

# Mlijeko u prahu

---

**Mandarić, Jelena**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:109:609177>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-22**

REPOZITORIJ

**PTF**

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

**dabar**  
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Food Technology Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

Jelena Mandarić

Mlijeko u prahu

završni rad

Osijek, 2016.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek  
PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

ZAVRŠNI RAD

## Mlijeko u prahu

Nastavni predmet:  
Tehnologija prerade sirovina animalnog podrijetla  
Mentor: dr. sc. Vedran Slačanac, izv. prof.

---

Studentica:	Jelena Mandarić	MB: 3183/09
Mentor:	dr. sc. Vedran Slačanac, izv. prof.	
Predano:		
Pregledano:		

---

Ocjena:

---

Potpis mentora:

---



## Sažetak

**Ključne riječi:** mlijeko u prahu, kvaliteta, uparavanje, sušenje.

U današnjem svijetu jedna od neizostavnih namirnica je mlijeko. Međutim, kako bi se olakšao njegov transport, pakiranje, skladištenje, ali i produžio rok trajanja i proširila mogućnost njegove uporabe došlo je do razvoja tehnologije proizvodnje mlijeka u prahu. Kao pokazatelji kvalitete takvog proizvoda najčešće se uzimaju udio vode i slobodne masti, nasipna i specifična težina, poroznost, boja, struktura praha te topivost. Proces proizvodnje započinje najprije hlađenjem mlijeka i njegovom mehaničkom obradom radi uklanjanja nečistoća. Prije samog sušenja potrebno je obaviti uparavanje koje se može vršiti pomoću pločastih ili višestupanjskih izmjenjivača topline. Sušenje se obavlja ili raspršivanjem ili na valjcima. Pakira se u poliesterske vreće sa modificiranom atmosferom. Mlijeko u prahu ima široku namjenu: konditorska, pekarska industrija, dječja hrana itd.

## Summary:

**Keywords:** milk powder, the quality, evaporation, drying.

In today's world one of the indispensable ingredients is milk. However, in order to facilitate its transportation, packaging, storage, extend shelf life and extended the possibility of its use, the technology of production of milk powder is developed. Indicators of the quality of such products usually are the water content and free fat, and bulk density, porosity, color, structure and solubility of the powder. The manufacturing process begins first with the cooling of milk and its mechanical treatment to remove impurities. Before the drying occurs, it is necessary to evaporate the milk which can be done using the plate or multi-stage heat exchanger. Drying is conducted either by spraying or roller. It is packed in polyester bags with modified atmosphere. Milk powder has a broad purpose: confectionery, bakery industry, baby food etc.

## Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. GLAVNI DIO.....	4
2.1. Mlijeko u prahu .....	5
2.1.1. Fizikalno - kemijska svojstva i kvaliteta .....	6
2.2. Proces proizvodnje mlijeka u prahu .....	9
2.2.1. Mehanička obrada .....	10
2.2.2. Toplinska obrada - uparavanje.....	11
2.2.3. Membranske metode koncentriranja .....	13
2.2.4. Sušenje raspršivanjem.....	14
2.2.5. Sušenje na valjcima .....	16
2.2.6. Pakiranje mlijeka u prahu.....	18
3. ZAKLJUČAK.....	19
4. LITERATURA .....	21

## **1. UVOD**

Jedan od prvih i najjednostavnijih postupaka konzerviranja je sušenje korištenjem sunčeve energije. U opisima svojih putovanja tijekom 18. stoljeća, Marko Polo je opisao proizvod za kojega se pretpostavljalo da je mlijeko u prahu. Nastavak i napredak proizvodnje u 19. stoljeću zahvaljuje se pronalascima Nicolasa Apperta, Gaila Bordena i Johna P. Meyenberga. Početkom 20. stoljeća se proizvodnja zasnivala na sušenju na valjcima, a kasnije se razvila metoda sušenjem i raspršivanjem. Kao poboljšanje procesa sušenja i raspršivanja, pedesetih godina je uvedena instantizacija, a sedamdesetih godina je uvedena membranska metoda koncentriranja s frakcioniranjem, da bi osamdesetih godina uvedeno i trostupnjevito sušenje (Carić i Gregurek, 2003.).

Koncentrirani i sušeni proizvodi od mlijeka nazivaju se trajnim mliječnim proizvodima. To su proizvodi od mlijeka dobiveni djelomičnim uklanjanjem vode. Suhi mliječni proizvodi su proizvodi od mlijeka kod kojih je u najvećem stupnju uklonjena voda (sadrže <4% vode). Među proizvode od mlijeka koji se danas najčešće proizvode u suhom stanju spadaju: suho punomasno i obrano mlijeko, suha sirutka, suha mlaćenica, suho vrhnje (kiselo i slatko), suho zaslađeno čokoladno mlijeko, sirevi u prahu (cheddar, blue, cottage i dr.), kazeinati (natrijum i kalcijum) i dr. Svrha sušenja je čuvanje mlijeka jer mali sadržaj vode onemogućuje razvoj mikroorganizama, što dozvoljava daleko duži rok trajanja od tekućeg mlijeka, a da se kvaliteta minimalno mijenja. Pri tome nije nužno osiguravati posebne uvjete skladištenja. Druga svrha je smanjenje volumena što ga čini lakšim i ekonomičnijim za transport na veće udaljenosti. Zahvaljujući tome, moguće je preraditi i skladištiti tržne viškove mlijeka, a ista se može obavljati i u krajevima s nepovoljnim klimatskim uvjetima. Mlijeko u prahu je pogodno za proizvodnju drugih prehrambenih proizvoda kao što su hrana za dojenčad, slastice, konditorski i pekarski proizvodi, te slično (Sarić, 2007.).

Hranjiva vrijednost svih mliječnih proizvoda zasniva se na hranjivoj vrijednosti mlijeka i uslovljena je tehnološkim procesom proizvodnje određenog proizvoda. Zahvaljujući metodama suvremene tehnologije proizvodnje koncentriranih i sušenih mliječnih proizvoda (evaporacija u vakuumu, sušenje raspršivanjem i dr.), nema neželjenih promjena komponenata mlijeka tokom procesa ili su one minimalne. Praktično, svi sastojci koji se nalaze u mlijeku, poslije evaporacije i sušenja spomenutim metodama, samo bivaju koncentrirani, bez negativnih posljedica.

