

ULTRAFILTRACIJA PUNOMASNOG MLEKA

Mr Mihailo OSTOJIĆ — Institut za mlekarstvo, Beograd, Milan PRIJIĆ, dipl. inž., Mirjana TINTOR, inž. i Aca CAGARIĆ
Sremska mlekara — Sremska Mitrovica

Sažetak

Autori su ispitivali upotrebu savremenih procesa ultrafiltracije punomasnog mleka. Korišćena je oprema za ultrafiltraciju firme ALFA-LAVAL sa membranom druge generacije tubularnog tipa marke ROMICON.

Sveže pasterizovano punomasno mleko je koncentrovano na 26,10 — 30,16% suve materije i 12,24 — 18,07% proteina. Utvrđeni su parametri ultrafiltracije, koeficijent zadržavanja proteina, propustljivost proteina, fluks permeacije, optimalne temperature i dr.

Retentat je korišćen za proizvodnju belog mekog sira i nisko laktoznog jogurta.

Uvod

Mlekara u Sremskoj Mitrovici je osnovana 1962-ge godine sa zadatkom da obrađuje i prerađuje mleko u cilju snabdevanja tržišta Sremske Mitrovice i okolnih mesta. U svom razvojnom putu do današnjih dana izvršeno je više izmena i adaptacija, kao i uvođenje savremenih tehnoloških linija. Ipak, usled raznih okolnosti mlekara je vremenom stagnirala u svom razvoju, da bi se zadnjih godina počela realizovati ideja temeljne rekonstrukcije mlekare. U tom smislu su stručnjaci mlekare u saradnji sa odgovarajućim naučnim i stručnim institucijama razradili projekat za rekonstrukciju.

Za razliku od propusta koje su činile neke druge mlekare u sličnoj situaciji, stručnjaci Sremske mlekare su se opredelili za atestiranje opreme i isprobavanje novih tehnologija u našim uslovima rada, pre odlučivanja o njihovom uvođenju u novi proizvodni program.

Tako su stručnjaci mlekare u saradnji sa Institutom za mlekarstvo iz Beograda, izvršili seriju eksperimenata iz oblasti membranskih procesa, pre konačnog odlučivanja o eventualnom nabavljanju ove nove i dosta skupe opreme. Ovome je takođe doprineo odgovarajuće razumevanje firme ALFA-LAVAL. Rezultati tih istraživanja su prezentirani u ovom radu.

Pregled literature

Od svih membranskih procesa, kao što su reverzna osmoza, elektrodijaliza i ultrafiltracija, ova zadnja je našla najveću primenu u mlekarскоj industriji.

Postoje brojna istraživanja ultrafiltracije surutke i obranog mleka. Poboljšavanjem svojstava membrane u novije vreme objavljuju se istraživački radovi i ultrafiltracije punomasnog mleka. Po rezultatima *Yah et al.* (1979), tretiranje punomasnog mleka membranskim procesima zavisi od primenjenih parametara ultrafiltracije, kao što su temperatura, pritisak i pH vrednosti.

Po istraživanjima *Maubois-a* (1978), vreme boravka mleka u modulu ne bi trebalo da bude duže od 20 minuta, jer se pojavljuju mogućnosti i lipolitičke razgradnje mlečne masti. Pokazatelji *Pierre et al.* (1978), su da je ultrafiltracijom punomasnog mleka moguće stvoriti odnos mast — suva materija od 0% do 50%. Istaknuta je takođe pojava povećanja sadržaja slobodnih masnih kiselina, koje su delimično menjale reološka svojstva retentata. Istraživanja *Ostojić-a* (1983), su pokazala da se bez ikakvih smetnji može izvršiti ultrafiltracija punomasnog mleka i da permeat sadrži samo u tragovima mlečnu mast. Istraživanja su utvrdila da je najprikladnija temperatura za funkcionisanje procesa između 323,15^o i 328,15^oK (50^o i 55^oC). Ovaj izbor je najbolji kompromis između maksimalne difuzije permeata kroz membranu, minimalnog viskoziteta retentata proteina, kontrolisanja bakteriološkog razvoja i izbegavanja denaturacije proteina.

Materijal i metode rada

U okviru ispitivanja ultrafiltracije punomasnog mleka primenjene su sledeće metode:

Mleko je korišćeno sa različitim sadržajem mlečne masti i uzimano iz zbirnog mleka u količinama od 120 do 200 litara.

Hemijski sastav mleka, retentata i permeata je ispitivan standardnim metodama. Analiziran je sadržaj mlečne masti, sadržaj suve materije, sadržaj laktoze, sadržaj mineralnih materija, sadržaj proteina i sadržaj neproteinskog azota po *Pejić-u et al.* (1963).

Od fizičkih osobina mleka, retentata i permeata ispitivani su gustoća, aktivna i titraciona kiselost po *Pejić-u et al.* (1963).

Sadržaj suve materije bez masti i sadržaj rastvorljivih azotnih materija je dobijen računskim putem.

