

## FERMETACIJA PERMEATA ULTRAFILTRIRANOG MLIJEKA

Andrija VRDOLJAK, dipl. inž., R.O. »Dukat« Zagreb,  
dr. Ljerka KRŠEV, PBF Zagreb

### Sažetak

Ispitivana je mogućnost iskorištenja sporednog produkta — permeata nakon ultrafiltracije mlijeka. Rezultati su pokazali da je moguća fermentacija permeata sa mljekarskim kulturama, te da se permeat može iskoristiti kao komponenta u pripremi napitaka.

Najpovoljnija mljekarska kultura za pripremu fermentiranog permeata pokazala se jogurtna kultura, a najbolje su ocijenjeni napitci na bazi permeata uz dodatak voćnih aroma, osobito citrusa.

U današnje vrijeme nedostatka sirovina, posebno hrane, vrše se razni pokušaji korištenja sporednih proizvoda prehrambene industrije za ljudsku hranu.

Permeat je sporedni proizvod jednog relativno novog tehnološkog postupka ultrafiltracije mlijeka ili sirutke. Do sada se slabo koristio, ali zbog njegovog sastava (otopina laktoze, soli i vitamina) prišlo se proučavanju načina primjene. Za sada su glavna područja primjene: proizvodnja laktoze, galaktoze i glukoze, alkohola, kvasca, stočne hrane, farmaceutskih i drugih proizvoda.

Cilj ovog rada je pokušaj fermentacije permeata, dobivenog nakon ultrafiltracije mlijeka, mljekarskim kulturama sa bakterijama mlječno-kiselog vrenja.

Fermentirani permeat je služio kao baza za pripremu niskokaloričnog osvježavajućeg napitka.

Sastav permeata nakon ultrafiltracije sirutke ili obranog mlijeka je u biti sličan, ako se postupak vrši na istim membranama.

U tabeli 1 navodimo sastav permeata.

Tabela 1

### Sastav permeata slatke sirutke

(Coton, 1980)

Sastojak	%
Laktoza	4,9
Proteini	0,03
Tvari bez N	0,1
Pepeo	0,5
Mast	0,01
Mlječna kiselina	0,15
Suha tvar	5,7

Lukač-Skelin (1978) navodi sastav dobivenog permeata kod UF obranog mlijeka. Za ultrafiltraciju korišten je uređaj DDM sa dva modula 35-5,4-GR6P u seriji (tabela 2).

**Tabela 2**

**Sastav permeata obranog mlijeka**

(Lukač-Skelin, 1978)

%	Permeat
Suha tvar	5,31
Proteini	0,20
NPN	0,16
Kazein	—
Laktoza	4,60
Pepeo	0,61

Kalašnikov (1976) je detaljnije ispitao sastav dobivenog permeata nakon ultrafiltracije sirutke (tabela 3).

**Tabela 3**

**Sastav permeata sirutke**

(Kalašnikov, 1976)

Gustoća	1,018
Kiselost (°T)	6
Proteini (‰)	0,002
Laktoza (‰)	4,4
Pepeo (‰)	0,28
Kalcij (mg‰)	28
Kalij (mg‰)	125,6
Magnezij (mg‰)	11,8
Natrij (mg‰)	47,9
Klor (mg‰)	75,3
Fosfor (mg‰)	17,6
B <sub>12</sub>	0,24
B <sub>6</sub> (mg/l)	4,1
B <sub>2</sub> (mg/l)	12,4

Kod povećanja proteina za 2,4 puta u koncentratu, s obzirom na početnu sirutku, u permeat prelazi oko 30‰ Ca, 90‰ K, 70‰ Na + Mg, te neprotein-ske tvari, proteaza — peptonove tvari i djelomično  $\beta$ -laktoglobulin (Kalašnikov, 1976).

Tratnik (1981) iz 13 pokusa UF sirutke na DDS-modulu 20 — 1,8 m<sup>2</sup> tipa 800, navodi sastav permeata (tabela 4).

