

reni i uskladišteni na 22° C u toku 8 nedjelja, a kontrolirani su na održivost organoleptički.

Svi uzorci, koji su imali broj psihrofilnih mikroorganizama (prije toplinske obrade)  $5 \times 10^7$  ili  $8 \times 10^6$  bili su koagulirani.

Bakterije, koje rastu u sirovom ohlađenom mlijeku, stvaraju ekstracelularne, lipaze i proteinaze. Proteinaze su veoma otporne na visoke temperature, te je to uzrok kvarenja t. j. grušanja UHT mlijeka.

Možemo zaključiti, da je uputno kontrolirati bakteriološku kvalitetu hladnog mlijeka. Kako su izvori psihrofilnih mikroorganizama zemlja, vegetacija, voda to postoji velika mogućnost da se mlijeko na sabirnim stanicama »obogati« ovom mikroflorom.

#### Literatura

1. LAW B. A., SHARPE M. E., CHAPMAN H. R.: 1976 *J. Dairy Res.* 43 (3) 459—468.
2. LAW B. A., ANDREWS A. T., SHARPE M. E.: 1977 *J. Dairy Res.* 44 (1) 154—178.
3. BAUMANN D. P. and REIBOLD G. W.: The enumeration of psychrophilic microorganisms in dairy products, Milk and Food Technology, 26, 351 (1963).
4. Standard Methodes for the examination of Dairy Products, American Public Health Association, New York, 1960.

## NEKI ASPEKTI INDUSTRIJSKE PRERADE SURUTKE\*

Dr Marijana CARIC, Spasenija MILANOVIĆ, dipl. inž., Dragoljub GAVRIĆ, dipl. inž. Tehnološki fakultet, Novi Sad

### Uvod

Surutka je sporedni proizvod u tehnološkim procesima proizvodnje sira i kazeina. Količina surutke dobijena pri proizvodnji sira je najveća i stoga daleko najvažnija. Od ukupne količine mleka dobiva se oko 10% sira, a ostalih 90% je surutka. Hemijski sastav surutke zavisi od načina dobijanja, a prosečno surutka sadrži: 93% vode i 7% suve materije. Može se reći da je surutka 5%-ni rastvor laktoze koji sadrži male količine proteina, soli i masti (5). Vitamini rastvorljivi u vodi se u surutci nalaze u količini u kojoj su zastupljeni u mleku.

U tabeli 1 dat je sastav slatke i kisele surutke, tečne, kondenzirane i surutke u prahu (3). Surutka sadrži sledeće osnovne komponente: proteine, laktozu, mineralne materije, masti i mlečnu kiselinu.

Sadržaj mlečne kiseline zavisi od vremena čuvanja surutke i uslova skladištenja. Prilikom skladištenja, pod normalnim uslovima, jedan deo laktoze fermentiše u mlečnu kiselinu. Visok sadržaj mlečne kiseline, prilikom sušenja surutke, stvara poteškoće. Surutka se mora odmah, nakon odvajanja od gruša, pasterizovati i hladiti da bi se sprečio dalji razvoj kiselosti. U sastav mineralnih materija surutke ulaze: kalijum, kalcijum, natrijum, magnezijum, hloridi i fosfati. Dok najveći deo kalcijuma i fosfata ostaje u siru tokom proizvodnje, dotle su ostali minerali u surutki prisutni u istoj količini u kojoj se nalaze u mleku. Kisela surutka dobijena pri proizvodnji kazeina je nešto

\* Referat održan na XVII Seminaru za mljekarstvu industriju, Zagreb, 1979.

bogatija kalcijumom i fosfatima, nego slatka surutka dobijena pri proizvodnji sira, jer sadrži više mineralnih materija, pa se zato teže i ređe prerađuje.

Laktoza je prisutna u formi alfa i beta laktoze u relativnom odnosu 40% : 60%. Prilikom koncentrisanja surutke i hlađenja koncentrata, jedan deo alfa laktoze kristališe, a ista tolika količina beta laktoze konvertira u alfa oblik, jer su ove dve forme laktoze u ravnoteži u rastvoru, tako da je njihov relativni odnos uvek isti. Konverzija beta laktoze u alfa formu naziva se mutarotacija i zavisi od temperature. Na nižoj temperaturi (od 0°C — 5°C) proces se odvija veoma sporo.