Ultrafiltracija punomasnog mleka je vršena na ALFA-LAVAL-ovom pilot uređenju za ultrafiltraciju UFS-1 sa membranom ROMICON. Ova membrana spada u drugu generaciju membrana i sintetičkog je porekla. Sastavljena je od šupljih vlaknastih cevčica, koje se nalaze objedinjene u plastičnom nosaču. Raspon jedne cevčice je 1,1 mm tako da je ukupna površina korišćene membrane 1,4 m².

Rađeno je sa ulaznim pritiscima od 192,5 do 202,6 KPa i sa izlaznim pritiscima od 40,5 do 50,7 KPa. Temperatura je konstantno održavana na istom nivou od 328,15^oK (55^oC). Vreme ultrafiltracije je bilo od 1,29 do 2,28 časova.

Izračunavanje faktora koncentrisanja, koeficijenta zadržavanja proteina, propustljivost proteina i fluksa ultrafiltracije je izvršeno po normama međunarodne mlekarske federacije FIL (1981).

Praktični deo istraživanja je izvršen u mlekari u Sremskoj Mitrovici, a analize i obrada podataka u laboratorijama Instituta za mlekarstvo u Beogradu.

Rezultati istraživanja sa diskusijom

Primenom membrane druge i treće generacije pri ultrafiltraciji punomasnog mleka, danas nema više nerešivih teškoća. U našim istraživanjima smo radili sa mlekom različitog sadržaja mlečne masti. Uočili smo da je utjecaj mlečne masti izražen kroz smanjenje protoka permeacije, ali ne i začepljenje pora membrane. Pri tretiranju punomasnog mleka u našim eksperimen-

tima smo uspešno održavali razliku ulaznog i izlaznog pritiska od 162,1 KPa i temperaturu od 328,15°K (55°C).

Rezultati hemijskih analiza i nekih fizičkih osobina mleka, retentata i permeata su dati u sledećoj tabeli:

Tabela 1.

Hemijski sastav mleka, retentata i permeata

Uzorak	Mast %	Suva mat. %	Suva mat. bez masti %	Laktoza %	Min. mat. %	Protein, %
I						
Mleko	3,40	11,95	8,55	4,93	0,33	3,29
Retentat	8,45	30,16	21,71	2,52	1,12	18,07
Permeat	trag.	5,73	—	5,10	0,41	0,22
II						
Mleko	3,50	12,08	8,58	5,18	0,38	3,02
Retentat	8,90	26,10	17,20	3,74	1,22	12,24
Permeat	trag.	5,50	—	4,98	0,40	0,10
III						
Mleko	3,30	11,71	8,41	4,71	0,81	2,89
Retentat	8,50	27,23	18,73	3,54	1,21	13,98
Permeat	trag.	5,28	—	4,72	0,37	0,15

Suva materija mleka i samim tim suva materija mleka bez masti su se kretale u granicama minimalnih potreba za normalnu obradu i preradu mleka. Njihovim koncentrovanjem je značajno obogaćena nova sirovina (retentat) za dalju obradu.

Laktoza je u ovim procesima najviše razdvojena i rezultati su ukazali na uobičajene koncentracije kod dobijenih frakcija.

Sadržaj mineralnih materija mleka za prva dva uzorka je bio neočekivano mali. Međutim razdeljenost na frakcije je dala očekivane rezultate.

Rezultati ispitivanja nekih fizičkih osobina, kao i azotnih frakcija mleka, retentata i permeata dati su u sledećoj tabeli:

Tabela 2.

Fizičke osobine i azotne frakcije mleka, retentata i permeata

Uzorak	Gustoća	Kiselost °SH	pH	Ukupni azot %	Rastvor- ljivi N %	Neprotein- ski azot %
I						
Mleko	1.0300	7,20	6,60	0,5157	0,4657	0,0518
Retentat	—	16,00	6,65	2,8323	—	—
Permeat	—	3,40	6,35	0,0345	0,2024	0,0176
II						
Mleko	1.0302	7,40	6,50	0,4733	0,4260	0,0473
Retentat	—	16,08	6,60	1,9185	—	—
Permeat	—	3,80	6,35	0,0157	0,0836	0,0164
III						
Mleko	1.0292	7,60	6,50	0,4530	0,4077	0,0453
Retentat	—	14,80	6,60	2,1912	—	—
Permeat	—	3,60	6,40	0,0235	0,0480	0,1620

Kiselost uzoraka je praćena putem aktivne i titracione kiselosti. Titraciona kiselost je ukazala da se sa povećanjem koncentracije proteina i ona povećava (retentat), a da se sa smanjenjem suve materije smanjuje (permeat). Aktivna kiselost je merena potenciometrijski i rezultati se mogu koristiti u kompariranju istih medijuma. Tada uočavamo stalnost pH-vrednosti, koja se kretala u normalnim veličinama.

Azotne materije su ispitivane radi utvrđivanja koncentrisanja proteina mleka. Sadržaj ukupnih proteina mleka je bio uobičajen za područje Srema. Dobijeni retentat je imao izraženo viskoznu masu sa svojstvenim organoleptičkim osobinama okusa, mirisa, boje i konzistencije.