Tabela 4

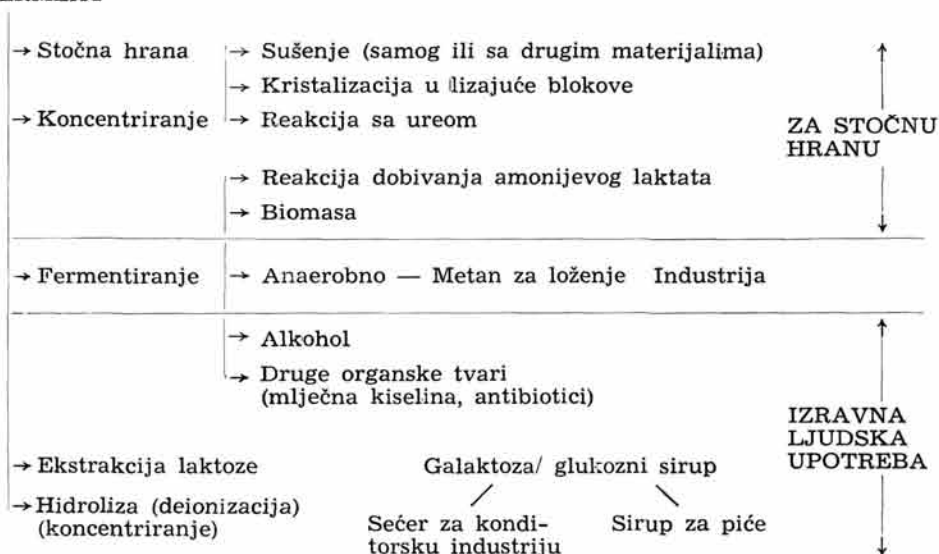
## Granične vrijednosti glavnih sastojaka permeata

(Tratnik, 1981)

Suha tvar %	3,5 —5,2
Laktoza %	3,1 —4,1
Proteini %	0,19—0,6
Pepeo %	0,27—0,3

Mogućnosti korištenja permeata su velike, ali su još slabo ispitane. U nama dostupnoj literaturi nismo našli eksperimentalni podatak o upotrebi permeata, već samo teoretska razmatranja Cotona (1980), (slika 1).

## PERMEAT



Slika 1.

Mogućnosti upotrebe permeata (Coton, 1980)

## Ekstrakcija laktoze

Laktoza se može ekstrahirati iz permeata i sirutke, no iz permeata je nešto lakši postupak. Međutim oba postupka nisu ekonomična za industrijsku primjenu.

## Sušenje permeata samog ili s drugim materijalima

Sušenje permeata je skuplje i po postupku teže od sušenja sirutke, jer se ne mogu koristiti visoke temperature, a ukupna suha tvar nakon evaporacije je manja od one kod sirutke. Sušenje permeata je dakle ekonomski nepovoljno, ali može postati ekonomično ako mu se dodaju neke tvari kao npr. obrano mlijeko ili proteini soje.

## Dobivanje amino laktata

Neki istraživači pripremali su fermentiranu amonijevu sirutku pomoću anaerobne fermentacije laktoze sa *L. bulgaricus* uz stalnu neutralizaciju nastale mlječne kiseline amonijakom. Smjesa se evaporira do 60% ukupne suhe tvari, te se takova može miješati u stočnu hranu do 25%. Permeat, također može poslužiti za pripremu amonijeva laktata, ali tada je odnos proteinskog prema neproteinskom dušiku izmijenjen.

## Proizvodnja biomase

Pod aerobnim uvjetima laktozu iz permeata može se fermentirati u prisustvu nekog prikladnog kvasca. Biomasa sadrži 45% nepročišćenog proteina, koji se koristi u stočnoj ishrani umjesto dodatka sojinog brašna. Nakon hidrolize biomase, ona se može koristiti i u ljudskoj ishrani. U toku ovog procesa važno je osigurati dovoljnu količinu kisika, kako bi iskorištenje bilo što veće.

## Proizvodnja alkohola

Iz laktoze se može proizvesti metan pod anaerobnim uvjetima, a kao supstrat služe sirutka i permeat. Iz metana može se proizvesti alkohol koji se počinje u svijetu primjenjivati kao pogonsko gorivo (20% pogonskog goriva u Brazilu otpada na alkohol). Laktozu u alkohol vrlo uspješno fermentira kvasac *Kluyveromyces fragilis*, koji se koristi i do 80%.