**Tabela 1**

**Sastav tečne, kondenzovane i sušene surutke<sup>1</sup>**

Komponenta %	Tečna surutka		Kondenzovana kisela surutka	Surutka u prahu	
	slatka	kisela		slatka	kisela
Suva materija	6,35	6,5	64,0	96,5	96,0
Voda	93,7	93,5	33,5	3,5	4,0
Mast	0,5	0,04	0,5	0,8	0,6
Ukupni proteini	0,8	0,75	7,6	13,1	12,5
Laktoza	4,85	4,90	34,9	75,0	67,4
Pepeo	0,5	0,8	8,2	7,3	11,8
Mlečna kiselina	0,05	0,4	12,0	0,2	4,2

<sup>1</sup> Kosikowski, F. V. 1977. Cheese and Fermented Food, 2. nd Ed., Edwards Brothers, Inc. Ann Arbor, Michigan, USA 14804.

Optimalna temperatura na kojoj se odvija proces mutarotacije je 30°C. Kristali alfa anhidrida laktoze su higroskopni, dok beta hidratna forma sadrži jedan molekul vode po molekulu laktoze i nije higroskopna. Stoga je, prilikom sušenja surutke, potrebno da najveći deo alfa laktoze bude u obliku kristalnog hidrata da bi se dobio nehigroskopan prah.

Nutritivno najdragocjeniji konstituenti surutke su proteini: beta laktoglobulin, alfa laktoalbumin, krvni serum albumin i imuno globulin, kao i drugi termolabilni proteini. Alfa laktoalbumin i beta laktoglobulin su zastupljeni najviše (90%) i nalaze se u relativnom odnosu 1:3. Proteini surutke su namirnice čija je biološka vrednost veća od mnogih drugih animalnih proteina (proteina mesa, kazeina i dr.) koji se koriste u ljudskoj ishrani, zbog povoljnog aminokiselinskog sastava (tabela 2). Prilikom toplotnog tretmana dolazi do toplotne denaturacije proteina surutke, pri čemu oni menjaju izvesna svoja svojstva, postaju manje rastvorljivi, nemaju sposobnosti stvaranja pene te moć apsorpcije i ne mogu obrazovati stabilnu koloidnu suspenziju. Zbog toga je za primenu u prehrambenoj industriji važno da proteini budu nenedenurirani, iako se denaturacijom ne menja njihova nutritivna vrednost.

Biološka vrednost proteina surutke je blizu 100 zbog povoljnog sadržaja esencijalnih aminokiselina, tj. visokog sadržaja lizina, kojeg je skoro 40% više u surutci, nego u kazeinu. Znatno viši je i sadržaj tioaminokiselina (tabela 2). Food and Nutrition Board u SAD (2), izneo je podatke o količini proteina, koja je neophodna za zadovoljenje dnevnih potreba u aminokiselinama, čoveka telesne težine od 70 kg: 23 g kazeina, 17 g proteina celog jaja i svega 14 g proteina surutke. Ovi podaci jasno ilustriraju visoku biološku vrednost proteina surutke.

Mast čini 3—4% suve materije surutke i odvaja se centrifugovanjem. Dobijena pavlaka može da se upotrebi za proizvodnju maslaca iz surutke.

Godišnje se u svetu proizvede oko  $8 \times 10^{12}$  kg sira, a znajući da je 9 puta veća količina surutke, godišnja svetska proizvodnja sveže tečne surutke je oko  $72 \times 10^{12}$  kilograma (3). U Jugoslaviji se godišnje dobije ukupno oko  $350 \times 10^6$  l surutke iz sira, što iznosi  $6,8 \times 10^6$  kg proteina,  $41,2 \times 10^6$  kg laktoze,  $4,2 \times 10^6$  kg mineralnih materija itd. U dvanaest većih i manjih mlekara u SAP Vojvodini, u 1977. godini prilikom prerade mleka u sir, dobijeno je  $63,8 \times 10^6$  l surutke (1). Tokom sledećih godina predviđa se porast proizvodnje različitih vrsta sireva, koji će izazvati još veću proizvodnju surutke.

Tabela 2

Aminokiselinski sastav proteina kravljeg mleka (5)

Amino kiselina ‰	Kazein	Beta- -lakto- globulin	Alfa- -lakto- albumin	Albumin krvnog seruma	Imuno globulin
Ukupni N	15,63	15,60	15,86	16,07	15,3—16,1
Ukupni P	0,86	0,0	0,0	0,0	0,0
Ukupno S	0,78	1,60	1,91	1,94	1,00
Gly	2,0	1,4	3,2	1,8	5,2
Ala	3,2	7,0	2,1	6,3	4,8
Val	7,2	6,1	4,7	5,9	9,6
Leu	9,2	15,5	11,5	12,3	9,6
Ile	6,1	6,9	6,8	2,6	3,0
Pro	10,6	5,1	1,5	4,8	10,0
Phe	5,0	3,5	4,5	6,6	3,9
Tyr	6,3	3,7	5,4	5,1	6,7
Trp	1,7	2,7	7,0	0,58	2,7
Ser	6,3	4,0	4,8	4,2	11,5
Thr	4,9	5,0	5,5	5,8	10,5
Cystin + cystein	0,34	3,4	6,4	6,5	3,2
Met	2,8	3,2	0,95	0,81	0,9
Arg	4,1	2,8	1,2	5,9	4,1
His	3,1	1,6	2,9	4,0	2,1
Lys	8,2	11,8	11,5	12,8	6,8
Asp	7,1	11,4	18,7	10,9	9,4
Glu	22,4	19,3	12,9	16,5	12,3
Amid N	1,6	1,1	1,4	0,78	—

