

# ISKUSTVA U PRERADI SIRUTKE U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI SIRELA U BJELOVARU

---

**Ignjatović, Dunja**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Polytechnic in  
Pozega / Veleučilište u Požegi**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:112:479413>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-04**



**VELEUČILIŠTE U POŽEGI**  
STUDIA SUPERIORA POSEGANA

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Polytechnic in Pozega - Polytechnic in  
Pozega Graduate Thesis Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**VELEUČILIŠTE U POŽEGI**



**DUNJA IGNJATOVIĆ, MBS: 1069/11**

**ISKUSTVA U PRERADI SIRUTKE  
U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI  
„SIRELA“ U BJELOVARU**

**Požega, 2016. godine**

VELEUČILIŠTE U POŽEGI  
POLJOPRIVREDNI ODJEL  
STRUČNI STUDIJ: PREHRAMBENA TEHNOLOGIJA

**ISKUSTVA U PRERADI SIRUTKE  
U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI „SIRELA“ U BJELOVARU**

***ZAVRŠNI RAD***  
**IZ KOLEGIJA TEHNOLOGIJA MLIJEKA I MLIJEČNIH PROIZVODA**

**MENTOR: Pred.mr.sc.Stanko Zrinščak**

**STUDENT: Dunja Ignjatović**

**MATIČNI BROJ STUDENTA: 1069/11**

## SAŽETAK

Sirutka je nusprodukt u proizvodnji sira, preradom mlijeka u sir dobiva se sirutka. Sušenje sirutke je vrlo složen postupak koji se sastoji od evaporacije, kristalizacije, prijenosa evaporata i sušenja. Bitno je naglasiti važnost sirutke u ljudskoj prehrani i ishrani životinja. Sirutka zbog svoje hranjive vrijednosti sve više se koristi. U tekućem obliku sirutka se oplemenjuje raznim voćnim okusima i služi kao osvježavajuće piće. Primjena sirutke u prahu svodi se na prehrambene tvornice gdje se koristi kao jeftinija zamjena za mlijeko u prahu i proizvodnju hrane za djecu.

Cilj ovoga rada je opisati postupak prerade sirutke u tvornici „Sirela“ u Bjelovaru.

**Ključne riječi:** mlijeko - milk, sirutka – whey, sir – cheese, sušenje – drying, prah – powder, proizvodnja – production

## SUMMARY

Whey is a by-product of the manufacture of cheese. It is the liquid remaining after milk has been curdled and strained. Dehydration of whey is a very complex process which includes evaporation, crystallization, transfer of the evaporator and drying. The whey plays a vital role in human diet and animal nutrition because of its high nutritional value. By adding fruit flavors to the liquid whey it becomes a very refreshing drink. Food factories use whey powder as a cheaper substitute for milk powder and child's food. This study describes the processing of whey in „Sirela“ factory in Bjelovar.

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. PREGLED LITERATURE .....</b>	<b>2</b>
2.1. Mlijeko i mliječni proizvodi.....	2
2.2. Kemijski sastav mlijeka.....	2
2.3. Fizikalna svojstva mlijeka.....	4
2.4. Mikrobiološka kvaliteta mlijeka.....	5
2.5. Sirutka.....	6
2.5.1. Sastav sirutke.....	6
2.5.2. Vrste sirutke.....	7
2.5.3. Upotreba sirutke.....	8
<b>3. MATERIJALI ISTRAŽIVANJA.....</b>	<b>12</b>
3.1. Tehnološki proces proizvodnje sira.....	12
3.2. Pasterizacija mlijeka.....	12
3.3. Sirana (proizvodnja sira i sirutke) .....	13
3.4. Prerada sirutke.....	15
3.4.1. Uparna stanica .....	16
3.4.2. Kristalizacija .....	19
3.4.3. Sušenje sirutke (sušara) .....	19
<b>4. METODE ISTRAŽIVANJA.....</b>	<b>21</b>
<b>5. REZULTATI.....</b>	<b>23</b>
<b>6. RASPRAVA .....</b>	<b>24</b>
<b>7. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>25</b>
<b>8. LITERATURA.....</b>	<b>26</b>

## 1. UVOD

Proizvodnjom sira iz mlijeka nastaje sporedni proizvod sirutka koji se izdvaja u tekućem obliku. Sirutka je pogodna za konzumaciju, a ljudi su razvili tehnološki proces sušenja sirutke kako bi se proizvela sirutka u prahu. Iako je stara kao i sirevi, u početku se sirutka bacala, a kasnije se koristila kao hrana za životinje. Nakon spoznaja da je izvor visokovrijednih proteina našla je primjenu u ljudskoj prehrani zbog povoljnih učinaka na zdravlje.

Danas se na tržištu javlja potreba za sve većim brojem mliječnih proizvoda čiji je udio masti što manji, a postiže se korigiranjem sa sirutkom, veći udio lakše probavljivih proteina, topljivih mineralnih tvari i dnevno potrebnih vitamina i upravo je sirutka kao takva prepoznata na tržištu. Uz dodatke voćnih koncentrata, čokolade i sl. na tržištu se pojavljuju razni sirutkini napitci.

Svrha i cilj istraživanja u završnom radu je utvrditi, istražiti i analizirati prikupljene podatke, te predložiti rezultate o iskustvu u preradi sirutke u prehrambenoj tvornici „Sirela“ iz Bjelovara.

## **2. PREGLED LITERATURE**

### **2.1. Mlijeko i mliječni proizvodi**

Mlijeko je tekućina koju luče i skupljaju ženke sisavaca u mliječnim žlijezdama, a služi za dojenje mladunčadi. Bijela do svijetložućkasta, slatkasta okusa, sadrži sve hranjive sastojke potrebne za razvoj mladunčadi do njihova odbijanja od dojenja. Za čovjekovu prehranu koristi se ovčje, kozje, kobilje, bivolje te kravlje mlijeko. Naziv mlijeko se koristi za kravlje mlijeko kojem nakon tehnološke obrade nije promijenjen sastav ili za mlijeko kod kojeg je udio masti standardiziran (Miletić, 1994:16).

Pod pojmom mlijeko, u prehrambenoj industriji, podrazumijeva se kravlje mlijeko, dok se za mlijeko ostalih životinja uvijek prethodno koristi naziv životinje (npr. kozje mlijeko, ovčje mlijeko). S obzirom na značenje mlijeka u prehrani čovjeka, kao posebna znanstvena disciplina i gospodarska djelatnost razvija se mljekarstvo, koje obuhvaća raznovrsna područja, od istraživanja procesa stvaranja mlijeka, do unapređivanja gospodarskih i tržišnih uvjeta korištenja mlijeka i mliječnih prerađevina.

Mliječni proizvodi su prerađevine mlijeka i u njih se ubrajaju: sir, maslac, kefir, jogurt, mliječni i sirni namazi, sirutka, te razne druge mliječne prerađevine u kojima je mlijeko glavni sastojak.

### **2.2. Kemijski sastav mlijeka**

Mlijeko se sastoji od vode koja čini 86% do 89% , te suhe tvari koja čini 11% do 14%. U suhoj tvari sadržana je mliječna mast (3,2 do 5,5 %), proteini ( 2,6 do 4,2 %), laktoza (4,6 do 4,9%) i mineralne tvari (0,6 do 0,8%). Njegova glavna bjelančevina je kazein (3%), a od ostalih su prisutni albumin (0,5%), globulin (0,05%) te ostale bjelančevine. Mliječna mast je kompleksna smjesa glicerida različitog tališta. U mlijeku se mast nalazi u obliku globula promjera od 0.1 do  $10 \times 10^{-6}$  m (prosjeck,  $4,55 \times 10^{-6}$  m). Kravlje mlijeko sadrži 70% zasićenih masnih kiselina, te 30% nezasićenih masnih kiselina od čega 27% čine mono-nezasićene, a 3% poli-nezasićene. Od nezasićenih masnih kiselina najzastupljenije su palmitinska sa 25-29%

i stearinska sa 7-13%, a kod zasićenih masnih kiselina oleinska sa udjelom od 30-40%. Od ostalih sastojaka mliječne masti u malim količinama tu su:

- vitamini topljivi u mastima (A, D, E, K),
- karotenoidni pigmenti ( $\beta$ -karoten),
- proteini vezani za fosfolipide (lipoproteinski kompleks) i proteini absorbirani na membranu masti (proteini plazme),
- enzimi ( ksantinoksidaze, alkalne fosfataze i mnogi drugi),
- mineralne tvari (potječu od prisutnih proteina i enzima),
- sastojci arome (aldehidi, ketoni, laktoni)
- vezana voda (na fosfolipide i proteine).

Dušični sastojci mlijeka mogu se podijeliti na bjelančevine i nebjelančevine, kazein, globulin, albumin, proteoza-pepton i dušične nebjelančevinaste tvari. Bjelančevine mlijeka također se dijele u dvije skupine. Kazein (78,5 dijelova) i bjelančevine sirutke (16,5 dijelova: albumin 9,2, globulin 3,3 i proteoza-pepton 4 dijela). Bjelančevine su značajni sastojci mlijeka. O micelarnom obliku bjelančevina ovisi stabilnost mlijeka i ostala fizičko-kemijska svojstva. U prehranbenom smislu, one su najznačajniji sastojci mlijeka. Bjelančevine su osnovni sastojci stanica, najvažnije od svih bioloških tvari. Neke bjelančevine sirutke su biološki aktivne: enzimi, antitijela, inhibitori. U molekularnoj klasifikaciji bjelančevina prisutan je kazein:  $\alpha_{s1}$ ,  $\alpha_{s2}$ , kappa,  $\gamma$  (ukupno 75-85% bjelančevina) i topljive bjelančevine:  $\beta$ -laktoglobulin,  $\alpha$ -laktalbumin, serum albumin, imunoglobuline G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, A i M te proteoza-pepton (ukupno 15-23% bjelančevina).