## Fermentacija u organske tvari

Od organskih tvari koje se mogu dobiti fermentacijom laktoze iz permeata, najvažniji su mlječna kiselina i penicilin. Ova fermentacija laktoze je ekonomična, ako se tvornica antibiotika ili mlječne kiseline nalazi u neposrednoj blizini mljekarske industrije, koja priprema sirovinu.

## Hidroliza u galaktozu/glukozu sirup

Ovim procesom se izmijene karakteristike šećera kao topivost i slatkoća, što je prikazano u tabeli 5.

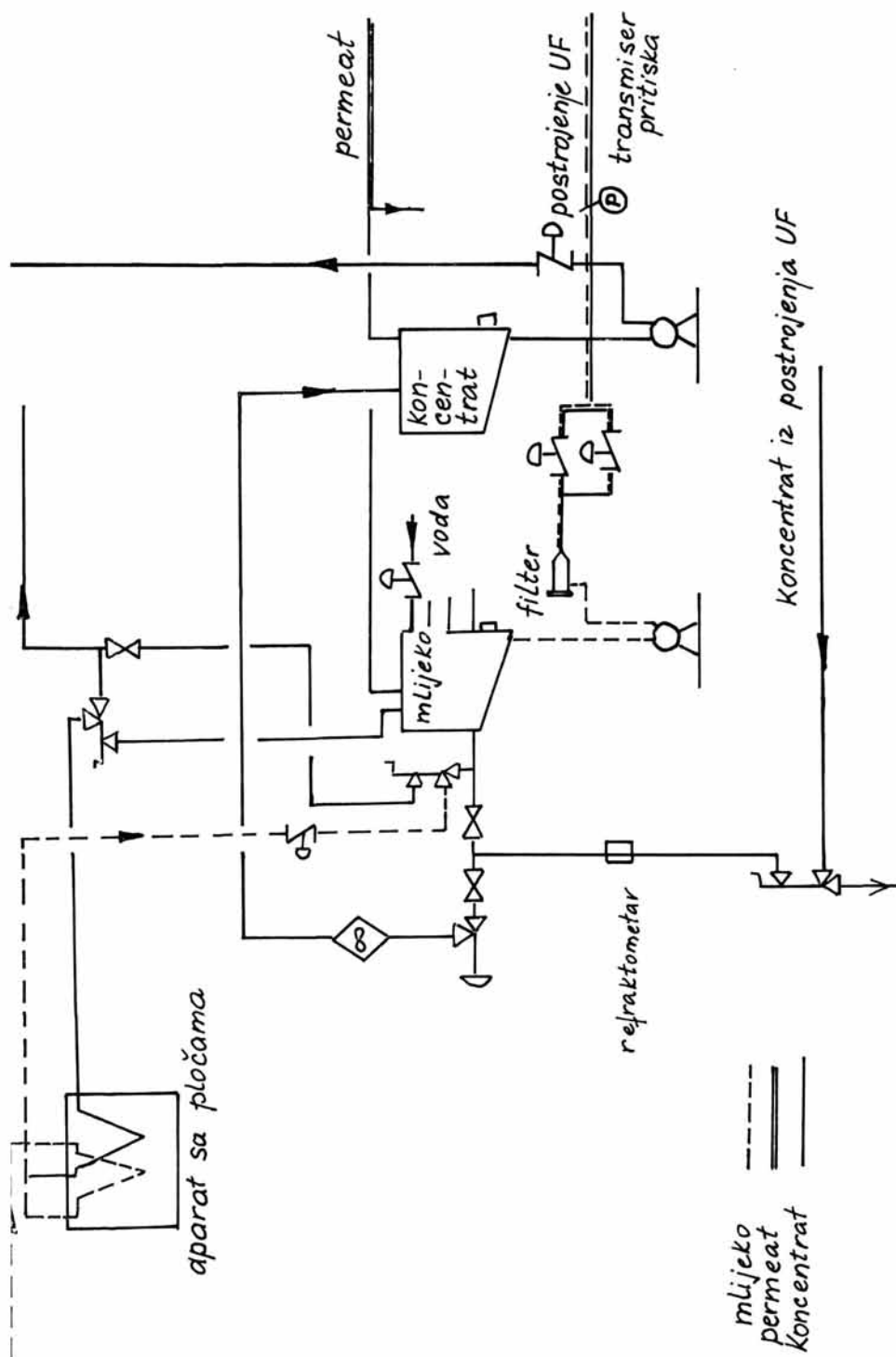
**Tabela 5**

**Svojstva laktoze i galaktoza/glukoze (Coton, 1980)**

	Šećer	laktoza	galaktoza glukoza/
Topivost 25°C %	68	22	60
Slatkoća	100	15	70
Viskozitet 60%-tne otopine kod 20°C	481	—	380

Sirup dobiven hidrolizom laktoze se demineralizira i koncentrira, te se takav koristi (sladoled, proizvodnja piva, industrija peciva).

Na kraju u tabeli 6 iznosimo potencijalnu korist permeata.



Shema procesa ultrafiltracije mlijeka u R. O. »D ukat«

Slika 2

Tabela 6

## Podaci o ukupnoj koristi permeata (Coton, 1980)

	Korist u funtama/ toni laktoze
Laktozilurea (tekuća)	33
Fermentacija u metan	19
Fermentacija u alkohol za piće	107
Hidroliza galaktoza/glukoza	40

Najpovoljnija je alkoholna fermentacija laktoze, a slijedi hidroliza laktoze u galaktoza / glukoza sirup, dok je fermentacija laktoze u metan najmanje povoljna.

## Metode i materijal rada

Permeat za pokuse proizveden je na postrojenju za ultrafiltraciju R.O. »Dukat«. Postrojenje je proizvod danskog proizvođača opreme PASILAC A/S. Za ultrafiltraciju koriste se DDS moduli tipa 35 — 18. Modul je otporan na pritisak 20 bara (2MPa), pH 0—14 i temperaturu do 100°C.

U modulu upotrebljene membrane mogu biti i manje otporne i time ograničavaju dozvoljene temperature, tlak i pH područje.

