

# Utjecaj različitih temperatura čuvanja na svojstva mlijeka u prahu

---

**Ružić, Štefica**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:022911>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-21**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
**STRUČNI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE**  
**PRERADA MLIJEKA**

Štefica Ružić

**UTJECAJ RAZLIČITIH TEMPERATURA ČUVANJA**  
**NA SVOJSTVA MLIJEKA U PRAHU**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2017.

Veleučilište u Karlovcu  
Stručni studij prehrambene tehnologije  
Prerada mlijeka

Štefica Ružić

**UTJECAJ RAZLIČITIH TEMPERATURA ČUVANJA  
NA SVOJSTVA MLIJEKA U PRAHU**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: dr. sc. Bojan Matijević, prof. v.š.

Broj indeksa autorice: 0314607051

Karlovac, ožujak 2017.

*Rad je izrađen u Kemijskom laboratoriju Veleučilišta u Karlovcu pod vodstvom dr.sc.  
Bojana Matijevića, prof. v.š. i u laboratoriju u Podravka - Lagris a. s., Češka pod vodstvom  
Nikole Nakića, dipl. ing.*

*Najiskrenije se zahvaljujem svojem mentoru dr.sc. Bojanu Matijeviću, prof. v.š. na stručnoj pomoći, strpljenju, razumijevanju, odvojenom vremenu i korisnim savjetima za vrijeme izrade i pisanja ovog rada.*

*Veliko hvala Nikoli Nakiću, dip. ing. na stručnoj pomoći kod izrade eksperimentalnog djela ovog rada.*

*Ovom prilikom posebno se zahvaljujem mojim roditeljima bez čije potpore i razumijevanja ne bi bilo moguće ovo dostignuće. Puno hvala Ivici i sinu Janu, koji su bezuvjetno vjerovali u mene i moj uspjeh.*

*Hvala mojim dragim prijateljima i svima koji su mi pružali podršku tijekom studija.*

# Utjecaj različitih temperatura čuvanja na svojstva mlijeka u prahu

## *Sažetak*

Mlijeko u prahu je najtrajniji mliječni proizvod koji se dobiva uklanjanjem vode iz djelomično ili potpuno obranog mlijeka. Svrha sušenja je čuvanje mlijeka na duži vremenski period jer mali sadržaj vode onemogućava razvoj mikroorganizama. Cilj završnog rada je odrediti utjecaj različitih temperatura čuvanja na kakvoću mlijeka u prahu. Mlijeko u prahu testirano je kroz 90 dana na tri različite temperature,  $T = 20, 30$  i  $40^{\circ}\text{C}$ . Tijekom čuvanja praćeni su: udio vode, suhe tvari, kiselost (pH i SH) te senzorska svojstva. Temperatura čuvanja u periodu od 90 dana nije utjecala na titracijsku kiselost i pH – vrijednost mlijeka u prahu, ali je značajno utjecala na senzorska svojstva. Promjene u okusu i mirisu mlijeka u prahu uočene su na  $40^{\circ}\text{C}$  nakon 30 dana čuvanja, a s daljnjim čuvanjem postaju sve intenzivnije. Mlijeko u prahu čuvano na  $40^{\circ}\text{C}$  kroz 90 dana neće promijeniti boju, a optimalna temperatura čuvanja je  $20^{\circ}\text{C}$ . Nastale promjene u senzorskim svojstvima mlijeka u prahu rekonstitucijom postaju izraženije.

**Ključne riječi:** čuvanje, kakvoća, mlijeko u prahu

## **The influence of different storage temperature on the properties of milk powder**

### *Abstract*

Milk powder is the most durable milk product which is processed by removing water from partially or fully skimmed milk. Purpose of drying is to keep milk for longer time period, because small amount of water allows microorganisms to growth. Final work goal is to determine the impact of different storage temperature to milk powder quality. Milk powder is tested for 90 days in 3 different temperature values, T=20, 30 and 40°C. During storage were monitored: water percentage, dry matter, acidity (pH and SH) and sensory properties. Storage temperature in period of 90 days did not affect the titratable acidity and pH – milk powder value, but significantly were affected the sensory properties. Changes in taste and smell of milk powder were noticeable at 40 °C after 30 days storage and with further preservation are becoming more intense. Milk powder stored on 40°C for 90 days will not change color and optimal temperature for storage is 20°C. With reconstruction milk powder sensory properties become more pronounced.

**Key words:** milk powder, storage, quality

## SADRŽAJ

|   |    |
|---|----|
| <b>1. UVOD</b> .....  | 1  |
| <b>2. TEORIJSKI DIO</b> .....   | 3  |
| <b>2.1 Osnove proizvodnje mlijeka u prahu</b> .....   | 3  |
| 2.1.1. Prijem mlijeka .....   | 5  |
| 2.1.2. Pročišćavanje, hlađenje i skladištenje .....   | 5  |
| 2.1.3. Standardizacija masti .....  | 5  |
| 2.1.4. Toplinska obrada .....   | 6  |
| 2.1.5. Homogenizacija .....   | 6  |
| 2.1.6. Uparavanje .....   | 7  |
| 2.1.7. Sušenje mlijeka u prahu .....  | 7  |
| 2.1.8. Instantizacija .....   | 10 |
| <b>2.2. Pakiranje i čuvanje mlijeka u prahu</b> .....   | 11 |
| <b>2.3. Kvaliteta mlijeka u prahu</b> .....   | 12 |
| 2.3.1. Struktura mlijeka u prahu .....  | 14 |
| 2.3.2. Topljivost .....   | 15 |
| 2.3.3. Voda .....   | 15 |
| 2.3.4. Sipkost .....  | 16 |
| 2.3.5. Oksidativne promjene .....   | 17 |
| 2.3.6. Okus i boja .....  | 18 |
| 2.3.7. Mikrobiološka kvaliteta .....  | 18 |
| <b>2.4. Primjena mlijeka u prahu</b> .....  | 20 |
| <b>3. EKSPERIMENTALNI DIO</b> .....   | 21 |
| <b>3.1. Materijali</b> .....  | 21 |
| <b>3.2. Metode rada</b> .....   | 21 |
| 3.2.1. Priprema i čuvanje uzorka mlijeka u prahu .....  | 21 |
| 3.2.2. Kemijske i senzorske analize mlijeka u prahu .....   | 21 |
| 3.2.3. Obrada rezultata .....   | 23 |
| <b>4. REZULTATI</b> .....   | 24 |
| <b>4.1. Kemijski sastav mlijeka u prahu tijekom čuvanja pri različitim temperaturama</b> .....    | 24 |
| <b>4.2. Senzorska svojstva mlijeka u prahu tijekom čuvanja pri različitim temperaturama</b> ..... | 26 |
| <b>5. RASPRAVA</b> .....  | 33 |
| <b>5.1. Kemijski sastav mlijeka u prahu tijekom čuvanja pri različitim temperaturama</b> .....    | 33 |
| <b>5.2. Senzorska svojstva mlijeka u prahu tijekom čuvanja pri različitim temperaturama</b> ..... | 34 |
| <b>6. ZAKLJUČCI</b> .....   | 35 |
| <b>7. LITERATURA</b> .....  | 36 |



## 1. UVOD

Mlijeko u prahu je najtrajniji mliječni proizvod dobiven odstranjivanjem vode (isparavanjem) iz mlijeka, djelomice ili potpuno obranog mlijeka, u kojem maseni udio vode iznosi najviše 5% u gotovom proizvodu.

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. 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. (Sarić, 2007.; Šumić, 2017.)

Za mlijeko u prahu znalo se i u davna vremena. Dobivali bi ga na primitivan način, sušenjem pomoću sunčane energije. Marco Polo je u zapisima sa istraživačkih putovanja tijekom 18. stoljeća opisao proizvod za koji se smatra da je mlijeko u prahu.

1809. godine francuz Nicholas Appert je uspio ugustiti mlijeko na 1/3 početnog volumena, osušiti ga na zraku i na kraju tabletirati. Od tog razdoblja postepeno se pokreće razvoj koncentriranih i sušenih mliječnih proizvoda u industrijskom volumenu, pri čemu se posebno izdvajaju Gail Borden i Meyenberg. Meyenberg je patentirao svoje proizvode u SAD (Meyenberg, 1884. i 1887.) Razvoj osušenih mliječnih proizvoda tekao je na taj način da se mlijeku dodavala neka druga komponenta, kao što su šećer, žitarice i / ili druge tvari.

Međutim, pravi napredak u razvoju koncentriranih i sušenih mliječnih proizvoda nastaje u 20. stoljeću u SAD-u, poslije pronalaska dvije osnovne industrijske metode sušenja mlijeka, koje su u uporabi i danas: sušenje na valjcima i sušenje raspršivanjem. Sušenje je raspršivanjem danas našlo primjenu i u drugim granama industrije kao npr. u kemijskoj industriji, biotehnologiji i sl. 1902. godine je Just patentirao jedan od prvih uređaja za sušenje na valjcima (dva valjka) (Just, 1902.). Na osnovu Percyevog patenta iz 1872. godine razvijen je postupak sušenja raspršivanjem (Percy, 1982.). Razvoju sušenja raspršivanjem u industrijskoj praksi su dali doprinos mnogi inovatori kao Stauf, R., MacLachlan, Merrell, L.C., Merrell, I.S. i Gere, Gray i Jensen, Rogers, (Hall i Hedrick, 1971.). Na taj način je došlo do razvoja sušenja i mnogih drugih mliječnih proizvoda, pa su razvijeni postupci sušenja sladolednih i drugih smjesa, kazeinata, sira, vrhnja i drugo (Balšćak-Cvitanović i sur., 2009; Mandarić, 2016).

Značajna novost u tehnologiji sušenja i u kvaliteti mliječnih i drugih prehrambenih proizvoda u prahu je donio postupak instantizacije (Peebles, 1955.), poboljšanjem sposobnosti brze i potpune rekonstitucije proizvoda. Tijekom 80-tih godina 20. stoljeća došlo je do unapređenja kvalitete proizvoda i ekonomičnosti sušenja uvođenjem trostepenog sušenja.

Veliki je napredak u metodama koncentriranja nastao primjenom membranskih metoda (ultrafiltracija, reverzna osmoza, elektrodijaliza, ionska izmjena), koje su sedamdesetih godina prošlog stoljeća razvijene do industrijske primjene. Tijekom proteklog desetljeća membrane su usavršene, a primjena razvijena za mnoge proizvode (koncentrirane i sušene fermentirane napitke, sireve, pri preradi sirutke). Primjenom i kombiniranjem membranskih metoda je omogućeno ne samo ugušćivanje mlijeka i drugih tekućina u prirodnom stanju, nego i frakcioniranje i industrijska proizvodnja pojedinih komponenata mlijeka (WPC- whey protein concentrate – koncentrat proteina sirutke, laktalbumini, laktoglobulini) (Carić i Gregurek, 2003.; Mandarić, 2016). Proizvodnja, odnosno potrošnja mlijeka u prahu zauzima važno mjesto u suvremenom načinu prehrane. Na našim područjima u 20. stoljeću proizvodilo se po nekoliko tisuća tona mlijeka u prahu godišnje.

Cilj završnog rada je odrediti utjecaj različitih temperatura čuvanja na kakvoću mlijeka u prahu. Mlijeko u prahu testirano je kroz 90 dana na tri različite temperature,  $T = 20, 30$  i  $40^{\circ}\text{C}$ . Tijekom čuvanja praćeni su: udio vode, suhe tvari, kiselost (pH i SH) te senzorska svojstva.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1 Osnove proizvodnje mlijeka u prahu

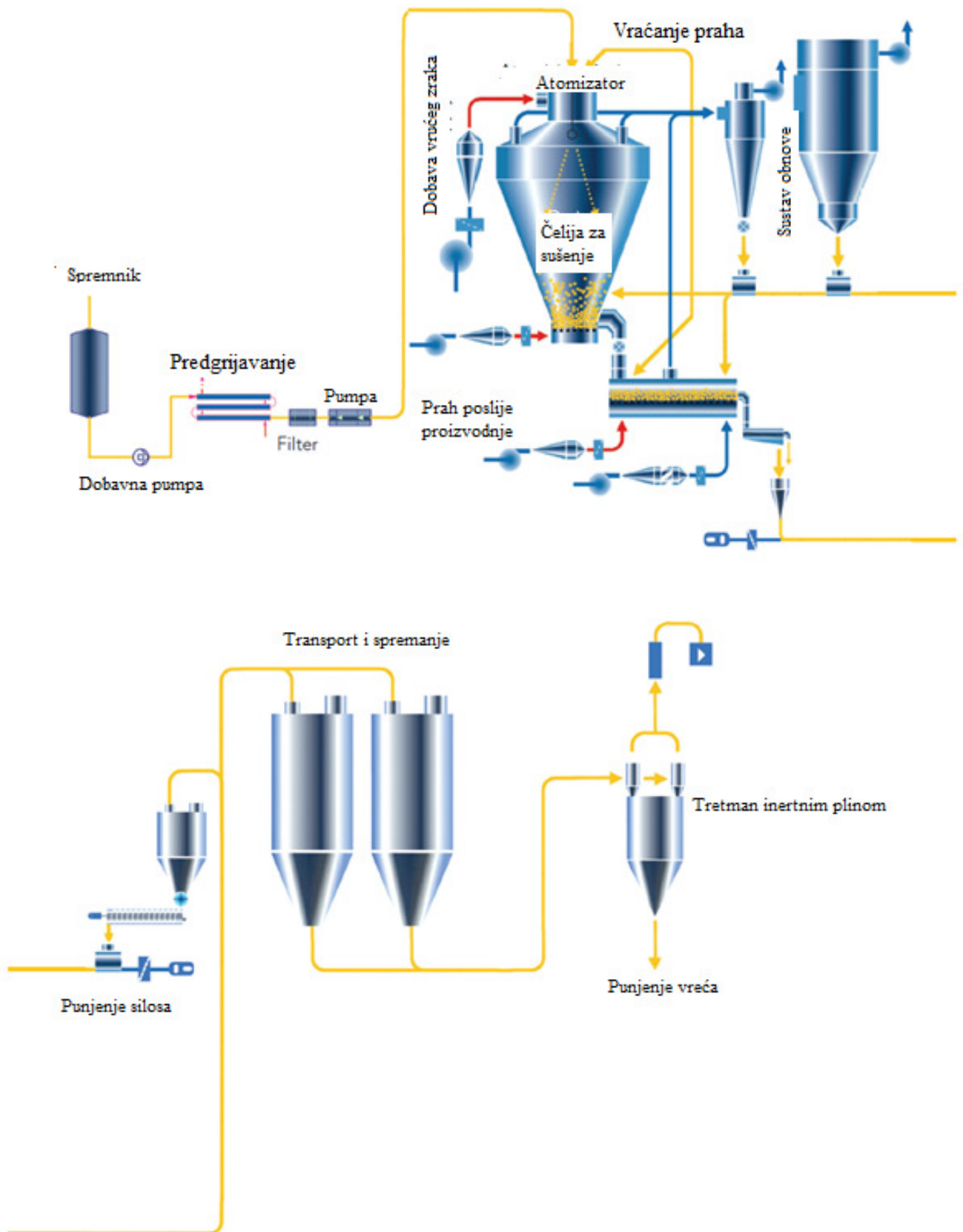
Cilj proizvodnje mlijeka u prahu je da se ono nakon rekonstitucije ne razlikuje, ili da se razlikuje što manje, od polazne sirovine. Tehnološki proces proizvodnje mlijeka u prahu odvija se u slijedećim fazama:

- prijam mlijeka
- pročišćavanje, hlađenje i skladištenje
- standardizacija masti
- toplinska obrada
- homogenizacija
- uparavanje
- sušenje
- pakiranje

Najvažnije faze proizvodnje mlijeka u prahu su uparavanje i sušenje. Proces proizvodnje mlijeka u prahu razlikuje se po nekim detaljima ovisno suši li se obrano ili punomasno mlijeko.