Karakterističan ugljikohidrat mlijeka je disaharidlaktoza. Mlijeko sadrži i tragove monosaharida, nešto oligosaharida i heksozamina. Laktoza je specifičan proizvod mliječne žlijezde i jedan od malobrojnih prirodnih šećera kojeg osim mlijeka, sadrže i neke biljke. Najvažnija fizička svojstva laktoze su sposobnost slabog zaslađivanja, topljivost u vodi i sposobnost kristalizacije. Količina laktoze u mlijeku kreće se od 4,0 do 5,6 %. Ona je vrlo značajan sastojak mlijeka jer ga mikroorganizmi koriste kao osnovni energetski materijal. Fermentacijom laktoze nastaje mliječna kiselina koja kad pH mlijeka dostigne 4,6, koagulira kazein i mlijeko se grušava (Miletić, 1994:25).



Mlijeko sadrži mineralne sastojke u manjoj količini (0,7-0,8%). U znatnijim količinama mlijeko sadrži kalcij, kalij, natrij, fosfor i magnezij. U tragovima se u mlijeku nalaze (Miletić, 1994:58):

- a) oligoelementi - cink, željezo, bakar i mangan - normalni sastojci te olovo, živa i arsen i drugi elementi koji povremeno onečišćuju mlijeko,
- b) metaloidi - jod, selen, silicij, fluor,
- c) metali - cink, olovo, kadmij, živa, aluminij, krom, molibden.

Sastav mlijeka ovisi o pasmini i zdravstvenom stanju životinje, stadiju laktacije, načinu i vrsti hranidbe, sezoni, vrsti mužnje, broju mužnje, starosnoj dobi životinje, tjelesnoj masi, kretanju i sl.

### **2.3. Fizikalna svojstva mlijeka**

Gustoća mlijeka u prosjeku varira između 1,030 i 1,033 g/cm<sup>3</sup>, a određuje se termolaktodezimetrom pri 20°C, razvodnjavanjem mlijeka umanjuje se gustoća, a obiranjem povećava. Kombiniranjem razvodnjavanja i obiranja može se postići normalna gustoća mlijeka. Gustoća mlijeka izražena je odnosom masa mlijeka i vode istog volumena temperature 20°C. (Božanić, 2012:167)

Viskoznost se definira kao otpor tekućina prema protjecanju. Povišenje temperature umanjuje viskozitet. Ovisi o udjelu, fizičkom stanju i disperziji sastojaka, osobito proteina. Izražava se u Pascal sekundama (Pa s) te pri temperaturi od 20 °C može iznositi od 1,3 do 2,2 · 10<sup>-3</sup> Pa s. (Jeličić, et al, 2008:265)

Točka ledišta smatra se najstalnijim svojstvom mlijeka. Za kravlje mlijeko iznosi -0,555°C. Koristi se prilikom dokazivanja razvodnjavanja mlijeka. Točka vrelišta se kod mlijeka najčešće ne određuje, a kreće se između 100,15 i 100,17°C. Vodljivost mlijeka ovisi o temperaturi, a određuje se najčešće pri 25°C. Prosječne vrijednosti dosižu od 40 x 10<sup>-1</sup> do 50 x 10<sup>-1</sup> Ω<sup>-1</sup>.

Kiselost mlijeka može biti prirodna (od proteina, kiselih soli, plinova, askorbinske kiseline, slobodnih aminokiselina i masnih kiselina) ili nastala kao rezultat aktivnosti mikroorganizama. Kiseline se određuju pomoću aktivne i titracijske kiselosti. Aktivna kiselosti izražava se koncentracijom vodikovih iona ili pH vrijednošću  $pH = -\log [H^+]$ , a mjeri se pH-metrom i aktivna kiselost svježeg mlijeka

iznosi pH=6,5-6,7). Titracijska kiselost određuje se titracijom mlijeka s molarnom otopinom NaOH određene molarnosti uz indikator fenolftalein, a kiselost mlijeka je najčešće između 6,5 – 7,0 SH°. Nenormalnim vrijednostima pH svježeg mlijeka smatraju se one manje od 6,5 i više od 6,9. Vrijednost pH izražava aktualnu kiselost i o njoj ovise važna svojstva mlijeka, kao npr. stabilnost kazeina.

Puferski kapacitet mlijeka odnosi se na broj molova kiseline ili lužine koja je potrebna da se pH – vrijednost mlijeka promijeni za jedinicu i jače je izražen prema kiselinama.

#### **2.4. Mikrobiološka kvaliteta mlijeka**

Mlijeko sadrži sve mikroorganizme koje je sadržavalo još u vimenu, te one koje je isplahnulo iz sisnog kanala, s površina pribora za mužnju i svog ostalog posuđa čije je stjenke oplahivalo. Mlijeko je izvrstan hranjivi supstrat u kome se vrlo lako i brzo razmnožavaju mikroorganizmi. Zastupljenost mikroorganizama, izražena brojem kolonija u 1 ml mlijeka, koleba unutar vrlo širokih granica, a ovisi o postupku s mlijekom poslije mužnje i u razdoblju između mužnje i uzimanja uzorka mlijeka za mikrobiološku analizu. Taj se broj u mlijeku kreće od nekoliko mikroorganizama u 1 ml mlijeka pomuzenog u aseptičkim uvjetima, do nekoliko stotina milijuna kad je proces zakiseljavanja znatno napredovao (Miletić, 1994:46).

Somatske stanice čine sastavni dio mlijeka, a potječu od leukocita (bijelevne stanice) i epitelnih tj. tjelesnih stanica (tkivo vimena). Somatske stanice mlijeka čvrsto su povezane sa statusom zdravlja vimena, a posljedično i s gubicima u proizvodnji i narušenom kvalitetom mlijeka. Visok broj somatskih stanica u mlijeku predstavlja manje poželjan sirovinski materijal za prerađivače, koristi se za preradu mlijeka u mliječne proizvode, a on reducira vijek trajanja mlijeka i mliječnih proizvoda. Takvi proizvodi imaju lošiju aromu od proizvoda koji su proizvedeni od mlijeka s niskim brojem somatskih stanica. Pasterizacija uništava bakterije, ali ne može uništiti enzime u mlijeku. Enzimi mogu oštetiti frakcije masti i proteina te uzrokovati lošiju aromu. Broj somatskih stanica u mlijeku određuje se zbog kontrole zdravstvenog stanja vimena, tj. zbog sprečavanja pojave mastitisa.

## 2.5. Sirutka

Vrijednost sirutke kao napitka ističe još Hipokrat (460 god. p.n.e.) te ju preporuča u terapijama tuberkuloze, kožnih bolesti, žutice, probavnih smetnji i slično. Švicarska, Njemačka i Austrija u 18. i 19. stoljeću koriste sirutku u terapijama oboljelih od diareje, dizenterije ili nekih trovanja. Tada se smatralo da sirutka posjeduje svojstva diuretika i djeluje okrepiljujuće na organizam (Tratnik, 2003:327).

Sirutka je tekućina bogata vrijednim bjelančevinama, koja zaostaje nakon sirenja. Sastav i svojstva sirutke, zeleno-žute tekućine, ovise o tehnologiji proizvodnje sira te o kakvoći upotrijebljenog mlijeka. Količina sirutke dobivena pri proizvodnji sira je najveća i stoga daleko najvažnija. Od ukupne količine mlijeka dobiva se oko 10% sira, a ostalih 90% je sirutka.

### 2.5.1.Sastav sirutke

Kemijski sastav sirutke ovisi o načinu dobivanja, a prosječna sirutka sadrži oko 93% vode i 7% suhe tvari. Može se reći da sirutku čini 7%-a laktoza koja sadrži male količine proteina, soli i masti. Vitamini rastopljivi u vodi se u sirutci nalaze u količini u kojoj su zastupljeni u mlijeku (Carić et al, 1979:232).

U sirutku prelazi oko 50% od suhe tvari mlijeka: uglavnom laktoza i proteini sirutke u cijelosti, topljive mineralne tvari i vitamini B skupine, dok se vitamin C razgradi već tijekom proizvodnje sira. Drži se da bi jedna litra sirutke mogla zadovoljiti dnevnu potrebu organizma za riboflavinom (vitamin B2) od kojeg potječe žuto-zelena boja sirutke. Udjel riboflavina u sirutki može biti veći nego u mlijeku, što je rezultat aktivnosti bakterija mliječne kiseline u proizvodnji sira, pa se sirutka može koristiti i za dobivanje koncentrata tog vitamina. Kobalamin (vitamin B12) i folna kiselina nalaze se u vezanom obliku s proteinima sirutke, a riboflavin je i do 95% u slobodnom obliku. Po hranjivoj vrijednosti oko 3 kg sirutke je ekvivalentno 1 kg mlijeka (Tratnik, 2003:327).