Čokolada je visokovrijedna namirnica koja osim osnovnih hranjivih sastojaka sadrži i niz bioaktivnih sastojaka, za koje je dokazan pozitivan učinak na ljudsko zdravlje. Zbog velikog izbora različitih čokoladnih proizvoda na tržištu te sve većih zahtjeva potrošača za kvalitetom proizvoda koje konzumiraju, sve se više pažnje posvećuje unaprijeđenju postupka proizvodnje prehrambenih proizvoda, pa tako i čokolade. Mlijeko u prahu je osnovni sastojak mliječne čokolade (oko 20% ukupne mase) koji određuje senzorski profil čokolade (okus, tekstura) i



utječe na njezina fizikalno-kemijska i reološka svojstva, posebice svojstva tečenja, koja su vrlo bitna prilikom lijevanja čokoladne mase u kalupe, kao i dražiranja čokoladom ([Belščak-Cvitanović i sur., 2009.](#)).

Proizvodnja, odnosno potrošnja mlijeka u prahu zauzima važno mjesto u suvremenom načinu prehrane. Na našim područjima u 20. stoljeću proizvedilo se po nekoliko tisuća tona mlijeka u prahu godišnje. U ovom radu opisan je princip proizvodnje mlijeka u prahu, te njegova fizikalna i kemijska svojstva.

## **2. GLAVNI DIO**

## 2.1. Mlijeko u prahu

Mlijeko u prahu je proizvod dobiven isparavanjem vode iz mlijeka, djelomično ili potpuno obranog mlijeka, vrhnja ili smjese ovih proizvoda, u kojemu maseni udio vode iznosi najviše 5% u gotovom proizvodu. Primjer sastava dobivenog punomasnog i obranog mlijeka u prahu nalazi se u **Tablica 1**. Mlijeko u prahu stavlja se na tržište kao:

- ekstra-masno mlijeko u prahu - koje označava mlijeko u prahu čiji maseni udio masti iznosi najmanje 42%;
- punomasno mlijeko u prahu - koje označava mlijeko u prahu čiji maseni udio masti iznosi najmanje 26%, a najviše 42%;
- djelomično obrano mlijeko u prahu - koje označava mlijeko u prahu čiji maseni udio masti iznosi više od 1,5% i manje od 26%;
- obrano mlijeko u prahu - koje označava mlijeko u prahu čiji maseni udio masti iznosi najviše 1,5% ([NN 80/07](#)).

**Tablica 1** Sastav punomasnog i obranog mlijeka u prahu ([Hardi, 2011.](#))

SASTOJAK	PUNOMASNO MLIJEKO U PRAHU	OBRANO MLIJEKO U PRAHU
VODA	3,5 %	4,3 %
PROTEINI	25,2 %	35 %
MAST	26,2 %	0,97 %
LAKTOZA	38,1 %	51,9 %
MINERALNE TVARI	7,0 %	7,8 %
REKONSTITUCIJA	12,5 g / 87,5 g VODE	9 g / 91 g VODE

### 2.1.1. Fizikalno - kemijska svojstva i kvaliteta

Kvaliteta mlijeka u prahu određena je njezinim kemijskim, fizičkim i bakteriološkim svojstvima. Mlijeko u prahu koje se stavlja u promet mora ispunjavati u pogledu kvalitete uvjete koje propisuje Pravilnik o kvaliteti i Pravilnik o bakteriološkim uvjetima živežnih namirnica u prometu. Pored ovoga, zahtjevi na kvalitetu mlijeka u prahu su veoma različiti i zavise o tome u koju svrhu je ono namijenjeno. Tako, mlijeko u prahu namijenjeno rekonstituciji mora imati gotovo idealnu topljivost, ono namijenjeno za preradu sladoleda pored topljivosti mora imati i dobru sposobnost bubrenja, za izradu jogurta mora imati dobru sposobnost koagulacije itd. Svi ovi zahtjevi rezultat su kemijsko-fizičkih i bakterioloških svojstava mlijeka u prahu.

Slobodna mast predstavlja onaj dio mlječne masti koji nema zaštitne membrane i koji je zbog toga veoma podložan brzim promjenama, koje mijenjaju organoleptička svojstva, odnosno smanjuju trajnost proizvoda. Zbog toga su se radila istraživanja o udjelu slobodne masti u sirovom mlijeku, evaporiranom mlijeku i mlijeku u prahu. Rezultati tih istraživanja izneseni su u **Tablica 2**. Podaci iz tablice pokazuju da je količina slobodne masti u sirovom mlijeku bila znatna. Međutim, u tijeku prerade mlijeka dolazi istovremeno do smanjenja, ali i do stvaranja novih količina slobodne masti. Mehanički utjecaji prerade djeluju paralelno u smislu homogenizacije i ujedno na daljnje kidanje zaštitne opne mlječne masti i na njeno oslobađanje ([Crnobori i sur., 1969.](#)).

**Tablica 2** Udio slobodnih masti u sirovom, evaporiranom i mlijeku u prahu ([Crnobori i sur., 1969.](#))

%	Sirovo mlijeko	Evaporirano mlijeko	Mlijeko u prahu
Masti	3,96	10,0	26,2
Slobodne masti	0,165	0,060	5,48
Slobodne masti od ukupne masti	3,95	0,600	22,5

Stvaranje slobodne masti u toku procesa proizvodnje može se smanjiti :

- povećanjem koncentracije evaporiranog mlijeka,
- skraćanjem vremena držanja evaporiranog mlijeka u tenku prije sušenja,
- miješanjem evaporiranog mlijeka u tenku prije sušenja, čime se sprečava stvaranje masne opne na površini,
- brzim hlađenjem mlijeka u prah u na temperaturu do 25°C odmah nakon izlaska iz komore za sušenje,
- uvođenjem u tehnološki proces proizvodnje mlijeka u prahu homogenizacijom evaporiranog mlijeka prije sušenja.

Pod nasipnom težinom mlijeka u prahu podrazumijeva se težina jedinice materije (g/ml, kg/l, t/m<sup>3</sup>) uključujući i prazninu među česticama. Nasipna težina suhih proizvoda zavisi o specifičnoj težini materije iz koje su izrađeni, a također i o veličini, obliku i strukturi (poroznosti) čestice, te o vlažnosti proizvoda.

