i količina cistina (mg/100 ml mlijeka) mlijeka i formule (rekonstitucija)\* sa različitim omjerom kazein proteini sirutke (Department of Health and Social Security, 1980)**

**Table 3. Amount of total sulfur amino acids and cystine (mg/100 ml milk) in milk and in formula\* (reconstituted) with different ratio of casein whey protein (Department of Health and Social Security, 1980)**

% sirutke % whey	% kazeina % casein	Cystine (mg/100 ml)	Ukupne aminokiseline sa sumporom Total amino acids with sulfur (mg/100 ml)
Humano mlijeko			
Human milk			
60	40	25	44
Formula			
100	0	41	70
80	20	33	65
60	40	26	61
40	60	20	57
Kravlje mlijeko			
Cow's milk			
20	80	13	53

\* Formula sa količinom proteina od 1,5 g proteina/100 ml hrane.

\* Formula which contained 1.5 g protein per 100 ml food.

Iz ovog primjera se vidi da je za podešavanje potrebne količine cistina u formuli s omjerom proteinskih frakcija kao u humanom mlijeku, potrebna nešto veća količina proteina u formuli nego je prosječna količina proteina u humanom mlijeku (Packard, 1982). Razlog tome je manja probavljivost proteina formule, što navode i drugi autori (Renner, 1983), jer sastav specifičnih proteinskih frakcija humanog mlijeka nije moguće reproducirati niti osigurati njihov prirodni sastav (Renner, 1983).

Za dojenčad stariju od mjesec dana povećava se potrebna količina proteina na 1,6 g/100 ml formule (Raiha i sur., 1986; Raiha i sur., 1986).

Najsličniji proteinski sastav formule s proteinima humanog mlijeka bila bi kombinacija 0,9% laktalbumina i 0,6% kazeina (Packard, 1982).

Međutim, metode frakcioniranja proteina sirutke u cilju pripreme koncentrata  $\alpha$ -laktalbumina (gel filtracija, precipitacija fosfatima, CMC metoda (Carić, 1985; Packard, 1982) ili frakcionacija proteina dvostrukom ultrafiltracijom (Roger i Maubois, 1981; Glover, 1985) su još uvijek u fazi laboratorijskih ispitivanja i nisu našle širu praktičnu primjenu.

Procesom ultrafiltracije koji je danas u industrijskoj proizvodnji dobiva-ju se KPS s većim udjelom  $\beta$ -laktoglobulina, tako se uglavnom još do danas njihovom upotrebom sastav proteina formule samo može približiti sastavu proteina humanog mlijeka. Količina i sastav proteina formule na bazi mlijeka mora zadovoljiti potrebe dojenčadi za normalan rast i razvoj, te je potrebno pridržavati se »Preporuke Internacionalnog standarda za hranu za dojenčad i djecu« (Recommended International Standard., 1976), na kojima se bazira i naš Pravilnik (Pravilnik..., Službeni list 4/1985). Prekoračena količina proteina može opteretiti bubrege, a visoka koncentracija aminokiselina u krvi može uzrokovati neurološke poremećaje dojenčadi (Janas, 1987; Department of Health..., 1980).

Esencijalne aminokiseline mogu biti dodane da poboljšaju proteinsku kvalitetu, ali samo u količinama neophodnim za tu namjenu (bazirano na količini u humanom mlijeku) isključivo u prirodnom L-obliku (osim metionina, koji može biti i u DL-obliku) (Recommended International Standard..., 1976; Pravilnik... Sl. list 4/85.).

Prilikom podešavanja proteina formule mora se voditi računa da se ne prekorače dozvoljene granice količina pojedinih mineralnih tvari. Manjak se onda lako podesi dodatkom mineralnih tvari, u količini i obliku pogodnom za dobru resorpciju, pridržavajući se Preporuka Internacionalnog standarda (Recommended International Standard..., 1976) ili našeg Pravilnika (Pravilnik..., Sl. list 4/1985), jer slično kao u slučaju proteina i mineralnih tvari unos i resorpcija odnosno retencija ne teku usporedo (Packard, 1982). Bitno je smanjiti količinu Na (zbog najslabije selektivnosti za izlučivanje Na) i povećati omjer Ca/P u formuli (Gurr, 1981), koji ne smije biti manji od onog u kravljem mlijeku (1,2) niti veći od onog u humanom mlijeku (2,0) (Recommended International Standard..., 1976).

