

Primjena ultrafiltracije pri proizvodnji fermentiranih mliječnih proizvoda*

Ljubica Tratnik i Rajka Božanić

Stručni rad - Professional paper

UDK: 637.146

Sažetak

U radu se navode bitne značajke razvojnog programa proizvodnje fermentiranih mliječnih proizvoda u kojem primjena ultrafiltracije (UF), a sve češće u kombinaciji s mikrofiltracijom (MF), ima glavnu ulogu: povećanje nutritivne i zdravstvene vrijednosti proizvoda, produženje trajnosti i postizanje proizvoda ujednačenog sastava i kakvoće. Iznose se prednosti primjene UF i MF za obradu mlijeka, osobito za obradu sirutke te uloga dobivenih koncentrata proteina pri proizvodnji fermentiranih mlijeka te svježih i mekanih sireva. Osnovna uloga UF je povećanje količine biološki najvrijednijih proteina sirutke koji također potiču rast uporabljenih kultura bakterija mliječne kiseline u proizvodu. Postižu se i neke tehnološke prednosti, te značajne uštede pri proizvodnji, osobito pri proizvodnji sira.

Ključne riječi: ultrafiltracija, mikrofiltracija, fermentirani mliječni proizvodi

Uvod

Pri razmatranju razvojnog programa proizvodnje fermentiranih mliječnih proizvoda nameću se osnovni zahtjevi:

- povećanje nutritivne i zdravstvene vrijednosti proizvoda
- produženje trajnosti proizvoda
- ujednačenost sastava i kakvoće proizvoda

Osim toga potrošač sve više zahtjeva proizvod s manje kalorija, prihvatljivijih senzorskih svojstava, a proizvođač teži u proizvodnji ostvariti uštede. Primjena ultrafiltracije, zbog brojnih prednosti, uz neke modifikacije tradicionalne proizvodnje mogla bi biti odgovor na postavljene zahtjeve.

Međutim, pritom je bitno osigurati uvjete važne za postizanje bolje kakvoće fermentiranih mliječnih proizvoda (P u h a n i sur., 1994.):

* Rad je izložen na znanstveno-stručnom simpoziju "Fermentirani mliječni proizvodi u prehrani i dijetetici", Zagreb, 1996.

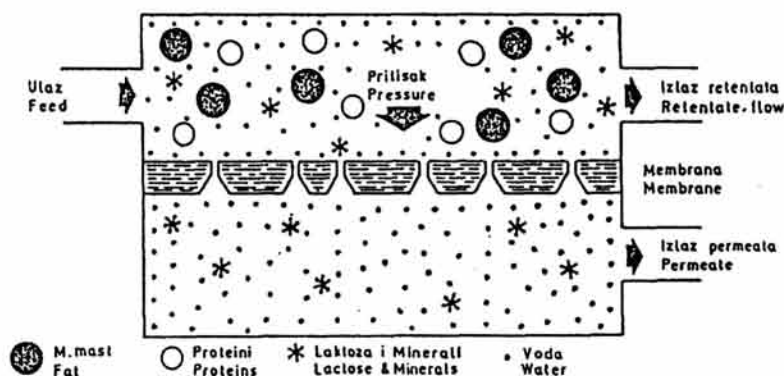
- uvođenje selekcioniranih mikrobnih kultura posebnih odlika
- visoki higijenski standard (sirovine, sredstava za opremanje i proizvodnje)
- poboljšanje rashladnog lanca tijekom distribucije.

Ultrafiltracija mlijeka i sirutke (prednosti i nedostaci primjene)

Ultrafiltracija (UF) je tlačni proces filtracije preko polupropusnih membrana kojom se postiže zadržavanje makromolekularnih sastojaka tretirane tekućine (koncentrat ili retentat), a odvajanje vodene otopine minornih sastojaka (filtrat ili permeat) (slika 1). Uz ostale membranske metode (slika 2), koje se primjenjuju u mljekarskoj industriji, najviše se primjenjuje ultrafiltracija jer omogućuje proizvodnju nativnih koncentrata proteina mlijeka ili koncentrata proteina sirutke (retentati) željenog sastava, ovisno o stupnju ugušćenja. Međutim membrane za UF, koje se koriste u praksi, nisu idealne. Potpuno su nepropusne jedino za mliječnu mast dok ostale tvari (mlijeka ili sirutke) membrane u većoj ili manjoj mjeri djelomično zadržavaju ili propuštaju, ovisno o volumnom stupnju koncentracije i procesnim uvjetima (Glover, 1985).