U našim pokusima korištene su membrane tipa GR6P.

Permeat je dobiven nakon ultrafiltracije mlijeka sa 2,1 — 2,2% masti, obujamske mase 1,0310. Prije ultrafiltracije mlijeko se podgrijava na 45°C. Ugušćuje se do 3,2% masti i oko 12% suhe tvari, obujamske mase 1,0340—1,0350.

Na slici 2 prikazana je shema procesa ultrafiltracije mlijeka u R.O. »Dukat« Zagreb.

Permeat — nusprodukt ovog procesa UF mlijeka korišten je za fermentaciju i pripremu napitaka.

## Priprema kultura za fermentaciju permeata

Za fermentaciju permeata koristili smo tehničku kulturu : jogurtnu, malslarsku i kulturu za kiselo mlijeko.

Na hidrolizirano mlijeko bujon (HMB) cijepili smo mikrobiološkom ušicom tehničke kulture i termostatirali na određenim temperaturama.

## Fermentacija permeata

Permeat se zagrije trenutačno do 100°C, a talog pažljivo dekantiran, ohladi se na temperaturu cijepljenja i doda 2—3% odgovarajuće kulture sa HMB i inkubira.

## Određivanje aktiviteta kulture u permeatu

Aktivitet se odredio standardnom metodom brojanja izraslih kolonija na čvrstoj podlozi : hidrolizirano mlijeko agar (HMA).

## Priprema napitaka

Napitci su se pripremali na bazi fermentiranog permeata i sirovog permeata. U 60 ml fermentiranog ili sirovog permeata doda se 2 ml arome, 34 ml vode, 5 g šećera i 1 ml citronske kiseline.

Korištene su arome »Etol« iz Celja i to: egzotič, kava, rum, ananas, kupina i citrus.

## Ispitivanje permeata

Određivanje kiselosti, laktoze, bjelančevina, masti, suhe tvari i pepela vršilo se standardnim metodama (Pejić i sur. 1963).

Organoleptička ispitivanja napitaka vršena su komisijski, prema predloženoj tabeli za ocjenu napitaka od permeata.

Ocjena: vrlo loš (1), loš (2), slab (3), vrlo dobar (4) i odličan (5).