### **3. Naša iskustva upotrebe koncentrata proteina sirutke u pripremi »tekuće« mlječne hrane za dojenčad**

U Laboratoriju za tehnologiju mlijeka i mlječnih proizvoda, PBF-a u Zagrebu vršeni su pokusi dobivanja KPS za pripremu »tekuće« mlječne hrane za dojenčad (Tratnik, 1989).

Programom kompjuterske obrade podataka, metodom linearnog programiranja, izračunata je mješavina obranog mlijeka s dobivenim KPS, koja je zadovoljila omjer kazein : proteini sirutke u predloženoj tekućoj mlječnoj hrani za dojenčad (35:65%), po uzoru na humano mlijeko (Packard, 1982). Predložena je količina proteina od 1,5% u tekućoj mlječnoj hrani za dojenčad da se zadovolji i unos esencijalnih aminokiselina, potrebnih za rast i razvoj dojenčeta.

U tu svrhu u proračunu su korišteni KPS dobiveni ultrafiltracijom slatke sirutke (s 35,6—53,2% proteina/ST i s 4,7—5,6% pepela/ST). Korišteni su i KPS dobiveni dijafiltracijom slatke sirutke (s 65,4—84,1% proteina/ST i s 3,47—3,86% pepela/ST), te KPS dobiveni ultrafiltracijom demineralizirane sirutke (s 44,2—50,2% proteina/ST i s 1,45—2,1% pepela/ST).

Upotrebom KPS s manjom količinom proteina/ST, povećava se njihov udio u mješavini sa obranim mlijekom i dodacima. Upotrebom KPS s većom količinom pepela/ST, povećava se dodatak vode u mješavinu da se podese i mineralni sastav predložene tekuće mlječne hrane za dojenčad (0,2%), po uzoru na humano mlijeko, ali se zbog toga povećava i dodatak laktoze. Upotrebom dobivenih KPS bila je potrebna jedino mala korekcija sastava mješavine dodatkom nekih mineralnih tvari da se podese omjeri (najvažnije Ca/P), potrebni za dobru resorpciju u organizmu dojenčeta (Tratnik, 1989).

### UTILIZATION OF WHEY PROTEIN CONCENTRATES IN MILK FOOD FOR INFANT

#### Summary

*Application of ultrafiltration in the dairy industry gave possibility whey protein concentrates (WPC) production.*

*In preparation of milk food for infant the utilization of WPC is more suitable than demineralized whey.*

*The most frequently used WPC for this purpose contained 60—80% of proteins and about 3% of ash in total solids. In preparation of liquid milk food for infant, on the model of human milk, the WPC containing less proteins in total solids as that produced using ultrafiltration of sweet or demineralized whey, colud also satisfy.*

#### Literatura

- CARIĆ, M.: Tehnologija mleka 1, Koncentrovani i sušeni proizvodi, Naučna knjiga, Beograd (1985)
- CARIĆ, M., VELIČKOVIĆ, D., RAJČAN, E., VUCELIĆ, B., BOROTA, J. i JOJIĆ, M.: Ispitivanje kvaliteta proteinske komponente humanizovanog mleka pepsin-pankreatin testom, Mljekarstvo, 34 (10) 291—296 (1984)
- CRAIG, T. W.: Dairy Derived Food Ingredients — Functional and Nutritional Considerations, J. of Dairy Sci. 62 (10) 1695—1702 (1978)
- CHOJNOWSKI W. i DZIUBA, J.: Denaturation of whey proteins as influenced by whey concentration, Milchwissenschaft, 37 (8) 476—478 (1982)
- De BOER, R., De WIT J. N. i HIDDINK, J.: Processing of whey by means of membranes and some application of whey protein concentrate, J. Soc. Dairy Technol. 30 (2) 112—120 (1977)
- De BOER, R. i HIDDINK J.: Membrane Processes in the Dairy Industry, Desalination, 35, 169—192 (1980)
- DEPARTMENT OF HEALTH AND SOCIAL SECURITY, Report on Health and Social Subjects 18, Artificial Feeds for the Young Infant, Her Majesty's Stationery Office, London (1980).
- GLOVER, G. A.: Ultrafiltration and Reverse Osmosis for the Dairy Industry, Technical Bulletin 5, Reading, England (1985)
- GURR, M. I.: Review of the progress of dairy science Human and artificial milks for infant feeding, J. Dairy Res. 48 (3) 519—554 (1981)
- HANSEN, R.: Baby Milk From Denmark, Nordeuropisk Mejeritidsskrift, 9—10, 320—323 (1986)

