

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK**

**Ines Lacković**

**MOGUĆNOST ISKORIŠTENJA SIRUTKE U PROIZVODNJI GRČKOG TIP  
ALBUMINSKOG SIRA**

DIPLOMSKI RAD

Osijek, listopad 2016.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek  
Zavod za prehrambene tehnologije  
Katedra za mljekarstvo  
Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska

**Znanstveno područje:** Biotehničke znanosti  
**Znanstveno polje:** Prehrambena tehnologija  
**Nastavni predmet:** Tehnologija mlijeka i mliječnih proizvoda  
**Tema rada** je prihvaćena na VII. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2015./2016. održanoj 22. travnja 2016.  
**Mentor:** dr. sc. Mirela Lučan, znan. sur.  
**Komentor:** doc. dr. sc. Krešimir Mastanjević

### MOGUĆNOST ISKORIŠTENJA SIRUTKE U PROIZVODNJI GRČKOG TIPA ALBUMINSKOG SIRA

Ines Lacković, 280-DI

**Sažetak:** Sirutka je sporedni proizvod, dobiven u postupku proizvodnje sira iz mlijeka. Zbog bogatog nutritivnog sastava i ekonomski prihvatljivog načina proizvodnje, sirutka ima veliku mogućnost iskorištenja i predstavlja izvrsnu polaznu sirovinu za razvoj i proizvodnju brojnih mliječnih proizvoda. Cilj ovog diplomskog rada je istražiti mogućnost iskorištenja sirutke zaostale nakon proizvodnje sira tipa Feta za proizvodnju albuminskog sira grčkog tipa (Manouri, Anthotyros i Mizithra), te ispitati kemijski sastav, pH vrijednost, aktivitet vode, iskorištenje i senzorska svojstva dobivenih sireva. Sirutka je dobivena u postupku proizvodnje Feta sira, nakon čega je toplinskom koagulacijom, bez i uz dodatak vrhnja i/ili mlijeka, dobiven gruš albuminskog sira. Dobiveni albuminski sirevi spadaju u kategoriju svježih, mekih sireva. Rezultati pokazuju da iskorištenje sirutke u proizvodnji sireva prvenstveno ovisi o udjelu suhe tvari u polaznim sirovinama i udjelu masti, te proteina. Albuminski sirevi s više mliječne masti imaju bolja organoleptička i senzorska svojstva, te su bolje kvalitete. Rezultati senzorske analize pokazuju da sva tri sira dobivena od sirutke spadaju u kategoriju izvrsne kakvoće.

**Ključne riječi:** sirutka, albuminski sir, prinos, fizikalno-kemijska svojstva, senzorska svojstva

**Rad sadrži:** 57 stranica  
34 slika  
8 tablica  
4 priloga  
16 literaturnih referenci

**Jezik izvornika:** hrvatski

#### Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:

- |                                       |               |
|---------------------------------------|---------------|
| 1. izv. prof. dr. sc. Vedran Slačanac | predsjednik   |
| 2. dr. sc. Mirela Lučan, znan. sur.   | član-mentor   |
| 3. doc. dr. sc. Krešimir Mastanjević  | član-komentor |
| 4. prof. dr. sc. Vinko Krstanović     | zamjena člana |

**Datum obrane:** 7. listopada 2016.

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u** Knjižnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

**University Josip Juraj Strossmayer in Osijek**  
**Faculty of Food Technology Osijek**  
**Department of Food Technology**  
**Subdepartment of Dairy**  
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

**Scientific area:** Biotechnical sciences  
**Scientific field:** Food technology  
**Course title:** Dairy technology  
**Thesis subject** was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. VII held on April 22, 2016.  
**Mentor:** Mirela Lučan, PhD  
**Co-Mentor:** Krešimir Mastanjević, PhD, assistant prof.

### **POSSIBILITIES OF WHEY UTILIZATION FOR GREEK WHEY CHEESE PRODUCTION**

Ines Lacković, 280-DI

**Summary:** Whey is a by-product, obtained in the production of cheese from milk. Because of the rich nutritional composition and economically acceptable way of production, whey has a great possibility of utilization and represents an excellent starting material for the development and production of many dairy products. The aim of this work is to explore the possibilities of utilization of whey, left over from Feta cheese production, for production of Greek type albumin cheese (Manouri, Anthotyros and Mizithra), and examine the chemical composition, pH, water activity, yields and sensory properties of the resulting cheese. The whey was produced in the production of Feta cheese and coagulated by heat, with and without the addition of cream and / or milk, obtained cheese curd albumin. The obtained albumin cheeses are characterized as fresh, soft cheeses. The results show that the yield of whey in the cheese production depends primarily on dry matter of the input raw materials and the proportion of fat and protein. Albumin cheese with more fat content has better organoleptic and sensory properties and better quality. All three cheeses produced from whey are characterized as excellent quality cheeses.

**Key words:** whey, whey cheese, yield, physical and chemical properties, sensory properties

**Thesis contains:** 57 pages  
34 figures  
8 tables  
4 supplements  
16 references

**Original in:** Croatian

#### **Defense committee:**

- |   |               |
|---|---------------|
| 1. Vedran Slaćanac, PhD, associate prof.      | chair person  |
| 2. Mirela Lučan, PhD                          | supervisor    |
| 3. Krešimir Mastanjević, PhD, assistant prof. | co-supervisor |
| 4. Vinko Krstanović, PhD, prof.               | stand-in      |

**Defense date:** October 7, 2016.

**Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in** Library of the Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

*Prvenstveno, voljela bih se zahvaliti mojoj mami, Jasminki Koharić, na bezuvjetnoj ljubavi i podršci, koju mi je pružala svih ovih godina. Hvala joj što se brinula oko svakog ispita i slavila svaki moj uspjeh. Bez nje, sve ovo ne bi bilo moguće.*

*Hvala mojoj mentorici dr. sc. Mireli Lučan na iscrpnoj pomoći i mentorstvu u izradi diplomskog rada. Također, hvala svim ostalim profesorima fakulteta na pruženom znanju u proteklih pet godina.*

*Dakako, hvala svim mojim studentskih kolegicama i kolegama, što su mi učinili ovo studiranje zabavnim i nezaboravnim.*

*Naposljetku, hvala svima onima koji su me, na direktan ili indirektan način, učinili snažnijom, odlučnijom i boljom osobom.*

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. TEORIJSKI DIO</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1. SIR I SIRUTKA</b> .....	<b>4</b>
2.1.1. Definicija i podjela sira .....	4
2.1.2. Sastav, svojstva i uporaba sirutke .....	5
<b>2.2. ALBUMINSKI SIR</b> .....	<b>11</b>
2.2.1. Toplinska denaturacija proteina sirutke .....	11
2.2.2. Proizvodnja albuminskog sira .....	12
<b>2.3. PROIZVODNJA SIRA OD SIRUTKE NASTALE U PROCESU PROIZVODNJE FETE</b> .....	<b>14</b>
2.3.1. Feta sir .....	14
2.3.2. Sirevi od sirutke Fete .....	15
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO</b> .....	<b>17</b>
<b>3.1. ZADATAK</b> .....	<b>18</b>
<b>3.2. MATERIJAL I METODE</b> .....	<b>18</b>
3.2.1. Materijali .....	18
3.2.2. Analiza sirovina .....	19
3.2.3. Dobivanje sirutke u proizvodnji sira tipa Feta .....	19
3.2.4. Laboratorijska proizvodnja albuminskih sireva .....	21
3.2.5. Iskorištenje i prinos sira .....	25
3.2.6. Određivanje fizikalno-kemijskih svojstava sira .....	27
3.2.7. Senzorska analiza .....	28
3.2.8. Statistička obrada rezultata .....	29
<b>4. REZULTATI I RASPRAVA</b> .....	<b>31</b>
<b>4.1. REZULTATI ANALIZE SIROVINA</b> .....	<b>32</b>
<b>4.2. KEMIJSKI SASTAV ALBUMINSKIH SIREVA</b> .....	<b>33</b>
<b>4.3. ISKORIŠTENJE I PRINOS SIRA</b> .....	<b>35</b>
4.3.1. Raspodjela sastojaka iz sirovine između albuminskog sira i zaostale sirutke .....	35
4.3.2. Iskorištenje osnovnih sastojaka .....	37
4.3.3. Prinos sira .....	39
<b>4.4. SENZORSKA OCJENA</b> .....	<b>42</b>
<b>5. ZAKLJUČCI</b> .....	<b>47</b>
<b>6. LITERATURA</b> .....	<b>49</b>
<b>7. PRILOZI</b> .....	<b>51</b>

## **1. UVOD**

Suvremeno tržište mlijeka i mliječnih proizvoda sve više zahtjeva kreiranje proizvoda boljih funkcionalnih svojstava, ali i proizvoda koji ne zahtijevaju veliku ekonomsku potrošnju prilikom proizvodnje. Sirutka je sporedni proizvod, dobiven u tehnološkom postupku proizvodnje sira ili kazeina. Ona sadrži najviše laktoze, zatim proteine najveće biološke vrijednosti, bitne mineralne i imunoaktivne tvari, te vitamine B skupine. U sirutku prelazi oko 50% od suhe tvari mlijeka: uglavnom laktoza i proteini sirutke u cijelosti, topljive mineralne tvari i vitamini B skupine, dok se vitamin C razgradi već tijekom proizvodnje sira. Sirutka ima veliku mogućnost iskorištenja za pripravu fermentiranih i probiotičkih napitaka, "light" mliječnih i sirnih namaza, raznih deserata, koncentrata proteina sirutke, laktoze, albuminskih sireva itd. Danas je proizvodnja Feta sira široko rasprostranjena u mliječnoj industriji, a posljedica toga je proizvodnja velike količine sirutke. Dobivena sirutka je ekonomski i nutritivno povoljna polazna sirovina za proizvodnju sira i drugih proizvoda na bazi sirutke (Tratnik, 2003.).