**Tablica 1.** Proizvodnja mlijeka u prahu (Carić, 1990.).

|   |   |
|---|---|
| PUNOMASNO MLIJEKO<br>Standardizacija masti / st bm<br>1:2,7             | OBRANO MLIJEKO<br>separacija masti<br>0,05-0,1 %                        |
| TOPLINSKA OBRADA<br>88-90 °C/3-5'<br>110-130 °C/ 15-30"                 | TOPLINSKA OBRADA<br>72 °C/15-20"<br>85-88 °C/15-30' – prah za pekarstvo |
| HOMOGENIZACIJA<br>(nije obavezna)<br>Smanjuje udjel slobodne masti      |   |
| UPARAVANJE<br>30-35% s.t. (na valjcima)<br>40-50 % s.t. (raspršivanjem) | UPARAVANJE<br>18% s.t. (na valjcima)<br>40-48 % s.t. (raspršivanjem)    |
| SUŠENJE   | SUŠENJE   |
| PAKIRANJE I SKLADIŠTENJE (20 °C)  |   |



**Slika 1.** Prikaz kompletnog procesa proizvodnje mlijeka u prahu (Pisecky, 2012).

### 2.1.1. Prijem mlijeka

Kod prijema mlijeka treba voditi računa o kemijskoj, organoleptičkoj i bakteriološkoj kvaliteti mlijeka od kojeg će se proizvesti mlijeko u prahu. Kiselost mlijeka ne smije biti viša od prirodne (pH 6,5-5,7) kako bi se onemogućilo zgrušavanje mlijeka tijekom toplinske obrade. Važna je i bakteriološka kvaliteta mlijeka, jer veći broj mikroorganizama u mlijeku isto tako utječe na topljivost praha i olakšava oksidaciju mliječne masti tijekom skladištenja. (Tratnik , Božanić, 2012).

### 2.1.2. Pročišćavanje, hlađenje i skladištenje

Mlijeko se čisti radi uklanjanja leukocita, bakterija, stanica vimena, prašine, slame. Za pročišćavanje mlijeka koristi se postupak centrifugiranja ili postupak filtriranja. Kako bi se spriječilo kvarenje mlijeka, odnosno porast broja mikroorganizama, hlađenje mlijeka je obavezno. Mlijeko se hladni preko pločastih kontinuiranih izmjenjivača topline do temperature 4 °C i skladišti u tankovima pri istoj temperaturi (Mandarić, 2016).

### 2.1.3. Standardizacija masti

U mlijeku treba standardizirati udjel mliječne masti kako bi i mliječni prah sadržavao točno određen udjel mliječne masti. Mlijeko u prahu kategorizira se prema masenom udjelu mliječne masti u četiri kategorije:

- ekstra masno : mliječna mast  $\geq 42\%$
- punomasno:  $26\% \leq$  mliječne mast  $\leq 42\%$
- djelomice obrano:  $1,5\% <$  mliječna mast  $< 26\%$
- obrano: mliječne masti  $\geq 1,5\%$

Kod punomasnog mlijeka namješta se omjer bezmasne suhe tvari i mliječne masti. Kod standardizacije obranog mlijeka, mlijeko se obire na 0,05-0,1% masti (Tratnik i Božanić, 2012.). Standardizacija se odvija 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.

#### 2.1.4. Toplinska obrada

Toplinska obrada prije sušenja je neophodni proces radi uništavanja svih patogenih i saprofitnih mikroorganizama, poboljšanja tehnoloških svojstava i koncentriranja suhe tvari mlijeka. Za sprječavanje kontaminacije dovoljna je pasterizacija koja je neophodna i radi inaktivacije enzima. Pasterizacija na 72 °C tijekom 15 sekundi je dovoljna za rješavanje sigurnosnih zahtjeva vezanih uz obradu sirovog mlijeka, ipak, više temperature i duže držanje može biti potrebno za ispunjenje zahtjeva koji se odnose na specifična kvarenja hrane. Točna temperatura i vrijeme držanja ovisi o proizvodu i namjeni upotrebe.

Punomasno mlijeko pasterizira se pri visokim temperaturama kroz kraće vrijeme, jer su tada manje izražene negativne promjene kvalitete. Visoke temperature se koriste kako kako bi došlo do inaktivacije lipaza te do aktivacije –SH grupe i B-laktoglobulina što povećava otpornost prema oksidativnim promjenama tijekom skladištenja. Uglavnom se koristi režim pasterizacije 88-90 °C kroz 3-5 minuta. Peroksidaza test takvog mlijeka mora biti negativan. Jači režim toplinske se ne primjenjuje, jer može izazvati nepoželjne organoleptičke promjene. Obrano mlijeko se pasterizira na nižim temperaturama kako bi se onemogućila denaturacija proteina sirutke. Fosfataza test takvog mlijeka mora biti negativan. Kod proizvodnje obranog mlijeka za pekarstvo pasterizacija se provodi pri visokim temperaturama dulje vrijeme (88 °C /15 min) kako bi došlo do denaturacije proteina sirutke, a posljedica je bolje vezanje vode i bolja konzistencija kruha (Tratnik i Božanić 2012).

#### 2.1.5. Homogenizacija

Cilj homogenizacije je povećanje stabilnosti emulzije mliječne masti, odnosno sprječavanje izdvajanja masti na površinu stajanjem mlijeka. Dakle, njome se usitnjavaju i izjednačuju globule mliječne masti u mlijeku pod utjecajem visokog tlaka. Homogenizacija nije obavezna operacija u proizvodnji mlijeka u prahu, ali se koristi sve više. Homogenizacija mlijeka se odvija na temperaturi iznad tališta mliječne masti i pri visokom tlaku od 180 do 200 bara. Učinak homogenizacije na fizička svojstva mlijeka ima puno prednosti: bijela i prirodna boja, smanjena osjetljivost na oksidaciju masti, puniji i bolji okus, bolja stabilnost mliječnih proizvoda.

### 2.1.6. Uparavanje

Prva industrijska metoda, koja je i danas najzastupljenija je koncentriranje odnosno ugušćivanje prehrambenih proizvoda, pa i mlijeka, jest uparavanje u vakuum uparivačima. Uparavanje (evaporacija) je proces isparavanja vode iz otopine djelovanjem topline. Uparavanje mlijeka prije sušenja je obvezno zbog više razloga: trajanje procesa je kraće, ekonomičnost sušenja je veća, manje je inkorporiranog zraka u česticama praha, same čestice praha su veće, a njihova održivost bolja. Postoje pločasti i višestupanjski uparivači. Pločasti ili cijevni uparivači ili izmjenjivači topline uparavaju neizravno pomoću pare u djelomičnom vakuumu. 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%. U mljekarstvu se najčešće koriste dvostupanjski ili trostupanjski vakum uparivači.

Osim višestupanjskim uparnim stanicama ušteda energije može se postići i uporabom termokompresora, gdje se otparena faza može komprimirati na veći tlak te iskoristiti kao medij za grijanje.

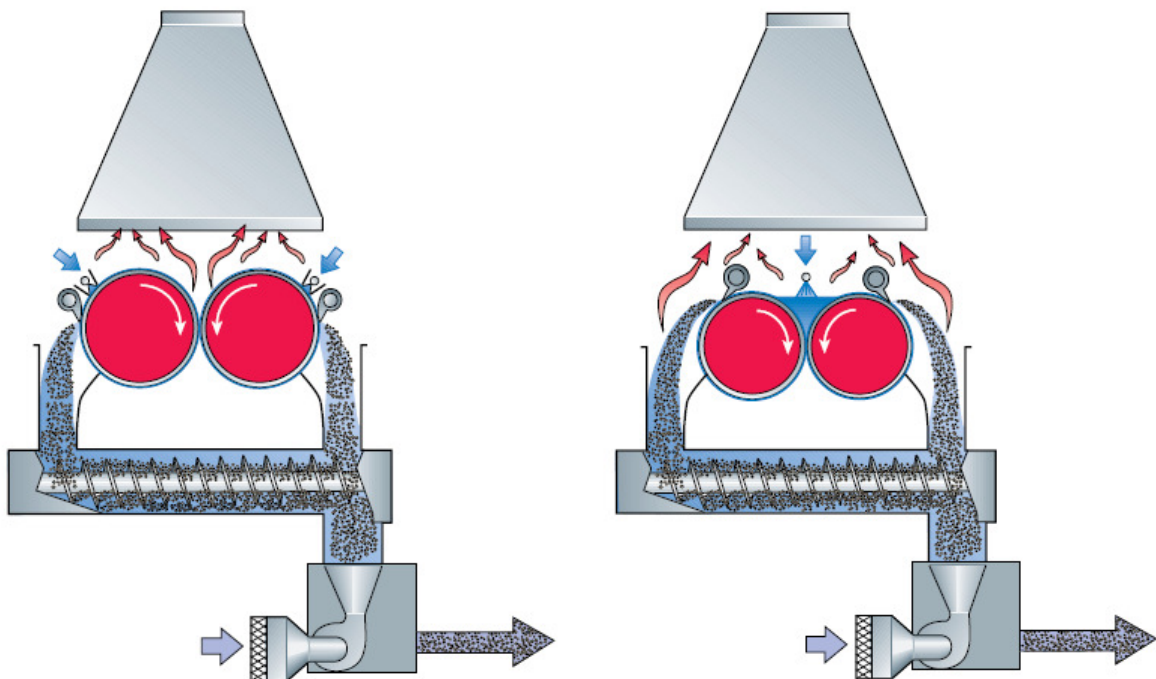
### 2.1.7. Sušenje mlijeka u prahu

Proces sušenja ima najznačajniji utjecaj na sastojke mlijeka u prahu. Bez obzira na postupak sušenja, bitno je ukloniti vodu iz mliječnog koncentrata dovoljno brzo i pri što nižoj mogućoj temperaturi kako bi se minimizirao utjecaj toplinskog oštećenja na mlijeko (Fox, 2006).

Mlijeko se može sušiti na različite načine, ali u industriji, najčešći su načini sušenje na valjcima i sušenje raspršivanjem. 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 mlijeka bi na valjcima uzorkovao stvaranje debelog sloja što bi otežalo sušenje i izazvalo ireverzibilne promjene laktoze, masti i proteina. Kod sušenja raspršivanjem pri većoj koncentraciji ugušćenog mlijeka, prevelika bi viskoznost otežala disperziju mlijeka.

## Sušenje valjcima

Ovdje se događa direktan kontakt nanešenog filma mlijeka sa toplom površinom rotirajućih valjaka (dva valjka). Temperatura pare za zagrijavanje je 130-150 °C, a valjci se okreću jedan prema drugome. 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 pužni transporter (uz svaki valjak nalazi se po jedan), gdje se usitnjava i transportira elevatorom do mlina čekičara na mlijevenje. Prah se zatim prosijava kroz sustav sita u cilju klasiranja po veličini čestica. Direktni kontakt nanjetog filma s vrućom površinom s rotirajućih valjaka može uzrokovati ireverzibilne promjene sastojaka mlijeka kao što su Maillardove reakcije, denaturacija proteina, karamelizacija laktoze pa je i topivost praha slabija. Zato je kod ovakvog načina sušenja oprema puno jeftinija, proizvodnja puno ekonomičnija, zauzima manje prostora i laganije je rukovanje proizvodnjom. Ovaj način sušenja najčešće se primjenjuje samo za proizvodnju obranog mlijeka u prahu ili mlijeka u prahu namijenjenog drugim industrijama (konditorska, stočna hrana) zbog slabe topivosti proizvoda.