Specifična težina suhe tvari ima utjecaj na topljivost mlijeka u prahu, odnosno na mogućnost tonjenja čestica mlijeka u prahu prilikom rekonstitucije. Ona se izračunava na ovaj način: 100 grama mlijeka u prah u sa 25,6% masti i sadrži prosječno:

25,6% masti (čija je spec. težina 0,93 g/ml) pa ima volumen	27,52 ml
28,7% bjelančevina (čija je spec. tež. 1,45 g/ml) pa ima volumen	19,79 ml
38,5% laktoze (čija je spec. težina 1,53 g/ml) pa ima volumen	25,16 ml
5,2% mineral. tvari (čija je spec. tež. 2,8 g/ml) pa ima volumen	1,85 ml
2,0% vlage (čija je specifična težina 1,0 g/ml) pa ima volumen	2,00 ml
<hr/>	
100 g mlijeka u prahu ima volumen	76,32 ml

Specifična težina navedenog mlijeka u prahu iznosi (100 : 76,32) 1,31 g/ml.

Poroznost mlijeka u prahu predstavlja onaj dio volumena koji je zauzet porama među česticama i u njima samima. Poroznost se određuje na taj način, da se od 100 odbije relativna čvrstoća mlijeka u prahu ([Crnobori i sur., 1969.](#)).

U nedostatku dovoljne pažnje i kontrole u procesu proizvodnje može doći do nepoželjnih promjena kvalitete. Osnovne osobine kojima se mjeri kvaliteta praha, a gdje se mogu pojaviti nedostaci su:

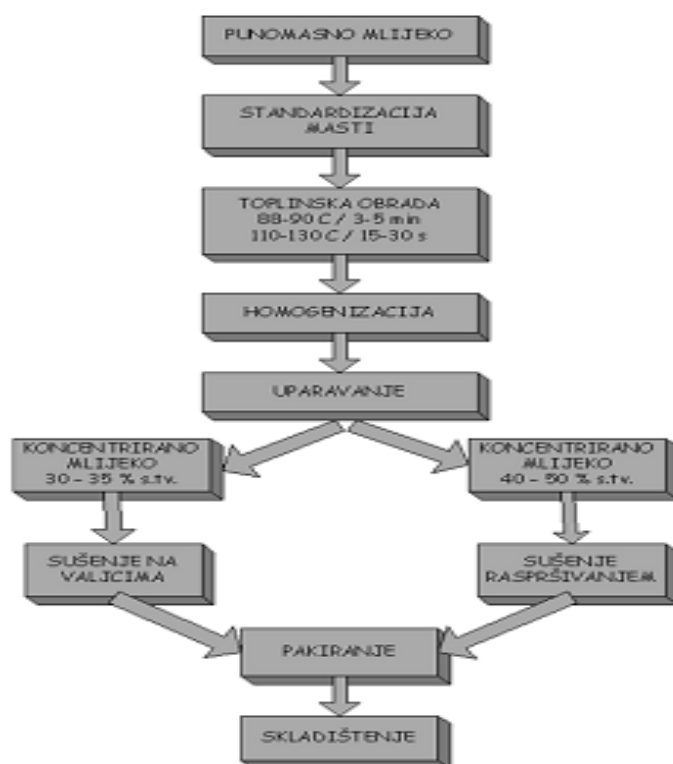
- Struktura praha - ovisi prije svega od načina sušenja. Prah koji se dobije sušenjem na valjcima ima ljuskastu strukturu bez inkorporiranog zraka, dok prah dobiven sušenjem raspršivanjem je loptastog oblika i sadrži vakuole zraka.
- Topivost - određena je pravilnikom i ne smije biti manja od 95% (dobiven na valjcima), odnosno 99% (dobiven raspršivanjem). Smanjena topivost posljedica je prije svega denaturacije proteina mlijeka, pa su ove promjene izraženije ako je prah dobiven sušenjem na valjcima.
- Sadržaj vode - određen je pravilnikom i iznosi najviše 5%, odnosno 4%, ako je mlijeko sušeno raspršivanjem. Veći sadržaj vode ugrožava mikrobiološku stabilnost i omogućuje ili ubrzava nepoželjne kemijske reakcije u proizvodu.
- Pregorjele čestice.
- Sipkost - osobina praha da slobodno teče, kao pijesak, bez zgrudnjavanja. Stvaranje grumena praha je posljedica stanja laktoze, koja tijekom sušenja ne stigne sva iskristalizirati, nego se nalazi i u amorfnom stanju.
- Oksidativne promjene mliječne masti - događaju se u prisustvu kisika i katalizatora bakra i željeza zbog velikog sadržaja nezasićenih masnih kiselina u mliječnoj masti. Sprječava se pakovanjem u vakuumu ili inertnom plinu.
- Okus - promjena je posljedica oksidativne ili lipolitičke užeglosti mliječne masti.
- Boja - može doći do tamnjenja uslijed Maillardovih reakcija.
- Prisustvo stafilokoka - može imati ozbiljne posljedice po zdravlje potrošača. Ove mikroorganizme ne uništavaju temperature primjenjene u tijeku proizvodnje mlijeka u prahu, te ukoliko se nađu u proizvodu predstavljaju opasnost poslije rehidracije jer su stvoreni enterotoksini ovih bakterija termostabilni (Šumić, 2008.).

## 2.2. Proces proizvodnje mlijeka u prahu

Mlijeko se iza mužnje hladi na 4-6 °C (u novije vrijeme i na 1-3 °C) kako bi se što prije spriječio razvoj mikroorganizama koji su dospjeli u toplo mlijeko. Najjednostavniji način hlađenja mlijeka je sa bunarskom ili tekućom vodom. Proizvođači koji imaju veće količine mlijeka, mogu hlađenje obavljati u bazenima (laktofrizima). Nakon prijema mlijeka u mljekaru, mlijeko se podvrgava fizičko – kemijskim i bakteriološkim kontrolama:

- ocjena senzorskih svojstava,
- kontrola higijenske ispravnosti,
- određivanje broja somatskih stanica,
- određivanje dodane vode u mlijeko,
- određivanje specifične težine,
- test na antibiotike,
- određivanje kiselosti,
- određivanje sadržaja masti,
- određivanje sadržaja proteina i laktoze (Sarić, 2007.).

Sljedeći korak je mehanička obrada, a cjelokupni proces proizvodnje mlijeka u prahu prikazan je na **Slika 1**.