Cilj ovoga rada je u laboratorijskim uvjetima toplinskom denaturacijom proizvesti tri vrste albuminskog sira grčkog tipa iz sirutke, dobivene prilikom proizvodnje Feta sira, te ispitati prinos procesa, te senzorska i fizikalno-kemijska svojstva dobivenih albuminskih sireva.

## **2. TEORIJSKI DIO**



## 2.1. SIR I SIRUTKA

### 2.1.1. Definicija i podjela sira

Prema Pravilniku o sirevima i proizvodima od sireva (NN, 2009.), sirevi su svježi proizvodi ili proizvodi s različitim stupnjem zrelosti koji se proizvode odvajanjem sirutke nakon koagulacije mlijeka (kravljeg, ovčjeg, kozjeg, bivoljeg mlijeka i/ili njihovih mješavina), vrhnja, sirutke, ili kombinacijom navedenih sirovina. U proizvodnji sireva dopuštena je uporaba mljekarskih kultura, sirila i/ili drugih odgovarajućih koagulacijskih enzima i/ili dopuštenih kiselina za koagulaciju.

Cilj proizvodnje sira je sirenje tj. grušanje mlijeka. Pri tome dolazi do koagulacije kazeina, najvažnijeg sastojka u postupku dobivanja sira. Nakon grušanja slijedi oblikovanje sirnog gruša uz izdvajanje sirutke. Dobiveni sirni gruš se nakon toga može soliti. Ovako dobiveni proizvod zovemo svježi nezreli sir (Tratnik, 1998.), a u procesu nastaje i velika količina sirutke, kao sporednog proizvoda.

Kazein je složena bjelančevina, koja sadrži fosfor i najzastupljenija je u mlijeku (oko 80%). Zbog svojstva da se ne topi u vodi i da koagulira u kiselom mediju pri pH 4,6 važna je u proizvodnji sira. U mlijeku se osim kazeina nalaze i proteini sirutke: albumin (35%) i globulin (10-15%). Proteini sirutke su topljivi u vodi, ali ne koaguliraju pri pH 4,6. Albumin i globulin u mlijeko dopijevaju iz krvi i mliječnih žlijezda. U proizvodnji sira od sirutke, proteini koaguliraju djelovanjem topline (90-95 °C, 10-20 minuta). Na taj način dolazi do denaturacije i koagulacije termolabilnih frakcija sirutkinih proteina. U koaguliranom stanju, sirutkini proteini mogu se uklopiti u meke ili polutvrde kazeinske sireve, te u desertne kremaste sireve (Tratnik, 1998.).

#### **Sirenje mlijeka, odnosno sirutke se može provesti na tri načina:**

1. Primjenom sirila ili nekog drugog zamjenskog proteolitičkog enzima, što se koristi u proizvodnji većine sireva koji zriju i nekih svježih sireva.
2. Kiselinsko:
  - a) Prirodnim zakiseljavanjem (izoelektričnom precipitacijom) kod pH 4,6 najčešće proizvodnjom mliječne kiseline djelovanjem bakterija mliječne kiseline, što se koristi u proizvodnji svježih sireva.

- b) Dodavanjem organskih kiselina u zagrijano mlijeko na 80 do 96°C, što je karakteristično u proizvodnji kuhanih sireva (Kalit, 2015.).
3. Toplinskom obradom pri višim temperaturama kroz određeno vrijeme, što je karakteristično za sireve od sirutke.

Po završnom procesu grušanja ili sirenja, cijeđenjem se odvaja sirutka.

**Sireve možemo podijeliti prema:**

- vrsti proteina: kazeinski, albuminski i mješoviti;
- vrsti mlijeka: kravlji, ovčji, bivolji, kozji i mješoviti;
- načinu grušanja: kiseli, slatki i mješoviti;
- udjelu mliječne masti u suhoj tvari sira: posni (<10%), polumasni (≥10 i <25%), masni (≥25 i <40%), punomasni (≥45 i <60%), ekstramasni (≥60%);
- udjelu vode u bezmasnoj suhoj tvari sira: svježi (69-85%), meki (>67%), polutvrđi (54–69%), tvrdi (49-56%), ekstra tvrdi (<51%);
- sličnom procesu proizvodnje: sirevi u salamuri, sirevi parenog tijesta, sirevi s plemenitim plijesnima, sirevi s „mazom“, topljeni sirevi za mazanje ili rezanje, sirutkini sirevi;
- prema načinu zrenja: svježi sirevi bez zrenja, zrenje u zrionici, zrenje u salamuri, čedarizacija, zrenje sirne grude, zrenje umotanih sireva u posebnoj foliji;
- prema području ili mjestu proizvodnje (autohtona tehnologija) (Slačanac, 2016.).

**2.1.2. Sastav, svojstva i uporaba sirutke**

Sirutka se dobiva prilikom proizvodnje sira ili kazeina, kao sporedni proizvod.

Sirutka ovisno o načinu koagulacije kazeina može biti:

- kisela- dobivena djelovanjem kiselina,
- slatka- dobivena djelovanjem enzima (Lučan, 2015.).

Pri ovim tehnološkim postupcima u sirutku prelazi 50% suhe tvari iz mlijeka što utječe na njezin sastav. U sastavu sirutke najzastupljenija je laktoza, zatim proteini sirutke, vitamini B skupine

i topljive mineralne tvari. Folna kiselina i kobalamin (vitamin B12) prisutni su u vezanom obliku s proteinima sirutke, dok je riboflavin (vitamin B2) i do 95% prisutan u slobodnom obliku. Smatra se da jedna litra sirutke zadovoljava dnevnu potrebu za riboflavinom, koji je ujedno zaslužan za žuto-zelenu boju sirutke. U postupku proizvodnje sira, bakterije mliječno-kiselog vrenja proizvode vitamin B2, što rezultira većom koncentracijom ovog vitamina u sirutki nego u mlijeku. Stoga je sirutka vrlo dobra polazna sirovina za proizvodnju koncentrata vitamina B2 (Tratnik, 2003.).

**Tablica 1** Sastojci suhe tvari i udjel proteina u sirutki (Tratnik, 2003.)

Sastojci suhe tvari	(g/100 mL)	(%) od ukupnih	Proteini sirutke	(%) od ukupnih
laktoza	4,66	71,7	$\beta$ -laktoglobulin	50
proteini sirutke	0,91	14,0	$\alpha$ -laktalbumin	22
mineralne tvari	0,50	7,7	imunoglobulini	12
mliječna mast	0,37	5,7	proteoza-peptoni	10
ostalo	0,06	0,9	albumin krvnog seruma	5
ukupno	6,50	100,0	ostalo	1

U **Tablici 1** je prikazan sastav suhe tvari sirutke u postotnim udjelima, te zastupljenost prisutnih proteina. Vidljivo je kako sirutka sadrži značajan udio laktoze i proteina velike biološke vrijednosti.

Najzastupljenija komponenta je laktoza, koja je ujedno i glavni sastojak sirutke. Laktoza se lako probavlja, te ima višestruku ulogu u ljudskom organizmu, kao što je ubrzanje rada peristaltike crijeva i uspostavljanje blago kisele reakcije, čime sprječava razvoj štetnih bakterija. Također, utječe na probavu masti, održava optimalnu razinu magnezija i sudjeluje u apsorpciji kalcija i fosfora. Mogu ju konzumirati i dijabetičari, jer se ne nagomilava u jetri. Pod utjecajem topline laktoza prelazi u laktulozu. Laktuloza pomaže rastu dobrih bifidobakterija. Ipak, određeni potrošači su zbog nedostatka enzima laktaze intolerantni na laktozu te im ona može stvarati određene probavne i druge tegobe (Tratnik, 2003.).

Proteini sirutke su puno manji od kazeina, ali je njihova biološka vrijednost bitno veća od kazeina i od drugih jestivih proteina. Proteini sirutke odlikuju se većim udjelom esencijalnih

aminokiselina, jednostavnije su građe i time lakše probavljivi. Zbog svog aminokiselinskog sastava, koji je blizu biološkog optimuma, najvrjedniji je  $\alpha$ -laktalbumin. Njegova iskoristivost u organizmu je oko 10 puta veća nego kod kazeina, zbog omjera aminokiselina cistein/metionin. Ovo svojstvo čini proteine sirutke neophodnima u prehrani dojenčadi. Cistein utječe na razvoj mozga i pomaže u funkciji nerazvijene jetre dojenčadi (Tratnik, 2003.).

**Tablica 2** Aminokiseline (g/100g proteina) kazeina i laktalbumina (Tratnik, 2003.)

Aminokiseline	Kazein	Laktalbumin	Aminokiseline	Kazein	Laktalbumin
<b>Triptofan</b>	1,3	2,2	<b>Cistein</b>	0,38	3,4
<b>Treonin</b>	4,3	5,2	<b>Metionin</b>	3,1	2,3
<b>Izolucin</b>	6,6	6,2	<b>Fenilalanin</b>	5,4	4,4
<b>Leucin</b>	10,0	12,3	<b>Tirozin</b>	5,8	3,8
<b>Lizin</b>	8,0	9,1	<b>Valin</b>	7,4	5,7

**Tablicom 2** je prikazan odnos esencijalnih aminokiselina kazeina i laktalbumina. Vidljivo je kako su određene aminokiseline zastupljenije u laktalbuminu u puno većem udjelu nego u kazeinu. Najbolji primjer je već spominjani cistein.

Odnos mineralnih tvari u sirutki je promjenjiv zbog različitih procesa u postupku proizvodnje sira. Kisela i kazeinska sirutka su osobito bogate topljivim mineralnim tvarima. Hranjiva vrijednost mineralnih tvari se smanjuje prilikom toplinske obrade sirutke. Mineralne tvari mogu utjecati na ekonomičnost prerade sirutke, jer u većim udjelima potiču probleme u samoj proizvodnji. Osim toga, mogu utjecati na okus proizvoda, ali i dovesti do pjeskovitosti ili grudičavosti. Iz ovih razloga, ponekad je potrebno provesti demineralizaciju sirutke, kako bi se spriječili ovi negativni utjecaji mineralnih tvari (Tratnik, 2003.).