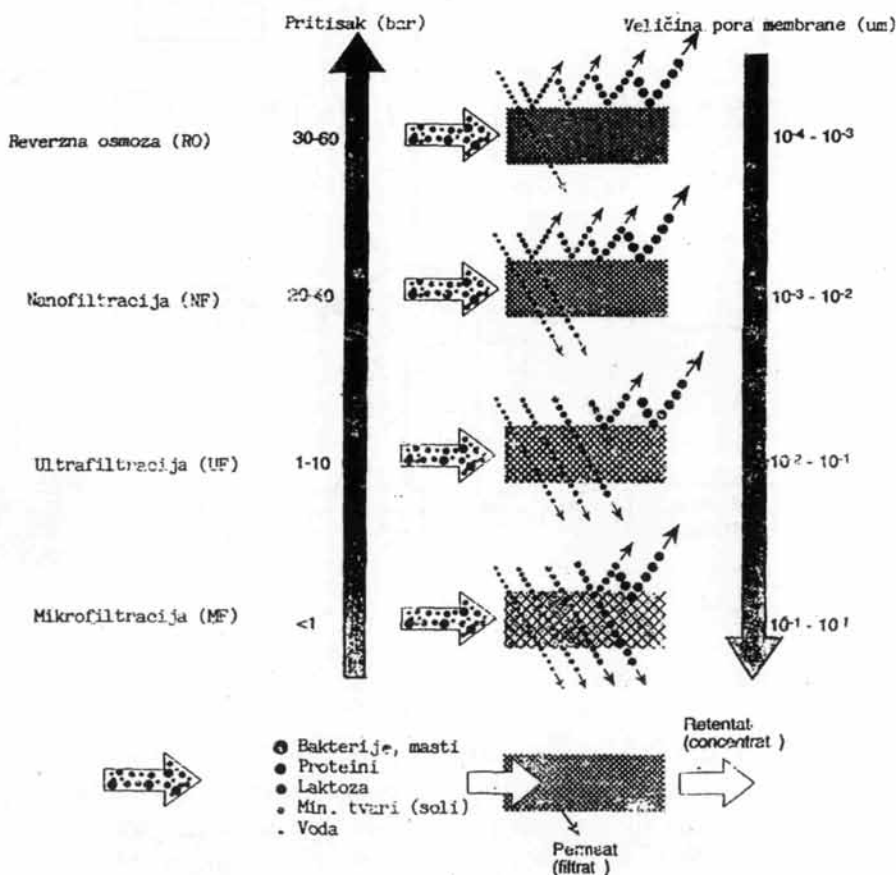
Slika 1.: Shematski prikaz ultrafiltracije (Marshall, 1986.)

Fig. 1: Schematic ultrafiltration survey (Marshall, 1986.)



Slika 2.: Principi membranske filtracije (Bylund, 1995.)

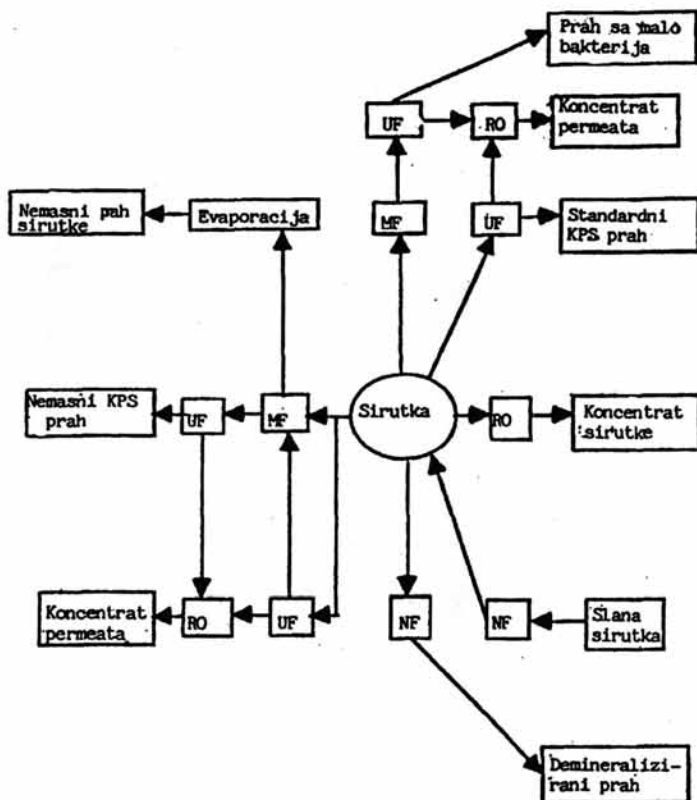
Fig. 2: Principles of membranous filtration (Bylund, 1995.)



Ultrafiltracija ima posebno značenje za obradu sirutke koja tada nalazi širu mogućnost primjene i u mnogim drugim granama prehrambene industrije, osobito ako se kombinira s ostalim membranskim metodama (slika 3).

Slika 3.: Primjena membranskih metoda za proizvodnju različitih sirutkinih proizvoda (Bird, 1996.)

Fig 3: Application of membranous methods in production of different whey products (Bird, 1996.)