Najvrjednija komponenta sirutke su proteini, a sastoje se od  $\beta$ -laktoglobulina,  $\alpha$ -laktoalbumina, imunoglobulina, laktoferina i albumina krvnog seruma. Proteini sirutke sadrže sve esencijalne aminokiseline, a njihova je vrijednost u tome što su potpuno probavljivi i iskoristivi. Proteini sirutke predstavljaju dobar izbor razgranatih

aminokiselina (valin, leucin, izoleucin). Proteini sirutke imaju veću biološku vrijednost u odnosu na proteine mlijeka, a razlog tome je visoki udio lizina (40%) te cisteina i metionina (2,5 puta više).

Udjel mineralnih tvari sirutke vrlo je promjenjiv zbog bitno različitih biokemijskih procesa u tehnologiji proizvodnje sira. Sirutka je bogata topljivim mineralnim tvarima, osobito kisela i kazeinska sirutka. Uglavnom je razlika u količini kalcija i fosfora koji su većinom u obliku topljivog Ca-fosfata. Pri toplinskoj obradi sirutke smanjuje se topljivost mineralnih tvari što umanjuje njihovu hranjivu vrijednost. Osim toga, veći udjel mineralnih tvari u suhoj tvari sirutke, kao i veći udjel vode u sirutki, glavni su razlozi tehnoloških problema pri preradi sirutke, što smanjuje ekonomičnost proizvoda (Tratnik, 2003:332).

Od vitamina sirutka sadrži najviše vitamina topljivih u vodi, dok količina vitamina topljivih u mastima ovisi o količini masti koja zaostaje pri proizvodnji sira. Zbog svojeg sastava sirutka predstavlja vrlo pogodan supstrat za rast i razvoj mikroorganizama koji potječu od mikrobne kulture sireva ili od mlijeka, pa je treba u što kraćem roku preraditi u željeni proizvod.

Složeni kemijski sastav sirutke čini je dobrom hranjivom podlogom za rast mnogih bakterijskih vrsta, ali i sirovinom za pripravu probiotičkih fermentiranih napitaka. Visoka biološka vrijednost proteina sirutke pridonosi njihovoj upotrebi u proizvodnji hrane za dojenčad, te za povećanje nutritivne vrijednosti brojnih mliječnih kao i drugih prehrambenih proizvoda. Osim toga, imunoglobulini i nespecifični imunoaktivni sastojci sirutkinih proteina s antimikrobnim svojstvima, kao: laktoferin, lizozim, laktoperoksidaza, proteini koji vežu vitamin B12 i folate, te bifidus faktori - vrlo su bitan «imunoaktivni sustav» koji štiti ljudski organizam čineći ga otpornijim (Matijević et al, 2008:244).

### **2.5.2. Vrste sirutke**

Obično se razlikuju dvije vrste sirutke, a to su tekuća i suha sirutka. Prerada prirodne sirutke u prah suvremeni je način konzerviranja te hranjive tvari i osjetno produžava njezin rok upotrebljivosti. Osniva se na uklanjanju slobodne i vezane vode do te mjere da onemogući rast i razvoj mikroorganizama. Tako dobiven prah sirutke upotrebljava se u konditorskoj industriji i u tvornicama stočne hrane, ali bi njego

primjena mogla biti daleko veća u prehrambenoj industriji. Sirutka u prahu mogla bi se koristiti u farmaceutskoj i pekarskoj industriji, u proizvodnji sladoleda te kao komponenta u proizvodnji topljenih sireva.

Svježa (tekuća) sirutka postoji u dva oblika, a to su slatka i kisela sirutka. Slatka sirutka se dobiva prilikom proizvodnje tvrdih sireva (čedar, švicarski sir, sir ribanac), a kisela sirutka se dobiva proizvodnjom svježeg kravljeg sira. Kisela sirutka je ukusnija i stabilnija i sadrži manje laktoze i mliječne masti.

Prema kiselosti, sirutka se može svrstati u tri skupine (Tratnik, 2008: 358):

- slatka sirutka - titracijska kiselost<sup>1</sup> od 0,10% do 0,20%, pH vrijednost 5,8-6,6
- srednje kisela - titracijska kiselost od 0,20% do 0,40%, pH vrijednost 5,0-5,8
- kisela sirutka - titracijska kiselost veća od 0,40% , pH vrijednost < 5,0.

Sirutka u prahu dobiva se uklanjanjem vode iz svježe sirutke. Postoji slatka sirutka u prahu (pH 5,6), kisela sirutka u prahu (pH 5,1), demineralizirana sirutka u prahu i sirutka u prahu bez laktoze. Prah iz slatke sirutke upotrebljava se u mljekarama kao naknada jednog dijela mlijeka u prahu, u pekarstvu za kruh, kekse, kolače i prelive. Prah iz kisele sirutke: manje je upotrebljiv radi kiselog mirisa i većeg sadržaja određenih minerala. Upotrebljava se kao dodatak u proizvodnji sira, kad se želi kod viših temperatura postići mekani gruš (sir RICOTTA). Prah iz kisele sirutke se upotrebljava u proizvodnji sladoleda sorbet, sirnog praha te za umake s pikantnim okusom. Kod proizvodnje kruha i slanog peciva daje zlatno žuti izgled. Također se upotrebljava u proizvodnji voćnih kiselih napitaka, ali nikako u kombinaciji sa sojom (Otrin, 1984:273).

### **2.5.3. Upotreba sirutke**

Mljekarska industrija danas sve više razvija nove, obogaćene mliječne proizvode koji su se pokazali veoma uspješnim. Tako su mliječne prerađevine, kakve poznajemo od davnina, polako poprimile trend razvoja u novu generaciju mliječnih proizvoda drukčijih svojstava i bolje nutritivne i zdravstvene vrijednosti. Toj skupini novih proizvoda svakako pripadaju i napitci na bazi sirutke - nusproizvoda koji se dugo odbacivao kao otpad ili koristio kao stočna hrana (Jeličić et al, 2008:258).

---

<sup>1</sup>Titracijska kiselost izražena je u postocima mliječne kiseline

U tablici 1. prikazuje se upotreba sirutke u prehrambene proizvode prema tipu proizvoda, postotku sirutke i osobinama poboljšanja proizvoda.

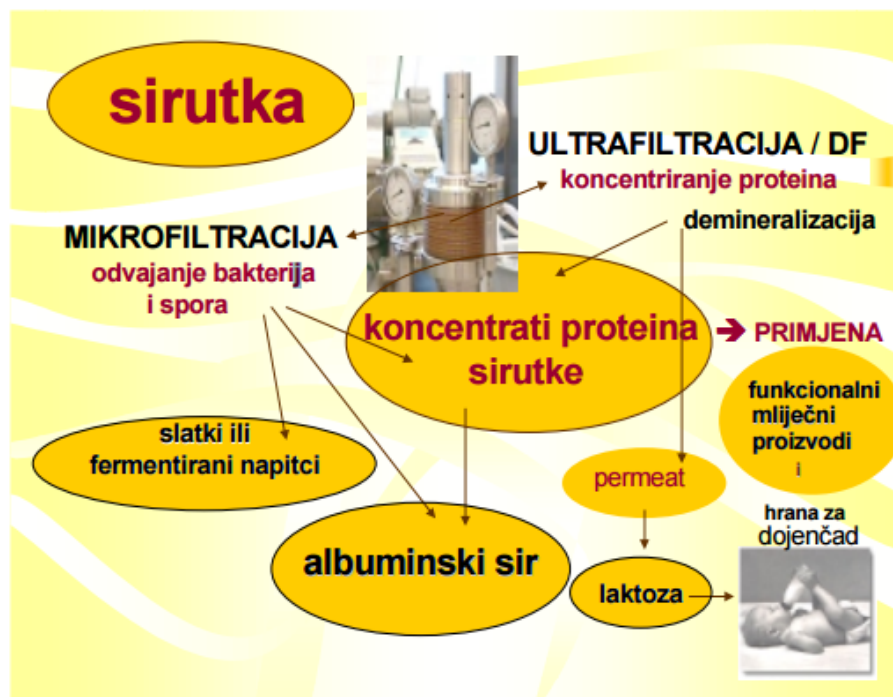
Tablica 1. Upotreba sirutke u prehrambenim proizvodima (Božanić, 2012)

Tip proizvoda	Sirutka	Poboljšane osobine
Kruh i peciva	3%	aroma, tekstura, ↓ fermentacija, ↑ trajnost
Sladoled	2,7%	stabilnost aroma, kiseline i voća
Slatkiši	10%	aroma, tekstura, vezanje vode
Glazure, preljevi	6%	Inkorporiranje zraka
Džemovi	4%	Aroma
Topljeni sir	10%	tekstura, aroma

Tratnik (2003) ističe brojne mogućnosti korištenja sirutke; u proizvodnji skute, fermentiranih i probiotičkih mliječnih proizvoda, te koncentrata proteina sirutke. Uz veliku hranidbenu vrijednost koja je posljedica visokog udjela esencijalnih aminokiselina, proteini sirutke imaju široku primjenu u prehrambenoj industriji i zbog značajnih funkcionalnih svojstava: dobra topljivost, stabiliziranje emulzija, geliranje, ugušćivanje, stvaranje pjene, sposobnost vezanja vode, stvaranje pjene. Proizvodnja mliječnih proizvoda na bazi sirutke moguća je zbog izvrsnih funkcionalnih svojstava proteina sirutke, što omogućava njihovo uklapanje u brojne proizvode, a ponajprije u svrhu povećanja biološke vrijednosti.

Kako bi se sirutka što bolje iskoristila, upotrebljavaju se ili razvijaju postupci za odstranjivanje pojedinih neželjenih sastojaka (demineralizacija, deproteinizacija, hidroliza, ultrafiltracija, itd.)