Zbog imunoglobulina sirutki se pripisuju ljekovita svojstva, ali i zbog prisutnih enzima koji štite organizam od virusa i bakterija, te mogu smanjiti ili spriječiti alergijske reakcije (Tratnik, 2003.).

Problem koji se javlja prilikom toplinske obrade sirutke je mala termostabilnost proteina sirutke. Prilikom toplinske obrade na temperaturi od 85°C/30' ili 95°C/10' imunoaktivni sustav se potpuno denaturira. Stupanj i oblik promjene pojedinog proteina sirutke ovise upravo o njegovoj termostabilnosti ( $\alpha$ -laktalbumin <  $\beta$ -laktoglobulin < albumin krvnog seruma < imunoglobilini), prisutnoj količini, pH vrijednosti i udjelu Ca iona, soli i suhe tvari. Ipak, denaturacija najviše ovisi o temperaturi i trajanju toplinske obrade. Ovo svojstvo, u odnosu na kazein, se pripisuje nedostatku fosfora, većem udjelu cistina, metionina i cisteina, te manjem udjelu prolina (Tratnik, 2003.).

Termolabilnost se izostavlja u slučaju proizvodnje albuminskog sira, gdje se grušanje proteina sirutke provodi na temperaturi od 90-95°C tijekom 10-20 minuta, ali prilikom dobivanja probiotičkog napitka ili koncentrata sirutke potrebno je obratiti pozornost na ovo svojstvo (Tratnik, 2003.).

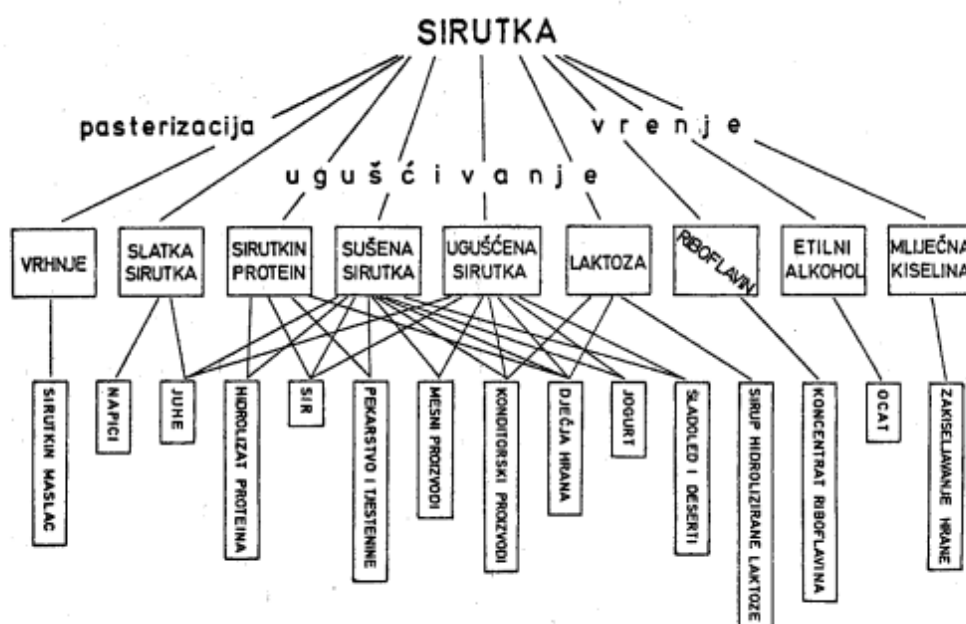
Bez obzira na tehnološke probleme, sve veći naponi se ulažu za što kvalitetnije iskorištenje slatke sirutke u prehrani ljudi. Sirutka, zbog svojih vrijednih sastojaka i sve veće raspoložive količine, predstavlja vrijednu polaznu sirovinu za razvoj brojnih biološki i nutritivno vrijednih proizvoda (Tratnik, 2003.).

Mogućnosti prerade sirutke:

- *postupcima demineralizacije* (ionska izmjena, elektrodijaliza, nanofiltracija),
- *koncentriranjem* (uparavanje, reverzna osmoza, ultrafiltracija),
- *toplinskom denaturacijom* (denaturacija proteina sirutke, koagulacija proteina slatke sirutke, koagulacija proteina kisele sirutke i koagulacija proteina ugušćene sirutke) (Lučan, 2015.).

Najznačajniji proizvodi na bazi sirutke su:

- napitci na bazi sirutke;
- proteini sirutke;
- laktoza;
- albuminski sir (Lučan, 2015.).



Slika 1 Mogućnosti uporabe sirutke (Tratnik, 2003.)

Slika 1 prikazuje brojne mogućnosti i načine iskorištenja sirutke postupcima pasterizacije, ugušćivanja i vrenja.

Napitci na bazi sirutke mogu biti bezalkoholni (fermentirani napitci, napitci u prahu, napitci slični mlijeku i dijetetski napitci) i alkoholni (sirutkino pivo i vino). Fermentirani bezalkoholni napitci dobivaju se pomoću starter kultura bakterija mliječne kiseline i probiotički spojeva, a konačan proizvod ima poželjna nutritivna i senzorska svojstva. Napitci slični mlijeku dobivaju se iz tekuće sirutke ili sirutke u prahu s obranim ili punomasnim mlijekom; mlaćenicom, odabranim biljnim uljima, hidrokolidima i emulgirajućim sredstvima. Napitci u prahu proizvode se u svrhu prehrane stanovništva, koje se nalazi u otežanim uvjetima života. Ovakvi napitci moraju se obogaćivati vitaminima i mineralima, a zbog praškaste konzistencije lako se transportiraju i skladište. Sirutka je zbog svog sastava vrlo pogodna za proizvodnju dijetetskih napitaka. Proizvodnja se može postići na nekoliko načina: dodatkom nekog sladila, dodatkom voćne baze ili dodatkom stabilizatora. Ovakvi napitci sadrže hidroliziranu laktozu, niske su energetske vrijednosti i stoga, su pogodni za široku skupinu potrošača. Sirutkino vino sadrži relativno malu količinu alkohola i uglavnom je aromatizirano voćnim aromama. Sirutkino pivo proizvodi se sa ili bez dodatka slada. Obogaćeno je mineralnim tvarima i vitaminima (Jeličić i sur., 2008.).

U novije vrijeme sve veću popularnost na tržištu imaju koncentracije proteina sirutke. Radi se o prahu koji se dobiva metodom sušenja koncentrata ili retentata nakon postupka ultrafiltracije sirutke. Ovakav proizvod sadrži od 35% do 85% proteina sirutke u suhoj tvari. Prvi koncentracije proteina sirutke sadržavali su 30-40% proteina, veće količine laktoze, masti i denaturiranih proteina. Još jedna grupa proizvoda slična koncentratu proteina sirutke su izolati proteina sirutke, koji se dobivaju postupkom ionske izmjene pri čemu u konačnom proizvodu zaostaje više od 90% proteina u suhoj tvari. Stoga, izolati sadrže puno veću količinu proteina, manje laktoze, masti i pepela nego koncentracije (Lučan,2015.).

Laktoza se, kao najzastupljenija komponenta sirutke, lakše izdvaja iz ugušćene sirutke. Ugušćena sirutka se, osim za dobivanje laktoze, koristi u proizvodnji brojnih prehrambenih proizvoda, sirutke ili laktoze u prahu. Laktoza se iz sirutke izdvaja nakon kristalizacije, a rafinacija se provodi u otopini laktoze uz istodobni dodatak aktivnog ugljena, fosfata ili drugog agensa filtracije. Nakon toga se laktoza ponovno kristalizira, odvaja suši, melje, prosijava i pakira. Laktoza se hidrolizira pomoću enzima  $\beta$ -galaktozidaze ili s kiselinom. Ovaj postupak se provodi prilikom proizvodnje sirupa od galaktoze/glukoze, zbog osoba koje su intolerantne na laktozu ili u proizvodnji sladoleda da bi se izbjegla kristalizacija laktoze i njena pješkovita tekstura (Lučan,2015.).

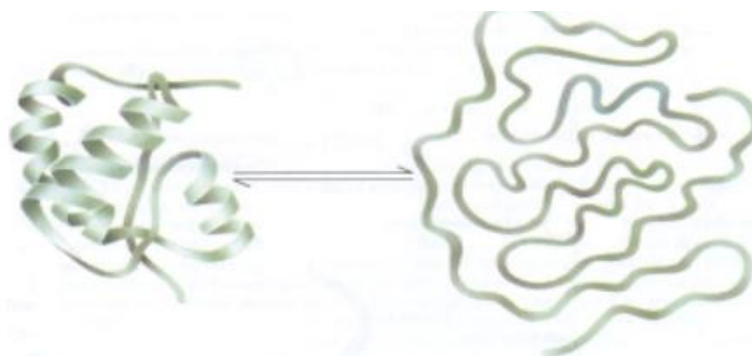
Od davnina se sirutka u domaćinstvima koristila za proizvodnju "albuminskog sira", vrlo jednostavnim postupkom postepenog zagrijavanja sirutke na visoke temperature (oko 90°C) uz povremeno miješanje. Albuminski sirevi su se najčešće proizvodili od ovčje sirutke, a konačan proizvod zvao se "Skuta". Sastav i svojstva albuminskog sira mogao se promijeniti na način da se u sirutku doda nešto mlijeka, ocat, vrhnje ili sol. Dodatak octene kiseline povećava prinos sira od oko 2,5% na 3%. Istraživanja i razvoj albuminskih sireva temeljila su se na autohtonoj Skuti. Radi se o svježem mekanom siru, slatkastog okusa, a veće biološke vrijednosti u odnosu na kazeinski svježi sir (Tratnik, 2003.). Danas se i u industriji proizvode različite vrste albuminskih sireva kao što je: Ricotta, Kavkaz, Mysost itd (Lučan,2015.).