**Slika 1** Proces proizvodnje mlijeka u prahu (Hardi, 2011.)

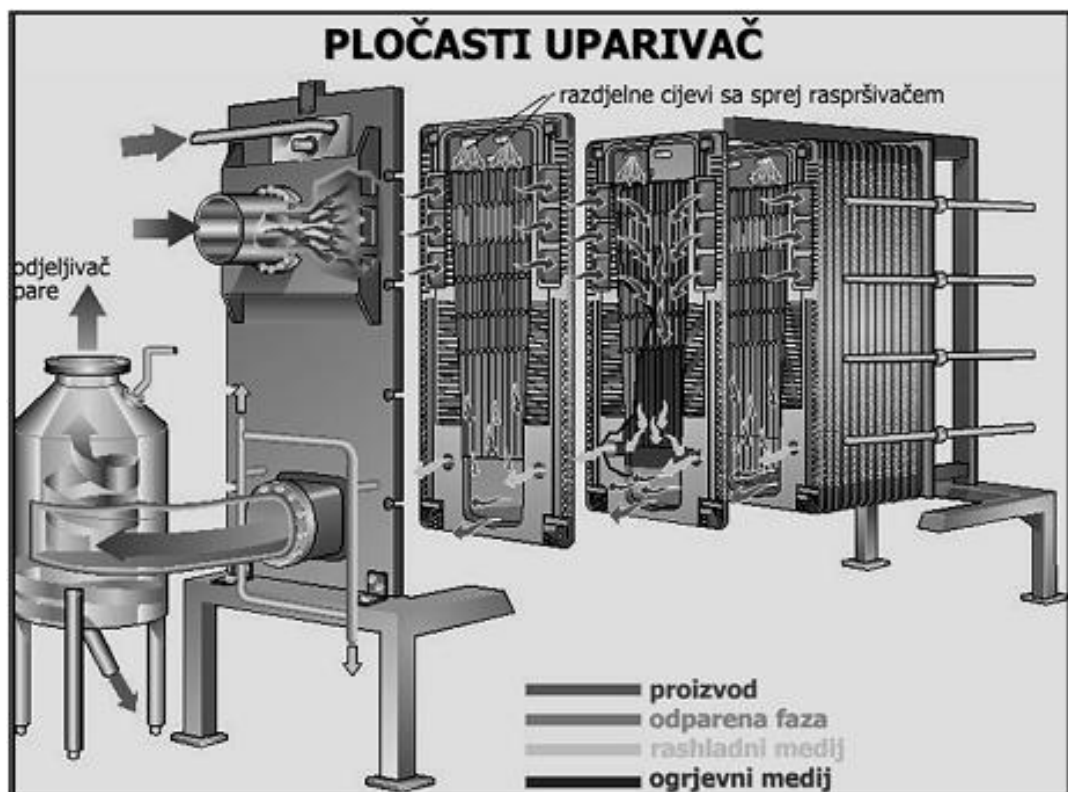
### 2.2.1. Mehanička obrada

Po prijemu, mlijeko se treba prvo pročistiti. Mlijeko se čisti radi uklanjanja leukocita, bakterija, stanica vimena, prašine, slame i dr. Ovo se obavlja preko filtera ili klarifikatora. Mlijeko ide preko pumpe na filter gdje se obavlja filtriranje odnosno pročišćavanje mlijeka. Oni mogu biti različite izvedbe i različito locirani u liniji prijema zavisno od linije i organizacije proizvodnje. Mogu se ugraditi u cjevovod prije punjenja mlijeka, prije hlađenja ili toplinske obrade. Odvajanje nečistoća može se provesti i putem centrifugalnih separatora koji se nazivaju klarifikatori. Čišćenje mlijeka pomoću klarifikatora zasniva se na djelovanju centrifugalne sile. Nečistoće mlijeka (mehaničke nečistoće, leukociti i stanice mikroorganizama) se, kao teži sastojci, odbacuju prema obodu bubnja, gdje se nalazi veći prostor za talog, koji se periodično uklanja kroz otvore sa strane. Mlijeko kao lakše ide ka osovini prema odvodu za izlaz mlijeka. U ovu svrhu može se također izvršiti baktofugacija i mikrofiltracija. Slijedi standardizacija u separatorima. Separatori su centrifuge kojima se na principu centrifugalne sile izvodi odvajanje materija na bazi različite gustoće. Kako mast ima nižu gustoću od ostalih sastojaka ona se približava osovini separatora gdje se odvodi i izlazi kao vrhnje, a ostali sastojci mlijeka se bacaju na vanjski obod kao teži i izlaze kao obrano mlijeko. Standardizirano (tipizirano) mlijeko za konzum ili preradu mora imati ujednačeni sadržaj masti. S obzirom da je gustoća mliječne masti manja od one kod obranog mlijeka, stajanjem mlijeka će doći do kretanja masnih kuglica prema površini. Dok je kod dobivanja vrhnja brzo izdvajanje poželjno, kod tehnologije mnogih drugih proizvoda nije. Izdvajanje masnih kuglica može se usporiti ili potpuno zaustaviti homogenizacijom mlijeka. Homogenizacija je postupak usitnjavanja i izjednačavanja veličine masnih kuglica u mlijeku pod utjecajem visokog tlaka radi veće stabilnosti emulzije. Pod uobičajenim uvjetima tlaka (180-200 bara) nastaju uglavnom masne kuglice promjera ispod 2 mikrona ([Sarić, 2007.](#)).