**Slika 2.** Sušenje na valjcima (Bylund, 1995).



## *Sušenje raspršivanjem*

Sušenje raspršivanjem odvija se u komorama s toplim zrakom temperature 180-200 °C ili s pregrijanom parom u trajanju oko 1 sekunde. Prije samog upuhivanja u komoru za sušenje zrak se mora profiltrirati kako bi se uklonile nečistoće. Pri sušenju raspršivanjem definirane su četiri faze: raspršivanje (atomizacija) ugušćenog mlijeka u sprej (maglu kapljica), kontakt spreja i zraka, sušenje spreja, odvajanje osušenog mlijeka od zraka. Mlijeko se dovodi pod visokim tlakom ili se ubacuje u komoru pod utjecajem centrifugalne sile. Komore za sušenje moraju biti izolirane i hermetički zatvorene (okomiti i vodoravni tip komore). Brzo rotirajuća turbina centrifugalnog atomizera pod tlakom rasprši mlijeko u maglu kapljica čime se dobiju fine čestice, promjera 50-150  $\mu\text{m}$ . Što su kapljice manje veća je površina sušenja i intenzivniji prijenos topline od zraka prema mlijeku. Raspršivanjem 1 litre mlijeka njegova se ukupna površina poveća oko 1000 puta. U mljekarstvu se koriste dva tipa atomizera- raspršivajući i rotirajući. Rotirajući atomizeri pružaju veće mogućnosti od raspršivajućih i posjeduju neke prednosti: veću fleksibilnost izlaznih kanala diska, veće kapacitete, mogućnost rada s vrlo viskozim koncentratima, sposobnost rada se vrlo ugušćenim koncentracijama što pojeftinjuje proces.

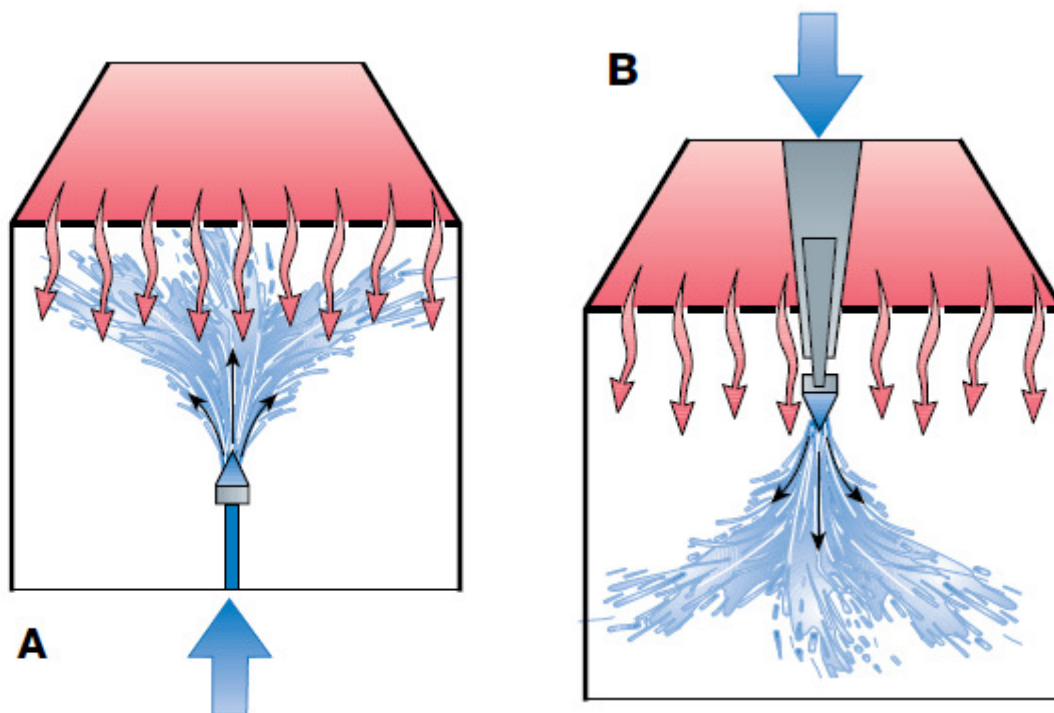
Sušenje može biti protustrujno (veća izmjena topline) ili istostrujno (paralelno-bolja kvaliteta praha). Parametri raspršivanja utječu na nasipnu masu osušenog praha, raspodjelu i veličinu čestica praha, količinu uklopljenog zraka i vlažnost praha.

Odvajanje suhog proizvoda mora biti odmah po završenom sušenju. Odvajanje praha od zraka obavlja se u ciklonima primjenom centrifugalne sile uz hlađenje praha. Zrak velikom brzinom ulazi u ciklon kroz cijev malog promjera, brzina zraka naglo se smanji i prah pada na dno uslijed sile teže i hladi se.

Brzo sušenje i niska temperatura praška tijekom raspršivanja rezultira kvalitetnim proizvodom, koji je sličan proizvodu dobivenom liofilizacijom (npr. lijekovi, starteri i drugi bioaktivni materijali). Sušenje raspršivanjem zahtjeva puno veća investicijska ulaganja zbog skupih uređaja koji zauzimaju puno prostora i veći je utrošak toplinske energije. Proizvod dodiruje stjenke komore za sušenje tek u suhom stanju, što omogućuje bolje higijenske uvjete i lakše održavanje uređaja (Woo i sur., 2010).

Osim udjela mliječne masti, mlijeko u prahu proizvedeno sušenjem raspršivanjem razlikuje se od istog sušenog na valjcima i po drugim fizikalnim parametrima, kao što su veličina čestica i prisutnost vakuola zraka (Keogh i sur., 2004).

Prisutnost vakuola u mlijeku u prahu sušenog raspršivanjem povećava omjer volumena prema masi i rezultira boljom topljivošću praha (Dodson i sur., 1984).



**Slika 3.** Dva tipa spremnika za raspršivanje (Bylund,1995).

#### 2.1.8. Instantizacija

Proces instantizacije mlijeka u prahu je relativno noviji proces pri kojemu je poboljšana brzina i rekonstitucija praha. Instantizacijom se mijenja sposobnost čestica praha da primi vodu na svoju površinu, brzina penetracije praha kroz površinski sloj vode, sposobnost praha da se rasprši bez aglomeracije i sposobnost brzog rastvaranja čestica praha. Aglomeracija uzorkuje povećanje količine inkorporiranog zraka između čestica praha koji se za vrijeme rekonstitucije zamjenjuje vodom. Na taj način veća količina vode dolazi u kontakt s česticama praha.

Novi prah više ne stvara grudice prilikom miješanja s vodom. Pretpostavlja se da je uzrok ovoj pojavi bržeg otapanja „instant“ mlijeka u prahu peptizacija bjelančevina, omjer koaguliranih topljivih protida i volumen uključenog praha. „Instatizirati“ se može samo izvrsno obrano mlijeko u prahu, koje nije stajalo u skladištu više od 60 dana, a ne sadrži više od 3% vode i odlikuje se odličnom topljivošću (Miletić,1994).

Insantizacija mlijeka u prahu može se izvesti u jednom ili dva stupnja. U jednom stupnju se instatizacija provodi tijekom sušenja, a u dva stupnja nakon sušenja.

Za instantizaciju se koristi 10%-tna otopina obranog mlijeka dok se za punomasno mlijeko koristi otopina lecitina.

Instantizacija u jednom stupnju je proces kod kojeg se aglomeracija odvija za vrijeme sušenja i odmah što su čestice praha formirane. Prah koji odlazi iz komore za sušenje ima veću količinu vlage (zbog niske izlazne temperature) i sadrži aglomerirane čestice. Te aglomerirane čestice praha posuše se na 2-4% vode kroz dvije vibracijske sušnice pri čemu poraste nasipna masa praha. Neaglomerirane se čestice vraćaju preko sistema ciklona u komoru za raspršivanje i povezuju s već aglomeriranim česticama čime se povećava ekonomičnost.

Kod instantizacije u dva stupnja prvu fazu predstavlja vlaženje površine čestice praha vodom ili parom pri čemu se prah raspršuje u komori u sitne kapi vode ili neku drugu otopinu do udjela vode 10-15%. Drugu fazu čine aglomeracija čestica (kondenzacijom pare na površini čestice praha tijekom njihovog turbulentnog kretanja i sudaranja nastaju aglomerati). Aglomerirani mliječni proizvodi se prebacuje u vibracionu sušaru gdje se toplim zrakom temperature 90-140 °C suši na 2-4% vlage, a nakon toga slijedi hlađenje instant praha te klasiranje gdje se vrlo sitne, odnosno vrlo krupne čestice praha vraćaju na početak procesa kako bi sve čestice bile podjednake veličine. Zatim slijedi zadnja faza pakiranje praha.

## **2.2. Pakiranje i čuvanje mlijeka u prahu**

Iako je mlijeko u prahu proizvod koji se u odnosu na svježe mlijeko može čuvati duže vrijeme, njegova je trajnost ograničena. U toku čuvanja dolazi do promjena pojedinih komponenata mlijeka u prahu, a o intenzitetu tih promjena zavisi i dužina trajanja ovog produkta.

Mlijeko u prahu može se pakirati u struji inertnog plina (najčešće dušika) ili u djelomičnom vakuumu uz što manju relativnu vlažnost okoline, kako bi zaštitili proizvod od oksidacije i kako bi se održao njegov okus i kakvoća. Mlijeko u prahu za kućanstva i za male potrošače pakira se u limenke, laminirane vrećice, plastične vrećice ili u kartonske kutije. Za veleprodaju mlijeko u prahu se puni u dvoslojne plastične vreće, pri čemu unutarnji sloj čini vosak ili neki polimerni materijal. Pakiranje mora spriječiti ulazak za vlagu, kisik, svjetlo i toplinu kako bi održali svoju kvalitetu i trajnost što duže. Vrećice se općenito sastoje od nekoliko slojeva kako bi ispunile svojstva za stvaranje sigurnosne barijere. Isporuka mlijeka u prahu ne bi smjeli trpjeti produljeno izlaganje izravnom suncu osobito u tropskim zemljama. Nekoliko sati na povišenoj temperature (> 40 °C) pri pretovaru može negirati mnoge tjedna pomnog čuvanja.

Mlijeko u prahu lako prihvaća vlagu iz zraka, što dovodi do brzog gubitka kvalitete i stvrdnjavanja. Masnoća u mlijeku u prahu može reagirati s kisikom iz zraka kako bi se dobio gorak okus, pogotovo na višim temperaturama skladištenja ( $> 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) tipičnim za tropska mjesta. Rok trajanja punomasnog mlijeka kraći je u odnosu na obrano mlijeko, zbog veće sklonosti oksidacije masti.

Ako nisu zadovoljeni zahtijevani uvjeti za skladištenje mlijeka u prahu može doći do povećanja udjela vode u prahu i smanjenja pH-vrijednosti, zatim do povećanja neproteinskog udjela dušika i smanjenje otpornosti proteina na toplinu te do gubitka udjela vitamina. Na temperaturi  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  i pri relativnoj vlažnosti zraka 75% maksimalni rok trajanja obranog mlijeka u prahu je četiri godine, dok je punomasno mlijeko u prahu (pakirano u struji inertnog plina) rok trajanja u rasponu od 1-3godine (Tratnik i Božanić 2012.).

### **2.3. Kvaliteta mlijeka u prahu**

Mlijeko u prahu na tržištu mora ispunjavati sljedeće uvjete: da je bijele boje sa žučkastom nijansom, da je svojstvena mirisa i okusa, da je konzistencije sitnog praha, da sadrži najmanje 25% mliječne masti u suhoj tvari, da sadrži najviše 4% vode i da mu rastvorljivost poslije rekonstituiranja nije manja od 95% za mlijeko u prahu dobiveno raspršivanjem ili najmanja 89% mlijeka u prahu dobiveno na valjcima.

Svojstva mlijeka u prahu kategorizirana su kao fizikalna, biokemijska, mikrobiološka, senzorska i funkcionalna, a njihove interakcije daju ukupnu kvalitetu praha. Za mlijeko u prahu važno je da nema priokusa, te da se lako hidratizira, otapa i raspršuje u vodi.

Parametri koji opisuju kvalitetu mlijeka u prahu su:

- struktura praha,
- topljivost,
- udio vode,
- udio zagorjelih čestica,
- oksidativne promjene masti,
- okus i boja praha,
- mikrobiološka kvaliteta praha.

Brojni testovi su razvijeni za daljnju karakterizaciju mlijeka u prahu. Oni se mogu koristiti kao mjera kontrole ili vodič za ocjenu kvalitete mlijeka u prahu.

**Tablica 2.** Sastav obranog i punomasnog mlijeka u prahu (Carić, 1990.).

|                 | Punomasno mlijeko  | Obrano mlijeko  |
|-----------------|--------------------|-----------------|
| Voda            | 3,5%               | 4,3%            |
| Proteini        | 25,2%              | 35,0%           |
| Masti           | 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 |

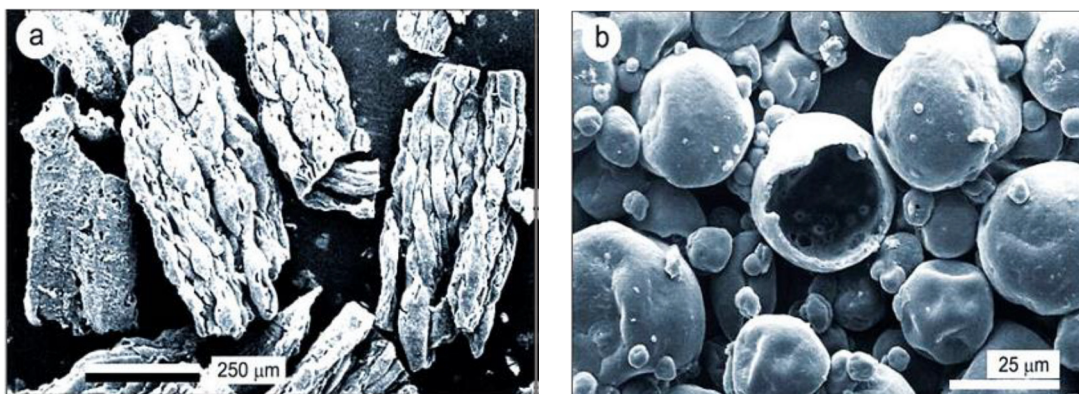
Punomasno mlijeko u prahu uglavnom se sastoji od proteina sirutke (gotovo 4%), kazeina (gotovo 20%), mliječne masti (gotovo 26%) i laktoze (gotovo 38%). Obrano mlijeko u prahu nastaje kao posljedica uklanjanja mliječne masti i vode iz mlijeka. Ona sadrži najviše 1,5% mliječne masti i maksimalni sadržaj vlage od 5%. (Clark, 1992.). Punomasno mlijeko u prahu ima manje laktoze od obranog.