## 2.2. ALBUMINSKI SIR

### 2.2.1. Toplinska denaturacija proteina sirutke

Zagrijavanjem sirutke kroz određeno vrijeme (optimalno pri 90-95°C, oko 10-20 minuta) postiže se denaturacija i koagulacija termolabilnih frakcija sirutkinih proteina. Koagulirani proteini sirutke mogu se tada upotrijebiti u razne prehrambene svrhe u obliku albuminskog mlijeka, proteinske mase ili albuminskog sira. Postupak koagulacije proteina sirutke slabije je ispitan nego koagulacija kazeina, što ostavlja dovoljno prostora za brojna istraživanja na ovom polju (Tratnik,1998.).

Toplinskom denaturacijom dolazi do svladavanja stabilnosti proteina sirutke i narušavanja ravnoteže sustava. Proces je popraćen izmjenom strukture molekula, hidratacije i agregatnog stanja. Denaturacijom ne dolazi do promjene u kovalentnim vezama između aminokiselina, te je proces ograničen na promjenu sekundarne i tercijarne strukture molekula proteina. S druge strane, denaturacijom proteinskih globula dolazi do odmatanja  $\alpha$ -uzvojne strukture cijepanjem veza unutar molekule. Također, cijepaju se i vodikove veze što omogućuje asocijaciju tj. udruživanje razdvojenih globula i agregaciju (nagomilavanje) molekula. Ovaj proces: denaturacija, asocijacija i agregacija naziva se koagulacija (Tratnik,1998.).



**Slika 2** Denaturacija native strukture proteina (Tratnik, 2003.)

**Slika 2** prikazuje prelazak (denaturaciju) prirodnog (nativnog) proteina u denaturirani. Strelice na slici prikazuju kako je ovaj postupak moguć i u suprotnom smjeru, tj. da može doći do reverzne (obratne) reakcije.

Da bi se spriječila reverzna denaturacija potrebno je zadržati denaturiranu strukturu, što se može postići na više načina. Jedan od načina je da se produlji trajanje toplinske obrade, što je ujedno i najbolji način. Osim toga, toplinska denaturacija se može pospješiti dodatkom



kiseline ili lužine pri čemu se mijenja pH vrijednost sredine do pH-izoelektrične točke svih frakcija proteina. Također, moguće je dodati ione kalcija ili cinka koji se vežu na površinu molekule i tako smanjuju stabilnost proteina i omogućuju koagulaciju. U cijelosti gledano, koagulacija proteina sirutke ovisi o trajanju i temperaturi zagrijavanja, koncentraciji suhe tvari, pH vrijednosti te omjeru pojedinih sastojaka sirutke (Tratnik,1998.).

### 2.2.2. Proizvodnja albuminskog sira

Proizvodnja sira od sirutke seže daleko u prošlost. Postupak proizvodnje sira od sirutke star je koliko i proizvodnja sira od mlijeka. "Skuta" je naziv za sir dobiven iz sirutke od ovčjeg mlijeka, koji se uglavnom proizvodio u domaćinstvu. U različitim se zemljama sir od sirutke razlikuje po sastavu, okusu, konzistenciji, a ta svojstva ovise o načinu proizvodnje i dodacima koji se stavljaju u sirutku prilikom proizvodnje. Tako se u Italiji tradicionalni sir od sirutke zove "Ricotta", u Njemačkoj "Ziger", u Skandinavskim zemljama "Mysost", "Primost" i "Gjetost" itd (Tratnik,1998.).



**Slika 3** Ricotta sir (tradicionalni talijanski sir od sirutke)



**Slika 4** Mysost (tradicionalni skandinavski sir od sirutke)

Autohtona proizvodnja se razlikuje od područja do područja, ali se najčešće sirutka ugušćuje kuhanjem ili se obogaćuje mlijekom (obranim ili punomasnim), te se može dobiti sir mazive do čvrste konzistencije. Sirutka se kuha uz miješanje, prilikom čega nastaje pjena, koja se odvaja i baca. Stvara se gruša, koji se odvaja cijedenjem. Cijedenje može trajati po nekoliko sati, jer je sirutka tekuća sirovina koja prvenstveno sadrži najviše vode. Nakon cijedenja sir se lagano preša. Od obrane sirutke dobiva se albuminski sir slatkastog okusa, nježne konzistencije i bijele do sivkaste boje. Sirevi od sirutke mogu biti odlična osnova u pripremi krema za kolače. Sir se može soliti uz dodatak vrhnja ili sušiti i tako čuvati za zimu (Tratnik,1998.).

Na sličan način se u industriji proizvodi "Ricotta" sir. Ovčja sirutka se zagrijava do 85 °C, zakiseljava dodatkom octene ili limunske kiseline, te se nakon koagulacije prebacuje u kalupe u kojima se cijedi. Nakon cijedenja, koje traje 4-6 sati, sir se pakira. Danas se "Ricotta" proizvodi i od mješavine sirutke i mlijeka ili od samog mlijeka (Tratnik,1998.).

Neki se sirevi poput "Mysosta" i "Gjetosta" dobivaju postupkom ugušćivanja sirutke klasičnom evaporacijom do 60% suhe tvari. Nastaje masa smečkaste boje (zbog karamelizacije laktoze), koja se prebacuje u vakumski uparivač i još jednom ugušćuje do 80-85% suhe tvari. Postupak traje sve dok se ne dobije sir željene smeđe boje i arome. Nakon toga masa se mijesi dok ne postigne teksturu sličnu maslacu. Nakon toga se stavlja u kalupe i pakira, te se može čuvati više od 6 mjeseci na temperaturi od 5°C (Tratnik,1998.).

Nove metode prerade sirutke u albuminski sir sve su veće zanimanje znanstvenika. Tako se od usitnjenih čestica koncentrata proteina mogu proizvoditi zamjene za mliječnu mast, koje se koriste za proizvodnju niskokalorične hrane kao što su kremasti ("light") sirevi (Tratnik,1998.).

## 2.3. PROIZVODNJA SIRA OD SIRUTKE NASTALE U PROCESU PROIZVODNJE FETE

U proizvodnji Feta sira nastaje sirutka, koja se može upotrijebiti za proizvodnju brojnih drugih proizvoda. U Grčkoj se sirutka dobivena u proizvodnji Fete tradicionalno koristi u proizvodnji albuminskih sireva, grčkog tipa (Anifantakis, 1991.).

### 2.3.1. Feta sir

Feta sir je tradicionalni grčki sir od ovčjeg mlijeka. U Hrvatskoj se Feta sir proizvodi od kravljeg mlijeka i ubraja se u bijele meke sireve, koji se salamure u kriškama. Tijesto Feta sira je čvrsto, glatko, kremasto, bez rupica mikrobiološkog podrijetla te bijele boje, kako u unutrašnjosti tako i na površini sira. Slanog je i mliječno-kiselkastog okusa s mirisom koji podsjeća na vrhnje. U tijestu sira se mogu pojaviti pukotine od mehaničke obrade gruša. Feta sir proizvodi se u ljetnom razdoblju postupkom sirenja svježeg mlijeka uz dodatak sirila. Sirenje se provodi nekih 50 minuta, a dobiveni gruš od svježeg mlijeka se ne reže. Na kockice se reže gruš od nakiselog mlijeka i ostavi se 5-10 minuta. Nakon toga gruš se prebacuje u kalupe ili sirne marame, gdje se cijedi. Kalupi se povremeno okreću i mogu se opteretiti nekim teretom da bi se sir dobro utisnuo u kalupe i ocijedio od sirutke. Nakon 2 do 4 sata, kada je sir dovoljno čvrst, reže se i soli. Suho soljeni sir stoji tako nekoliko dana dok se ne pojavi sluz. Sluz je bitna za razvoj okusa tijekom zrenja. Nakon toga sir se stavlja u posude i prelije salamutom ili slanom sirutkom (6-8% soli). Ovako spremljena Feta ostavi se da zrije. Zrenje u zimi traje oko 25 dana, a preko ljeta 10-15 dana. Feta je nakon zrenja spremna za uporabu i čuva se u salamuri pri 2-5°C (Tratnik, 1998.).



**Slika 5** Sirevi tipa Fete od kravljeg mlijeka proizvedeni u laboratoriju

### 2.3.2. Sirevi od sirutke Fete

Sirutka dobivena u proizvodnji Feta sira ima odlične mogućnosti za proizvodnju različitih sireva od sirutke, koji su jako popularni u Grčkoj. Najpoznatiji takvi sirevi su Mizithra, Anthotyros i Manouri.



**Slika 6** Grčki tipovi albuminskih sireva (Mizithra, Anthotyros i Manouri)

Procijenjeno je da se oko 11 700 tona sira od sirutke godišnje proizvodi i konzumira u Grčkoj. U proizvodnji ovih sireva koristi se sirutka od Fete takva kakva je ili se miješa sa sirutkom dobivenom u proizvodnji tvrdih sireva. Takva sirutka je bogatija suhom tvari, pretežito mastima i poboljšava kvalitetu samih proizvoda. Osim toga, moguće je dodati ovčje ili kozje mlijeko u sirutku s ciljem poboljšanja kvalitete sira i većeg prinosa (Anifantakis, 1991.).

Sirevi od sirutke se u Grčkoj šalju u prodaju odmah nakon proizvodnje kao meki sirevi ili se suše i dobiva se tvrdi, slani sir koji se može čuvati duže vrijeme.

Mizithra se može proizvoditi samo iz sirutke ili iz sirutke kojoj se dodaje mlijeko ili vrhnje. Ako se proizvodi iz mješavine dobiva se sir bolje kvalitete i uglavnom se konzumira svjež. Anthotyros i Manouri se isključivo proizvode iz mješavina sirutke sa mlijekom i/ili vrhnjem.