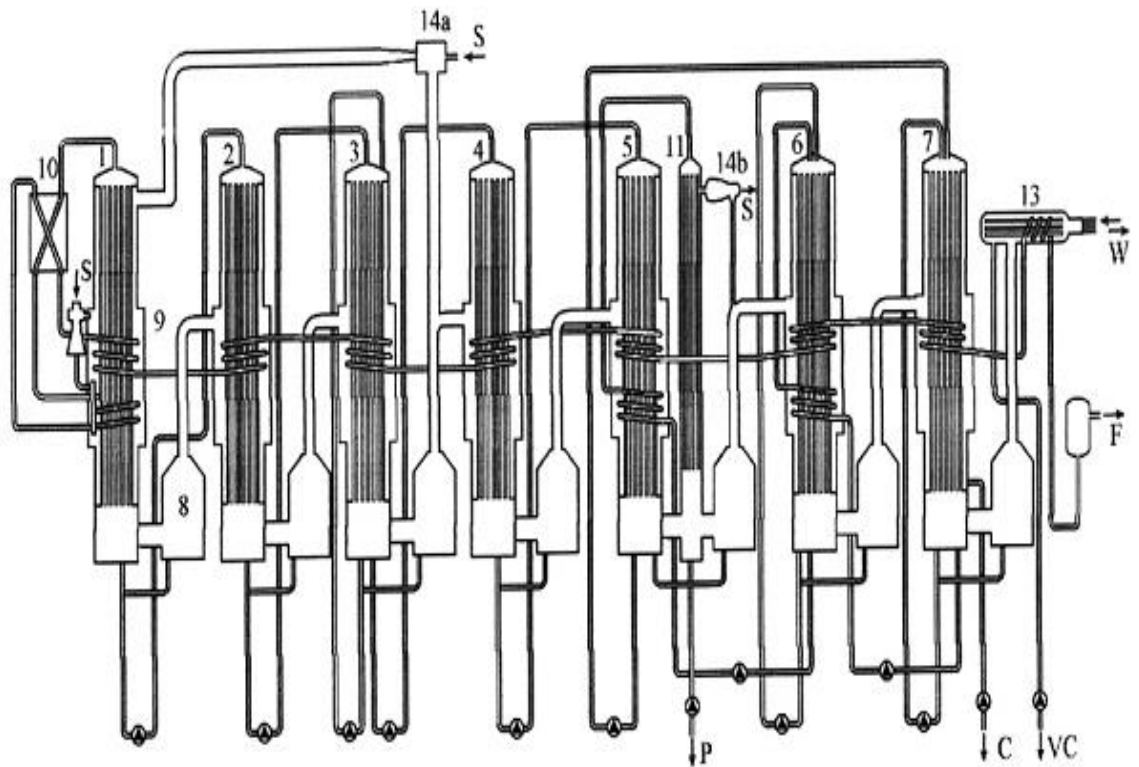


### 2.2.2. Toplinska obrada - uparavanje

Visoke temperature (pasterizacija ili sterilizacija) se koriste radi uništavanja mikroorganizama, inaktiviranja enzima, poboljšanja tehnoloških svojstava i koncentriranja suhe tvari mlijeka. Prva industrijska metoda, koja je i danas najzastupljenija je koncentriranje odnosno ugušćivanje prehrambenih proizvoda, pa i mlijeka, jest uparavanje u vakuum uparivačima. Postoje pločasti i višestupanjski uparivači. Pločasti ili cijevni uparivači ili izmjenjivači topline uparavaju neizravno pomoću pare u djelomičnom vakuumu (**Slika 2**). Ukoliko je snižen tlak, potrebna je i niža temperatura uparavanja čime se izbjegavaju nepoželjne promjene sastojaka mlijeka pod utjecajem temperature. Između cijevi struji medij za grijanje, a na kraju izlazi smjesa koncentriranog proizvoda i pare koja se odvaja u prostoru za odvajanje pare ([Hardi, 2011.](#)). Početkom dvadesetog stoljeća uveden je kontinuirani postupak isparavanja u višestupanjskim vakum isparivačima što je omogućilo primjenu sekundarne pare i ogromnu uštedu energije, čak više od 50% (**Slika 3**).



Slika 2 Pločasti uparivač ([Hardi, 2011.](#))

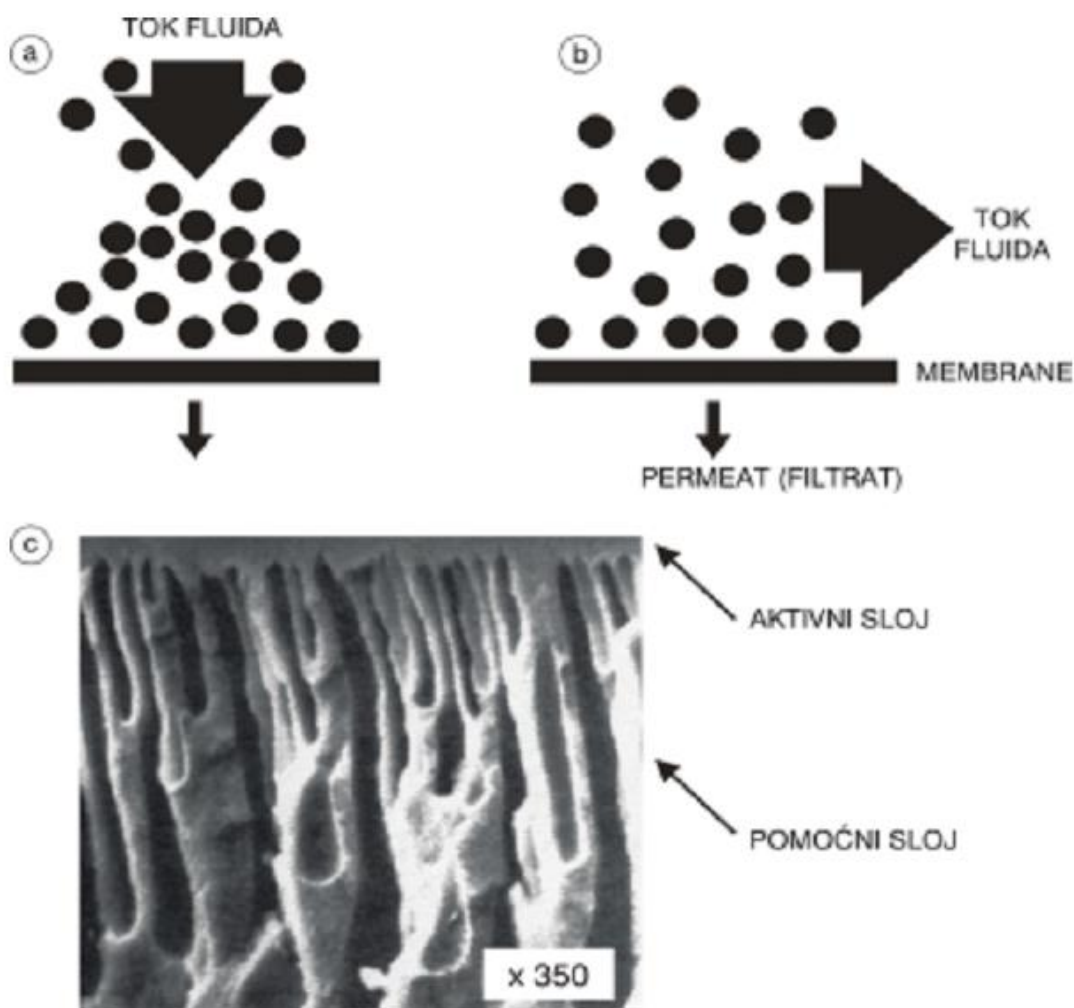


**Slika 3** Višestupanjski vertikalni uparivač (Carić i Gregurek, 2003.)

Ova operacija je obavezna zbog bolje održivosti praha uslijed manjeg sadržaja inkorporiranog zraka i većih čestica, kao i ekonomskih razloga, zbog dugog vremena sušenja, srazmjerno manjeg iskorištenja uređaja i ogromnog utroška energije kod sušenja. Kod sušenja na valjcima koncentriranje uparavanjem se vrši do 30-35% suhe tvari, a kod sušenja raspršivanjem u struji toplog zraka do 40-50% suhe tvari mlijeka. Veći stupanj koncentriranja bi na valjcima prouzrokovao stvaranje debelog sloja što bi otežalo sušenje (Sarić, 2007.).