Sirutka se može na različite načine upotrebljavati u prehrambenoj industriji, iako se najčešće prerađuje u sirutku u prahu ili se proizvode koncentradi i izolati pojedinih sastojaka poput proteina ili laktoze. Prerada sirutke u napitke počela je još 70-ih godina prošlog stoljeća, a jedan od najstarijih sirutkinih napitaka je švicarska *Rivella*. Tako je do danas razvijena čitava paleta sirutkinih napitaka, bilo da su proizvedeni od nativne slatke ili kisele sirutke, od deproteinizirane sirutke, zatim od svježih sirutke razrijeđene vodom, fermentirane sirutke, pa sve do napitaka u prahu uz dodatak raznih aroma. Također postoje i alkoholni napitci, poput sirutkinog piva ili vina te napitci malog sadržaja alkohola (manje od 1,5%) (Jeličić et al, 2008:261).



Slika 1. Osnovna namjena proizvodnje sirutke

Uloga sirutke u proizvodnji funkcionalne hrane, (Tratnik, 2013.)

U posljednje vrijeme na tržištu se pojavljuju razni sirutkini napitci uz dodatak određene količine voćnih koncentrata. Tako su najčešće predlagani dodatci citrusa i tropskog voća, poput manga, banane ili papaje, jer je dokazano kako upravo te arome najbolje uspijevaju prikriti nepoželjan miris sirutke po kuhanom mlijeku te kiseloslani okus. Testirani su dodatci i raznih drugih vrsta voća, poput jabuke, kruške, breskve, marelice i višnje, a veoma korisnim i uspješnim pokazao se i dodatak koncentrata jagodastog i bobičastog voća koje je zbog bogatstva željezom i antioksidansima osobito važno u proizvodnji nutritivno obogaćenih sirutkinih napitaka. Osim voća, neki znanstvenici su razvili i recepture za sirutkine napitke sa dodacima čokolade, kakao praha, vanilije, žitarica (najčešće riža, zob i ječam), meda i drugih pogodnih aromatizirajućih sastojaka. Dodatak žitarica, odnosno njihovih mekinja, čini se osobito važnim postupkom, jer se time dobiva napitak obogaćen dijetalnim vlaknima, esencijalnim masnim kiselinama (kod dodatka zobi) te hipoaergenim proteinima, što ga čini pogodnim i za konzumaciju kod alergičnih osoba i djece. Skupini bezalkoholnih napitaka od sirutke pripadaju još i dijetetski

napitci, napitci sa hidroliziranom laktozom, napitci slični mlijeku i napitci u prahu. Velika pozornost posvećena je razvoju probiotičkih sirutkinih napitaka, budući da su već od ranije poznati korisni učinci probiotika na zdravlje čovjeka, poput snižavanja razine kolesterola u krvi, ublažavanja netolerancije na laktozu, smanjivanja krvnog tlaka i dr.

Sirutkino pivo može se proizvoditi sa ili bez dodatka slada, kao hranjivo pivo obogaćeno mineralnim tvarima ili kao napitak koji sadrži škrobne hidrolizate i vitamine. Problem koji se javlja jest prisustvo masti koja može utjecati na gubitak pivske pjene, neugodan okus i miris uzrokovan lošijom topljivosti sirutkinih proteina, kao i nemogućnost fermentacije laktoze pomoću pivskog kvasca. Sirutkino vino sadrži relativno malu količinu alkohola (10 - 11%), uglavnom je aromatizirano voćnim aromama i namijenjeno je mlađim potrošačima.

Vrlo se male količine sirutke iskorištavaju u kućanstvu za proizvodnju skute. Uglavnom se prerađuje ovčja sirutka, koja ima veću količinu proteina u usporedbi sa sirutkom od kravljeg mlijeka. Dio dobivene sirutke koristi se u hranidbi stoke. Najčešće se koristi za hranidbu svinja, posebice mlade prasadi zbog velikog sadržaja mineralnih tvari. Sirutku je moguće iskoristiti u mnogim granama prehrambene industrije (Antunac, 2011:327).

Osim korištenja UF-sirutke u proizvodnji albuminskog sira i humaniziranog mlijeka postoji i veliki interes za korištenje UF-sirutke i u pripravi smjese za sladoled. Poboljšanje nutritivne i zdravstvene vrijednosti, poželjna senzorska svojstva proizvoda kojeg su prihvatili potrošači, osnovna su namjena proizvodnje funkcionalne mliječne hrane obogaćene vrijednim sastojcima sirutke (Tratnik, 2003:332).

U Finskoj se proizvodi probiotički fermentirani napitak "Gefilus" na bazi demineralizirane sirutke s već hidroliziranom laktozom (jer korišteni soj *Lactobacillus rhamnosus* GG, izoliran iz ljudskog probavnog sustava, jedini nema aktivnost  $\beta$ -galaktozidaze što hidrolizira laktozu). Taj se fermentirani sirutkin napitak aromatizira dodatkom voćnog soka ili voćne arome, a kao zaslađivač dodaje se fruktoza (Tratnik, 2003:336.).



### **3. MATERIJALI ISTRAŽIVANJA**

#### **3.1. Tehnološki proces proizvodnje sira**

Glavna sirovina za proizvodnju sira je mlijeko. Sastav mlijeka varira, što ovisi od više faktora, kao što su: uzrast, rasa, prehrana životinje, godišnje doba i sl. Priprema mlijeka za izradu sira započinje još kod same prehrane životinja, higijenskih uvjeta u kojima se drže životinje i na kraju o načinu rukovanja mlijeka nakon mužnje. Pomuzeno mlijeko mora se procijediti kako bi se uklonile mehaničke nečistoće. Za sirenje je važno da mlijeko ima određeni stupanj kiselosti, koji ima veliki utjecaj na zrenje, iskoristivost i kakvoću sira.

Za proizvodnju sira „Sirela“ Bjelovar otkupljuje 230.000 litara mlijeka od otkupljivača s područja okolnih općina. Sa otkupne stanice preuzima se mlijeko ujutro i navečer te se hladi na 4°C. Ohlađeno se čuva do otpreme u mljekaru u silo-spremnicima zapremnine 100 000 litara.

Nakon što je mlijeko dopremljeno u proizvodni pogon cisternama, počinje njegova prerada. Svježe mlijeko se prvo doprema u prvu proizvodnu stanicu, a to je prijem mlijeka. Prvo se uzima uzorak mlijeka kako bi se ispitala njegova kvaliteta. Tokom tog ispitivanja analizira se kiselost, sastav (masti, proteini) i higijenske karakteristike mlijeka.

#### **3.2. Pasterizacija mlijeka**

Sljedeća stanica je prerada mlijeka. Na ovoj stanici mlijeko se izlaže pasterizaciji, sterilizaciji i ultrafiltraciji. Pasterizacija je postupak obrade prehrambenih proizvoda kojim se s pomoću topline ispod 100 °C uništavaju nepoželjni organizmi, mogući uzročnici bolesti i truljenja, te se stabilizira biološko stanje, zdravstvena sigurnost i trajnost otopina (mlijeko, vino, pivo, sokovi i dr.) i ostalih proizvoda. Nižim temperaturama od ključanja postiže se očuvanje organoleptičkih svojstava proizvoda.

Tokom pasterizacije mlijeko se izlaže temperaturi od 63°C i to na 30 minuta. Pasterizacijom se uništavaju vegetativni oblici mikroorganizama, tj. bakterije te se na

taj način postiže dulja trajnost mlijeka, a da se bitno ne promjeni njegov sastav, ukus i prehrambena vrijednost. Sterilizacija je uništavanje bakterija na temperaturama od 135-143°C i to na kratko vrijeme, od 3-4 sekunde. Sljedeći postupak kojem se podvrgava mlijeko je ultrafiltracija. Primjena procesa ultrafiltracije u proizvodnji sireva omogućava maksimalno iskorištenje svih sastojaka mlijeka, daje povećani prinos, te ekonomičniju proizvodnju sira.

U tvornici “Sireli” pogon pasterizacije sastoji se od:

- tri pastera,
- homogenizatora,
- dva separatora (za mlijeko i za sirutku),
- baktofuge
- sterilizatora i ultrafiltracije.

### **3.3. Sirana (proizvodnja sira i sirutke)**

Nakon toplinske prerade mlijeka, mlijeko ide u proces proizvodnje sira, tj siranu. Sir je tvrdi ili polutvrdi proizvod koji se dobiva zgrušavanjem i odvajanjem čvrste materije iz mlijeka od tekuće (sirutka). Što se više sirutke odvoji, to će sir biti tvrdi.

Sirenje prirodnim putem odnosno mliječnom kiselinom se provodi tako da se mlijeko ostavi oko 40 sati na sobnoj temperaturi (23°C) bez ikakvih dodataka, koagulacija nastupa sama od sebe. Tijekom stajanja, u mlijeku će se razviti poželjne bakterije mliječno-kiselog vrenja, koje će razgraditi mliječni šećer i stvoriti značajnu količinu mliječne kiseline. Zgrušat će se bjelančevine u mlijeku i promijeniti ukupni sustav i svojstva mlijeka. Na taj način dobiva se slani dimljeni i kiseli sir, a koristimo ga kao mladi sir ili sastojak neke druge hrane u prehrani. Stajanjem se na površini mlijeka nakuplja masnoća – vrhnje koje se skida. Količina nakupljenog vrhnja ovisi o masnoći mlijeka jer masnije mlijeko ima više vrhnja.