Okus sireva poboljšava veći udio masti u suhoj tvari. Više se preferira dodatak kozjeg mlijeka, nego ovčjeg, zbog dobivanja tvrdog i kompaktnijeg gruša bolje kvalitete. Tijekom proizvodnje sireva od sirutke mlijeko ili vrhnje se dodaju pri temperaturi od 60 do 65°C. Sirevi koji se konzumiraju svježi, trebaju sadržavati manje od 1% soli.

Općenito, proizvodnja sireva od sirutke započinje postupkom filtracije sirutke Feta sira, kako bi se uklonile čestice gruša. Nakon toga, profiltrirana sirutka se zagrijava uz neprestano miješanje do 85°C, a zatim do 90-95°C bez miješanja. Na temperaturi od 60-65°C, ako je potrebno, dodaje se mlijeko ili vrhnje. Održavanjem temperature na oko 90°C nastaje gruš koji se podiže i pluta na površini sirutke. Nastali gruš se prenosi u kalup u kojem se sir oblikuje, a

gruš se cijedi. Ocijeđeni sir se skladišti na temperaturi od 4°C do sljedećeg jutra, nakon čega se može pakirati i transportirati u prodaju (Anifantakis, 1991.).

Sastav sira od sirutke ovisi o sastavu i količini vlage suhe tvari sastojaka, koji su upotrijebljeni u proizvodnji. Prosječni sastav Mizithre, Anthotyrosa i Manouri sira prikazan je u **Tablici 3**.

**Tablica 3** Prosječna vrijednost prisutnih tvari (izražena u %) u albuminskim sirevima (Anifantakis, 1991.)

Sastav (%)	Manouri	Anthotyros	Mizithra	
			Meka	Sušena
Proteini	10,86	9,62	13,09	25,44
Masnoće	36,67	16,58	15,95	20,83
Laktoza	2,49	3,66	3,33	4,00
Pepeo	1,68	1,46	1,72	9,93
NaCl	0,83	-	0,82	8,66
Suha tvar	51,93	31,60	33,59	61,37
pH	5,90	6,40	6,00	4,67

Iz **Tablice 3** je vidljivo kako kako udio određenih tvari u sirevima varira. Razlog tome su dodatci (mlijeko i vrhnje), koji obogaćuju i određuju konačan sastav proizvoda. Tako je vidljivo kako Manouri sir ima najveći postotak masnoće, jer se proizvodi uz dodatak mlijeka i vrhnja, za razliku od Mizithre, koja se može proizvoditi iz same sirutke. Veliku ulogu u albuminskim sirevima ima prisutna voda, što je vidljivo iz same tablice. Sušena Mizithra ima najveći udio proteina, pepela, soli i laktoze upravo zbog procesa dehidracije, pri čemu se smanjuje udio vode, a povećava udio suhe tvari s obzirom na ukupnu masu (Anifantakis, 1991.).

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

### 3.1. ZADATAK

Zadatak ovog diplomskog rada je ispitati mogućnost iskorištenja sirutke za dobivanje albuminskih sireva grčkog tipa. Za proizvodnju albuminskih sireva upotrijebljena je sirutka, koja je dobivena u postupku proizvodnje Feta sira. Iz sirutke su proizvedena 3 tipa albuminskog sira:

- A. albuminski sir od sirutke (sir tipa Mizithra);
- B. albuminski sir od mješavine sirutke i mlijeka (sir tipa Anthotyros);
- C. albuminski sir od mješavine sirutke, mlijeka i vrhnja (sir tipa Manouri).

U sklopu diplomskog rada provedene su sljedeće analize:

- analiza sirovina (sirutka, mlijeko, vrhnje) za sirenje;
- kemijski sastav albuminskih sireva;
- pH vrijednost sireva;
- aktivitet vode u sirevima;
- organoleptičko ocjenjivanje sira (metodom bodovanja),
- te su izračunata iskorištenja osnovnih sastojaka mlijeka i prinos proizvodnje sira.

### 3.2. MATERIJAL I METODE

#### 3.2.1. Materijali

Materijali korišteni u istraživanju:

- za dobivanje sirutke:
  - svježe pasterizirano mlijeko (3,2% m.m., Meggle Hrvatska d.o.o.);
  - starter kultura FRC-60 (mezofilno-termofilna kultura sadrži *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, *Streptococcus thermophilus*; Chr. Hansen Dairy Cultures, Hørsholm, Denmark);
  - CaCl<sub>2</sub> – za pospješivanje grušanja;
  - sirilo Siris (Medimon d.o.o., jakosti 1:1000);

- ocat (9%-tna octena kiselina);
- za dobivanje albuminskog sira:
  - sirutka dobivena u proizvodnji sira tipa Fete od kravljeg mlijeka;
  - vrhnje (33,16% m.m., Meggle Hrvatska d.o.o.),
  - svježe pasterizirano mlijeko (3,2% m.m., Meggle Hrvatska d.o.o.).

### 3.2.2. Analiza sirovina

Za određivanje kemijskog sastava mlijeka i mliječnih proizvoda korišten je Milkoscan FT 120 (Foss Electric, Danska) instrument čiji rad se temelji na metodi infracrvene spektrometrije. Za određivanje pH vrijednosti mlijeka, sirutke i mliječnih proizvoda korišten je pH metar MA 235, pH/Ion Analyzer, Mettler Toledo.

### 3.2.3. Dobivanje sirutke u proizvodnji sira tipa Feta

Za proizvodnju albuminskog sira, bilo je potrebno prvo proizvesti sirutku. U sklopu ovog diplomskog rada proizveden je sir tipa Feta (**Slika 7** blok sheme) od svježeg pasteriziranog kravljeg mlijeka (3,2% m.m.), te je nakon toga slijedio postupak proizvodnje albuminskog sira iz zaostale sirutke.





**Slika 7** Blok shema proizvodnje Feta sira i dobivanje sirutke

Ukratko, nakon što je mlijeko zagrijano na 32 °C i naciepljeno dodatkom starter kulture FRC-60 (1,2 g/l), ostavljeno je da zrije 1 h uz stalno održavanje temperature.

U mlijeko je zatim dodan  $\text{CaCl}_2$  (1,125 g/l) i sirilo (15 ml/l), dobro je homogenizirano i ostavljeno da gruša.

Nakon sat vremena je provedena provjera čvrstoće gruša pomoću 1. mljekareve probe.

Nakon što je grušanje završeno, gruš se rezao na kockice dimenzija 2 cm, te se povremeno promiješao kako bi se što više otpustila sirutka.

Kada je gruš dovoljno čvrst, a sirutka poprimila zelenkastu boju, slijedilo je cijedenje sirne mase, a odvojena sirutka (**Slika 8**) se koristila za proizvodnju albuminskog sira.



**Slika 8** Sirutka zaostala nakon odvajanja gruša u proizvodnji Feta sira

Proizvodnjom sira tipa Feta dobiveno je 11 l sirutke. Sirutka je zagrijana na 52 °C, kako bi se deaktivirala kultura. Nakon toga sirutka je ohlađena i kratko čuvana u hladnjaku do proizvodnje albuminskih sireva.

### 3.2.4. Laboratorijska proizvodnja albuminskih sireva

U ovom radu su proizvedene tri vrste albuminskog sira grčkog tipa: sirevi tipa Mizithra, Anthotyros i Manouri. Za proizvodnju navedenih albuminskih sireva potreban je sljedeći pribor: posude za grušanje, električni grijač, termometar, cjedilo, sirarske marame.

Sir tipa Mizithra (sir A) je proizveden od sirutke zaostale nakon proizvodnje sira tipa Feta od kravljeg mlijeka, dok su u sireve tipa Anthotyros (sir B) i Manouri (sir C) dodani mlijeko, odnosno mlijeko i vrhnje, prema **Tablici 4**.

**Tablica 4** Sirovine i omjeri mješavina u proizvodnji albuminskih sireva

SIROVINE/SIR OD SIRUTKE		SIR A	SIR B	SIR C
Sirutka	udio u smjesi (%)	100	60	60
	volumen (L)	5,7	2,7	2,7
Mlijeko	udio u smjesi (%)	-	40	20
	volumen (L)	-	1,8	0,9
Vrhnje	udio u smjesi (%)	-	-	20
	volumen (L)	-	-	0,9
ukupni volumen (L)		5,7	4,5	4,5

Legenda: A – sir tipa Mizithra (albuminski sir od sirutke), B – sir tipa Anthotyros (albuminski sir od sirutke i mlijeka), C – sir tipa Manouri (albuminski sir od sirutke, mlijeka i vrhnja)

Prije početka proizvodnje izmjerena je pH vrijednost i analiziran sastav svih sirovina i mješavina koji ulaze u proizvodnju sireva. Prije same proizvodnje sireva vrhnje je pasterizirano na temperaturi od 63 °C tijekom 30 min.

Za proizvodnju navedenih albuminskih sireva sirutka je najprije zagrijana na 65 °C. Nakon toga je za proizvodnju sira B umiješano mlijeko, a za proizvodnju C mlijeko i vrhnje (prema **Tablici 4**), dok se sir A proizvodio samo od sirutke. Sirutka, odnosno smjese su potom, uz povremeno miješanje, zagrijane na temperaturu 90°C, koja je održavana 30 minuta, kako bi se izdvojio albuminski gruš.



**Slika 9** Zagrijavanje sirutke i održavanje temperature

Nakon grušanja sadržaj posude je prebačen u cijedila obložena vlažnom sirnom maramom i ostavljen da se sirni gruš ocijedi pod vlastitom masom.



**Slika 10** Cijedenje sira od sirutke (SIR A)



**Slika 11** Cijeđenje sira od sirutke i mlijeka (SIR B)



**Slika 12** Cijeđenje sira od sirutke, mlijeka i vrhnja (SIR C)

Vrijeme cijeđenja gruša je bilo vrlo različito. Najmanje vrijeme cijeđenja je imao sir A, zbog rahlijeg i sušeg gruša. Najduže vrijeme (tijekom noći u hladnjaku) se cijedio gruša C sira, koji je bio mek i nježan zbog veće količine mliječne masti. Tijekom cijeđenja sira A i sira B gruša je povremeno pritisnut, kako bi se izdvojilo što više sirutke. Sirutki koja je zaostala nakon cijeđenja izmjerena je pH vrijednost.