Iako je UF u mljekarskoj industriji prvi put primjenjena 1971. godine, upravo za obradu sirutke, ni poslije 20 godina (prema podacima u Europi 1991.-1992.) još se uvijek sirutka nedovoljno upotrebljava u humanoj prehrani. Od 40.000.00 tona tada postojeće sirutke u Europi, 45% se iskoristi za animalnu prehranu (Bird, 1996.)

Najznačajniji proizvod za tržište i za mljekarsku industriju svakako je koncentrat proteina sirutke (KPS) zbog biološki najvrijednijih proteina (Renner, 1983). Ultrafiltracijom sirutke mogu se proizvesti KPS s 35-80% proteina u suhoj tvari (tablica 1) koji sve više nalaze primjenu pri proizvodnji fermentiranih mliječnih proizvoda, osobito zbog potpune probavljivosti (Porter, 1978.) i sposobnosti tvorbe krutog gela nakon zagrijavanja (Mleko i sur, 1994).

Tablica 1.: Koncentrati proteina sirutke (KPS) (Bird, 1996.)

Table 1: Whey proteins concentrates (Bird, 1996.)

Sastojak	Originalna sirutka (%)	KPS 35 (%)	KPS 60 (%)	KPS 80 (%)
Proteini	0,6	3,14	12,47	18,0
NPN	0,15	0,22	0,45	0,32
Laktoza	4,60	5,16	5,58	1,97
Pepeo	0,5	0,75	1,20	0,64
ST	5,96	9,60	21,01	22,86
Proteini / ST	-	35,00	61,50	80,10
FC	-	5,42	21,87	32,21

NPN - ne proteinski dušik; ST - suha tvar; FC - faktor volumne koncentracije; KPS 80 - dobijen primjenom dijafiltracije

Od 1971. godine, pogotovo nakon 1980. godine UF se sve više primjenjuje i za obradu mlijeka, ali češće obranog mlijeka, što omogućuje proizvodnju koncentrata s više proteina u suhoj tvari, a manje masti (tablica 2) uz naknadno podešavanje željene količine masti, ovisno o namjeni.

Tablica 2.: Koncentriranje obranog mlijeka UF membranama (Bird, 1996.)

Table 2: Skim milk concentration using UF membranes (Bird, 1996.)

Sastojak (%)	Obrano mlijeko	Faktor koncentracije				
		2	3	4	5	6
Mast	0,06	0,12	0,18	0,24	0,30	0,36
Proteini	3,51	7,02	10,53	14,04	17,55	21,06
NPN	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,13
Laktoza	4,80	4,80	4,78	4,77	4,76	4,76
Pepeo	0,73	0,73	0,73	0,72	0,72	0,71
Ukupno	9,25	12,82	16,36	19,91	23,46	27,02

NPN - ne proteinski dušik

Ultrafiltracijom punomasnog mlijeka (tablica 3), uslijed apsolutnog zadržavanja mliječne masti, otežano je veće koncentriranje proteina zbog naglog porasta viskoziteta, što dovodi do znatnog pada protoka permeata kroz membrane (glavni nedostatak UF) i gubitka djelotvornosti ultrafiltracije (Glover, 1985).

Tablica 3.: Ultrafiltracija punomasnog mlijeka (Robinson, 1994.)

Table 3: Ultrafiltration of whole milk (Robinson, 1994.)

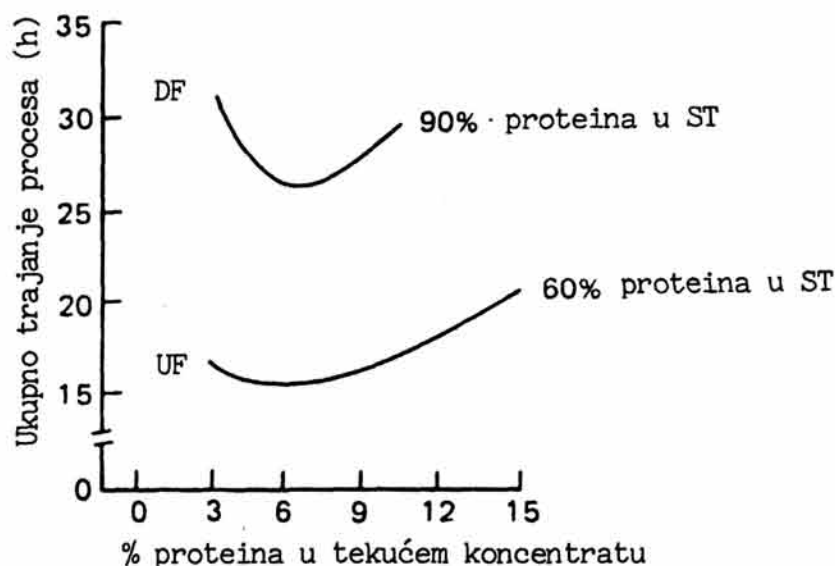
FC	ST (%)	Mast (%)	Proteini (%)	NPN (%)	Laktoza (%)	Pepeo (%)
x 1	12,9	3,9	3,1	0,18	4,7	0,77
3	28,6	12,6	9,8	0,18	4,1	1,3
5	43,3	21,8	16,1	0,18	3,2	1,9