Toplinski obrađeno mlijeko hladi se na temperaturu od 21 do 30°C, kako bi se osigurala potrebna temperatura za rast bakterija čistih kultura. Zrenje mlijeka djelovanjem bakterija može trajati od pet minuta do dva svata. Prvi način je u tradicionalnim otvorenim kadama ili bazenima, dok je drugi način u suvremenim zatvorenim posudama.

Po završenom procesu sirenja, cijedenjem se odvaja sirutka, te mliječno-kiselom fermentacijom nastaje gruša od kojeg se dobiva sir. Jasna pukotina sa zelenom sirutkom u bazi je pokazatelj da je gruša spreman za rezanje. Veličina zrna nakon rezanja određena je vrstom sira. Zrno koje je potrebno dogrijavati na više temperature reže se na sitnije dijelove, dok zrno koje se dogrijava na nižim temperaturama izrezuje se na veće komade. Površinski sloj gruša je često hladniji nego unutrašnji dio. Površinski dio je stoga, obično mekši.

Obrada gruša uključuje sljedeće operacije:

- rezanje gruša,
- cijedenje (izdvajanje sirutke),
- soljenje i docjeđivanje,
- oblikovanje.

Sirna masa se obrađuje što intenzivnije te se što više sirutke iz nje nastoji izdvojiti i želi se postići tvrda masa. Sirna masa se najprije sirarskom harfom ili sličnim predmetom rasiječe u kockice određene veličine zavisno od željene tvrdoće sira. Taloženje gruša traje oko 30 minuta. Ako se ne osigura mehanička obrada sirne mase, gotovo da ne dolazi do cijedenja. U velikim pogonima, za rezanje gruša se koriste automatski čelični noževi. Noževi su udaljeni jedan od drugog od 6 - 18 mm, te su raspoređeni u nizu. Pravilno izrezan gruša sprječava prekomjeren gubitak masti i drugih sastojaka mlijeka. Veličina zrna nakon rezanja također je određena vrstom sira. Nakon toga siru se dodaje sol zbog ukusa i zaustavljanja procesa.

Nakon glavnog cijedenja pristupa se soljenju. Način i intenzitet soljenja sira ovisi o vrsti sira koji se proizvodi. Meki sirevi se obično sole suhom solju. Polutvrđi i tvrdi se uranjaju u otopinu soli pa u njoj ostaju, ovisno o veličini, 6 do 72 sata. Za soljenja sir upije 1% do 5% soli ovisno o tipu siru i trajanju soljenja. Suho soljenje temelji se na tome da se sir višekratno trlja solju, za ovu vrstu soljenja potrebna je osobita vještina, jer se njime značajno može regulirati zrenje sira. Nakon soljenja sir se oblikuje stavljanjem u kalupe. Zadnja jedinica je zriona. Trajanje zrenja sira zavisi od vrste do vrste i može trajati od nekoliko dana do 1 godine. Zrenjem sir dobiva karakteristična svojstva, tvrdoću i ukus. Zrenje se vrši u različitim uvjetima što zavisi od vrste sira koja se želi proizvesti. Skladištenje sira, tj. njegovo zrenje, odvija se u skladišnom prostoru, koji mora biti čist, suh i imati stalnu temperaturu.

Proizvodnja polutvrdog sira u "Sireli" vrši se u pogonu u kojemu se nalaze zgotovljači na način da se zgotovljači pune mlijekom.

Nakon punjenja u mlijeko se dodaju kulture i sirilo te se noževima koji se nalaze unutar zgotovljača miješa mlijeko odnosno reže gruša. Rezanje gruša započinje nakon pahuljanja. Stvaranjem gruša izdvaja se sirutka koja se pumpom puma kroz filter i odvodi na sito gdje se odvaja sirna prašina od sirutke. Nakon što se sirutka očisti od sirne prašine cjevovodima se odvodi u prihvatne bazene iz kojih se odvodi na separator i obire na 0,01 do 0,06% mliječne masti (nije poželjna sirutka sa velikim postotkom masnoće) te se preko hladionika na kojemu se sirutka hladi na 6 stupnjeva odvodi u silose u uparnu stanicu.

Prilikom proizvodnje sira kao što je ranije navedeno nastaju slatka i kisela sirutka. U pogonu „Sirele“ za daljnju obradu tj. sušenje koristi se slatka sirutka, a kisela sirutka se ne prerađuje već služi kao hrana za životinje.

### **3.4. Prerada sirutke**

Tehnološki proces dobivanja praha sirutke sastoji se od slijedećih faza:

- A — evaporacija
- B — kristalizacija
- C — prijenos evaporata
- D — sušenje

Tvornica „Sirela“ ima pogon za sušenje sirutke koji se sastoji od uparne stanice, kristalizatora i sušare. Evaporacija sirutke je tehnološki postupak kojim se povećava suha tvar zbog lakšeg i racionalnijeg provođenja slijedećih faza. Koncentriranje se vrši u četverostepenoj upanoj stanici. Kapacitet postrojenja je 12.500 l sirutke/sat ili 1.350 kg evaporata sa 55% suhe tvari.

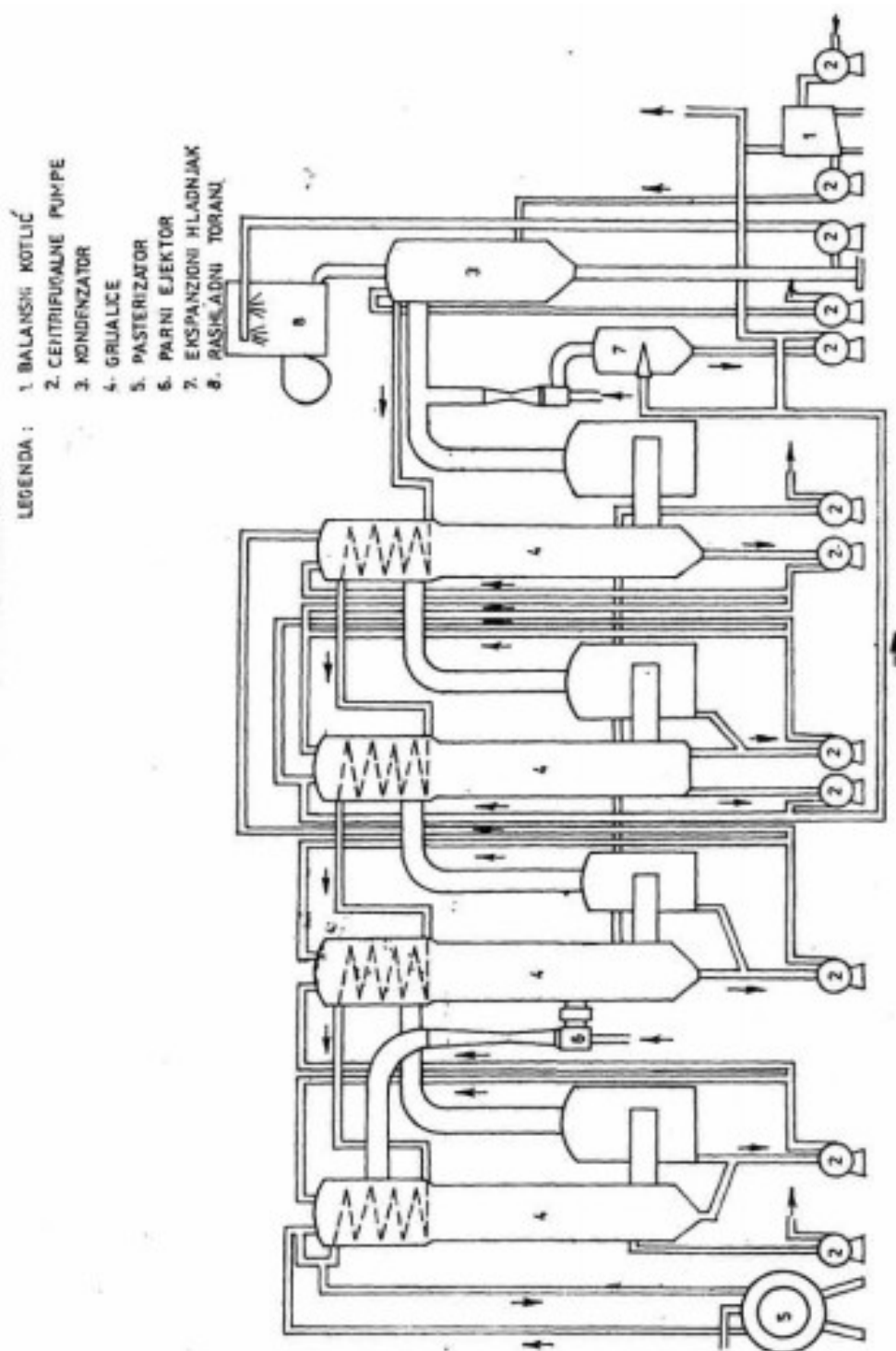
Tablica 2. Kemijski sastav i fizikalna svojstva sirutke za evaporaciju (Interni podaci tvornice)

<b>n = 100</b>	
<b>Suha tvar</b>	<b>5,58‰</b>
<b>Dry Matter</b>	
<b>Mast</b>	<b>0,035‰</b>
<b>Fat</b>	
<b>Spg</b>	<b>1,0230</b>
<b>Density</b>	
<b>Kiselost</b>	<b>4,5 °SH</b>
<b>Acid</b>	

Prije uparavanja sirutku je potrebno pripremiti. Pod tim se podrazumijeva pročišćavanje sirutke od zaostale sirne prašine, obiranje mliječne masti i hlađenje. Sirutka se hladi na 5 °C kako bi se zaustavilo povećavanje kiselosti uzrokovano bakterijama.