**Slika 13** Sir A i sir B gotovo u potpunosti ocijeđeni i zamotani u sirnu maramu

Nakon što su se sirevi ocijedili, pažljivo su izvađeni iz kalupa i odmotani iz sirne marame. Provedeno je suho soljenje s NaCl-om u udjelu od 1% s obzirom na ukupnu masu pojedinog sira.



**Slika 14** Sir A (sir tipa Mizithra)



**Slika 15** Sir B (sir tipa Anthotyros)



**Slika 16** Sir C (sir tipa Manouri)

Ovako dobiveni svježi albuminski sirevi spremni su za konzumaciju, te se ne mogu dugo čuvati.

### 3.2.5. Iskorištenje i prinos sira

Nakon proizvodnje izračunat je randman (prinos) albuminskih sireva prema formuli:

$$R_s = \frac{m_s}{m_{\text{sirovina}}} * 100 [\%] \quad (1)$$

gdje je:

$R_s$  (%) – masa sira u gramima proizvedena iz 100 ml sirovine za sirenje;

$m_s$  (g) – masa dobivenog albuminskog sira;

$m_{\text{sirovina}}$  (g) – masa sirovina.

Osim na masu sirovina, prinos sira izračunat je i u odnosu na masu suhe tvari, proteina te masti u sirovini:

$$R_{s.t} = \frac{m_s}{m_{s.t./sirovina}} [kg/kg] \quad (2)$$

$$R_p = \frac{m_s}{m_{p./sirovina}} [kg/kg] \quad (3)$$

$$R_{mm} = \frac{m_s}{m_{m.m./sirovina}} [kg/kg] \quad (4)$$

gdje su:

$R_{s.t}$  [kg/kg]- masa sira proizvedena iz jedinice mase suhe tvari u sirovini za sirenje;

$R_p$  [kg/kg]- masa sira proizvedena iz jedinice mase proteina u sirovini za sirenje;

$R_{m,m}$  [kg/kg]- masa sira proizvedena iz jedinice mase mliječne masti u sirovini za sirenje;

$m_s$  [kg] – masa dobivenog sira;

$m_{s,t/sirovina}$  [kg]- masa suhe tvari u sirovini za sirenje;

$m_{p/sirovina}$  [kg]- masa proteina u sirovini za sirenje;

$m_{m,m/sirovina}$  [kg]- masa mliječne masti u sirovini za sirenje.

Iskorištenost sastojaka sirovine za sirenje u siru se može odrediti kada su poznate koncentracije sastojaka u izvornoj sirovini i konačnom proizvodu:

$$I_{mm/S} = \frac{m_s w_{mm/S}}{m_{sirovina} w_{mm/sirovina}} * 100[\%] \quad (5)$$

$$I_{p/S} = \frac{m_s w_{p/S}}{m_{sirovina} w_{p/sirovina}} * 100[\%] \quad (6)$$

$$I_{s,t/S} = \frac{m_s w_{s,t/S}}{m_{sirovina} w_{s,t/sirovina}} * 100[\%] \quad (7)$$

gdje su:

$I_{mm/S}$  [%]- iskorištenost mliječne masti u siru;

$I_{p/S}$  [%]- iskorištenost proteina u siru;

$I_{s,t/S}$  [%]- iskorištenost suhe tvari u siru;

$w_{m,m/sirovina}$  [kg]- maseni udio mliječne masti u sirovini za sirenje;

$w_{p/sirovina}$  [kg]- maseni udio proteina u sirovini za sirenje;

$w_{s,t/sirovina}$  [kg]- maseni udio suhe tvari u sirovini za sirenje;

$w_{m,m/S}$  [kg]- maseni udio mliječne masti u siru;

$w_{p/S}$  [kg]- maseni udio proteina u siru;

$w_{s,t/S}$  [kg]- maseni udio suhe tvari u siru.

### 3.2.6. Određivanje fizikalno-kemijskih svojstava sira

#### Kemijski sastav

Kemijski sastav određivan je prema uobičajenoj metodi za određivanje sastava polutvrdih i tvrdih sireva. Sastav sireva je određivan na uređaju FoodScan™ Dairy Analyser (Foss, Danska). Mjerno tijelo uređaja je napunjeno do vrha (100-150 g sira) i postavljeno u komoru za uzorke. Komora je zatvorena i pokrenut uređaj. Na uređaju su očitani udjeli vode, proteina, mliječne masti i soli u siru. Na osnovi njih su izračunati udjeli suhe tvari, masti u suhoj tvari, bezmasne tvari i vode u bezmasnoj tvari sira.



Slika 17 Food Scan™ Lab

#### pH vrijednost

Pomoću pH metra (3210, WTW, elektroda: ubodna: Blue Line 21 i Schott) ispitivana je pH vrijednost sireva, prema službenoj metodi AOAC 962.19. 10 grama sira je usitnjeno i razrijeđeno u 100 mL destilirane vode. Sadržaj se homogeniziran na magnetnoj miješalici te je u njega uronjena elektroda i određena je pH vrijednost.





Slika 18 pH metar (Blue Line 21 i Schott)

### Aktivitet vode

Uređajem RotronicHygrolab 3 (Rotronic AG, Bassersdorf, Switzerland) određen je aktivitet vode ( $a_w$ ). Mala količina sira stavljena je u perforirane plastične kalupe, te je na nju postavljen uređaj. Aktivitet vode je određen pri sobnoj temperaturi.



Slika 19 RotronicHygrolab 3

### 3.2.7. Senzorska analiza

Senzorska analiza je znanstvena disciplina, koja tumači reakcije na značajke hrane koje se opažaju osjetilom mirisa, okusa, vida i sluha (Mandić i Perl, 2006.).

Senzorska svojstva na temelju kojih se određuju svojstva sireva:

- aroma: miris i okus
- tekstura: šupljikavost, zrnatost, kompaktnost
- izgled površine: kora, hrapavost/glatkoća, boja i oblik.

### **Metoda bodovanja**

Za ocjenu kakvoće gotovih proizvoda, koristila se senzorska metoda bodovanja. Pomoću ove metode određuje se u kojoj mjeri svojstva ispitivanog proizvoda zadovoljavaju postavljene zahtjeve. Ova metoda zahtjeva da prethodno odaberu svojstva koja su važna za kvalitetu proizvoda, te se definira broj bodova za svako svojstvo s obzirom na njegovu važnost za ukupnu kvalitetu proizvoda (**Prilog 1**). Svako svojstvo ocjenjuje se skalom od 1 do 5 (**Prilog 2**), a nedostatak takve procjene korigira se faktorom značajnosti. Na osnovi ukupnog broja bodova, proizvodima se dodjeljuje kategorija kakvoće prema **Prilogu 3**.

### **3.2.8. Statistička obrada rezultata**

Svi rezultati su obrađeni u programima Excel 2013 (Microsoft) i XLStat 2015 (Addinsoft) i prikazani kao srednja vrijednost ponavljanja  $\pm$  standardna devijacija. Provedene su analiza varijacije (one-way ANOVA) i potom Fischerov LSD test najmanje značajne razlike dobivenih rezultata, te multitrivijalna analiza (Pearsonova korelacijska matrica s nivoima značajnosti od 5%) podataka dobivenih ispitivanjem kemijskih i senzorskih svojstava.



## **4. REZULTATI I RASPRAVA**

#### 4.1. REZULTATI ANALIZE SIROVINA

Kemijski sastav i kiselost mlijeka, vrhnja i sirutke (**Tablica 5**) korištenih u ovom radu je u rangu normalnih prirodnih vrijednosti, s vrlo malim odstupanjima ( $SD=0,00-0,07$ ).

**Tablica 5** Osnovni sastav i kiselost sirovina za proizvodnju albuminskih sira

sastojak (%)/svojstvo	mlijeko	vrhnje	sirovina A	sirovina B	sirovina C
			sirutka	S+M	S+M+V
<b>MAST</b>	3,73±0,02 <sup>c</sup>	33,16±0,00 <sup>a</sup>	0,44±0,02 <sup>e</sup>	1,76±0,01 <sup>d</sup>	7,64±0,01 <sup>b</sup>
<b>PROTEINI</b>	3,04±0,05 <sup>a</sup>	0,95±0,00 <sup>e</sup>	1,74±0,01 <sup>d</sup>	2,26±0,03 <sup>b</sup>	1,84±0,02 <sup>c</sup>
<b>SUHA TVAR</b>	13,27±0,05 <sup>c</sup>	43,62±0,01 <sup>a</sup>	7,96±0,05 <sup>e</sup>	10,08±0,05 <sup>d</sup>	16,15±0,04 <sup>b</sup>
<b>VODA</b>	86,73±0,05 <sup>c</sup>	56,38±0,01 <sup>e</sup>	92,04±0,05 <sup>a</sup>	89,92±0,05 <sup>b</sup>	83,85±0,04 <sup>d</sup>
<b>BMST</b>	9,54±0,07 <sup>b</sup>	10,46±0,01 <sup>a</sup>	7,52±0,02 <sup>e</sup>	8,33±0,04 <sup>d</sup>	8,51±0,03 <sup>c</sup>
<b>pH</b>	6,71±0,00 <sup>a</sup>	6,70±0,00 <sup>a</sup>	5,74±0,01 <sup>d</sup>	6,27±0,02 <sup>b</sup>	6,23±0,01 <sup>c</sup>

Podaci prikazuju srednje vrijednosti ( $\pm SD$ ) tri ponavljanja. <sup>abc</sup>Vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike. *Legenda*: **BMST**-bezmasna suha tvar, **S+M**-mješavina sirutke i mlijeka (60:40), **S+M+V**- mješavina sirutke, mlijeka i vrhnja (60:20:20)

Iz podataka prikazanih u **Tablici 5** vidljivo je da je sirutka i mješavine pripremljene za proizvodnju albuminskih sireva imaju statistički značajno različite udjele masti, proteina i suhe tvari, što je utjecalo i na kemijski sastav konačnog proizvoda. Sirutka koja je korištena za proizvodnju sira A, imala je vrlo nizak udio mliječne masti (0,44%), u usporedbi s mješavinom sirutke i mlijeka (1,76%), a posebice sirutke, mlijeka i vrhnja (7,64%). To je, uz udio suhe tvari, osnovna razlika u kemijskom sastavu sirovina za proizvodnju različitih vrsta sireva. Također, se može vidjeti da je pH vrijednost sirutke (5,74) znatno niža od vrijednosti ostalih sirovina (6,23-6,27), budući da je sirutka dobivena u procesu proizvodnje sira tipa Feta, u kojem su bakterije iz mezofilno-termofine starter kulture proizvele određenu količinu kiseline.