NPN - ne proteinski dušik; ST - suha tvar; FC - faktor volumne koncentracije

Danas se primjenom membrana treće generacije (mineralne i keramičke) uspješno koncentrira i punomasno mlijeko, ako se želi postići stupanj koncentracije do suhe tvari slične siru ("sirna baza" ili "predsir") (Fox, 1993.). Isto tako, primjenom procesa dijafiltracije (ispiranje topljivih tvari koncentrata s vodom), moguće je povećati količinu proteina (mlijeka ili sirutke) u suhoj tvari koncentrata (do oko 90%) iako proces DF tada znatno duže traje (slika 4) pa je i znatno skuplji.

Slika 4.: Dijafiltracija (DF) obranog mlijeka (Glover, 1985.)

Fig. 4: Diafiltration (DF) of skim milk (Glover, 1985.)



Prednost primjene DF je i ispiranje većih količina laktoze i mineralnih tvari koje mogu biti značajno zadržane u UF-koncentratima (osobito u KPS), te izazvati probleme pri proizvodnji fermentiranih mliječnih proizvoda (Tratnik i Kršev, 1988. i 1991.). Veća količina laktoze u fermentiranom proizvodu je ozbiljan problem za osobe koje je teško probavljaju (nedostatak β -galaktozidaze), a veća količina mineralnih tvari (osobito Ca) može izazvati pjeskovitu strukturu gruš (fermentiranog mlijeka ili svježeg sira) ili metalni okus pa i okus "gorčine" u proizvodu (Robinson, 1993; 1994).

Osim skupe DF to se može izbjeći na više načina: primjenom zakiseljavanja prije UF ili ultrafiltracijom koagulama nakon fermentacije te primjenom metoda odvajanja precipitiranog Ca-fosfata ili demineralizacijom (što pospješuje i kapacitet UF), ovisno o koncentratu i namjeni (Mistry i Maubois, 1993).

Osim glavnog nedostatka procesa UF, odnosno smanjenja permeabilnosti membrana (pada protoka) zbog koncentracijske polarizacije (zadržavanje tvari) i začepjenja membrana, koncentriranje bakterija u koncentratu je ozbiljan problem. To ovisi o temperaturi procesa (maksimalna temperatura procesa ultrafiltracije je 55°C zbog termolabilnih proteina sirutke), o soju prisutnih bakterija, lag fazi tijekom rasta bakterija (tablica 4) te trajanju UF procesa.

Tablica 4.: Prosječna lag faza bakterija (h) u mlijeku i sirutki za ultrafiltraciju (Glover, 1985.)

Table 4: Bacteriae average lag phase (h) in milk and whey for ultrafilltration (Glover, 1985.)

Temper. (°C)	Tip bakterija							
	Ukupne		Termorezistentne		Penicilin rezistentne		Koliformne	
	sirutka	mlijeko	sirutka	mlijeko	sirutka	mlijeko	sirutka	mlijeko
10	>5	>12	3,5	>12	2	>12	5	>12
30	0	0	2	1,5	0	0	0	1
48	>6	3	3	>4	>6	2,5	2	2,5

Zbog toga se prije, a i poslije UF treba primjeniti pasterizacija, a u novije se doba u industriji (od 1991.) za uklanjanje bakterija primjenjuju i mikrofiltracija (MF) koja omogućuje redukciju bakterija do 99,9%. Kombinacija MF s UF posebno je značajna pri obradi sirutke (zbog

termolabilnih albumina i globulina) ili pri obradi mlijeka za proizvodnju sira (zbog primjene nižih temperatura pasteurizacije). Primjenom MF se također postiže uklanjanje termostabilnih spora proteolitičkih bakterija (*Bacillus cereus* do 99,98% i *Clostridium tyrobutyricum* do 99,9%) koje mogu izazvati stvaranje mrvičastog gruša svježeg sira ili naknadne štete tijekom zrenja nekih zrelih sireva (Fox, 1993; Robinson, 1994). Ostale prednosti primjene MF pri obradi sirutke su (Daufin i sur., 1994; Pierre i sur., 1994; Gesan i sur., 1995.):

- odvajanje masti i lipoproteina (duža trajnost KPS)
- odvajanje zaostale sirne prašine (kazeina)
- odvajanje prethodno precipitiranog Ca-fosfata (zagrijavanjem)
- poboljšanje funkcionalnih svojstava KPS
- povećanje UF kapaciteta (više od 3 puta)

Prednosti MF pri obradi mlijeka za proizvodnju sira jesu (Kosikowski i Mistry, 1990.; Cohen-Maurel, 1990.; Mistry i Maubois, 1993.):

- nepotrebna termizacija svježeg sira
- nepotreban dodatak nitrata
- lakša kontrola zrenja i kraće trajanje zrenja nekih sireva
- produženje trajnosti sira.