Hranjiva vrijednost mlijeka u prahu je slična pasteriziranom mlijeku. Ovo se prvenstveno odnosi na mlijeko dobiveno sušenjem raspršivanjem, jer se pri sušenju mlijeka na valjcima neki sastojci više oštećuju negu u pasteriziranom mlijeku. Mast i laktoza u mlijeku u prahu ostaju nepromjenjeno kod oba načina sušenja. Pri sušenju na valjcima dolazi do smanjenja proteinske vrijednosti mlijeka uslijed denaturacije nekih amino kiselina. Sušenje mlijeka ne utječe na vitamine A i D. Od vitmine B kompleksa riboflavin, pantotenska i nikotinska kiselina ostaju nepromjenjene, a ima podataka da se i vitamin B6 ne oštećuje. Vitamin B1 se pri sušenju raspršivanjem gubi samo oko 10 %, a vitamin C oko 20% dok se pri sušenju na valjcima sadržaj oba vitamina smanjuje do 30 %. Vitamin B12 se gubi za oko 30%. Na hranjivu vrijednost mlijeka u prahu nepovoljno utječe visoka temperatura čuvanja. Prije svega u takvim uvjetima dolazi do oksidacije masti što smanjuje hranjivu vrijednost mlijeka u prahu i utječe na pojavu mana okusa i mirisa. Ova pojava se može spriječiti povećanjem temperature predgrijavanja mlijeka, dodavanjem antioksidansa i pakiranje inertnim plinom. Smanjenje hranjive vrijednosti mlijeka u prahu pri nepovoljnim uvjetima čuvanja (povećanje vlage) nastaje i zbog reakcije laktoze sa bjelančevinama pri čemu se javlja smeđa boja. U toj reakciji mlijeko gubi lizin (Miletić, 1994.).

### 2.3.1. Struktura mlijeka u prahu

Struktura mliječnog praha prije svega ovisi o načinu sušenja. Prah dobiven na valjcima u obliku je ljuskica bez uklopljenog zraka, a veličina ovisi o debljini filma na valjcima (Tratnik i Božanić, 2012). Mlijeko u prahu proizvedeno sušenjem na valjcima pod mikroskopom djeluje kao skup pločica nepravilnog oblika i nejednake veličine. Pločice nemaju unutarnje atmosfere, mliječna mast se u prahu nalazi u obliku slobodne masti. Struktura kuglice mliječne masti je oštećena, a laktoza je kristalizirana (Miletić, 1994.).

Prah dobiven raspršivanjem ima okrugle, glatke čestice čija veličina ovisi o koncentraciji mlijeka kod ulaska u komoru te načinu i uvjetima raspršivanja (Tratnik i Božanić, 2012). Čestice mlijeka u prahu proizvedenog raspršivanjem pod mikroskopom su sferičnog oblika i svaka uključuje mjehurić zraka. Na „internu atmosferu“ čestice mlijeka u prahu nadovezuju se „vanjska atmosfera“ zraka koja okružuje česticu. Unutarnja i vanjska atmosfera čestica mlijeka u prahu razlogom su komplikacija tijekom skladištenja jer zrak iz unutrašnjosti čestice polagano difundira u inertnom plinu koji se koristio prilikom punjenja recipijenata u kojima se prah transportira i skladišti. Laktoza u čestici praha je amorfne oblika, a mliječna mast u obliku kuglice (Miletić, 1994.). Promjer čestica praha je od 10 do 250 $\mu$ m. Ovakve čestice imaju inkomponirani zrak, bilo kao veliku centralnu vakuolu, ili kao manje vakuole zraka unutar čestice praha. 100 grama mlijeka u prahu u prosjeku sadrži 10-30 ml zraka (Tratnik i Božanić, 2012).



**Slika 4.** Mliječni prah proizveden sušenjem a) na valjcima,;b) raspršivanjem (Carić 1994).

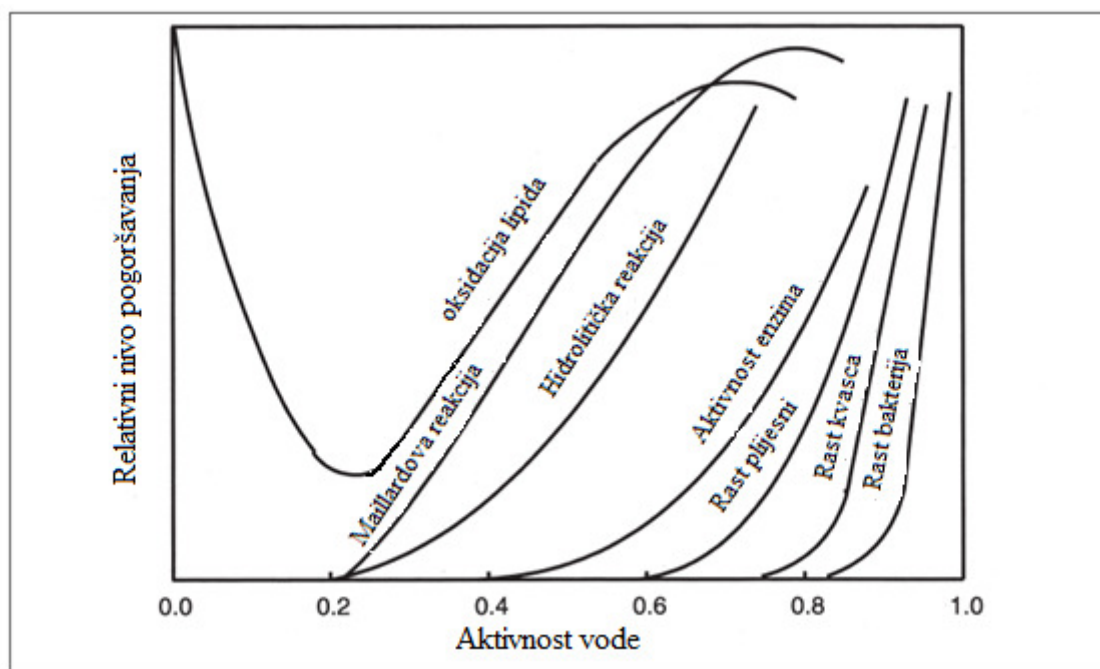
### 2.3.2. Topljivost

Određena je pravilnikom i ne smije biti manja od 95% (dobiven na valjcima), odnosno 99% (dobiven raspršivanjem). Loše otapanje mlijeka u prahu prilikom rekonstitucije predstavlja veliku manu, a uzrok tomu je denaturacija proteina tijekom sušenja. Postoje niz čimbenika koji doprinose formiranju netopivog mlijeka u prahu. Najkritičniji faktor je temperatura čestice tijekom sušenja kada je sadržaj vlage između 10 i 30%. Ostali faktori koji doprinose netopljivosti uključuju toplinsku obradu mlijeka tijekom proizvodnje, gdje će veće temperature češće dovesti do netopivosti. Ova pojava je intenzivnija tijekom sušenja na valjcima (kod sušenja raspršivanjem znatno slabija), osobito ako se ono provodi u atmosferskim uvjetima. Tijekom sušenja raspršivanjem važno je da posljednja faza sušenja bude što kraća (kada je koncentracija suhe tvari visoka), u protivnom duže sušenje uzorkuje denaturaciju proteina, a time i slabiju topivost praha. Slijedeći jako kritični čimbenik koji utječe na topivost je temperatura pri kojoj se mlijeko u prahu miješa. Topljivost je obično najviša između 40 i 60 °C, osobito ako se mlijeko u prahu koristi za posebne proizvode (Ramesh i Chandan, 2008.).

Važno je da proteini dobiju normalno stanje hidratacije, koje traje manje od 20 minuta na 40-50 °C. U pravilu svježije i kvalitetno mlijeko u prahu traži kraće vrijeme hidratacije. Nedovoljno vrijeme hidratacije može dovesti do grešaka u konačnom proizvodu (Pisecky, 2012.).

### 2.3.3. Voda

Mlijeko u prahu ne smije sadržavati više od 5%, odnosno 4% vode ako je mlijeko sušeno raspršivanjem. Veći sadržaj vode u mlijeku u prahu predstavlja veću mikrobiološku opasnost za proizvod i ubrzava nepoželjne kemijske reakcije (Maillardovu reakciju). Do većeg udjela vode u mlijeku u prahu može doći tijekom vođenja procesa sušenja ili naknadno tijekom skladištenja. Na veći udio vode u gotovom proizvodu tijekom procesa sušenja može utjecati preveliki protok ulaznog mlijeka ili niska izlazna temperatura zraka. Kod mlijeka u prahu opasnost od mikrobiloškog kvarenja svedena je na minimum. Razlog je u vrlo maloj količini vode te malom aktivitetu vode (0,20).



**Slika 5.** Utjecaj aktiviteta vode na pogoršavanje mlijeka u prahu (Pisecky, 2012).

Aktivitet vode je mjera za dostupnost vode mikroorganizama u hrani. Izražava se ako indeks na skali od 1.00 do 0.00, gdje 1,00 predstavlja aktivitet čiste vode pri 0 °C, a 0,00 aktivitet vode kod potpuno dehidrirane hrane. Rast većine bakterija i kvasaca inhibiran je pri aktivitetu vode od 0,85. Sve bakterije predstavljaju rast pri aktivitetu vode od 0,75, a svi kvasci i pljesni prestaju rasti pri aktivitetu vode od 0,65 (Tratnik i Božanić 2012).

Voda je jedna od sirovina za otapanje mlijeka u prahu. Ona mora biti dobre kvalitete, bez štetnih mikroorganizama i do prihvatljivo niske tvrdoće izražene kao kalcij karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), tj <100 mg/l što odgovara do oko 5 dH. Previše bakra ili željeza u vodi može izazvati loš okus zbog oksidacije masnoća. Najveće dopuštene količine su : Cu (bakar) – 0,05 mg/l, Fe (željezo) – 0,1 mg/l (Ramesh i Chandan,2008).

#### 2.3.4. Sipkost

Mlijeko u prahu mora biti sipko. Sipkost je svojstvo praha da slobodno teče bez grudanja, kao pijesak. Posljedica grudanja praha je stanje laktoze koja se nije iskristalizirala tijekom sušenja, nego se nalazi u amorfnom stanju. Amorfnu oblik je vrlo hidroskopan, dok kristalni oblik laktoze je vrlo stabilan na vlagu. U uvjetima nehermetičkog pakiranja mlijeka u prahu amorfna laktoza veže vodu iz zraka i prelazi u kristalni oblik, što dovodi do smanjenja sipkosti praha i grudanja mlijeka.



Ovo svojstvo praha moguće je poboljšati dodatkom raznih aditiva kao što su silicijev oksid, određeni silikati, kalcij fosfat, modificirani škrobovi i drugo. Takvi aditivi pokrivaju površinu čestice te smanjuju adheziju između čestica i mogućnost grudanja praha. Punomasna mlijeka u prahu apsorbiraju malo vlage iz zraka, zbog visoke koncentracije masnoće na površini čestice praha, pa vlaga značajno ne utječe na kohezivnost praha. Znatniji utjecaj vlažnosti na kohezivnost praha javlja se kod obranih mlijeka u prahu (Tratnik i Božanić, 2012.).

#### 2.3.5. Oksidativne promjene

Brojni sastojci hrane kemijski reagiraju sa kisikom, koji utječu na boju, okus, stabilnost, a ponekad i na fizičke karakteristike hrane. U nekim slučajevima kisik može utjecati i na smanjenje roka trajanosti, dok kod nekih utječe i na poboljšanje karakteristika hrane. (Tehrany i Sonneveld, 2010). Oksidacija mlijeka u prahu pretežno je povezana sa nezasićenim mastima prisutnim u mliječnoj masti. Oksidacija nezasićenih masti rezultira aldehide i ketone, koji se nakon toga pretvore u alkohole (Nursten, 1997).

Tijekom skladištenja mlijeka u prahu moguće su oksidativne promjene mliječne masti zbog velikog sadržaja nezasićenih masnih kiselina. Oksidacija mliječne masti zbiva se u prisutnosti kisika, a katalizirana je ionima metala (najčešće Fe, Cu) i svjetlom. Mlijeko u prahu sadrži visok postotak masti, naročito nezasićene masti, osjetljive na osjetilni efekt, kolektivno nazvana oksidativna užeglost, te promjene u okusu. Zasićene masne kiseline okidiraju sporo u usporedbi sa nezasićenim masnim kiselinama (Brown i Williams, 2003). Općenito, što je veći stupanj nezasićenosti veća je mogućnost oksidacije masti.

Tijekom oksidacije generiraju se slobodni radikali, pri čemu su kisik i nezasićeni lipidi primarni supstrati ovih reakcija. Ova se mana mlijeka u prahu može spriječiti niskim koncentracijama kisika u pakiranju. Smatra se da je proizvod dobar ako ne sadržava više od 0,01mL/g kisika. Oksidativne promjene mlijeka u prahu se sprječavaju pakiranjem u vakuumu ili inertnom plinu.

Osim oksidacije masti, atmosferski kisik i svjetlost su primarni čimbenici koji utječu na stabilnost vitamina A i D. Ovi čimbenici u kombinaciji sa atmosferskim čimbenicima kao što su temperatura i vlaga utječu na stou smanjenja sadržaja vitamina (Ottaway, 1993).