### 3.4.1. Uparna stanica

Uparavanje je operacija kod koje se otapalo (redovito voda) istjeruje iz otopine ključanjem zbog koncentriranja odnosno ugušćivanja otopine. Cilj uparavanja je istjerivanje vode i povećanje postotka suhe tvari, a uređaji za uparavanje su uparivači. Postrojenje za uparivanje je četverostepena uparna stanica, koja se sastoji od osnovnih dijelova, a to su: predgrijači, grijači, separatori, kondenzator, vakuum-pumpa i sistem pumpi za cirkulaciju mase.



Slika 2. Postrojenja za uparivanje sirutke

Proizvodnja sirutke u prahu u »Sireli«, Bjelovar, (Abramović, et al, 1986.)

Sirutka se uz pomoć napojne pumpe uvodi u balansni bazen koji osigurava stalno snabdijevanje sistema sirutkom. Slijedi predgrijavanje sirutke u sistemu

cjevastih predgrijača smještenih u kondenzatoru i grijalicama. U kondenzatoru prima toplinu od para koje ovamo dolaze iz trećeg stupnja i ekspanzionog hladnjaka. Sirutka se ovdje zagrije od 5°C na oko 35°C, a para kondenzira. Iz kondenzatora se sirutka odvodi na predgrijavanje u grijalicu, gdje preuzima toplinu otparnih, takozvanih bridovnih para, a u posljednjem stupnju predgrijavanja i od pare koja se u sistemu uvodi uz pomoć ejektora. Na kraju predgrijavanja postiže se temperatura od 70 do 72°C. Nakon ove faze postoji mogućnost dodatnog zagrijavanja uz pomoć cjevastog pasterizatora, čime se želi osigurati bakteriološka pravilnost gotovog proizvoda. Kod ugušćivanja sirutke ne upotrebljava se cjevasti grijač, jer nije poželjno sirutku zagrijavati iznad 70°C. Ovako zagrijana sirutka uvodi se u prvi stupanj, gdje se slijeva u tankom sloju naniže niz sistem cijevi prema dnu grijalice i prelazi u separator. U separatoru se odvoji dio pare koja se koristi kao sredstvo za predgrijavanje, a sirutka se odvodi u slijedeći stupanj. Svaki slijedeći stupanj ima niži pritisak i nižu temperaturu. U slijedećim stupnjevima postupak se ponavlja. Kod svakog stupnja provodi se recirkulacija, što znači da se sa dna separatora dio medija vraća ponovno na vrh cijevnog registra, a dio se odvodi u slijedeći stupanj. Time se pospješuje ugušćivanje. Na izlazu iz prvog stupnja sirutka ima oko 8% suhe tvari, u drugom stupnju postiže se 14% suhe tvari, u trećem stupnju sirutka ima oko 22% suhe tvari. Na izlazu iz posljednjeg stupnja postiže se oko 50% suhe tvari. Iz četvrtog stupnja medij se prebacuje u ekspanzioni hladnjak koji evaporat hladi na temperaturu kristalizacije. Postotak suhe tvari omjeri se refraktometrom na izlazu iz ekspanzionog hladnjaka. Ukoliko se ne postigne željeni postotak suhe tvari, evaporat se vraća u balansni bazen, a ukoliko je postotak suhe tvari zadovoljavajući, evaporat se prebacuje u kristalizator.

### **3.4.2. Kristalizacija**

Kristalizacija je proces stvaranja kristala okupljanjem i pravilnim prostornim rasporedom čestica mineralne tvari (iona, atoma, molekula) oko kristalizacijskog središta. Dobivanje kristala postiže se izlučivanjem otopljenih tvari povišenom koncentracijom otopljene tvari (isparavanjem otapala) ili smanjenjem topljivosti (hlađenjem otopine). Oblikovanje kristala ovisi o temperaturi, koncentraciji, čistoći otopine, brzini isparavanja ili hlađenja. Provodi se sa svrhom čišćenja tvari od primjesa koje ne kristaliziraju.

Pogon za kristalizaciju u "Sireli" sastoji se od tri kristalizatora koji su zapremnine 12000 litara. Svaki kristalizator ima dvije miješalice sa suprotnim rotacijama. Ugušćena sirutka nakon uparavanja u kristalizatore ulazi sa temperaturom 35 stupnjeva, te se hladi na 25°C. Optimalno vrijeme kristalizacije je 5 do 8 sati. Ova tehnološka faza provodi se u kristalizatorima s namjerom da se provede laktoza iz amorfno u kristalni oblik te tako omogući sušenje koncentrata sirutke i smanje hidroskopna svojstva praha. U prezasićenoj otopini laktoze njezini alfa i beta oblik nalaze se u ravnoteži i spontana kristalizacija se teško odvija. Da bi se zahvatila što veća količina laktoze kristalizacijom, potrebno je stvoriti određene uvjete za to. Koncentrat sirutke treba što brže ohladiti na 30°C; postotak suhe tvari treba biti optimalan jer viskozitet utječe na brzinu kristalizacije; treba dodati već oblikovane kristale laktoze. Kristali laktoze iz praha sirutke ponašaju se kao inicijalne jezgre kristala koje sa oblikom laktoze tvore kristale. Time se narušava ravnoteža alfa i beta oblika te jedan dio beta oblika prelazi u alfa oblik i tako se osigurava neprekinutost kristalizacije. U toku kristalizacije temperatura se postupno snižava na 18°C. Kristalizacija se provodi u gore navedenim uvjetima 8 -10 sati uz stalno miješanje.

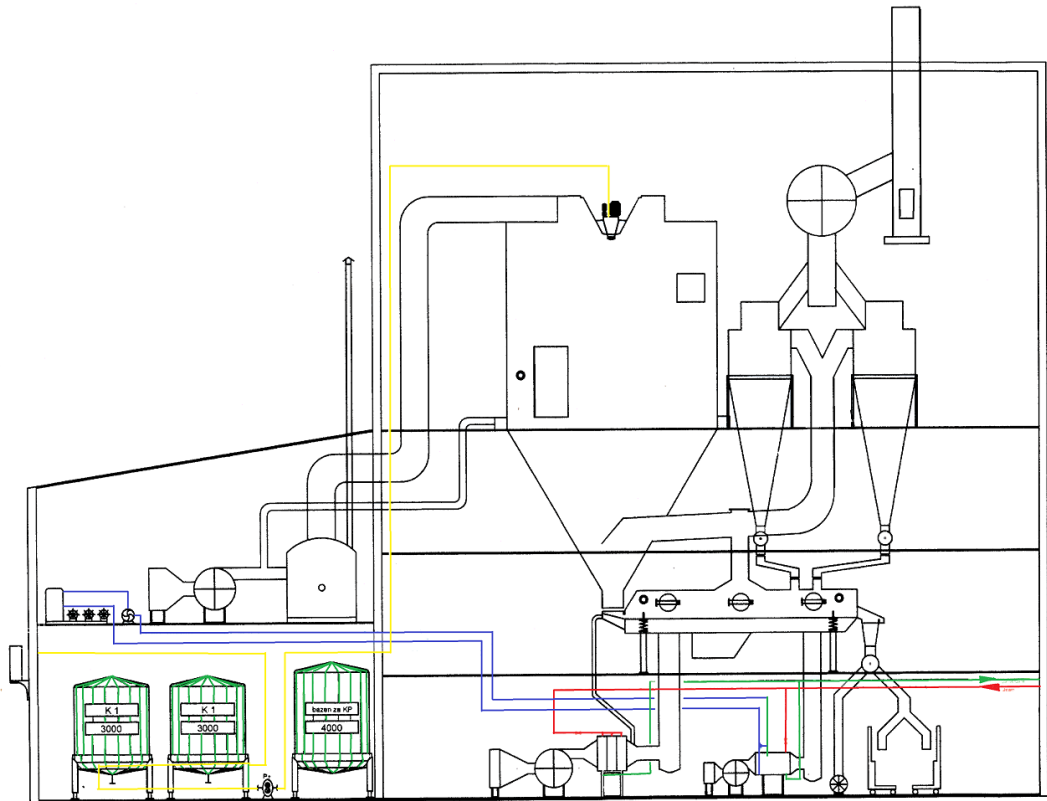
### **3.4.3. Sušenje sirutke (sušara)**

Nakon kristalizacije sirutka se prenosi na sušenje. Problem koji nastaje kod prijenosa evaporata je taloženje kristala na dno prijenosne posude. To se nastoji spriječiti samim postupkom kristalizacije (manji kristali) i punjenjem prijenosne posude do najviše 75% zapremnine, kako bi se osiguralo makar i najmanje miješanje u



toku prijenosa. Usprkos tome često dolazi do djelomičnog taloženja u prijenosnoj posudi, a takav je talog neupotrebljiv u daljnjoj preradi.

Sušenje je postupak oduzimanja vlage tj. relativno malih količina vlage (vode) iz plinova, tekućina ili krutih tvari. Sirutka nakon uparavanja i kristalizacije podvrgava se procesu sušenja koji se odvija u sušari. Sušara se sastoji od raspršivača, vibrofluidizera, komore, dva ciklona i dozatoratora.