Značajna prednost UF koncentrata za primjenu pri proizvodnji fermentiranih mliječnih proizvoda je povećana toplinska stabilnost (to više ukoliko je manja količina masti, laktoze i mineralnih tvari), povećana stabilnost pri niskim temperaturama (pri hlađenju i smrzavanju) i nepromijenjena sposobnost za koagulaciju. Međutim, povećanje količine proteina u mlijeku dovodi do porasta puferskog kapaciteta (osobito ukoliko je povećana količina kazeina ili Ca-fosfata) što utječe na sporiji pad pH-vrijednosti tijekom fermentacije ili na usporeno zrenje sira (Fox, 1993.; Robinson, 1993. i 1994.)

Uloga UF pri proizvodnji fermentiranih mlijeka

Fermentirano mlijeko je hranjivije i probavljivije od izvornog mlijeka zbog korisnog učinka bakterija mliječne kiseline. Prema izvješću IDF (1992.) navode se bitni uvjeti za napredak razvoja novih tehnologija fermentiranog mlijeka:

- membranska tehnologija osigurava mogućnost korištenja zahtjevanih svojstava, a izbjegavanje neželjenih svojstava mikrobnih metabolita;

- primjena odvojenog kultiviranja mikroorganizama posebnih odlika osigurava mogućnost kombiniranja mikroorganizama kojima su potrebni različiti uvjeti za rast i aktivnost;
- primjenom automatske kontrole pH-vrijednosti tijekom fermentacije može se proizvesti konzistentniji proizvod;
- primjenom hladionika iznad punilice postiže se veća viskoznost tekućih fermentiranih mlijeka;
- primjena inokulacije "u liniji" je prilagodljiva proizvodnji krutih fermentiranih mlijeka;
- promjena sterilnog zraka iznad tanka za kulturu osigurava zaštitu kultura od kontaminacije.

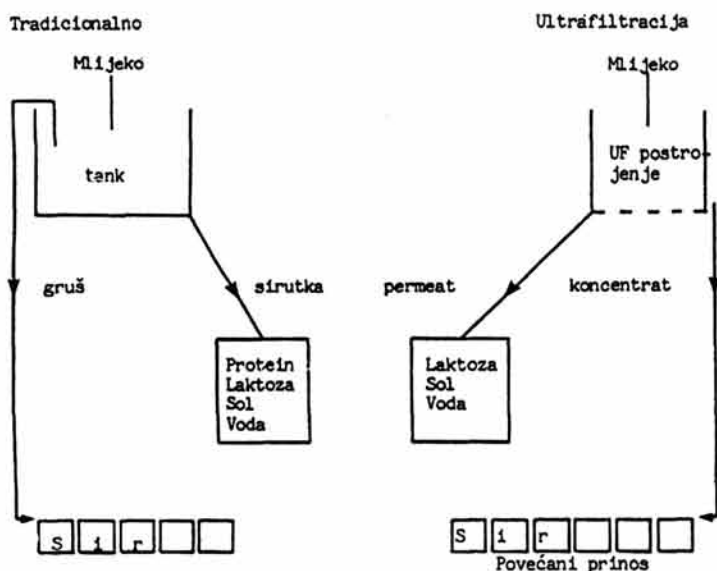
Ultrafiltracija se primjenjuje da bi se povećala nutritivna vrijednost fermentiranih mlijeka, a radi poboljšanja konzistencije proizvoda. Povećanje količine proteina (osobito proteina sirutke) može se postići ultrafiltracijom mlijeka, a češće dodatkom u mlijeko određene količine UF ili DF-koncentrata mlijeka ili KPS (tekućih ili u prahu). Povećana količina proteina u mlijeku (najviše do 5-6%) može utjecati na poželjna senzorska svojstva fermentiranog mlijeka, a potiče i rast mikrobne kulture (Mahdi, 1991.; Robinson, 1993). Dodatkom KPS u mlijeko nastaje nešto nježnija konzistencija koaguluma, ali homogena, uz smanjenu mogućnost izdvajanja sirutke na površini ("sinereza"). Dijafiltrirani ili demineralizirani KPS utječu na bolji okus i aromu te na glađu strukturu koaguluma (Tratnik i Kršev, 1988.). Također je istraženo da KPS mogu stimulirati rast i aktivnost nekih bakterija mliječne kiseline (Broomer i sur., 1982.; Tratnik i Božanić, 1996.), što je od posebnog značaja za kulture intestinalnih bakterija mliječne kiseline *Lactobacillus acidophilus* i *Bifidobacterium* spp. (Kršev i sur., 1994.; Shah i sur., 1995.) koje utječu na zapažena terapijska svojstva proizvoda (Assche, 1994.; Rogelj, 1994.), a sporije se razvijaju u mlijeku (osobito *Bifidobacterium* spp.) (Ventling i Mistry, 1993.). Osim toga ponovo se ističe značaj veće količine živih stanica bakterija mliječne kiseline, a IDF standard (1992) nalaže da fermentirano mlijeko mora sadržavati žive stanice bakterija mliječne kiseline, određenog tipa.