Svježje mlijeko sadržava male količine prirodnih antioksidansa kao što je L-tokoferol (13-30 mg/g mliječne masti). Međutim taj se sastojak tijekom prerade i skladištenja proizvoda gubi, tako da skladištenje mlijeka u prahu zahtijeva dodatak egzogenih antioksidansa. Stoga se punomasnom mlijeku u prahu, kako bi se spriječili procesi oksidacije, mogu dodati sintetski

antioksidansi kao što su butilirani hidroksitoluen, butilirani hidroksianisol, propil galat, L-tokoferol i askorbinska kiselina (Tratnik i Božanić, 2012).

#### 2.3.6. Okus i boja

Mlijeko u prahu ima okus kuhanog vina, koji dobiva tijekom toplinske obrade uslijed oslobađanja SH-grupa. U netretiranom mlijeku SH-grupe cistina iz proteina sirutke, prije svega B-laktoglobulina (gdje ih je najviše), nisu aktivne. Tijekom toplinske obrade dolazi do odmotavanja proteina i denaturacije, pri čemu se SH-grupe aktiviraju i oslobađaju sumporovodik. Ako se sušenjem mlijeka u prahu pri višim temperaturama, denaturiranjem proteina povećava mliječni prah, u mlijeku u prahu se dobiva izraženiji okus kuhanog vina što je slučaj kod mlijeka sušenog na valjcima.

Promjene boje mlijeka u prahu moguće su uslijed Maillardovih reakcija. Reakcija se odvija između nukleofilne amino-grupe aminokiselina (uglavnom lizina) i elektrofilne grupe reducirajućih šećera (laktoze), pri čemu nastaju hidroksimetilfurfural (odgovoran za trpki okus) i melanin (smeđi pigment). Maillardove reakcije nastaju pri visokim temperaturama i dužem stajanju mliječnog praha, a ubrzava je povišenje vlage u prahu. Promjena boje mlijeka u prahu može biti i posljedica većeg udjela zagorjelih čestica, a njihov udjel utječe na boju praha (od svijetlosmeđe do crne boje). Do zagorijevanja čestica može doći uslijed previsoke temperature tijekom procesa sušenja, odnosno neodgovarajućih parametara sušenja. Kod sušenja na valjcima te su pojave češće, dok se pri sušenju raspršivanjem javljaju tek sporadično.

#### 2.3.7. Mikrobiološka kvaliteta

Važani kvalitetni parametri za mlijeko u prahu su mikrobiološka kvaliteta i senzorske karakteristike, pored fizičkih i kemijskih svojstva, koja se uglavnom bave sadržajem vlage, masti, ukupnih proteina, dušikom, laktozom, titracijska kiselosti i drugih hranjivih tvari kao što su kalcij (Lund i sur., 2000.).

Niski sadržaj vode (najviše 5%) kod suhog mlijeka djeluje kao inhibitorni faktor u odnosu na bakterijske spore ili vegetativne stanice koje su preživjele proces sušenja. Mikroflora osušenog mlijeka u prahu ovisi o mnogim čimbenicima uključujući i broj i vrsta bakterija prisutnih u sirovom mlijeku, temperaturi predgrijavanja, radnim uvjetima za isparavanje, te čistoći uređaja. Visoki broj mikroorganizama u sirovom mlijeku može dovesti do visokog broja bakterija u mlijeku u prahu te se taj broj bakterija smanjuje kod toplinske obrade i oduzimanju vode iz mlijeka.

Nepravilno čišćenje i sanacija opreme za proizvodnju mogu dovesti do trovanja hranom zbog kontaminacije mikrobima (PAL i Mahendra, 2015). Mnogi mikrobi, koji uključuju bakterije (*Alkaligenese*, *Bacillus*, *Escherichia coli*, *Enterococcus*, *Hafnia*, *Micrococcus* i *Streptococcus*), i plijesni (*Aspergillus*, *Mucor* i *Penicillium*) mogu uzrokovati kvarenje sušenog mlijeka u prahu (Pali i Jadhav, 2013.).

Unatoč visokoj temperaturi postignutoj u obradi, mliječna industrija je uvijek bila svjesna mikrobioloških opasnosti povezanih s mlijekom u prahu. To može biti odgovorno za prijenos nekih bolesti na potrošače, kao što je trovanje hranom, a posebno sa *Salmonella*, *Enterococcus* i *Staphylococcus*. Ti organizmi mogu ostati aktivni u mlijeku u prahu na dulje vrijeme, te nastaviti rasti kada je prah rekonstituiran i pohranjen na povoljnoj temperaturi (Hafsu i sur., 2013). Mlijeko može biti kontaminirano preko zaraženih krava koje imaju tuberkulozu, brucelozu i mastitis te preko ljudi koji imaju tifus, difterija, dizenterija i šarlah. Potrošnja sirovog ili adekvatno pasteriziranog mlijeka također je povezana s toxin-proizvodnji *E. coli*, *Salmonella* i *Listeria monocytogens* (Ahmed i sur., 2014). *Staphylococcus aureus* može biti prisutna u vimenu krava, a time i kontaminirati mlijeko (PAL, 2001). Zbog toga svi mliječni proizvodi prije sušenja moraju biti pasterizirani, a neadekvatna pasterizacija može olakšati preživljavanje bakterija mlijeka u prahu. Obavezno je pratiti svaki korak proizvodnje, od svježeg mlijeka pa do gotovog proizvoda (Miljković, 1977).

Propisi o mikrobiološkoj kakvoći mlijeka u prahu u nekim zemljama su regulirane maksimalnom razinom za mezofilne bakterije, koliformne bakterija, *Staphylococcus* koagulaza pozitivne i *Salmonella* vrste. Pretpostavlja se da primjena HACCP-a u svakoj fazi hranidbenog lanca je bitna kako bi se provjerila kontaminacija hrane od raznih mikroorganizama. Štoviše, mikrobiološki nadzor mlijeka i mliječnih proizvoda vrlo je naglašen sa sigurnosnog gledišta na hranu.

Važan dio mikrobiološke kvalitete je i higijenski aspekt mlijeka u prahu koji se promatra kroz slijedeće korake:

- važno je napomenuti da se mora koristiti visoka mikrobiološka kakvoća sirovog mlijeka za proizvodnju mlijeka u prahu
- valjak za sušenje učinkovito uništava većinu mikroorganizama
- isparivač mora biti propisno očišćen i dezinficiran jer on može biti potencijalni izvor kontaminacije
- sobe sušenja treba održavati visoko sanitarne uvjetima kako bi se spriječilo zagađivanje praha

- filtrirani zrak treba biti dostupan za sušenje, transportere, hlađenje i otvorene procese. Dakle, ulošci filtera trebaju periodično čišćenje kako bi se uklonila nakupljena prašina.
- sve vakuum posude, cjevovode, koncentracijski tank, soba za pakiranje i spremnik moraju se temeljito očistiti i dezinficirati (PAL, 2012.).

#### **2.4. Primjena mlijeka u prahu**

Mlijeko u prahu ima veliku primjenu u prehrambenoj industriji. U mljekarskoj industriji se koriste punomasni ili obrani mliječni prah pri proizvodnji sladoleda, fermentiranih mliječnih napitaka i topljenog sira. U konditorskoj industriji pri proizvodnji čokolada gdje je obavezni sastojak, karamela, kolača, keksa, mekih bombona, premaza i slično. Mliječni se prah koristi i kao dodatak drugim specifičnim prehrambenim proizvodima kao što su gotova jela, umaci, povrće, dječja i dojenačka hrana, industriji mesa, pekarstvu (Balšćak-Cvitanović i sur., 2009).

Proizvodnjom mlijeka u prahu mogu se očuvati svi tržišni viškovi mlijeka. Njegova uporaba je posebno značajna u zemljama s nepovoljnim klimatskim uvjetima, osobito u posebnim uvjetima kao što su poplave, potresi, epidemija i rat.

Rekonstituirano mlijeko u prahu koristi se za konzum potrošača te za proizvodnju većine mliječnih proizvoda. Rekonstruirano mlijeko je tekuće mlijeko dobiveno dodatkom vode u obrano ili punomasno mlijeko u prahu. Uporaba obranog mlijeka u prahu u praksi je puno češće, jer je ono manje sklono kvarenju zbog malog udjela mliječne masti pa je njegov rok trajanja znatno duži. Osim toga, obrano se mlijeko u prahu lakše otapa u vodi tijekom rekonstitucije. (Tratnik i Božanić, 2012)

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

#### 3.1. Materijali

Za istraživanje korišteni su slijedeći materijali:

1. Mlijeko u prahu 1,5 % m.m.
2. Inkubator BK 4029, (EHRET Labor- und Pharmatechnik GmbH & Co KG, Njemačka) za čuvanje uzoraka na 30°C
3. Inkubator BT 120 (LABO-MS spol. s.r.o, Poljska) čuvanje uzoraka na 40 °C
4. Aktivna kiselost (pH) odrađena je Docu-pH+Meter (Sartorius AG, Njemačka)
5. Titracijska kiselost (°SH) odrađena je s 0,1 mol/dm<sup>3</sup> otopinom NaOH

#### 3.2. Metode rada

##### 3.2.1. Priprema i čuvanje uzorka mlijeka u prahu

Mlijeko u prahu 1,5 % m.m. (100 g) zapakirano je u vrećice izrađene iz troslojne folije, sastava PET/Al/PE. Glavni sastojak folije je aluminij koji ima odličnu barijeru prema van i sprječava utjecaj iz okoliša na sadržaj u vrećice.

Za utvrđivanje roka trajnosti i promjena tijekom čuvanja mlijeka u prahu korištena je ubrzana ASLT metoda (accelerated shelf life testing method) koja simulira uvijete čuvanja. Zapakirani uzorci mlijeka u prahu čuvali su se tijekom 90 dana, 9 uzoraka na sobnoj temperaturi (20°C), 9 uzoraka na temperaturi 30°C i 9 uzoraka na temperaturi 40°C (Singh i Cadwallader, 2004).

##### 3.2.2 Kemijske i senzorske analize mlijeka u prahu

Uzorci mlijeka u prahu analizirani su: 0., 30., 60., i 90. dan čuvanja. Tijekom čuvanja provedene su slijedeće analize: aktivna i titracijska kiselost, udio suhe tvari, te ocjena senzorskih svojstava.

##### *Određivanje pH – vrijednosti mlijeka u prahu*

Aktivna kiselost određena je potenciometrijski pH-metrom (Božanić i sur., 2010).

### *Određivanje titracijske kiselosti mlijeka u prahu*

Titracijska kiselost određivana je metodom po Soxhlet – Henkelu (Carić i sur., 2000). Odvagane se 10 g mlijeka u prahu i dispergira u 100 mL destilirane vode. Uzorak se ostavi 1 sat na sobnoj temperaturi i pažljivo izmiješa. Odmjeri se 17,6 mL rekonstituiranog mlijeka i doda 0,5 mL fenolftaleina te titrira 0,1 mol/dm<sup>3</sup> NaOH do pojave blago ružičaste boje koja se zadržava 30 s. Iz utroška NaOH izračunata je % mliječne kiseline (MK) prema formuli:

$$MK = \frac{V}{20} (\%)$$

V = utrošak 0,1 mol/dm<sup>3</sup> NaOH;

Titracijska kiselost se izračuna prema formuli:

$$^{\circ}\text{SH} = \text{MK} \times 0,0225$$

### *Direktno određivanje udjela suhe tvari mlijeka u prahu*

Odvagane se 1 g mlijeka uzorka mlijeka u prahu u Al – posudicu. Posudica, s poklopcem pored nje stavi se u sušionik na temperaturu 102°C ± 2°C, barem 30 min. Posudica se zatvori poklopcem i prenese u eksikator da se hladi 30 min na sobnu temperaturu te vagne s točnošću od 0,1 mg. Postupak sušenja se ponavlja dok se razlika u masi između dva uzastopna mjerenja ne prelazi 0,5 mg. Zabilježi se najniža masa. Udio suhe tvari odredi se prema formuli (Carić i sur., 2000):

$$\% \text{ suhe tvari} = \frac{\text{zadnja odvaga} - \text{prazna posudica}}{\text{odvaga uzorka}} \times 100$$

### *Ocjena senzorskih svojstava mlijeka u prahu*

Uzorci mlijeka u prahu ocijenjeni su u suhom praškastom obliku i nakon provedene rekonstitucije metodom ponderiranih bodova. Rekonstitucija mlijeka u prahu provedena je otapanjem 70 g praha u 500 mL destilirane vode. Kod mlijeka u prahu praćena su slijedeća svojstva: okus, boja i miris. Svako svojstvo je ocijenjeno mogućom ocjenom od 1 do 5 (tablica 3). Zatim je ta ocjena pomnožena s faktorom značajnosti (Fv) i tako su dobiveni ponderirani bodovi. Maksimalni broj ponderiranih bodova bio je 20. Panel skupina ocjenjivača (senzorskih analitičara) sastojala se od 4 članova.

**Tablica 3.** Obrazac za senzorsku ocjenu mlijeka u prahu sustavom od 20 ponderiranih bodova.

| Senzorsko svojstvo                  | Fv  | Opisni parametri              | Ocjena | Maksimalni broj bodova |
|-------------------------------------|-----|-------------------------------|--------|------------------------|
| Okus                                | 2,0 | ugodan, slatkast okus         | 5      | 10                     |
|                                     |     | atipičan okus, gorak, užegnut | 1      |                        |
| Boja                                | 1,0 | mliječno bijela               | 5      | 5                      |
|                                     |     | vodenasta, sluzava,           | 1      |                        |
| Miris                               | 1,0 | specifičan za mlijeko         | 5      | 5                      |
|                                     |     | kiseli, zaudara               | 1      |                        |
| Maksimalan broj ponderiranih bodova |     |                               |        | 20                     |

### 3.2.3 Obrada rezultata

Svi proračuni su provedeni u programu Microsoft Office Excelu 2013.