Problem surutke u svetu i kod nas je veoma prisutan i predmet je mnogobrojnih istraživanja. Na XX Internacionalnom kongresu tehnologije mleka i mlečnih proizvoda (Pariz, 1978.), oko 40 referata se odnosilo na surutku, na mogućnost njene prerade, napitke, dobijanje laktoze, koncentrata proteina i iskorišćenje u druge proizvode.

Surutka se ranije jednostavno bacala, a zatim se obzirom na njenu nutritivnu vrednost vraćala seljacima radi prskanja po poljima ili se koristila za stočnu hranu kao takva, neprerađena. Troškovi transporta, odnosno troškovi eventualne prerade i koncentrisanja surutke, da bi se tako prerađena upotrebila za ishranu stoke nisu opravdani i ne predstavljaju optimalno rešenje za iskorišćenje visoko vrednih komponenata mleka koje surutka sadrži.

Propisi o sprečavanju zagađenja okoline u mnogim zemljama, primoravaju proizvođače sireva i kazeina da pronađu, odnosno izaberu način iskorišćenja surutke. Surutka, zbog prisustva organskih materija: laktoze i proteina ima visoki BOD ( $50000 \text{ mg O}_2/1$ ), što prouzrokuje ozbiljno zagađivanje

okoline mlekare, ukoliko se bez prečišćavanja ispušta u kanalizaciju. Svakako je tada razumnije odlučiti se za nabavku uređaja za preradu i iskorišćenje surutke, nego investirati u skupe uređaje za njeno biološko pročišćavanje. U prilog takvom rešenju ide i nedostatak hrane i proteina animalnog porekla u svetu, što je istovremeno jedan od razloga da se proizvodi prerade surutke danas najviše koriste u prehrambenoj industriji. Tipičan primer trenda razvoja prerade surutke je u SAD gde se 1955. svega 25% surutke prerađivalo, a 75% bacalo, ili koristilo kao stočna hrana, dok je 1975. obrnut slučaj, 75% surutke se prerađivalo, a svega 25% bacalo ili davalo stoci (6). Iako je u svetu danas situacija takva da se oko 50% ukupno nastale surutke baca, smatra se da će se do početka XXI veka sva surutka prerađivati.

### **Postupci za preradu surutke i mogući proizvodi**

Iskorišćenje surutke podrazumijeva njenu preradu po izabranom tehnološkom postupku, tako da se komponente koje sadrži surutka iskoriste u ljudskoj ishrani kao hrana, kao dodatak hrani u raznim granama prehrambene industrije, u farmaceutskoj industriji i drugo. Na taj način surutka i proizvodi od surutke predstavljaju ekonomsku dobit za proizvođače pri čemu marketing igra značajnu ulogu. Danas je tehnologija prerade surutke otišla u razvoju znatno dalje od marketinga za iste proizvode. Pri izboru načina prerade surutke od posebnog je značaja i raspoloživa količina. Za uspešno razvijanje lanca proizvodnje i marketinga neophodno je postojanje organizovanih i centralizovanih sakupljačkih sistema tečne ili delimično koncentrisane surutke, koji su već opravdali svoje postojanje u SAD, Francuskoj, Danskoj i drugim zemljama poznatim po proizvodnji sireva.

Postupci za preradu i iskorišćenje surutke su koncentrisanje (evaporacija, reverzna osmoza), frakcioniranje (elektrodijaliza, gelfiltracija, ultrafiltracija, koagulacija toplotom i dr.) fermentacija i hidroliza (4).

Klasični metod za iskorišćenje surutke je koncentrisanje evaporacijom kombinovanom sa sušenjem. Surutka se najčešće koncentriše u višestepenom vakuum uparivaču kapaciteta do 30.000 litara na čas do najmanje 50% suve materije. Ovaj proizvod se koristi posle sušenja u humanoj ishrani u vidu različitih proizvoda, ili u smešama hrane za stoku. Surutka u prahu za ljudsku ishranu i za proizvodnju dečje hrane, treba da je proizvedena pod strogo higijenskim uslovima uz prethodno uklanjanje minerala i regulisanje kiselosti.