Uloga UF pri proizvodnji svježih i mekih sireva

Ultrafiltracija se u potpunosti potvrdila tek primjenom u tehnologiji proizvodnje sireva (slika 5).

Slika 5.: Proizvodnja sira primjenom ultrafiltracije (Glover, 1985.)

Fig. 5: Cheese production using ultrafiltration (Glover, 1985.)



Prednosti su tada višestruke:

- povećanje prinosa sira (za 13-35%)
- smanjenje potrošnje mliječne masti (za 1,5-1,7%)
- smanjenje potrošnje mikrobnih kultura i enzimskih preparata (i do 50%)
- ušteda radne snage
- smanjenje gubitka kazeinske prašine (manje sirutke)
- uvođenje kontinuiranih procesa uz automatizaciju
- ujednačen sastav i kvaliteta proizvoda
- produžena trajnost proizvoda (zbog izrazito sanitarnih uvjeta)
- povećana nutritivna vrijednost sira (zbog uklopljenih proteina sirutke).

Temelj proizvodnje sira primjenom ultrafiltracije postavili su još 1969. godine francuski istraživači *Maubois*, *Mocquot* i *Vassal* koji su patentirali proizvodnju svježeg sira ("MMV" proces). Primjena UF ima još i danas prednost upravo pri proizvodnji svježeg sira koji se tada gotovo ne razlikuje od tradicionalno proizvedenog (osim toga ne zahtijeva veći stupanj koncentracije mlijeka; FC oko 2) (*Nakaza* i sur., 1991.). Ultrafiltracija koagulumu dobivenog nakon fermentacije također se primjenjuje pri proizvodnji svježeg sira tipa kvark (*Puhan*, 1994.).

Primjena UF vrlo se uspješnom pokazala pri proizvodnji znatog svježeg sira tipa Cottage sir (poboljšane su karakteristike proizvedenih zrna, povećan je prinos sira za oko 20%, sir sadrži više kalcija) (Versteeg i Mickey, 1993; Tratnik i sur., 1995.) i pri proizvodnji mekih sireva tipa Feta (Kyle i Hickey, 1993.) te Camambert, Mozzarella i Riccota (Sarkar i Misra, 1994; Puhana 1994.). Uklapanje veće količine proteina sirutke (toplinska denaturacija KPS) u svježi sir postao je interes brojnih istraživanja u svijetu (Mahaut i Koroloczuk, 1992.; Pfaller i Jelen, 1994.) pa i u našoj zemlji (Tratnik i sur., 1994.). Osim mnogo veće nutritivne vrijednosti, bolje probavljivosti i povećanog prinosa navodi se da takav svježi sir ima antikancerogena svojstva (Register i sur., 1993.) i stimulirajuće djeluje na imuna svojstva protiv AIDS-a (Puhana, 1994.).

Nažalost tada povećana količina β -laktoglobulina u svježem siru može izazvati alergije kod osoba koje ga ne podnose (Puhana, 1994.). Nativna sirutka sadrži najviše β -laktoglobulina od ukupnih frakcija proteina, pa tako i dobiveni koncentrat proteina sirutke, u kojima se količina α -laktalbumina još smanjuje (osobito dijafiltrata) zbog djelomičnog prolaza kroz komercijalne UF-membrane.

Tablica 5.: Relativni postotni udio proteinskih frakcija sirutke i koncentrata proteina sirutke (Tratnik i Kršev, 1991.)

Table 5: Relative per cent parts of whey protein fractions and whey protein concentrates (Tratnik and Kršev, 1991.)

Frakcije proteina sirutke (%)	Nativna sirutka	KPS pokus 1.	KPS pokus 2.
α -laktalbumin	21,88	10,45	9,91
β -laktoglobulin	67,47	63,90	67,88
serum albumin	10,63	12,07	15,65
nepoznato	-	13,58	6,55

KPS - koncentrat proteina sirutke dobiveni dijafiltracijom

Zadržani proteini sirutke u siru su hidrofilniji od kazeina te teže otpuštaju sirutku pa tada sir sadrži i više laktoze koja bi mogla biti problem za osobe netolerantne na laktozu (Shah i sur., 1992.; Živković, 1996.). Isto tako se navodi da se ta količina laktoze u siru se može tolerirati zbog sporog prolaza krute hrane kroz probavni trakt (Shah i sur., 1991.).