### 2.2.3. Membranske metode koncentriranja

Sredinom sedamdesetih godina prošlog stoljeća su razvijene metode koncentriranja i frakcioniranja do industrijske primjene. Ovaj razvoj je osigurao sasvim drugačiji način koncentriranja, ali i čitav niz novih proizvoda u tehnologiji mlijeka, kao i u drugim granama prehrambene industrije. Tako su razvijene prije svega ultrafiltracija i reverzna osmoza, a zatim i mikrofiltracija i nanofiltracija. Uvođenje nanofiltracije u industrijsku tehnologiju potpuno se uklapa u novu međunarodnu terminologiju koja je svrstava među nanotehnologije. Ovakav novi pristup je omogućen pronalaskom asimetričnih membrana (Loeb i Sourirajan, 1964.) i primjenom «cross flow» filtracije (Slika 4).



**Slika 4** Membranske metode koncentriranja - a) "Dead - end" filtracija; b) "Cross flow" filtracija; c) Poprečni presjek asimetrične UF membrane (Carić i Gregurek, 2003.)

### 2.2.4. Sušenje raspršivanjem

U tehnologiji mlijeka su najraširenija dva industrijska postupka sušenja i to:

- sušenje raspršivanjem u struji toplog zraka (slika 5),
- sušenje na valjcima, u vakuumu ili pri atmosferskom tlaku.

Ipak treba reći da postoje i drugi pokušaji da se razviju novi postupci sušenja, koji su iz različitih razloga svi završili s neuspjehom (Carić, 1990.). Osnovna prednost sušenja raspršivanjem je što je kvaliteta dobivenog proizvoda odlična, a ekonomičnost i jednostavnost procesa pri sušenju raspršivanjem višestruko bolja od svih drugih do danas poznatih načina sušenja, kao što možemo vidjeti na slici laboratorijskog modela uređaja za sušenje raspršivanjem (Slika 5) (Tratnik i Kršev, 1984.). Prednost sušenja raspršivanjem:

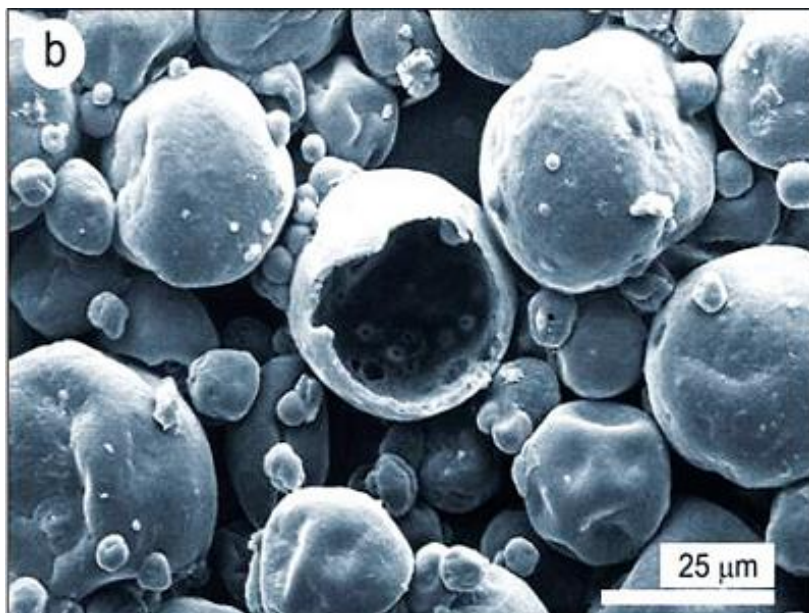
- proces prijenosa mase i topline odvija se vrlo brzo, 15-30 s, a prašak se zagrijava samo na temperaturu bliskoj temperaturi izlaznog zraka, pri čemu se količina topline ulaznog zraka troši na osjetljivu toplinu isparavanja vode;
- brzo sušenje i niska temperatura praška tijekom raspršivanja rezultira kvalitetnim proizvodom, koji je sličan proizvodu dobivenog liofilizacijom (npr. lijekovi, starteri i drugi bioaktivni materijali);
- tijekom raspršivanja mogu se automatski regulirati parametri sušenja i svojstva gotovog proizvoda;
- postupak je kratak i automatiziran, tako da i visoka produktivnost zahtijeva minimalnu radnu snagu;
- proizvod dodiruje stijenke komore za sušenje tek u suhom stanju, što omogućuje bolje higijenske uvjete i lakše održavanje uređaja (Carić, 1990.).



**Slika 5** Laboratorijski model uređaja za sušenje raspršivanjem (Carić i Gregurek, 2003.)

Upareno mlijeko se dispergira ("atomizira") unutar komore za sušenje koja može biti vertikalnog i horizontalnog tipa. Osušeni proizvod pada na dno komore, odakle se neprekidno odnosi, hladi se dalje strujom hladnog zraka i odvaja od medija za sušenje. Za odvajanje se najčešće koriste centrifugalni odvajači praha, tzv. cikloni (Sarić, 2007.).

Za proizvodnju čokolade tradicionalno je bilo poželjno mlijeko u prahu visokog udjela slobodne mliječne masti koja može direktno međudjelovati s kakaovim maslacem u čokoladi (Hansen i Hansen, 1990.). Proizvođači čokolade koji koriste punomasno mlijeko u prahu, dobiveno sušenjem raspršivanjem, obično u recepturi koriste povećani udjel kakaovog maslaca kako bi mogli kontrolirati viskoznost čokoladne smjese i održavati ju na poželjnoj razini. Kako bi se pri sušenju raspršivanjem postigao željeni učinak (postizanje visokog udjela masti), potrebno je tijekom samog procesa osigurati dovoljnu količinu masnog medija, što se može postići tako da se sušenje raspršivanjem provodi s koncentriranim mlijekom visokog udjela masti ili primjenom dvojnog sustava raspršivanja tj. sustava u kojem se na jednoj strani kontrolirano raspršuje obrano mlijeko, a na drugoj vrhnje, čime se mogu proizvesti mješavine punomasnog mlijeka u prahu s udjelom ukupne mliječne masti od 26%. Još jedan od načina povećanja udjela masti tijekom sušenja raspršivanjem je povećanje udjela proteina u mlijeku što se postiže ultrafiltracijom. Tijekom postupka ultrafiltracije koncentriraju se proteini i mliječna mast, a smanjuje se udio laktoze u suhoj tvari ultrafiltriranog mlijeka (Keogh i sur., 2003.).