Pre desetak godina Webb (3) je proricao primenu membranskih procesa u preradi surutke: ultrafiltracija, reverzne osmoze, elektrodijalize, gelfiltracije i dr. U međuvremenu su se ovi procesi toliko usavršili da se već u mnogim zemljama primenjuju u industriji. Njihove osnovne prednosti su ušteda u energiji i kvalitet proteina dobijenog primenom membranskih metoda.

Reverzna osmoza je postupak koji može da se primeni za koncentrisanje, ali i frakcionisanje komponenta surutke u zavisnosti od veličine pora upotrebljenih membrana. Naziva se još i hiperfiltracija, obzirom da se pojava suprotna osmozi izaziva primenom visokog pritiska (od 40 do 80 ata). Ukoliko se koriste niži pritisci (manji od 25 ata) i membrane većeg prečnika pora, koje prepuštaju neke komponente rastvora surutke, proces se naziva ultrafiltracija i spada u metode frakcionisanja. Uz pomoć ultrafiltracije se može dobiti koncentrat proteina sa 15—85% proteina u suvoj materiji, dok se mineralne materije i laktoza nalaze u ultrafiltratu i ne mogu se međusobno odvojiti, jer

su približno istih molekulskih težina. Elektrodijaliza je membranski proces koji bazira na elektrohemijskim zakonima i gde se između anode i katode nalaze jon-selektivne mebrane koje su naelektrisane i svaka druga je propustljiva za jone istog naelektrisanja. Ovaj postupak se koristi najčešće za demineralizaciju surutke, pri čemu se prvo vrši koncentrisanje do 25% suve materije, zatim elektrodijaliza i potom dalje koncentrisanje do 45—50% suve materije. Ovim postupkom se može izvršiti demineralizacija do 90%. Korišćenjem svih opisanih membranskih metoda dobijaju se nedenaturisani proteini surutke.

Za dobijanje denaturisanih proteina surutke koristi se koagulacija toplotom, postupak poznat pod imenom Centri Whey. Posle delovanja visoke temperature (preko 90°C) vrši se izoelektrična precipitacija proteina surutke pri pH 4,6 do 4,7 (7).

Primenom fermentacije laktoze iz surutke bakterijama, kvascima ili gljivama može se dobiti niz proizvoda: kvasac, proteini, riboflavin, vitamin B-12, mlečna kiselina i njene soli, propionska kiselina, alkoholni napici, bezalkoholni napici, i drugo.

Neki od navedenih proizvoda fermentacije surutke nalaze se i u industrijskoj proizvodnji (mnogi bezalkoholni napici: rivela, kvas, bodrost, kvasac i drugo).

Hidrolizom laktoze uz pomoć enzima beta-D-galaktozidaze dobijaju se glukoza i galaktoza — monosaharidi koji su rastvorljiviji i sladi šećeri od laktoze. Sirup dobijen hidrolizom laktoze nalazi primenu u prehrambenoj industriji. Ovaj postupak ima značaja i u dijetoterapiji.

#### Literatura

1. Bilans nekih sirovina i nusproizvoda iz agroindustrijskog kompleksa u SAP Vojvodini za 1977. g. Pokrajinski Komitet za energetiku i sirovine, Novi Sad, septembar, 1978.
2. KNIPSCHILD, M. E. Utilization of Whey — to avoid pollution and to recover a valuable food product, Anhydro A/S Copenhagen, august 1974.
3. KOSIKOWSKI, V. F. Whey utilization and whey products, XX International Dairy Congress, Paris, 1978.
4. ROBINSON, R. K. Some aspects of the utilization of whey, **Dairy Industries International** 3, 14—25, 1978.
5. WEBB B. H. WHITTIER, E. O. Byproducts from Milk, Avi Publishing Company, Inc. Wesport, 1970.
6. Whey—an important potential protein source, Working Group on Dairy Industry Development of the FAO/Industry Cooperative Programme, april 1974, **Dairy Industries** 39, 12, 466—472, 1974.
7. Whey processing, Alfa — Laval, Lund, Sweden.

## STROJEVI ZA PUNJENJE ČAŠICA

MÖLLER—WENTZEL, Hamba-Maschinenfabrik Wuppertal

Na XVII Seminaru za mljekarsku industriju koji je održan u Zagrebu 7. 8 i 9 februara 1979. na Tehnološkom fakultetu, održan je referat o strojevima za punjenje čašica. Uz prikazane dijapozitive data su opširna objašnjenja o radu navedenih strojeva. Ovdje iznosimo kratak izvadak iz tog referata kao i nekoliko foto snimaka.

Prikazane su punilice BK 6004 i BK 6005. Stroj BK 6004 predviđen je za čašice sa najvećim promjerom od 110 mm te visinom čašica do 125 mm. Stroj