## 4. REZULTATI

### 4.1. Kemijski sastav mlijeka u prahu tijekom čuvanja pri različitim temperaturama

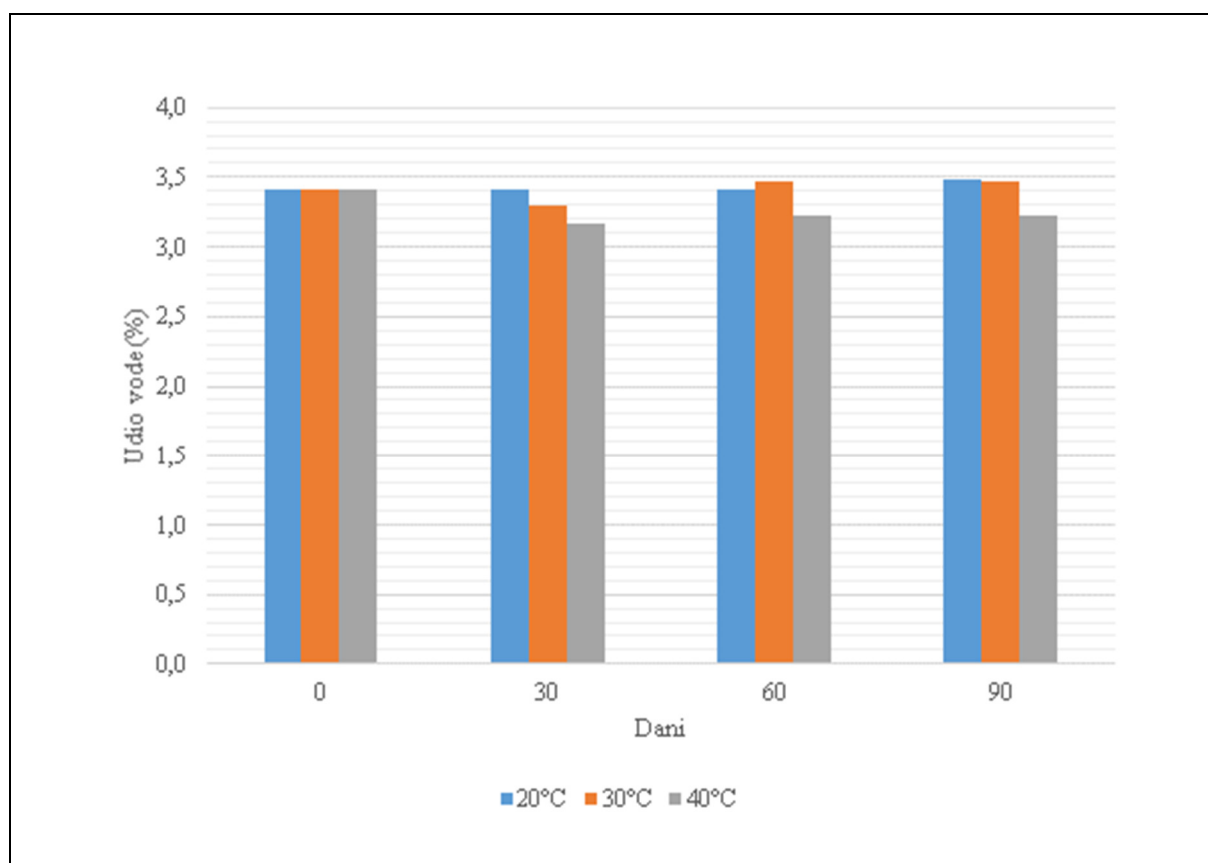
**Tablica 4.** Promjena kiselosti mlijeka u prahu pri 20, 30 i 40°C tijekom 90 dana čuvanja.

| Kiselost mlijeka u prahu | Dani | Temperatura                |           |                            |           |                            |           |
|--------------------------|------|----------------------------|-----------|----------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
|                          |      | 20°C                       |           | 30°C                       |           | 40°C                       |           |
|                          |      | $X_{\min}$ -<br>$X_{\max}$ | $\bar{X}$ | $X_{\min}$ -<br>$X_{\max}$ | $\bar{X}$ | $X_{\min}$ -<br>$X_{\max}$ | $\bar{X}$ |
| pH                       | 0    | 6,67 - 6,73                | 6,70      | 6,67 - 6,73                | 6,70      | 6,67 - 6,73                | 6,70      |
|                          | 30   | 6,68 - 6,73                | 6,71      | 6,70 - 6,71                | 6,71      | 6,65 - 6,70                | 6,68      |
|                          | 60   | 6,72 - 6,75                | 6,74      | 6,72 - 6,77                | 6,75      | 6,75 - 6,76                | 6,76      |
|                          | 90   | 6,66 - 6,66                | 6,66      | 6,65 - 6,66                | 6,66      | 6,55 - 6,64                | 6,60      |
| °SH                      | 0    | 6,6 - 6,8                  | 6,7       | 6,6 - 6,8                  | 6,7       | 6,6 - 6,8                  | 6,7       |
|                          | 30   | 6,6 - 6,8                  | 6,7       | 6,6 - 6,6                  | 6,6       | 6,6 - 6,8                  | 6,7       |
|                          | 60   | 6,6 - 6,6                  | 6,6       | 6,6 - 6,8                  | 6,7       | 6,8 - 7,0                  | 6,9       |
|                          | 90   | 6,4 - 6,6                  | 6,5       | 6,8 - 6,8                  | 6,8       | 6,8 - 6,8                  | 6,8       |
| % mliječne kis.          | 0    | 0,17 - 0,17                | 0,17      | 0,17 - 0,17                | 0,17      | 0,17 - 0,17                | 0,17      |
|                          | 30   | 0,17 - 0,17                | 0,17      | 0,17 - 0,17                | 0,17      | 0,17 - 0,17                | 0,17      |
|                          | 60   | 0,17 - 0,17                | 0,17      | 0,17 - 0,17                | 0,17      | 0,17 - 0,18                | 0,17      |
|                          | 90   | 0,16 - 0,17                | 0,16      | 0,17 - 0,17                | 0,17      | 0,17 - 0,17                | 0,17      |



**Tablica 5.** Udio suhe tvari i vode u mlijeku u prahu pri 20, 30 i 40°C tijekom 90 dana čuvanja.

| Udio          | Dani | Temperatura         |           |                     |           |                     |           |
|---------------|------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|
|               |      | 20°C                |           | 30°C                |           | 40°C                |           |
|               |      | $X_{\min}-X_{\max}$ | $\bar{X}$ | $X_{\min}-X_{\max}$ | $\bar{X}$ | $X_{\min}-X_{\max}$ | $\bar{X}$ |
| Voda (%)      | 0    | 3,28 - 3,52         | 3,41      | 3,28 - 3,52         | 3,41      | 3,28 - 3,52         | 3,41      |
|               | 30   | 3,28 - 3,52         | 3,41      | 3,27 - 3,35         | 3,30      | 3,14 - 3,21         | 3,16      |
|               | 60   | 3,36 - 3,44         | 3,41      | 3,42 - 3,56         | 3,47      | 3,20 - 3,24         | 3,22      |
|               | 90   | 3,45 - 3,49         | 3,48      | 3,42 - 3,56         | 3,47      | 3,21 - 3,25         | 3,23      |
| Suha tvar (%) | 0    | 96,48 - 96,72       | 96,59     | 96,48 - 96,72       | 96,59     | 96,48 - 96,72       | 96,59     |
|               | 30   | 96,48 - 96,72       | 96,59     | 96,65 - 96,73       | 96,70     | 96,79 - 96,86       | 96,84     |
|               | 60   | 96,56 - 96,64       | 96,59     | 96,44 - 96,58       | 96,53     | 96,76 - 96,80       | 96,78     |
|               | 90   | 96,51 - 96,55       | 96,52     | 96,44 - 96,58       | 96,53     | 96,75 - 96,79       | 96,77     |

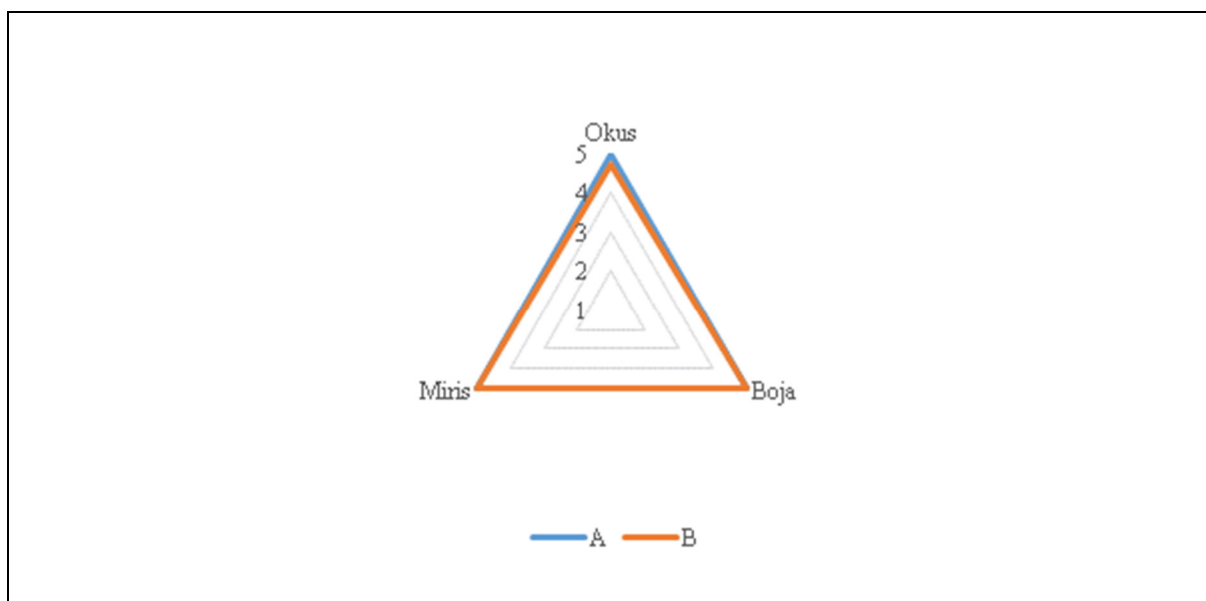


**Slika 6.** Udio vode u mlijeku u prahu pri 20, 30 i 40°C tijekom 90 dana čuvanja.

## 4.2. Senzorska svojstva mlijeka u prahu tijekom čuvanja pri različitim temperaturama

**Tablica 6.** Ocjena senzorskih svojstva osnovnog uzorka mlijeka u prahu i rekonstituiranog mlijeka u prahu.

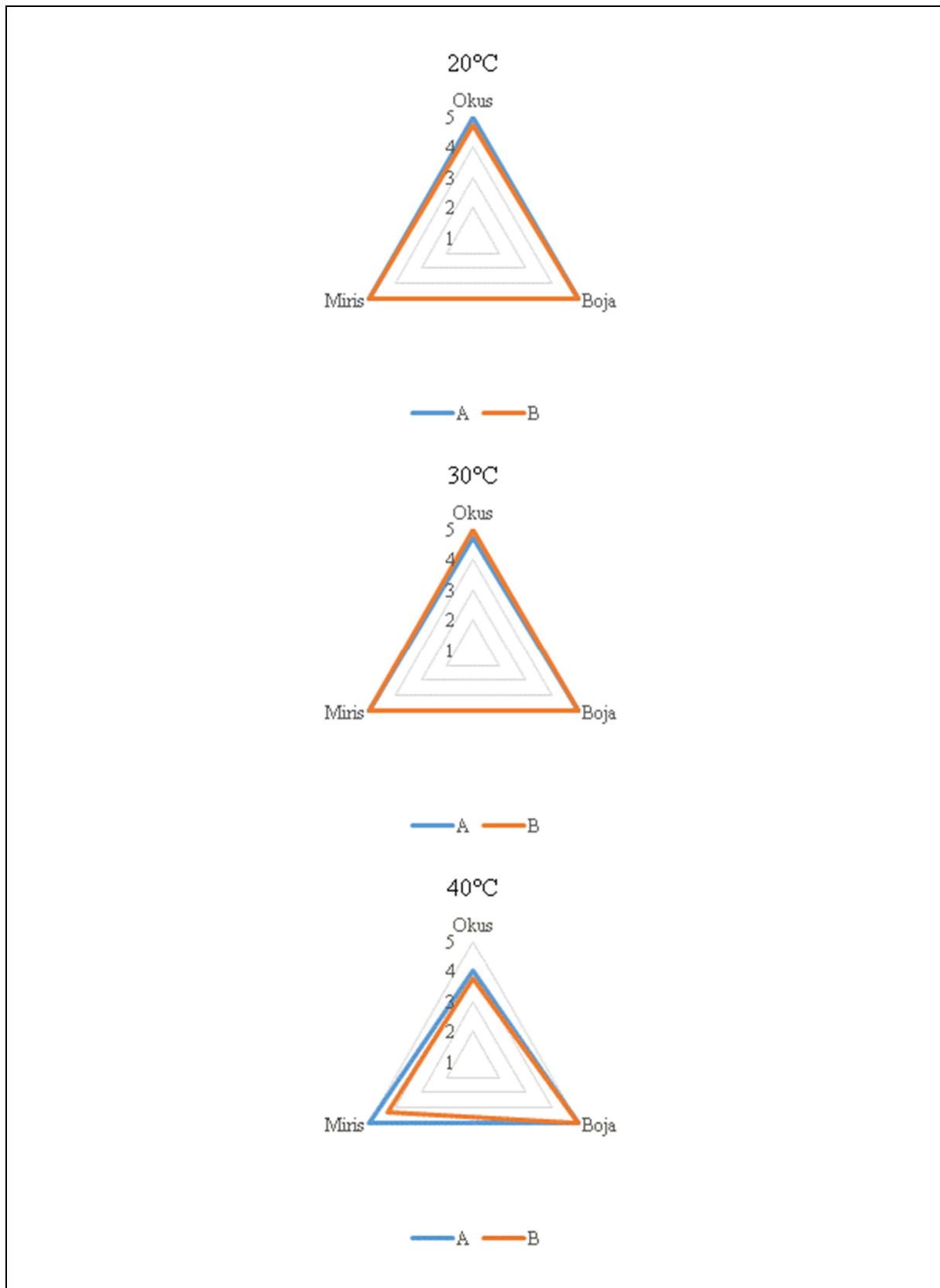
| Senzorsko svojstvo | Fv  | Postignuti broj ponderiranih bodova |                      |                         |                      |
|--------------------|-----|-------------------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|
|                    |     | Mlijeko u prahu                     |                      | Rekonstituirano mlijeko |                      |
|                    |     | $X_{\min} - X_{\max}$               | $\bar{X} \pm \sigma$ | $X_{\min} - X_{\max}$   | $\bar{X} \pm \sigma$ |
| Okus               | 2,0 | 10,0 – 10,0                         | $10,0 \pm 0,0000$    | 8,0 – 10,0              | $9,5 \pm 1,0000$     |
| Boja               | 1,0 | 5,0 – 5,0                           | $5,0 \pm 0,0000$     | 5,0 – 5,0               | $5,0 \pm 0,0000$     |
| Miris              | 1,0 | 5,0 – 5,0                           | $5,0 \pm 0,0000$     | 5,0 – 5,0               | $5,0 \pm 0,0000$     |
| Ukupno             |     | 20,0 – 20,0                         | $20,0 \pm 0,0000$    | 18,0 – 20,0             | $20,0 \pm 1,0000$    |



**Slika 7.** Grafički prikaz senzorskih ocjena za okus miris i boju osnovnog uzorka mlijeka u prahu (A) i rekonstituiranog mlijeka u prahu (B).