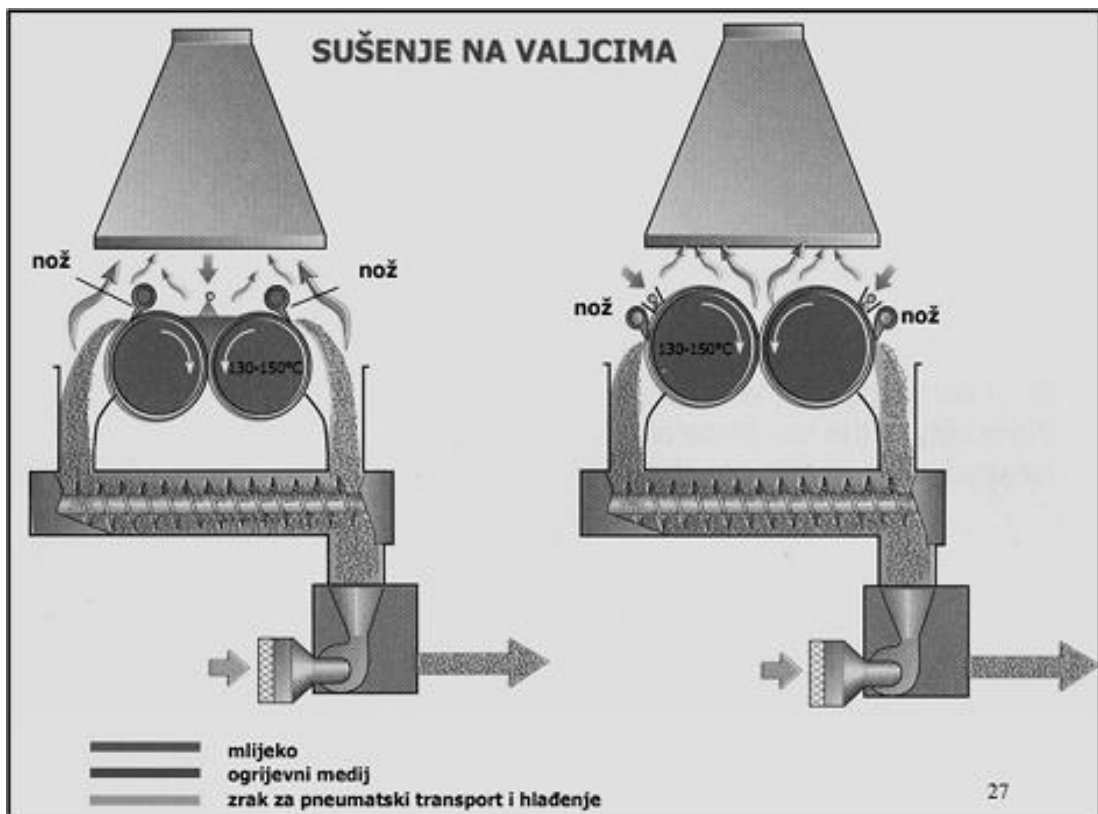


**Slika 6** Mikrostruktura mlijeka u prahu dobivenog sušenjem raspršivanjem (Belščak-Cvitanović i sur., 2009.).



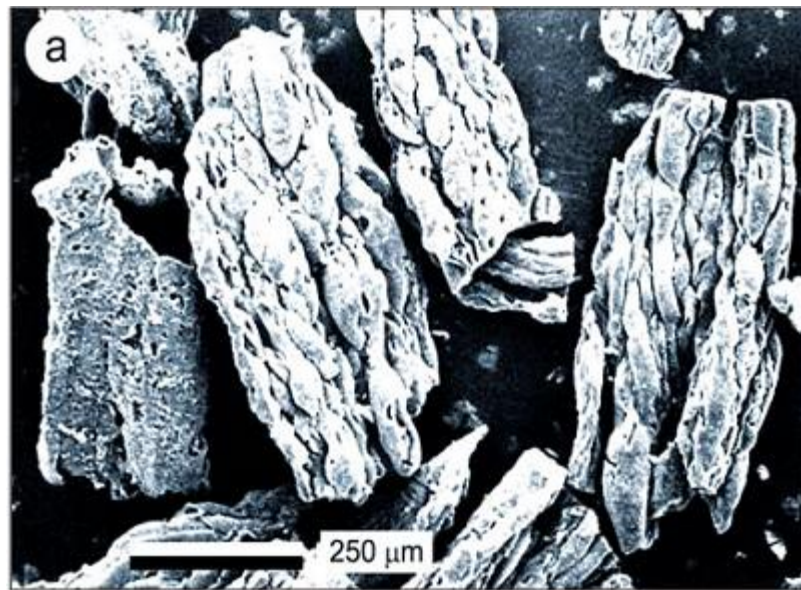
### 2.2.5. Sušenje na valjcima

Ovaj način se primjenjuje najčešće samo za proizvodnju obranog mlijeka u prahu ili mlijeka u prahu namijenjenog drugim industrijama (konditorski proizvodi itd.), zbog slabe topivosti proizvoda. Ovdje se događa direktan kontakt nanešenog filma mlijeka sa toplom površinom rotirajućih valjaka (temperatura pare za zagrijavanje je 130-200°C). Kvaliteta gotovog proizvoda ovisi, pored temperature i vremena trajanja sušenja, od temperature ulaznog mlijeka i stupnja koncentriranja, debljine nanešenog sloja i ravnomjernosti nanošenja mlijeka na valjke. Kada je osušeno, mlijeko se u obliku tankog filma kontinuirano skida noževima strugačima. Suhi film pada na spužvasti transporter (uz svaki valjak nalazi se po jedan), gdje se usitnjava i transportira elevatorom do mlina čekićara na mljevenje. Prah se zatim obično prosijava kroz sustav sita u cilju klasiranja po veličini čestica (Sarić, 2007.).