Noviji napredak na polju sirarstva je uvođenje zamjenica za mliječnu mast proizvedenih na bazi usitnjenih čestica koncentrata proteina sirutke

(mikropartikulacija KPS) (Degouy, 1993.; Paquin i sur., 1993.) i pobuđuje interes potrošača koji žele konzimirati nisko kaloričnu hranu (Puhana, 1994.). Upotreba mliječnih zamjenica pri proizvodnji krem sireva ("light") poboljšava senzorska svojstva, pa i prinos sira (Hofmann, 1994.).

Summary

THE APPLICATION OF ULTRAFILTRATION IN THE PRODUCTION OF FERMENTED MILK PRODUCTS

This paper focuses on progress in the development programme of fermented milk product production in which the ultrafiltration (UF) very often in combination with microfiltration (MF), has a major role: the increase nutritional and health value of the product, prolongation of shelf life and obtaining a more stable quality of the final products. The advantages of the application of UF and MF for milk and especially for whey treatment and the role of obtained protein concentrates in production of fermented milks, fresh and soft cheeses are given. The essential role of UF is to increase the quantity of the most biologically valuable whey proteins which also stimulate the growth of lactic acid bacteria in fermented products. Some technological benefits and significant savings in production are also realized, specially in cheese production.

Key words: ultrafiltration, microfiltration, fermented milk products.

Literatura

- Assche, P. (1994): "Technologie et propriétés thérapeutiques des produits laitiers fermentés". Lait et Nous 4, 17-22.
- Bird, J. (1996): "The application of membrane systems in the dairy industry" Journal of the Society of Dairy Technology 49, 16-23.
- Broome, M. C., Willman, N., Roginski, H., Hickey, M. W. (1982): "The use of cheese whey protein concentrate in the manufacture of skim milk yoghurt" Australian Journal of Dairy Technology - December 139-142.
- Bylund, G. (1995): "Dairy processing handbook" Tetra Pack Processing AB, Lund, Sweden.
- Cohen-Maurel, E. (1990): "L'utilisation de la microfiltration tangentielle dans le traitement des liquides alimentaires" Process Magazine br. 1054 42-49 (1990).
- Daufin, G., Labbe, J.P., Quemerai, A., Michel, F., Merin, U. (1994): "Optimizing clarifield whey ultrafiltration: influence of pH" Journal of Dairy Research 61 355-363.
- Degouy, E. (1994): "The low fat cheese challenge" Dairy Industries International 58 (10) 41-43.

- Fox, P. F., (1993): "Cheese, chemistry, physics and microbiology" vol. 1 i vol. 2., Chapman and Hall, London.
- Gesan, G., Daufin, G., Merin, U., Labbe, J.P., Ouemerais, A. (1995): "Microfiltration performance: physicochemical aspects of whey pretreatment" *Journal of Dairy Research* 62 269-279.
- Glover, F. A. (1985): "Ultrafiltration and reverse osmosis for the dairy industry" *Technical Bulletins Reading, England*.
- Hofmann, W. (1994): "Effects of microparticulated whey proteins on consistency of low-fat quarg products" *Milchwissenschaft* 49 (6) 312-315.
- IDF u: "New technologies for fermented milks" *Bulletin br. 277. International Dairy Federation, Brussels, Belgium* (1992).
- Kosikowski, F. V., Mistry, V. V. (1990): "Microfiltration, ultrafiltration and centrifugation separation and sterilization processes for improving milk and cheese quality" *J. Dairy Sci.* 73 (6) 1411-1419.
- Kršev, Lj., Tratnik, Lj. Borović, A. (1994): "Rast i aktivnost bakterija *Lactobacillus acidophilus* i *Bacterium bifidum* u retentatu obranog mlijeka i sirutke te mješavini retentata" *Mljekarstvo* 44 (1) 3-12.
- Kyle, S., Hickey, M. W. (1993): "Feta cheese with ultrafiltration retentate" *The Australian Journal of Dairy Technology* 48 47-49.
- Mahaut, M., Korolczuk, J. (1992): "Effect of whey protein addition and heat treatment of milk on the viscosity of UF fresh cheeses" *Milchwissenschaft* 47 (3) 157-159.
- Marshall, K. R. (1986): "Industrial isolation of milk proteins, whey proteins" u "Developments in Dairy Chemistry", edited by Fox, P. E., Elsevier Applied Science Publishers 339-374.
- Mistry, V. V., Maubois, J. L. (1993): "Application of membrane separation technology to cheese production" u: "Cheese: chemistry, physics and microbiology" Vol. 1, Second edition, Chapman & Hall, London.
- Mleko, S., Achremowicz, B., Foegeding, E. A. (1994): "Effect of protein concentration on the rheological properties of whey protein concentrate gels" *Milchwissenschaft* 49 (5) 266-267.
- Nakazawa, Y., Furusawa, M., Hohno, H., Shida, T. (1991): "Proteolysis of Quarg manufactured from milk concentrated by ultrafiltration" *Milchwissenschaft* 46 640-644.
- Paquin, P.; Lebeuf, Y., Richard, J. P., Kalab, M. (1993): "Microparticulation of milk proteins by high pressure homogenisation to produce a fat substitute" *International Dairy Federation Special Issue (9303)* 389-396.
- Pierre, A., Graet, Y., Daufin, G., Michel, F., Gesan, G. (1994): "Whey microfiltration performance: influence of protein concentration by ultrafiltration and of physicochemical pretreatment" *Lait* 74 65-77.
- Pfalzer, K., Jelen, P. (1994): "Manufacture of thermo-quarg from mixtures of UF-reteante of sweet whey and skim milk" *Milchwissenschaft* 49 (9) 490-494.
- Porter, J. W. G. (1978): "The present nutritional status of milk proteins" *J. Soc. Dairy Technol.* 31 (4) 199-208.
- Puhan, Z., Driessen, F. M., Jelen, P., Tamime, A. Y. (1994): "Fresh products yoghurt, fermented milk, quarg and fresh cheese" *Mljekarstvo* 44 (4) 285-298.