**Tablica 7.** Ocjena senzorskih svojstva osnovnog uzorka mlijeka u prahu i rekonstituiranog mlijeka u prahu nakon 30 dana čuvanja pri različitim temperaturama.

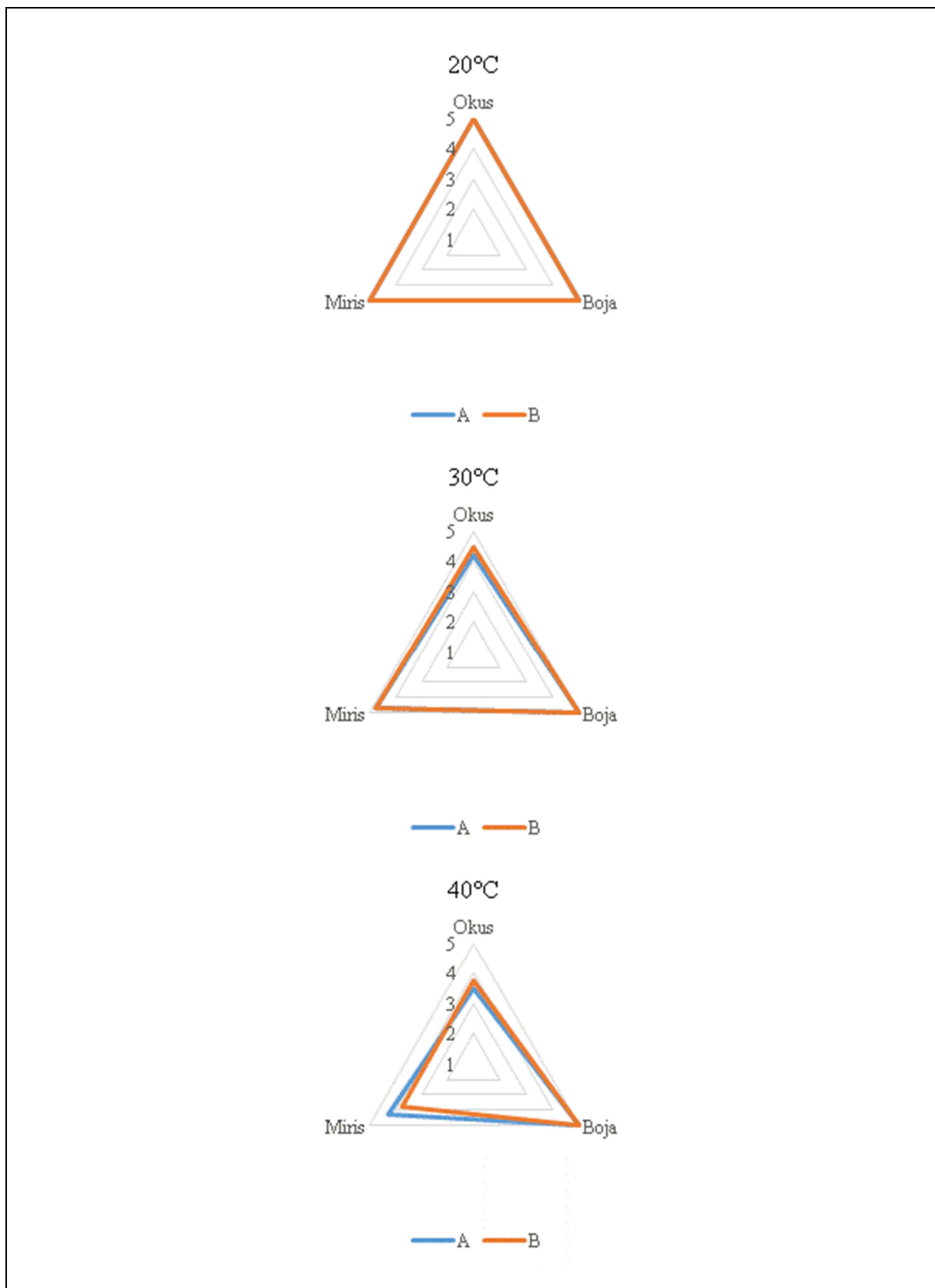
| Temp. | Senzorsko svojstvo | Fv  | Postignuti broj ponderiranih bodova |                      |                         |                      |
|-------|--------------------|-----|-------------------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|
|       |                    |     | Mlijeko u prahu                     |                      | Rekonstituirano mlijeko |                      |
|       |                    |     | $X_{\min} - X_{\max}$               | $\bar{X} \pm \sigma$ | $X_{\min} - X_{\max}$   | $\bar{X} \pm \sigma$ |
| 20°C  | Okus               | 2,0 | 10,0 – 10,0                         | $10,0 \pm 0,0000$    | 8,0 – 10,0              | $9,5 \pm 1,0000$     |
|       | Boja               | 1,0 | 5,0 – 5,0                           | $5,0 \pm 0,0000$     | 5,0 – 5,0               | $5,0 \pm 0,0000$     |
|       | Miris              | 1,0 | 5,0 – 5,0                           | $5,0 \pm 0,0000$     | 5,0 – 5,0               | $5,0 \pm 0,0000$     |
|       | Ukupno             |     | 20,0 – 20,0                         | $20,0 \pm 0,0000$    | 18,0 – 20,0             | $20,0 \pm 1,0000$    |
| 30°C  | Okus               | 2,0 | 10,0 – 10,0                         | $10,0 \pm 0,0000$    | 8,0 – 10,0              | $9,5 \pm 1,0000$     |
|       | Boja               | 1,0 | 5,0 – 5,0                           | $5,0 \pm 0,0000$     | 5,0 – 5,0               | $5,0 \pm 0,0000$     |
|       | Miris              | 1,0 | 5,0 – 5,0                           | $5,0 \pm 0,0000$     | 5,0 – 5,0               | $5,0 \pm 0,0000$     |
|       | Ukupno             |     | 20,0 – 20,0                         | $20,0 \pm 0,0000$    | 18,0 – 20,0             | $20,0 \pm 1,0000$    |
| 40°C  | Okus               | 2,0 | 6,0 – 10,0                          | $8,0 \pm 1,6330$     | 6 - 10                  | $7,5 \pm 1,9148$     |
|       | Boja               | 1,0 | 5,0 – 5,0                           | $5,0 \pm 0,0000$     | 5,0 – 5,0               | $5,0 \pm 0,0000$     |
|       | Miris              | 1,0 | 5,0 – 5,0                           | $5,0 \pm 0,0000$     | 4,0 – 5,0               | $4,2 \pm 0,5000$     |
|       | Ukupno             |     | 16,0 – 20,0                         | $18,0 \pm 1,63230$   | 15,0 – 20,0             | $16,7 \pm 2,3629$    |



**Slika 8.** Grafički prikaz senzorskih ocjena za okus miris i boju osnovnog uzorka mlijeka u prahu (A) i rekonstituiranog mlijeka u prahu (B) nakon 30 dana čuvanja pri različitim temperaturama.

**Tablica 8.** Ocjena senzorskih svojstva osnovnog uzorka mlijeka u prahu i rekonstituiranog mlijeka u prahu nakon 60 dana čuvanja pri različitim temperaturama.

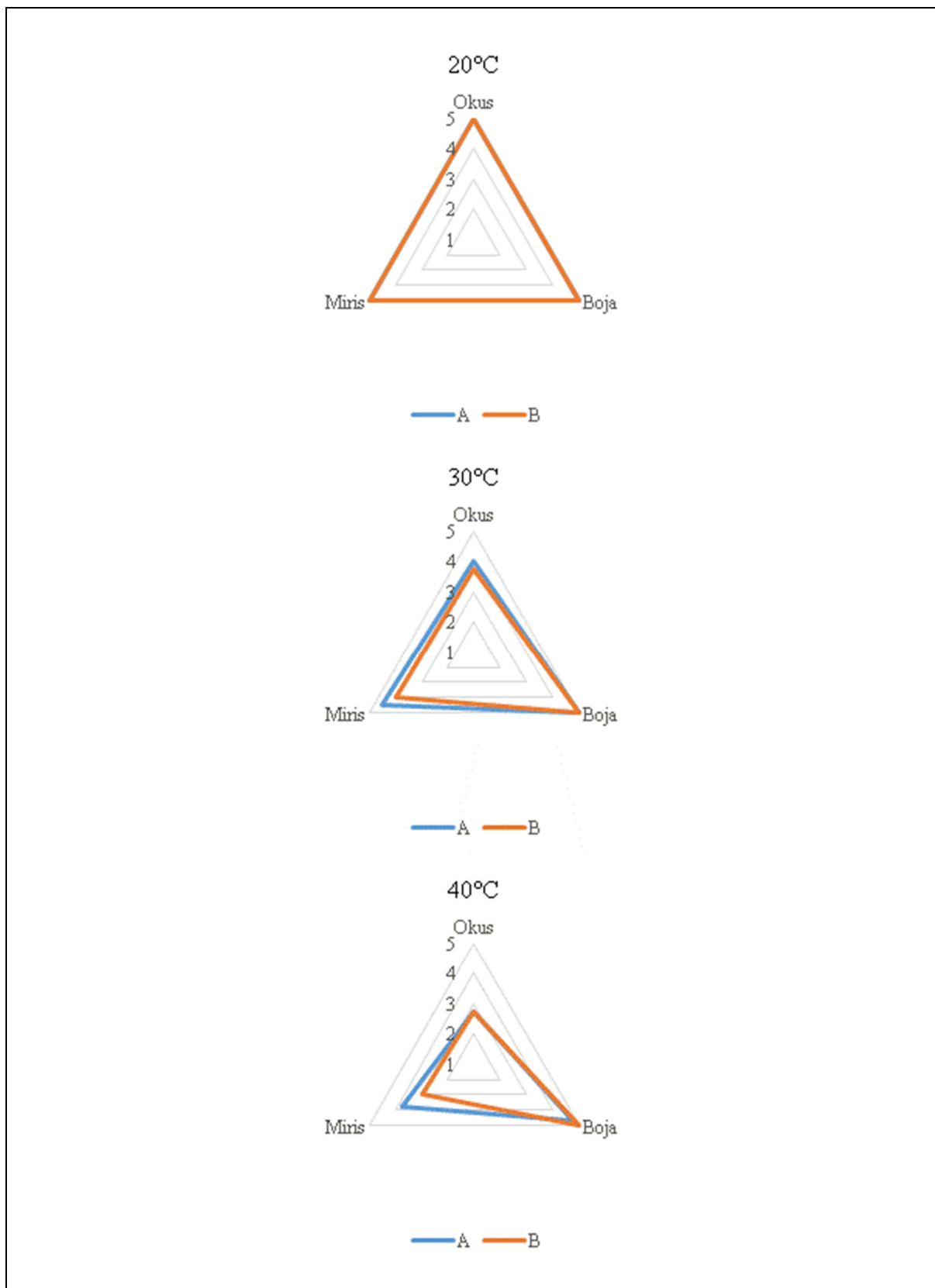
| Temp. | Senzorsko svojstvo | Fv  | Postignuti broj ponderiranih bodova |                      |                         |                      |
|-------|--------------------|-----|-------------------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|
|       |                    |     | Mlijeko u prahu                     |                      | Rekonstituirano mlijeko |                      |
|       |                    |     | $X_{\min} - X_{\max}$               | $\bar{X} \pm \sigma$ | $X_{\min} - X_{\max}$   | $\bar{X} \pm \sigma$ |
| 20°C  | Okus               | 2,0 | 10,0 – 10,0                         | $10,0 \pm 0,0000$    | 10,0 – 10,0             | $5,0 \pm 0,0000$     |
|       | Boja               | 1,0 | 5,0 – 5,0                           | $5,0 \pm 0,0000$     | 5,0 – 5,0               | $5,0 \pm 0,0000$     |
|       | Miris              | 1,0 | 5,0 – 5,0                           | $5,0 \pm 0,0000$     | 5,0 – 5,0               | $5,0 \pm 0,0000$     |
|       | Ukupno             |     | 20,0 – 20,0                         | $20,0 \pm 0,0000$    | 20,0 – 20,0             | $20,0 \pm 0,0000$    |
| 30°C  | Okus               | 2,0 | 8,0 – 10,0                          | $8,5 \pm 1,0000$     | 8,0 – 10,0              | $9,0 \pm 1,1547$     |
|       | Boja               | 1,0 | 5,0 – 5,0                           | $5,0 \pm 0,0000$     | 5,0 – 5,0               | $5,0 \pm 0,0000$     |
|       | Miris              | 1,0 | 4,0 – 5,0                           | $4,7 \pm 0,5000$     | 4,0 – 5,0               | $4,75 \pm 0,5000$    |
|       | Ukupno             |     | 17,0 – 20,0                         | $18,25 \pm 1,2583$   | 17,0 -20,0              | $18,7 \pm 1,5000$    |
| 40°C  | Okus               | 2,0 | 6,0 – 10,0                          | $7,0 \pm 2,0000$     | 6,0 - 10,0              | $7,5 \pm 1,9148$     |
|       | Boja               | 1,0 | 5,0 – 5,0                           | $5,0 \pm 0,0000$     | 5,0 – 5,0               | $5,0 \pm 0,0000$     |
|       | Miris              | 1,0 | 4,0 – 5,0                           | $4,25 \pm 0,5000$    | 2,0 – 5,0               | $3,75 \pm 1,2583$    |
|       | Ukupno             |     | 15,0 - 20,0                         | $16,25 \pm 2,5000$   | 13,0 - 19,0             | $16,2 \pm 2,7538$    |



**Slika 9.** Grafički prikaz senzorskih ocjena za okus miris i boju osnovnog uzorka mlijeka u prahu (A) i rekonstituiranog mlijeka u prahu (B) nakon 60 dana čuvanja pri različitim temperaturama.