## 4.2. KEMIJSKI SASTAV ALBUMINSKIH SIREVA

Osnovni kemijski sastav, pH i  $a_w$  proizvedenih albuminskih sireva prikazuje **Tablica 6**.

**Tablica 6** Fizikalno-kemijska svojstva proizvedenih albuminskih sireva

sastojak (%) / svojstvo	sir A	sir B	sir C
<b>MAST</b>	6,62 ± 0,00 <sup>c</sup>	11,31 ± 0,05 <sup>b</sup>	32,66 ± 0,53 <sup>a</sup>
<b>PROTEINI</b>	13,60 ± 0,22 <sup>a</sup>	13,43 ± 0,01 <sup>a</sup>	5,62 ± 0,09 <sup>b</sup>
<b>SUHA TVAR</b>	28,70 ± 0,09 <sup>c</sup>	30,71 ± 0,00 <sup>b</sup>	43,57 ± 0,09 <sup>a</sup>
<b>VODA</b>	71,31 ± 0,09 <sup>a</sup>	69,30 ± 0,00 <sup>b</sup>	56,44 ± 0,09 <sup>c</sup>
<b>SOL</b>	1,39 ± 0,06 <sup>a</sup>	1,20 ± 0,10 <sup>a</sup>	1,10 ± 0,20 <sup>a</sup>
<b>MAST U SUHOJ TVARI</b>	23,05 ± 0,05 <sup>c</sup>	36,82 ± 0,17 <sup>b</sup>	74,96 ± 1,37 <sup>a</sup>
<b>BMT</b>	93,39 ± 0,00 <sup>a</sup>	88,70 ± 0,05 <sup>b</sup>	67,35 ± 0,53 <sup>c</sup>
<b>VODA U BMT</b>	76,36 ± 0,09 <sup>c</sup>	78,13 ± 0,04 <sup>b</sup>	83,81 ± 0,79 <sup>a</sup>
<b>pH</b>	6,04 ± 0,01 <sup>c</sup>	6,63 ± 0,01 <sup>a</sup>	6,61 ± 0,00 <sup>b</sup>
<b><math>a_w</math></b>	0,969 ± 0,002 <sup>b</sup>	0,973 ± 0,002 <sup>ab</sup>	0,975 ± 0,000 <sup>a</sup>

Podaci prikazuju srednje vrijednosti ( $\pm$ SD) tri ponavljanja.<sup>abc</sup>Vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike. *Legenda*: **BMT** – bezmasna tvar, **A** – sir tipa Mizithra (albuminski sir od sirutke), **B** – sir tipa Anthotyros (albuminski sir od sirutke i mlijeka), **C** – sir tipa Manouri (albuminski sir od sirutke, mlijeka i vrhnja)

Budući da su ove tri vrste sireva proizvedene od različitih mješavina sirutke i/ili mlijeka i vrhnja, očekivana je i značajna razlika u kemijskom sastavu. Ovi sirevi se statistički značajno razlikuju u gotovo svim ispitivanim svojstvima (udio masti, vode, suhe tvari, masti u suhoj tvari). Jedino udio soli u konačnom proizvodu pokazuje približne vrijednosti (1,10-1,39%), budući da su sve vrste sireva soljene dodatkom 1% soli na masu gruša.

Najviši udio masti ima sir C, proizveden iz mješavine sirutke, mlijeka i vrhnja (60:20:20). Njegova vrijednost je iznosila čak 32,66%, odnosno vrijednost udjela masti u suhoj tvari je 74,96% pa se ovaj sir može deklarirati prema Pravilniku o sirevima i proizvodima od sira (**Prilog 4**) kao ekstramasni. Sir B, proizveden od mješavine sirutke i mlijeka (60:40) sadrži 11,31% masti, odnosno 36,82% masti u suhoj tvari, te se deklarira kao masni; dok sir A proizveden samo iz sirutke sadrži svega 6,62% masti, odnosno 23,05% masti u suhoj tvari pa ga se može svrstati u polumasne sireve.

Postoji statistički značajna pozitivna korelacija (**Tablica 7**) između masenog udjela masti u polaznoj sirovini i masenog udjela masti (1,000) i suhe tvari (0,999) u siru.

Sirevi A i B sadrže statistički značajno veće udjele proteina od sira C, što je opet posljedica veće količine masti u siru C, a koja potječe iz vrhnja dodanog u sirutku za koagulaciju.

**Tablica 7** Pearsonova korelacijska matrica podataka dobivenih ispitivanjem kemijskog sastava sirovina i sira

varijable	osnovni sastav sira										
	w(mm)	w(p)	w(s.t.)	w(H <sub>2</sub> O)	w(sol)	w(mm/s.t.)	w(BMT)	w(H <sub>2</sub> O/BMT)	pH	a <sub>w</sub>	
osnovni sastav mješavina	w(mm)	<b>1,000</b>	-0,988	<b>0,999</b>	<b>-0,999</b>	-0,867	0,996	<b>-1,000</b>	<b>0,998</b>	0,612	0,857
	w(p)	-0,164	0,310	-0,208	0,208	-0,352	-0,075	0,164	-0,104	0,682	0,370
	w(s.t.)	0,997	-0,973	0,992	-0,992	-0,904	<b>1,000</b>	-0,997	<b>1,000</b>	0,673	0,895
	w(voda)	-0,997	0,973	-0,992	0,992	0,904	<b>-1,000</b>	0,997	<b>-1,000</b>	-0,673	-0,895
	w(BMST)	0,763	-0,657	0,734	-0,734	-0,984	0,818	-0,763	0,801	0,977	0,988
pH	0,586	-0,457	0,549	-0,549	-0,913	0,655	-0,586	0,633	<b>1,000</b>	0,921	
osnovni sastav sira	w(mm)	<b>1</b>	-0,989	<b>0,999</b>	<b>-0,999</b>	-0,866	0,996	<b>-1,000</b>	<b>0,998</b>	0,610	0,856
	w(p)		<b>1</b>	-0,994	0,994	0,780	-0,971	0,989	-0,978	-0,484	-0,768
	w(s.t.)			<b>1</b>	<b>-1,000</b>	-0,842	0,991	<b>-0,999</b>	0,995	0,574	0,832
	w(H <sub>2</sub> O)				<b>1</b>	0,842	-0,991	<b>0,999</b>	-0,995	-0,574	-0,832
	w(sol)					<b>1</b>	-0,907	0,866	-0,894	-0,925	<b>-1,000</b>
	w(mm/s.t.)						<b>1</b>	-0,996	<b>1,000</b>	0,678	0,898
	w(BMT)							<b>1</b>	<b>-0,998</b>	-0,610	-0,856
	w(H <sub>2</sub> O/BMT)								<b>1</b>	0,656	0,885
	pH									<b>1</b>	0,932
	a <sub>w</sub>										<b>1</b>

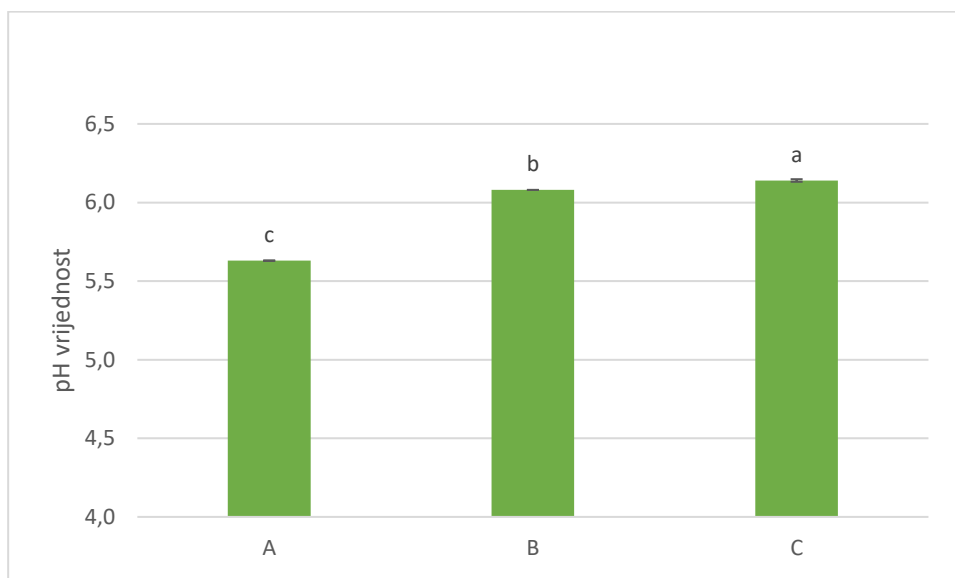
Podobljane vrijednosti su statistički značajne na nivou značajnosti  $p < 0,05$

Kako je i očekivano, udio suhe tvari je najveća kod sira C, a najmanja kod sira A, a obrnuto je sa bezmasnom tvari, čiji je udjel najveći u siru A, a najmanji u siru C. Ove razlike su i statistički značajne.