- Regester, F. O., McIntosh, G. H., Smithers, G. W., Lee, V. W. K.* (1993): "Whey protein - based functional foods: role of dietary whey protein in cancer prevention" *J. Dairy Sci.* 76 (Supplement 1) 116.
- Renner, E.* (1983): "Milk and dairy products in human nutrition" Volkswirtschaftlicher Verlag, München.
- Robinson, R. K.* (1993): "Modern dairy technology", Chapman i Hall, London, New York.
- Robinson, R. K.* (1994): "Modern dairy technology", Chapman i Hall, London, New York.
- Rogelj, I.* (1994): "Bakterije mliječne kiseline kao probiotici" *Mljekarstvo* 44 (4) 277-284.
- Sarkar, S., Misra, A. K.* (1994): "Ultrafiltration as a process in the manufacture of dairy products" *Indian Journal of Dairy Science* 47 (2) 80-93.
- Shah, N. P., Jelen, P.* (1991): "Lactose malabsorption by postweaning rats from yoghurt, quarg and quarg whey" *J. Dairy Sci.* 74 1512-1520.
- Shah, N. P., Fedorsak, R. N., Jelen, P. J.* (1992): "Food consistency effects of Quarg in lactose malabsorption" *Int. Dairy J.* 2 257-269.
- Shah, N. P., Lankaputhra, W. E. V., Britz, M. L., Kyle, W. S. A.* (1995): "Survival of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* in comercial yoghurt during refrigerated storage" *International Dairy Journal* 5 (5) 515-521.
- Tratnik, Lj., Borović, A., Šubarić, D.* (1994): "Utjecaj količine uklopljenih proteina ultrafiltrirane sirutke na sastav i svojstva svježeg sira" 2. Hrvatski kongres prehrambenih tehnologa, biotehnologa i nutricionista s međunarodnim sudjelovanjem, Zagreb, Hrvatska, 15-17 lipanj.
- Tratnik, Lj., Mioković, G., Banović, M.* (1995): "Senzorska svojstva i prihvatljivost Cottage sira" *Mljekarstvo* 45 (4) 223-232.
- Tratnik, Lj., Kršev, Lj.* (1991): "Production of whey protein concentrates" *Milchwissenschaft* 46 (2) 91-94.
- Tratnik, Lj., Kršev, Lj.* (1988): "Production of fermented beverages from milk with demineralized whey" *Milchwissenschaft* 43 (11) 695-698.
- Tratnik, Lj., Božanić, R.*: "Utjecaj koncentrata proteina sirutke na rast i aktivnost laktobacila i streptokoka tijekom fermentacije i čuvanja jogurta i acidofila. 1. Hrvatski kongres mikrobiologa s međunarodnim sudjelovanjem, Opatija, 23.-26. travnja 1996.
- Ventling, B. L., Mistry, V. V.* (1993): "Growth characteristics of *Bifidobacteria* in ultrafiltered milk" *J. Dairy Sci.* 76 962-971.
- Versteeg, G., Mickey, M. W.* (1993): "Cottage cheese with ultrafiltration retentate" *Australian Journal of Dairy Technology* 48 (1) 41-44.
- Živković, R.* (1996): "Deficit laktaze, zanemaren klinički problem" *Mljekarstvo* 46 (2) 115-120.

Adresa autora - Author's adresses:

Doc. dr. Ljubica Tratnik

Mr. Rajka Božanić

Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb

Primljeno - Received:

15. 2. 1997.