## Rezultati rada

Za pokuse fermentacije permeat je termički obrađivan iz dva razloga:

- da se dobije bakteriološki čista sirovina za rast izabranih kultura,
- da se dobije bistra sirovina za pripravu napitaka.

Tokom rada određivali smo na sedam uzoraka permeata: pH, % laktoze, % proteina, % masti, % suhe tvari i % pepela u 100 ml permeata.

Tabela 7

Kemijski sastav sirovog i termički obrađenog permeata

n = 7

	Permeat					
	Sirov			Termički obrađen		
	min	max	— ×	min	max	— ×
pH	6,10	6,48	6,35	5,8	6,1	6,0
laktoze u %	4,04	4,09	4,06	3,82	3,82	3,82
proteina u %	0,304	0,338	0,32	0,27	0,30	0,29
masti u %	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
suhe tv. u %	4,5	4,8	4,65	4,3	4,4	4,35
pepela u %	0,36	0,38	0,37	0,33	0,35	0,34

Ni jedan od ispitivanih sastojaka nije se znatno mijenjao u svih sedam uzetih uzoraka. Iz rezultata se vidi da u permeatu ima oko 4% laktoze, koja je za naš rad bila najzanimljiviji sastojak permeata.

Iz dobivenih rezultata (tabela 8) za permeat fermentiran sa 2 i 3% jogurtne kulture vidi se da je pH pao za oko 2 jedinice u odnosu na termički obrađen permeat. Također se smanjila i količina laktoze, a ostali se sastojci nisu bitno promijenili, osim što je % proteina porastao.

Kod fermentacije permeata sa 2 i 3% maslarske kulture (tabela 9) pH se smanjio slično kao i kod jogurtne kulture, a također i laktoza. Porastao je i % proteina, ali manje nego uz jogurtnu kulturu ili kulturu za kiselo mlijeko.

Tabela 8

Kemijski sastav fermentiranog permeata sa jogurtnom kulturom uzgojenom na HMB  
n = 7

	Per meat					
	2% kulture			3% kulture		
	min	max	$\bar{x}$	min	max	$\bar{x}$
pH	3,8	4,25	4,0	3,8	4,2	3,9
laktoze u %	3,16	3,80	3,54	3,10	3,76	3,43
proteina u %	0,78	0,87	0,83	0,81	0,94	0,87
masti u %	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
suhe tvari u %	3,4	4,3	3,85	3,5	4,6	4,05
pepela u %	0,28	0,35	0,32	0,27	0,36	0,32

Tabela 9

Kemijski sastav fermentiranog permeata sa maslarskom kulturom uzgojenom na HMB  
n = 7

	Per meat					
	2% kulture			3% kulture		
	min	max	$\bar{x}$	min	max	$\bar{x}$
pH	4,1	4,35	4,20	3,95	4,2	4,1
laktoze u %	3,07	3,76	3,42	3,04	4,04	3,54
proteina u %	0,37	0,44	0,41	0,40	0,51	0,46
masti u %	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
suhe tvari u %	3,5	4,5	4,0	4,0	0,51	0,46
pepela u %	0,28	0,35	0,32	0,28	0,37	0,33

Tabela 10

Kemijski sastav fermentiranog permeata sa kulturom za kiselo mlijeko,  
uzgojenom na HMB

n = 7

	Per meat					
	2% kulture			3% kulture		
	min	max	$\bar{x}$	min	max	$\bar{x}$
pH	4,10	4,15	4,10	4,0	4,05	4,05
laktoze u %	3,54	3,55	3,55	2,94	3,60	3,27
proteina u %	0,81	0,81	0,81	0,84	0,88	0,86
masti u %	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
suhe tvari u %	3,9	4,5	4,2	4,0	4,0	4,0
pepela u %	0,28	0,31	0,30	0,28	0,32	0,30



Tabela 11

**Aktivitet tehničkih kultura: jogurtna, maslarske i kulture  
za kiselo mlijeko na HMB**

n = 7

Tehnička kultura	Broj mikroorganizama $\times 10^3$ u ml		
	min	max	$\bar{x}$
Jogurtna	300	1300	800
Maslarska	2960000	3200000	3080000
Za kiselo mlijeko	50000	70000	60000

Iz tabele 11 se vidi da se na HMB najbolje razvijala maslarska kultura, zatim kultura za kiselo mlijeko te jogurtna kultura.