**Tablica 9.** Ocjena senzorskih svojstva osnovnog uzorka mlijeka u prahu i rekonstituiranog mlijeka u prahu nakon 90 dana čuvanja pri različitim temperaturama.

| Temp. | Senzorsko svojstvo | Fv  | Postignuti broj ponderiranih bodova |                      |                         |                      |
|-------|--------------------|-----|-------------------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|
|       |                    |     | Mlijeko u prahu                     |                      | Rekonstituirano mlijeko |                      |
|       |                    |     | $X_{\min} - X_{\max}$               | $\bar{X} \pm \sigma$ | $X_{\min} - X_{\max}$   | $\bar{X} \pm \sigma$ |
| 20°C  | Okus               | 2,0 | 10,0 – 10,0                         | $10,0 \pm 0,0000$    | 10,0 – 10,0             | $5,0 \pm 0,0000$     |
|       | Boja               | 1,0 | 5,0 – 5,0                           | $5,0 \pm 0,0000$     | 5,0 – 5,0               | $5,0 \pm 0,0000$     |
|       | Miris              | 1,0 | 5,0 – 5,0                           | $5,0 \pm 0,0000$     | 5,0 – 5,0               | $5,0 \pm 0,0000$     |
|       | Ukupno             |     | 20,0 – 20,0                         | $20,0 \pm 0,0000$    | 20,0 – 20,0             | $20,0 \pm 0,0000$    |
| 30°C  | Okus               | 2,0 | 6,0 – 10,0                          | $8,0 \pm 1,6330$     | 6,0 – 8,0               | $7,5 \pm 1,0000$     |
|       | Boja               | 1,0 | 5,0 – 5,0                           | $5,0 \pm 0,0000$     | 5,0 – 5,0               | $5,0 \pm 0,0000$     |
|       | Miris              | 1,0 | 4,0 – 5,0                           | $4,5 \pm 0,5774$     | 4,0 – 4,0               | $4,0 \pm 0,0000$     |
|       | Ukupno             |     | 15,0 – 20,0                         | $17,5 \pm 2,0817$    | 15,0 – 17,0             | $16,0 \pm 1,0000$    |
| 40°C  | Okus               | 2,0 | 4,0 – 8,0                           | $5,5 \pm 1,9148$     | 4,0 – 6,0               | $5,5 \pm 1,0000$     |
|       | Boja               | 1,0 | 4,0 – 5,0                           | $4,75 \pm 0,5000$    | 5,0 – 5,0               | $5,0 \pm 0,0000$     |
|       | Miris              | 1,0 | 3,0 – 4,0                           | $3,75 \pm 0,5000$    | 2,0 – 4,0               | $3,0 \pm 0,8165$     |
|       | Ukupno             |     | 12,0 – 17,0                         | $14,0 \pm 2,1602$    | 12,0 – 15,0             | $13,5 \pm 1,2930$    |



**Slika 10.** Grafički prikaz senzorskih ocjena za okus miris i boju osnovnog uzorka mlijeka u prahu (A) i rekonstituiranog mlijeka u prahu (B) nakon 90 dana čuvanja pri različitim temperaturama.



## 5. RASPRAVA

Na kvalitetu i rok trajnosti mlijeka u prahu utječu vrsta pakiranja i uvjeti skladištenja. Što su uvjeti skladištenja bolji (temperatura, svjetlosti, vlaga, kisik) to je i rok trajnosti mlijeka u prahu duži.

Stoga su u ovom radu istražena kemijska i senzorska svojstva mlijeka u prahu tijekom 90 dana čuvanja. Kako bi se simulirali uvjeti skladištenja korištena je ubrzana ASLT metoda (Accelerated Shelf Life Testing Method), a uzorci mlijeka u prahučuvani su na tri različite temperature  $T = 20, 30$  i  $40^{\circ}\text{C}$ .

### 5.1. Kemijski sastav mlijeka u prahu tijekom čuvanja pri različitim temperaturama

pH – vrijednost uzorka mlijeka u prahu na početku čuvanja bila je oko 6,70 (tablica 4.). Tijekom čuvanja od 90. dana nisu utvrđene značajne razlike između kontrolnog uzorka i uzoraka čuvanih na višim temperaturama. Rezultati istraživanja pokazuju da temperatura nema utjecaj na pH – vrijednost mlijeka u prahu. Međutim, literatura navodi da može doći do pada pH – vrijednosti mlijeka u prahu ukoliko dođe do Maillardovih reakcija između amino grupa proteina mlijeka i laktoze. Također, mlijeko u prahu može imati neprijatan kiseli okus ukoliko je čuvano u neadekvatnim uvjetima (Tehrany i Sonneveld, 2010).

Uzorci mlijeka u prahu imali su približno istu titracijsku kiselost kao i kontrolni uzorak. Titracijska kiselost kontrolnog uzorka mlijeka u prahu iznosila je  $6,7^{\circ}\text{SH}$ . Nakon 90. dana čuvanja uzorka mlijeka u prahu čuvan na  $40^{\circ}\text{C}$  imao je nešto višu titracijsku kiselosti ( $6,8^{\circ}\text{SH}$ ). Kiselost mlijeka izražena je i udjelom mliječne kiseline. Rezultati pokazuju da titracijska kiselost i udio mliječne kiseline prate promjene pH – vrijednosti, a one su minimalne.

Udio vode i suhe tvari razlikuje se kod uzoraka čuvanih na  $20^{\circ}\text{C}$  (kontrolni uzorak) i uzoraka čuvanih na višim temperaturama (tablica 5). Udio vode kod uzorka čuvanog 90 dana na  $20^{\circ}\text{C}$  iznosi 3,48%, dok kod uzorka čuvanog 90 dana na  $40^{\circ}\text{C}$  3,23%. Rezultati pokazuju da se je udio vode smanjio u uzorcima čuvanim na višim temperaturama (slika 6). Razlog ove promjene je mala količina zraka prisutna u pakovini, koja s povećanjem temperature ima veću sposobnost vezanja vode. Čuvanjem uzorka mlijeka u prahu u vakuumu izbjegla bi se ovakva promjena. Promjene u vlažnosti mlijeka u prahu proporcionalne su s udjelom suhe tvari.

## 5.2. Senzorska svojstva mlijeka u prahu tijekom čuvanja pri različitim temperaturama

Senzorska svojstva mlijeka u prahu ocjenjivana su metodom ponderiranih bodova, a praćena su se sljedeća svojstva : okus, boja i miris. Uvjeti skladištenja (temperatura) u kojima su čuvani uzorci mlijeka najviše su utjecali na okus i miris.

Prva promjena u okusu mlijeka u prahu uočena je već nakon 30 dana čuvanja na 40 °C (slika 8). Ovaj uzorak mlijeka dobio je 8,0 ponderiranih bodova za okus od mogućih 10,0, te ukupno 18 ponderiranih bodova (tablica 7). Kod uzoraka mlijeka čuvani na 20 i 30 °C nakon 30 dana čuvanja nisu uočene promjene u senzorskim svojstvima i dobili su maksimalno 20,0 ponderiranih bodova

Nakon 60 dana čuvanja mlijeka promjene u senzorskim svojstvima uočene su kod uzoraka čuvanih na 30°C, a postale su intenzivnije kod uzoraka čuvanih na 40°C (slika 9). Uzorci mlijeka u prahu čuvani na 30°C dobili su manje bodova za okus (8,5) i miris (4,7), te je ukupan broj bodova iznosio 18,2. Kod uzoraka čuvanih na 40 °C izraženije su promjene u okusu (7,5) i mirisu (4,25) te su ovi uzorci dobili i ukupno manje ponderiranih bodova (16,2).

Nakon 90 dana čuvanja znatno su pogoršana senzorska svojstva uzorka mlijeka u prahu čuvanog na 40°C. Intenzivne promjene su uočene u okusu, za koji je uzorak dobio 5,5 bodova od maksimalnih 10,0, ali i mirisu. Ovi uzorci su dobili najmanje bodova 14,0.

Nakon 90 dana čuvanja mlijeka u prahu uzorak na 40°C ima najlošiju ocjenu (14,0), te mu se mijenjaju sva svojstva okus, boja i miris (tablica 8). Slične promjene su uočene i kod mlijeka u prahu čuvanog na 30°C, ali nisu toliko intenzivne te su ovi dobili 17,5 bodova. Kod mlijeka u prahu čuvanog na 20°C nisu uočene promjene u senzorskim svojstvima i ukupan broj bodova bio je jednak kao i na početku čuvanja, maksimalnih 20,0 bodova.

Otapanjem mlijeka u prahu u vodi (rekonstitucija) nastale promjene u senzorskim svojstvima postaju izraženije i takvo panel skupina senzorskih analitičara ocijenila je lošijim ocjenama od mliječnog praha iz kojeg je dobiveno.

## 6. ZAKLJUČCI

Na osnovu dobivenih rezultata čuvanja mlijeka u prahu od 90 dana pri različitim temperaturama može se zaključiti slijedeće:

1. Temperatura čuvanja u periodu od 90 dana ne utječe na titracijsku kiselost i pH – vrijednost mlijeka u prahu.
2. Temperatura čuvanja ne utječe na vlažnost i udio suhe tvari mlijeka u prahu.
3. Optimalna temperatura čuvanja mlijeka u prahu je 20°C.
4. Promjena okusa i mirisa mlijeka u prahu postaje intenzivnija s porastom temperature.
5. Temperatura čuvanja ne utječe na boju mlijeka u prahu.
6. Nastale promjene u senzorskim svojstvima mlijeka u prahu rekonstitucijom postaju izraženije.

## 7. LITERATURA

1. Balšćak-Cvitanović A., Komes D., Božanić R. (2009): Mlijeko u prahu kao sirovina za proizvodnju mliječne čokolade, *Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam*, **4** (3-4), 109-115.
2. Božanić, R., Jeličić, I., Bilušić, T. (2010): *Analiza mlijeka i mliječnih proizvoda*, Plejada, Zagreb.
3. Bylund, G. (1995): *Dairy processing handbook*, Tetra Pak Processing Systems AB, Lund.
4. Carić, M. (1990): *Tehnologija koncentrovanih i sušenih mlečnih proizvoda*, Naučna knjiga, Beograd.
5. Carić, M., Gregurek, Lj. (2003): Retrospektiva razvoja tehnologije koncentriranih i sušenih mliječnih proizvoda, *Mljekarstvo*, **53** (4), 293-307.
6. Carić, M., Milanović, S., Vucelja, D. (2000): *Standardne metode analize mleka i mlečnih proizvoda*, Novi Sad.
7. Hardi, J. (2011): *Mlijeko u prahu i instant proizvodi*, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek.
8. Lund, B., Baird-Parker, A., Gould, G. (2000): *The microbiological safety and quality of food*, Springer US.
9. Mandarić, J. (2016): Mlijeko u prahu, Završi rad, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek.
10. Miletić, S. (1994): *Mlijeko i mliječni proizvodi*, Zagreb.
11. Miljković, V. (1977): *Higijena i tehnologija mleka*, Naučna knjiga, Beograd
12. Nursten, H.E. (1997): The flavour of milk and dairy products : 1. Milk of different kinds, milk powder, butter and cream, *International Journal of Dairy Technology*, **50**, 48-56.
13. Ottaway, P.B. (1993): *Stability of vitamins*, The Tehnology of Vitamins in Foods, Blackie Academic & Professional, New York, 91-113.
14. Pisecky, J. (2012): *Handbook of milk powder manufacture*, GEA Process Engineering A/S. Copenhagen.
15. Ramesh, C. (2008): *Dairy Processing & Quality Assurance*, Wiley- Blackwell, New Delhi.
16. Sarić, Z. (2007): Tehnologija mlijeka i mliječnih proizvoda, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Sarajevu, Sarajevo.
17. Singh, T.K, Cadwallader, K.R. (2004): Ways of measuring shelf-life and spoilage, *Understanding and measuring the shelf-life*, CRC Press, New York.

18. Šumić, Z. (2008) : Mlijeko u prahu, Tehnologija hrane,  
<http://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/mljeko-u-prahu>, (15.02.2017.)
19. Tehrany, E. A., Sonneveld, K. (2010): *Packaging and the Shelf Life of Milk Powders*, Taylor and Francis Group.
20. Tratnik, Lj., Božanić, R. (2012): *Mlijeko i mliječni proizvodi*, Hrvatska mlijekarska udruga, Zagreb.
21. Woo, M.W., Mujumdar, A.S., Daud, W.R.W. (2010): *Spray Drying Technology*, Published in Singapur.