Slika 3. Proces sušenja sirutke u tvornici Sirela (Interni podaci tvornice)

Sušenje se provodi sistemom raspršivanja koncentrata u tornju u struji vrućeg zraka. Koncentrat se uvodi u toranj uz pomoć centrifugalnog raspršivača s diskom koji ravnomjerno raspoređuje čestice mikronskih veličina. Temperatura ulaznog zraka koji se ubacuje u toranj iznad zone raspršivanja je 175 do 178°C, a izlaznog 80°C. Dobiveni prah se mehaničkim ili pneumatskim putem odvodi iz tornja na hlađenje i pakiranje.

## 4. METODE ISTRAŽIVANJA

Prilikom dolaska na mjesto prijema vrši se uzorkovanje iz svake ćelije cisterne. Nakon uzorkovanja vrše se ulazne analize, a to su određivanje kiselosti, mjerenje stabilnosti mlijeka i test na antibiotike. Ako se rezultati analiza pokažu zadovoljavajućima tada se mlijeko zaprima i slijedi istakanje, no ako su rezultati ne zadovoljavajući tada se mlijeko ne može zaprimiti. Nakon prijema vrše se daljnje analize mlijeka u kemijskom laboratoriju. Daljnje analize koje se vrše na mlijeku su: određivanje kiselosti, određivanje mliječne masti, gustoće, suhe tvari i proteina.

### **Određivanje kiselosti mlijeka**

Stupanj kiselosti određuje se postupkom po Soxhlet-Henkelu.

Pribor za izvođenje analize: natrijeva lužina, fenol, Erlennmayerove tikvice, pipete, birete.

Postupak: mlijeko se titrira, a titracija se prekida kada mlijeko promijeni boju u slabo ružičastu. Stupanj kiselosti se izračunava po formuli:

$$SH = \text{utrošeni ml matrijeve lužine} * 2$$

### **Mjerenje stabilnosti mlijeka- alkoholni test**

Reagens je etilni alkohol 72%-tni.

Postupak: jednaka količina mlijeka i alkoholne otopine odmjeri se u Petrijevu zdjelicu, zatim u zdjelici odstoji jednu minutu te se nakon toga provjerava dali se mlijeko gruš, odnosno dali je patvoreno. Nakon prve provjere uzorak mora odstajati još jednu minutu zbog potpune sigurnosti.

### **Penzym test**

Postupak: za izvođenje testa potreban je zbirni uzorak, što znači da se mlijeko iz svih ćelija cisterne pomiješa i napravi jedan uzorak koji se analizira.

Penzym test provodi se zbog provjere prisutnosti antibiotika u sirovom mlijeku.

Delvo test se provodi u slučaju nesigurne analize Penzym testa.

### **Određivanje masti i suhe tvari u ugušćenom mlijeku i sirutci**

Postupak: U Erlenmaeyerovu tikvicu se odvaže 50 g ugušćenog mlijeka ili sirutke i razblaži sa 50 ml destilirane vode i dobro promiješa. Tikvica se začepi i stavi na vodenu kupelj na 85 °C približno 15 minuta. Tikvica se izvadi iz kupelji, sadržaj se dobro promiješa i ohladi na 20 °C.

Račun, određivanje masti: mliječna mast  $u(g/100g) = a \times 2$

a-očitana mast na butirometru

Račun, određivanje suhe tvari: suha tvar  $u(g/100g) = ST \times 2$

(Prilog 1)

### **Određivanje sadržaja masti dehidriranih proizvodna**

Pribor: butirometar sa čepom, stalak za butirometar, Gerberova centrifuga sa grijačem, pipeta od 10 ml, Kipp aparat.

Postupak: U za mlijeko otpipetira se 10 ml sulfatne kiseline, oprezno se doda 8,8 do 9 ml destilirane vode i 1 ml amilnog alkohola. Odvagne se 2,75 g sirutke u prahu, prenese u butirometar, promućka i drži sa čepom gore, u vodenoj kupelji na 65 °C tako dugo dok se prah potpuno ne otopi. Očitana vrijednost sa butirometra množi se sa 4.

(Prilog 2)

### **Rekonstrukcija sirutke u prahu**

Pribor: odmjerena tikvica od 100 ml, porculanski tarionik s tučkom, lijevak.

Postupak: Odvaže se 6 g obrane sirutke u prahu koja se u tarioniku otapa uz dodavanje destilirane vode temperature 50 °C. Smjesa vode i sirutke prenose se u odmjerenu tikvicu, a tarionik se ispere destiliranom vodom dok se sveukupna količina sirutke ne prenese u odmjerenu tikvicu, zatim se sve ohladi i odmjerena tikvica dopuni vodom do oznake.

(Prilog 3)

## 5. REZULTATI

### OBRANA SIRUTKA

Tablica 3. Rezultati analiza obrane sirutke (Interni podaci tvornice)

Mjerenje	<i>Ph</i>	°SH	Gustoća kg/l	% bjelančevina	% m.m.	% suhetvari	%laktoze
1.	6,5	4,5	1,0212	0,7	0,06	5,6	4,5
2.	6,4	4,7	1,0212	0,6	0,04	5,4	3,7
3.	6,5	4,9	1,0212	0,5	0,05	5,5	3,8
4.	6,6	5,0	1,0220	0,6	0,05	5,5	4,1
5.	6,5	5,4	1,0218	0,6	0,06	5,4	4,4

### UGUŠČENA SIRUTKA

Tablica 4. Rezultati analiza ugušćene sirutke (Interni podaci tvornice)

Mjerenje	<i>pH</i>	°SH	% m.m.	% suhetvari
1.	5,8	50	0,3	60
2.	5,6	50	0,3	55
3.	5,6	50	0,2	60
4.	5,7	60	0,5	60
5.	5,5	60	0,2	60

### GOTOV PROIZVOD U TOKU SUŠENJA

Tablica 5. Rezultati analiza gotovog proizvoda (Interni podaci tvornice)

Mjerenje	% m.m.	% vode
1.	0,5	1
2.	1	3
3.	1,5	3
4.	0,5	4
5.	0,5	3

## 6. RASPRAVA

Prilikom proizvodnje vrše se kemijske analize dehidriranih proizvoda. Analizira se obrana sirutka, ugušćena sirutka i gotov proizvod zbog kontroliranja kvalitete.

U tablici 3. prikazani su rezultati analiza obrane sirutke. Iz dobivenih rezultata vidimo da obrana sirutka mora imati pH od 6,4 do 6,7, gustoću od 1,0212 do 1,0220.

Rezultati pokazuju da obrana sirutka mora sadržavati 0,5 do 0,7 % bjelančevina, 0,00 do 0,06 % mliječne masti, 5,30 do 5,60 % suhe tvari i 3,5 do 4,5 % laktoze.

U tablici 4. prikazani su rezultati analiza ugušćene sirutke. U ugušćenoj sirutci kontrolira se pH, °SH, mliječna mast i suha tvar. Dobiveni rezultati pokazuju da pH ugušćene sirutke mora biti od 5,5 do 5,8, a °SH od 50 do 60. Postotak mliječne masti mora biti 0,2 do 0,5 i suhe tvari od 55 do 60.

U tablici 5. prikazani su rezultati analiza gotovog proizvoda, odnosno sirutke u prahu. Iz rezultata vidimo da gotov proizvod (sirutka u prahu) mora sadržavati od 0,5 do 1,5 % mliječne masti i do maksimalno 4% vode.

## 7. ZAKLJUČAK

Proces proizvodnje sirutke u prahu u tvornici „Sirela“ sastoji se od slijedećih faza: evaporacija, kristalizacija, prijenos evaporata i sušenje.

Kako bi se dobio kvalitetan krajnji proizvod obavljaju se analize kojima se provjerava i potvrđuje kvaliteta i sigurnost sirovine, proizvoda tokom prerade i gotovog proizvoda. Gotov proizvod mora sadržavati od 0,5 do 1,5% mliječne masti i do maksimalno 4% vode.

Rezultati dobiveni analiziranjem potvrđuju ispravnost, kvalitetu proizvoda i održivost.

## 8. LITERATURA

1. Abramović, A. et al. (1986) *Proizvodnja sirutke u prahu u »Sireli«, Bjelovar\**, Mljekarstvo, vol. 37, no. 2, p. 49—55.
2. Antunac, N. et al. (2011) *Proizvodnja i kemijski sastav Istarske i Paške skute*, Mljekarstvo, vol 61, no.4, p. 326-335.
3. Božanić, Lj. (2012) *Mogućnosti iskorištenja sirutke, 40 Hrvatski simpozij mljekarskih stručnjaka*, Lovran 23. 10. 2012.
4. Carić, M.; Milanović, S.; Gavarić, D. (1979) *Neki aspekti industrijske prerade sirutke*, Mljekarstvo, vol. 29, no. 10, listopad 1979, p. 232-236.
5. Filajdić, M. (1998) *Senzorska analiza mliječnih proizvoda*, Mljekarstvo, vol 38, no. 19, p. 295-301.
6. Filajdić, M. et al. (1990) *Metode kontrole mlijeka i mliječnih proizvoda*, Mljekarstvo, vol. 40, no. 21, p.71-75.
7. Interni podaci Tvornice „Sirela“ iz Bjelovara
8. Jeličić, I.; Božanić, R.; Tratnik, Lj. (2008) *Napitci na bazi sirutke – nova generacija mliječnih proizvoda*, Mljekarstvo, vol.58, no. 3, p.257-274.
9. Matijević, B. et al. (2008) *utjecaj koncentrata proteina sirutke na rast i preživljavanje probiotičkih bakterija u sirutki*, Mljekarstvo, vol.58, no. 2, p.243-255.
10. Miletić, S. (1994) *Mlijeko i mliječni proizvodi, Hrvatsko mljekarsko društvo*, Prosvjeta, Zagreb.
11. Otrin, M. (1984) *Upotreba sirutke u proizvodnji sladoleda i smrznutih deserata*, Mljekarstvo, vol. 34 no. 9, p. 272-274.
12. Tratnik, Lj. (1998) *Mlijeko: Tehnologija, biokemija i mikrobiologija*, Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb, str.345-368..
13. Tratnik, Lj. (2003) *Uloga sirutke u proizvodnji funkcionalne hrane*, Mljekarstvo, vol. 53, no. 4, p. 325-352..
14. [www.tehnologijahrane.com](http://www.tehnologijahrane.com), 20.6.2015.