- HOULDSWORTH, D. W.: Demineralization of Whey by Means of Ion Exchange and Electrodialysis, *J. Soc. Dairy Technol.* 33 (2) 45—51 (190)
- JANAS, D. N., PICCIANO, M. F. i HATCH, T. F.: Indices of protein metabolism in term infants fed either human milk or formulas with reduced protein concentration and various whey/casein ratio, *J. Pediatr.* 110 (6) 836—848 (1987)
- LOVIO, A.: Tutteli — the infant formula of the future, *Scand. J. Dairy Technol. and Know-How/NM* 1, 114—115 (1984)
- MEDUZOV, B. C., BIRIOKOVA, Z. A. i IVANOVA, L. N.: *Legkaja i pišćevaja promišlenost, Proizvodstvo detskih moloćnih produktov, Moskva* (1982)
- METTLER, A. E.: Utilization of whey by-product for infant feeding, *J. Soc. Dairy Technol.* 33 (2) 67—72 (1980)
- McDONOUGH, F. E., HARGROVE, R. E., MATTINGLY, W. A., POSATI, C. P. i ALFORD J. A.: Composition and properties of whey protein concentrates from ultrafiltration, *J. Dairy Sci.* 57 (12) 1438—1443 (1974)
- PACKARD, V. S.: *Human Milk and Infant Formula*, ured. G. P. Stewart, B. S. Schweigert i J. Hawthorn, Academic Press, New York (1982)
- PORTER, J. W. G.: The present nutritional status of milk proteins. *J. Soc. Dairy Technol.* 31 (4) 199—208 (1978)
- PRAVILNIK O UVJETIMA U POGLEDU ZDRAVSTVENE ISPRAVNOSTI DIJETNIH NAMIRNICA KOJE SE MOGU STAVLJATI U PROMET, *Službeni list SFRJ* br. 4, str. 120 (1985)
- RÄIHA, N., MINOLI, I., MORO, G. i BREMER, H. J. Milk Protein Intake in the Term Infant, I. Effect on Plasma Amino Acid Concentrations, *Acta Paediatr. Scand.* 75, 887—892 (1986)
- RÄIHA, H., MINOLI, I. i MORO, G.: Milk Protein Intake in the Term Infant, I. Metabolic Responses and Effect on Growth, *Acta Paediatr. Scand.* 75, 881—886 (1986)
- RENNER, E.: Milk and Dairy Products in Human Nutrition, 2. 2. Milk Protein, 90—153 i 2. 3. Lactose, 155—161, *Volkswirtschaftlicher Verlag, München* (1983)
- RECOMMENDED INTERNATIONAL STANDARD FOR FOODS FOR INFANTS AND CHILDREN, Joint, FAO/WHO, Food Standards Programme, CAC/RS 72/74 (1976)
- ROGER, L. i MAUBOIS, J. L. The current state of membrane technology in relation to the preparation and separation of milk proteins, *Revue Laitière Française* 400, 67—68, 71—75 (1981)
- TRATNIK, LJ.: *Priprema koncentrata proteina sirutke i prijedlog normativa za modifikaciju kravljeg mlijeka u prehrani dojenćadi, Disertacija, Zagreb* (1989)
- ZALL, R. R. KUIPERS, MULLER, L. L. i MARSHALL K. R.: Trend in whey processing, *IDF Standards of identify for whey powders, Raport D-DOC.* 49, 79—85 (1978).