Slika 7 Sušenje na valjcima (Hardi, 2011.)

Kod sušenja na valjcima, najčešće se primjenjuju 2 valjka (**Slika 7**) čija je unutrašnjost grijana parom na 130-150°C i koji se okreću u suprotnom smjeru. Mlijeko se u tankom sloju razlijeva po površini. Ovom metodom dobije se prah manje kvalitete (manja topivost i ireverzibilne promjene sastojaka), manja investicijska ulaganja (jeftinija oprema i manje prostora), ekonomičnost proizvodnje i lakše rukovanje. Brzina okretanja valjaka je 0,1 - 0,4 okretaja/sek, koja, zajedno sa gustoćom mlijeka utječe na debljinu nanešenog filma i vrijeme kontakta zadržavanja mlijeka na površini - do 3 sekunde ([Hardi, 2011.](#)).



**Slika 8** Mikrostruktura mlijeka u prahu dobivenog sušenjem na valjcima ([Belščak-Cvitanović i sur., 2009.](#)).

### 2.2.6. Pakiranje mlijeka u prahu

Prah se pakira u pogodnu ambalažu, kao što možemo vidjeti na **Slika 9**, koja je nepropusna za vlagu, plinove, svjetlost itd., a to su: papirne, višeslojne kutije ili vreće sa polietilenskom vrećom sa unutrašnje strane, metalna burad sa polietilenskim vrećama i konzerve presvučene staniolom sa unutrašnje strane. Kada je proizvod namijenjen za dugo skladištenje, pakiranje se vrši u atmosferi inertnog plina ili parcijalnom vakuumu. Iz mlijeka sušenog raspršivanjem također je potrebno ukloniti i zrak što se vrši deaeracijom. Propisno proizvedeno i pakirano mlijeko u prahu, sa niskim sadržajem kisika, skladišti se na sobnoj temperaturi (Sarić, 2007.).



**Slika 9** *Primjer upakiranog mlijeka u prahu (web 1)*



### **3. ZAKLJUČAK**

Temeljem podataka pronađenih u literaturi i iznesenih u ovom radu može se zaključiti slijedeće:

- Mlijeko u prahu je proizvod dobiven uklanjanjem vode iz mlijeka koji prema Pravilniku o kvalitetu mlijeka, proizvoda od mlijeka, sirila i čistih kultura treba ispunjavati slijedeće uvjete: da je bijele boje sa žućkastom nijansom; da ima svojstven miris i okus; da ima konzistenciju sitnog praha, granula ili ljuskica, da sadrži najmanje 25% mliječne masti u suhoj tvari; da ne sadrži više od 4% vode ako je proizvedeno raspršivanjem, odnosno ne više od 6% vode ako je proizvedeno sušenjem na valjcima; da kiselost mlijeka rekonstruiranog od mlijeka u prahu nije veća od 8,5°SH; da topivost mlijeka u prahu poslije rehidracije nije manja od 95%.
- Nakon prijema i hlađenja mlijeka, slijedi mehanička obrada, standardizacija i homogenizacija.
- Prije sušenja obavezno se vrši uparavanje - kod sušenja na valjcima koncentriranje uparavanjem se vrši do 30-35% suhe tvari, a kod sušenja raspršivanjem u struji toplog zraja do 40-50% suhe tvari mlijeka.
- Tradicionalno se za proizvodnju čokolade koristi mlijeko u prahu sušeno na valjcima, no razvojem tehnologije u posljednje se vrijeme sušenje na valjcima sve više zamjenjuje sušenjem raspršivanjem koje rezultira drugačijim karakteristikama mlijeka u prahu.
- Polietilen ne predstavlja najpogodniji materijal za duže čuvanje punomasnog mlijeka u prahu, jer je propustljiv za plinove, ali propušta djelomično i vlagu pa nakon određenog vremena potrebno je prekontrolirati upakirani proizvod.
- Mlijeko u prahu se koristi direktno u prehrani kao rekonstruirano, ali ga troši industrija slatkiša, gdje je obavezni sastojak čokolade, zatim druge industrije: karamele, mekani bomboni, premazi, keks, kolači i dr. U mljekarskoj industriji može se koristiti kao dodatak u proizvodnji sladoleda, topljenih sireva, suhih sladolednih smjesa. Koristi se kao dodatak drugim specifičnim prehranbenim proizvodima kao što su umaci, preljevi, gotova jela, povrće, dječja hrana i dr.

## **4. LITERATURA**

- Belščak-Cvitanović A, Komes D, Božanić R: Mlijeko u prahu kao sirovina za proizvodnju mliječne čokolade, *Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam*, 4 (3-4): 109-115, 2009.
  - Carić M: *Tehnologija koncentrovanih i sušenih mlečnih proizvoda*. Naučna knjiga, Beograd, p.293., 1990.
  - Carić M, Gregurek Lj: Retrospektiva razvoja tehnologije koncentriranih i sušenih mliječnih proizvoda, *Mljekarstvo*, 53 (4): 293-307, 2003.
  - Crnbori M, Gluvaković, Pesić N: *Kemijsko – fizička i bakteriološka svojstva mlijeka u prahu kao pokazatelji njegove kvalitete*, Tehnološki fakultet, Zagreb, 1969.
  - Hansen SO, Hansen PS: Spray-dried whole milk powder for the manufacture of milk chocolate, *Scandinavian Dairy Information*, 2: 79-82, 1990.
  - Hardi J: Mlijeko u prahu i instant proizvodi, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2011.
  - Loeb S, Sourirajan S: U.S. Pat. 3, 133,132, 1964.
  - Pravilnik o ugušćenom (kondenziranom) mlijeku i mlijeku u prahu, *Narodne novine*, broj 80/07. [20.09.2015.]
  - Sarić Z: *Tehnologija mlijeka i mliječnih proizvoda*, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Sarajevu, 2007.
  - Šumić Z: Mlijeko u prahu. *Tehnologija hrane*, 2008.
- <http://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/mljeko-u-prahu> [20.09.2015.]
- Tratnik Lj, Kršev Lj: Nutritivna vrijednost dehidriranih mliječnih proizvoda, *Mljekarstvo*, 34 (1): 18-22, 1984.
  - Web 1: <http://www.konzum.hr/Proizvodi/Hrana/Mlijecni-proizvodi-i-jaja/Mlijeko/Mlijeko-u-prahu/Mlijeko-u-prahu-obrano-1000g-Dukat> [20.09.2015.]