## POPIS SLIKA

Slika 1. Tratnik, Lj. (2013.) *Osnovna namjena proizvodnje sirutke*

Slika 2. Abramović, A. et al. (1986.) *Proizvodnja sirutke u prahu u „Sireli“ u Bjelovaru*

Slika 3. Interni podaci Tvornice „Sirela“ iz Bjelovara, proces sušenja sirutke

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Božanić, Lj. *Upotreba sirutke u prehrambenim proizvodima*

Tablica 2. Interni podaci Tvornice „Sirela“ iz Bjelovara, kemijski sastav i fizikalna svojstva sirutke za evaporaciju

Tablica 3. Interni podaci Tvornice „Sirela“ iz Bjelovara, rezultati analize obrane sirutke

Tablica 4. Interni podaci Tvornice „Sirela“ iz Bjelovara, rezultati analize ugušćene sirutke

Tablica 5. Interni podaci Tvornice „Sirela“ iz Bjelovara, rezultati analize gotovog proizvoda



 <b>Dukat d.d.</b> <b>Tvornica Sirela</b>	<b>TVORNICA SIRELA</b> <b>LABORATORIJ KONTROLE KVALITETE</b> <b>KEMIJSKI LABORATORIJ</b>	Ref. broj: D1S2 03 / K / M 28 / RU Datum 1. izdanja: 8.12.1998. Strana: 1 od 1 Stupanj revizije: 6
	<b>RADNA UPUTA ZA ODREĐIVANJE MASTI I SUHE</b> <b>TVARI U UGUŠČENOM MLJEKU I UGUŠČENOJ</b> <b>SIRUTCI</b>	

## PRIPREMA UZORKA

U Erlenmeyerovu tikvicu se odvažuje 50 g uguščenog (evaporiranog) mlijeka ili ugušćene (evaporirane) sirutke i razblaži s 50 ml destilirane vode i dobro promiješa. Tikvica se začepi i stavi se na vodenu kupelj oko 85 °C približno 15 minuta. Tikvica se izvadi iz kupelji, sadržaj dobro promiješa i sadržaj tikvice ohladi na 20 °C.

### Određivanje masti:

Cjelokupni postupak određivanja masti uguščenog mlijeka i sirutke isti je kao za određivanje masti u mlijeku opisanom **P\_SQC012**.

#### RAČUN:

$$\text{Mliječna mast u (g / 100g)} = a \times 2$$

**a** – očitana mast na butirometru

### Određivanje suhe tvari:


Cjelokupni postupak određivanja suhe tvari uguščenog mlijeka i sirutke opisan je u **P\_SQC071**.

#### RAČUN:

$$\text{Suha tvar u (g / 100g)} = ST \times 2$$

**ST** – suha tvar određena prema metodi **P\_SQC071**

Sačinio: Filip Balatinec Datum: 10.01.2013.	Odobrio: Božidarka Posavec Datum: 10.01.2013.
--	--

 Dukat d.d. Tvornica Sirela	<b>TVORNICIA SIRELA</b> <b>LABORATORIJ KONTROLE KVALITETE</b> <b>KEMIJSKI LABORATORIJ</b>	Ref. broj: D1S2 03 / K / M 27 / RU Datum 1. izdanja: 8.12.1998.
	<b>RADNA UPUTA ZA ODREĐIVANJE</b> <b>SADRŽAJA MASTI DEHIDRIRANIH PROIZVODA</b>	Strana: 1 od 1 Stupanj revizije: 6

#### APARATURA I PRIBOR

1. Butirometar s čepom
2. Stalak za butirometar
3. Gerberova centrifuga s grijačem
4. Pipeta od 10 ml
5. Kipp aparat od 1 ml
6. Kipp aparat od 10 ml ili bireta za H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

#### REAGENSI

1. Sulfatna kiselina (  $\rho_{20} = 1,820 \text{ g/ml} - 1,825 \text{ g/ml}$  )
2. Amilni alkohol (  $\rho_{20} = 0,811 \text{ g/ml}$  )

**Mora se poštivati pravilo, da se nikada voda ne dodaje u kiselinu.**

#### POSTUPAK

Prije svake upotrebe butirometra obavezno provjeriti da li je butirometar oštećen.

##### a) Punomasno mlijeko u prahu :

U butirometar za vrhnje otpipetira se 10 ml sulfatne kiseline ( gustoća 1,820 ), oprezno se doda 8,5 – 9 ml destilirane vode i 1 ml amilnog alkohola. Odvagne se 2,5g punomasnog mliječnog praha, prenese u butirometar, promućka i drži s čepom gore, u vodenoj kupki od 65°C tako dugo dok se prah potpuno ne otopi.

**Mućkanje vršiti iznad sudopera. Butirometare kod potresanja obavezno okrenuti od sebe.**

Centrifugira se u Gerberovoj centrifugi dva puta po 5 minuta. Očita se nakon držanja butirometra 5 minuta u vodenoj kupki.

**Kod očitavanja rezultata na butirometru koristiti zaštitnu masku za lice.**

##### IZRAČUNAVANJE

Očitana vrijednost sa butirometra se pomnoži sa 2.

##### b) Obrano mlijeko u prahu i sirutka u prahu:

U butirometar za mlijeko otpipetira se 10 ml sulfatne kiseline ( gustoća 1,820 ), oprezno se doda 8,5 – 9 ml destilirane vode i 1 ml amilnog alkohola. Odvagne se 2,75g obranog mliječnog praha ili sirutke u prahu, prenese u butirometar, promućka i drži s čepom gore, u vodenoj kupki od 65°C tako dugo dok se prah potpuno ne otopi.

**Mućkanje vršiti iznad sudopera. Butirometare kod potresanja obavezno okrenuti od sebe.**


Centrifugira se u Gerberovoj centrifugi dva puta po 5 minuta. Očita se nakon držanja butirometra 5 minuta u vodenoj kupki.

**Kod očitavanja rezultata na butirometru koristiti zaštitnu masku za lice.**

##### IZRAČUNAVANJE

Očitana vrijednost sa butirometra se pomnoži sa 4.

Sačinio: Filip Balatinec Datum: 12.01.2013.	Odobrio: Božidarka Posavec Datum: 12.01.2013.
--	--

 <b>Dukat d.d.</b> <b>Tvornica Sirela</b>	<b>TVORNICA SIRELA</b> <b>LABORATORIJ KONTROLE KVALITETE</b> <b>KEMIJSKI LABORATORIJ</b>	<b>Ref. broj:DIS2 03 / K / M 10 / RU</b> <b>Datum 1. izdanja:11.11.1999.</b> <b>Strana: 1 od 1</b> <b>Stupanj revizije: 6</b>
	<b>RADNA UPUTA ZA</b> <b>REKONSTITCIJU MLJEKA I SIRUTKE U PRAHU</b>	

#### APARATURA I PRIBOR

1. Odmjerna tikvica od 100 ml
2. Porculanski tarionik s tučkom
3. Lijevak

#### POSTUPAK

Odvaži se 12,5g punomasnog mlijeka u prahu, odnosno 9 g obranog mlijeka ili 6 grama obrane sirutke u prahu koje se u tarioniku oprezno otapa uz dodavanje destilirane vode temperature 50 °C, da ne bi ostale grudice mlijeka u prahu. Smjesa vode i mlijeka prenese se u odmjernu tikvicu, a tarionik se ispere destiliranom vodom dok se sveukupna količina mlijeka ne prenese u odmjernu tikvicu. Zatim se sve ohladi i odmjerna tikvica dopuni vodom do oznake.

#### **Punomasno mlijeko u prahu mora zadovoljavati slijedeće uvjete:**

1. da sadrži najmanje 25% mliječne masti
2. da ne sadrži više od 4% vode
3. % topljivost više od 92 %
4. kiselost rekonstituiranog mlijeka nije veća od 8,5 °SH

#### **Obrano mlijeko u prahu mora zadovoljavati slijedeće uvjete:**

1. da sadrži max 1% mliječne masti
2. da ne sadrži više od 6 % vode
3. % topljivost više od 92 %
4. kiselost rekonstituiranog mlijeka nije veća od 8,5 °SH

#### **Obrana sirutka u prahu mora zadovoljavati slijedeće uvjete:**

1. da sadrži max 1 % mliječne masti
2. da ne sadrži više od 6% vode
3. % topljivost više od 95 %
4. kiselost rekonstituiranog mlijeka nije veća od 8,5 °SH

Sačinio: Filip Balatinec  
Datum: 10.01.2013.

Odobrio: Božidarka Posavec  
Datum: 10.01.2013.