Permeat je bio bistro-zelene boje, prijatnog mirisa i okusa, bez vidljivog taloženja bilo kakvih čestica. Ispitivanjima azotnih materija permeata smo želeli da ustanovimo kvalitativno i kvantitativno odnos propuštenih minornih frakcija proteina kroz membranu. Uočavamo da je ukupna količina proteina permeata srazmerno mala i čini prosečno 5,07% ukupnih proteina mleka.

Nezadovoljavajući rezultati su dobijeni u samom odnosu proteina permeata. Od ukupne količine proteina permeata, dobijeni su veoma različiti sadržaji neproteinskih azotnih materija 8,0%, 16,4% i 68,0% pojedinačno. Ovi rezultati se mogu objasniti, bilo slabljenjem propusne moći membrane, bilo neodgovarajućim kvalitetom polazne sirovine. Ovim pitanjima bi u narednom periodu istraživanja trebalo posvetiti odgovarajuću pažnju.

Dobijeni koncentrovani rastvori su utvrđeni, prema unapred određenim parametrima u zavisnosti od dalje namene prerade retentata. Rezultati su dati u sledećoj tabeli:

Tabela 3.

Faktor koncentrisanja

Uzorak	Zapreminski odnos 1/1	Proteinski odnos 1/1
Mleko I	6,00	5,49
Mleko II	4,00	4,05
Mleko III	5,00	4,84

Obzirom na različiti hemijski sastav mleka (prvenstveno suve materije i proteina), dobijena su ipak odgovarajuća koncentrisanja između količina retentata i sadržaja proteina. Ovo je još jedna potvrda mogućnosti dirigovanja procesima i dobijanja željenih koncentracija proteina podesnih za dalju preradu.

Parametre efekata ultrafiltracije smo pratili koeficijentima zadržavanja proteina, propustljivošću proteina i fluksom tečnosti.

Koeficijent zadržavanja proteina određuje stepen odvajanja glavne komponente iz rastvora pri različitim operativnim uslovima. U našim ispitivanjima koeficijent zadržavanja proteina je bio:

$$R_1 = 0,9890$$

$$R_2 = 0,9943$$

$$R_3 = 0,9913$$

Ovim pokazateljima možemo da budemo veoma zadovoljni. Izraženo u procentima to znači da je 98,9 do 99,4% proteina zadržano u retentatu.

Propustljivost proteina je suprotna merna jedinica. U našim ispitivanjima je iznosila:

$$C_1 = 0,0110$$

$$C_2 = 0,0057$$

$$C_3 = 0,0087$$

Ako i ove pokazatelje izrazimo u procentima, uočavamo da je samo 1,1 do 0,6% proteina prošlo kroz membranu. Znajući da mleko sadrži minorne proteine i proteinske frakcije koje su nastale razgradnjom proteinskog kompleksa i da su oni manjeg reda veličine od veličina pora membrane, sasvim je očekivano da izvestan deo proteina prođe kroz membranu i nađe se u permeatu.

Fluks ultrafiltracije označava protok tretirane tečnosti kroz površinu membrane u jedinici vremena. U zavisnosti od primenjenih uslova (temperatura i pritisak) u našim eksperimentima smo dobili sledeće pokazatelje:

$$F_1 = 59,65 \text{ l/m}^2\text{h}$$

$$F_2 = 59,58 \text{ l/m}^2\text{h}$$

$$F_3 = 78,21 \text{ l/m}^2\text{h}$$

Dobijeni rezultati prva dva uzorka se mogu smatrati zadovoljavajućim. Kod trećeg uzorka je fluks bio nešto veći, što se može objasniti odvajanjem dela retentata pre završetka ultrafiltracije za proizvodnju fermentisanih napitaka.

Zaključak

Na osnovu hemijskog ispitivanja sastava mleka i primene savremenih membranskih procesa ultrafiltracije punomasnog mleka možemo izvesti sledeća zapažanja:

— Ispitivanje hemijskog sastava mleka sirovinskog područja Sremske mlekare ukazuje na relativno niži sadržaj suve materije i proteina, koji varira zavisno od sezone, rase krava, ishrane i u zadnje vreme od cene mleka;

— Ultrafiltracija punomasnog mleka je opravdala očekivanja i dobijeni su sasvim zadovoljavajući rezultati. Različiti sadržaj mlečne masti nije bio od utjecaja na dobijene rezultate;

— Prolaz minornih konstituenata proteina kroz membranu je bio u dozvoljenim granicama i ne predstavlja smetnju dalje primene permeata. Uočena je nominalna razlika vrednosti dobijenih analitičkim i računskim putem, na šta bi u daljim istraživanjima trebalo obratiti pažnju;

— Parametri ultrafiltracije (pritisak, temperatura, pH, fluks i dr.), su bili unapred određeni. Njihova stalnost je od bitnog utjecaja na dobijene rezultate;

— Dobijeni retentat je korišćen za proizvodnju nisko laktoznog fermentisanog napitka i za proizvodnju belog sira. Početni rezultati su ohrabrujući, te se istraživanja nastavljaju u tom pravcu.