Tabela 12

**Aktivitet kultura: jogurtna, maslarske i kulture za kiselo mlijeko  
na termički obrađenom permeatu**

n = 7

Kultura uzgojena na HMB	Broj mikroorganizama $\times 10^3$ u ml		
	min	max	$\bar{x}$
Jogurtna	22	35	28
Maslarska	50400	81600	66000
Za kiselo mlijeko	3800	9800	6800

Iz tabele 12 se vidi da su se sve kulture razvijale slabije na termički obrađenom permeatu.

Tabela 13

**Organoleptička ocjena napitaka priređenih na bazi permeata i fermentiranog  
permeata**

	Ukupna ocjena					
	A r o m e					
	Egzotic	Kava	Rum	Ananas	Kupina	Citrus
Sirovi permeat	2	1	1	4	3	4
Permeat fermentiran jogurtnom kulturom uzgojenom na HMB	2	1	1	4	3	5
Permeat fermentiran maslarskom kulturom uzgojenom na HMB	2	1	1	3	2	4
Permeat fermentiran kulturom za kiselo mlijeko uzgojenom na HMB	2	1	1	4	3	5

Organoleptička ocjena napitaka priređenih na bazi permeata i fermentiranog permeata pokazala je da su za pripremu napitaka najbolje arome citrusa i ananasa.

### Diskusija i zaključak

Iz kemijskih analiza vidi se da permeat može poslužiti kao sirovina za fermentaciju mlječno-kiselog vrenja, jer sadrži oko 4% laktoze. Vrijednosti pH su također povoljne za razvoj ovih bakterija.

Fermentacijom permeata jogurtom, maslarskom i kulturom za kiselo mlijeko pH je pao za oko 2 jedinice, što znači da su se naciepljene kulture razvijale povoljno. Količina laktoze je također pala za oko 0,3 g u odnosu na početnu.

Povećanje količine cjepiva od 2 na 3% nije bitno utjecalo na smanjenje pH vrijednosti i smanjenje količine laktoze. Fermentacijom permeata raste i vrijednost proteina u odnosu na početnu sirovinu za sve tri kulture.

Usporednim određivanjem aktiviteta kultura na HMB i na permeatu ustanovljeno je da je permeat manje pogodna podloga za rast bakterija mlječno-kiselog vrenja.

Iz tabele 11 je vidljivo da se maslarska kultura bolje razvija na permeatu od ostale dvije kulture. Međutim vrijednosti pH za uzorke fermentiranog permeata sa jogurtom kulturom su nešto niže od ostalih dviju kultura. To se može tumačiti sastavom jogurtne kulture, koja sadrži bakterije jače proizvođače mlječne kiseline.

Iz organoleptičke ocjene napitaka na bazi permeata bolje su ocjenjeni uzorci sa fermentiranim permeatom i to oni sa jogurtom kulturom.

Na temelju dobivenih rezultata može se zaključiti, da je moguće pripremiti napitke na bazi permeata. Najbolja kultura za pripremu napitaka je jogurtna kultura. Za pripremu ove vrste napitaka treba upotrebljavati voćne arome, naročito kiselog voća, kao što su citrusi.

### Summary

*The possibility of the utilization of permeate, the by-product obtained from ultrafiltration, was tested.*

*The results showed that the fermentation of permeate could be carried out by cultures used in the dairy, and permeate could be utilized as a component in the production of beverages.*

### Literatura

- COTON, S.G. (1980): *Journal of the Society of Dairy Technology*, 33 (3) 89—94.  
HYLMAR, B. i TEPLY, M. (1964): Používání čistých mlékarských kultur, STNL, Praha  
LUKAČ-SKELIN, J. (1978): *Mljekarstvo*, 28 (2) 26—29.  
PEJIĆ, O. i ĐORĐEVIĆ, J. (1963): Mljekarski praktikum, Naučna knjiga, Beograd  
TRATNIK, Lj: (1981): Magistarski rad, PBF, Zagreb