Sir A ima najveći udio soli, a sukladno tome najmanji aktivitet vode, jer sol pospješuje istjecanje vode iz sira. Uočena je statistički značajna negativna korelacija između masenog udjela soli u siru i aktiviteta.

pH vrijednost sira najniža u siru proizvedenom samo od sirutke – sirovine s najnižom vrijednošću pH. Ove dvije vrijednosti pokazuju pozitivnu statistički značajnu korelaciju (1,000).

**Slika 20** predstavlja pH vrijednosti zaostale sirutke nakon cijedenja albuminskih sireva. Vidljivo je da sirutka zaostala kod proizvodnje sira C, od mješavine s najvećim udjelom dodataka u smjesi za sirenje ima i najvišu vrijednost.



Podaci prikazuju srednje vrijednosti ( $\pm$ SD) tri ponavljanja. <sup>abc</sup>Vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike. *Legenda:* **A** – sir tipa Mizithra (albuminski sir od sirutke), **B** – sir tipa Anthotyros (albuminski sir od sirutke i mlijeka), **C** – sir tipa Manouri (albuminski sir od sirutke, mlijeka i vrhnja)

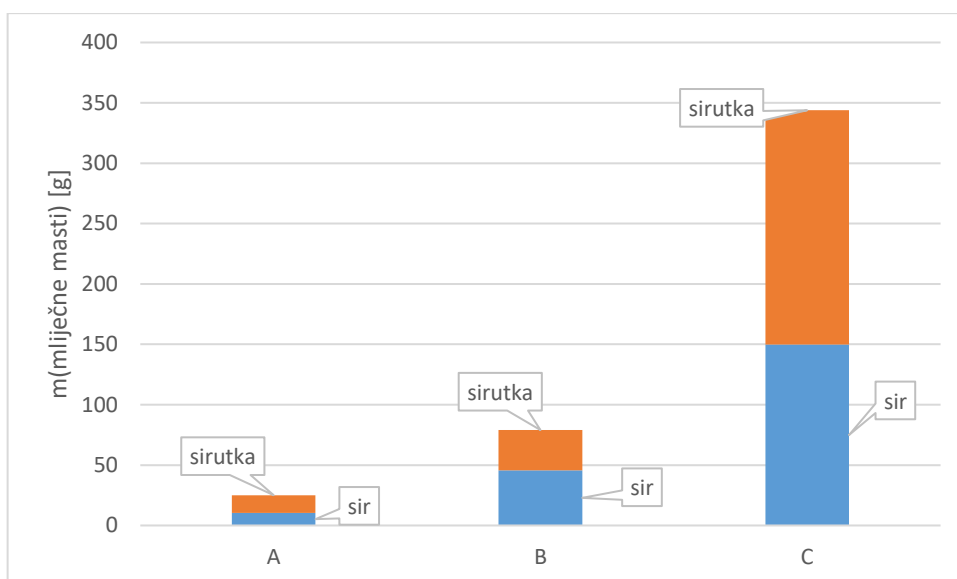
**Slika 20** pH vrijednosti zaostale sirutke nakon izdvajanja gruša albuminskih sireva

### 4.3. ISKORIŠTENJE I PRINOS SIRA

#### 4.3.1. Raspodjela sastojaka iz sirovine između albuminskog sira i zaostale sirutke

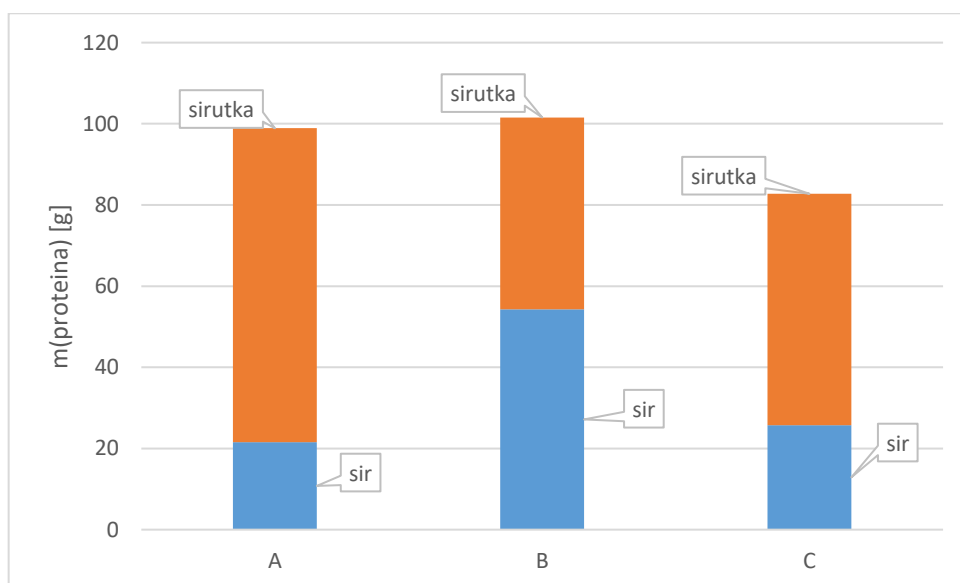
**Slika 21** prikazuje raspodjelu ukupne mliječne masti iz sirovine između sira i zaostale sirutke. Najviše mliječne masti je prešlo u sir B (45,72 g od ukupnih 79,02 g). Velike količine mliječne masti zaostale su u sirutki kod sira C, čak 194,05 g od ukupnih 343,89 g.





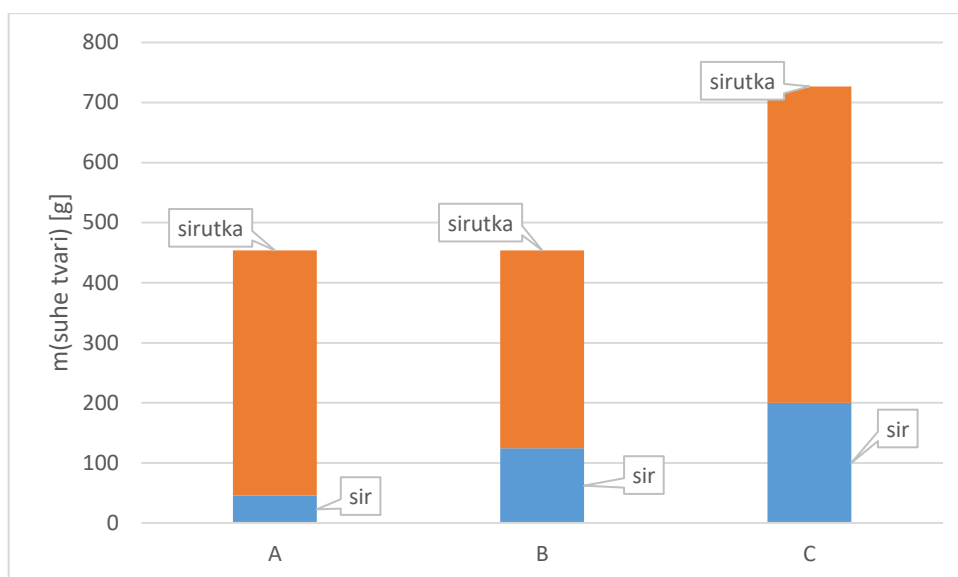
*Legenda:* **A** – sir tipa Mizithra (albuminski sir od sirutke), **B** – sir tipa Anthotyros (albuminski sir od sirutke i mlijeka), **C** – sir tipa Manouri (albuminski sir od sirutke, mlijeka i vrhnja)

**Slika 21** Raspodjela mliječne masti u siru i sirutci



*Legenda:* **A** – sir tipa Mizithra (albuminski sir od sirutke), **B** – sir tipa Anthotyros (albuminski sir od sirutke i mlijeka), **C** – sir tipa Manouri (albuminski sir od sirutke, mlijeka i vrhnja)

**Slika 22** Raspodjela proteina u siru i sirutci



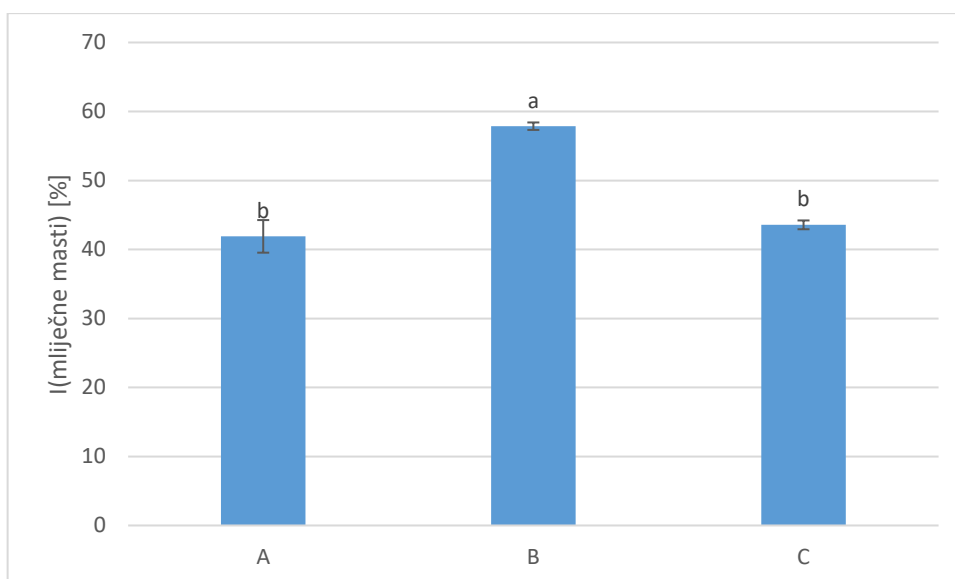
*Legenda:* **A** – sir tipa Mizithra (albuminski sir od sirutke), **B** – sir tipa Anthotyros (albuminski sir od sirutke i mlijeka), **C** – sir tipa Manouri (albuminski sir od sirutke, mlijeka i vrhnja)

**Slika 23** Raspodjela suhe tvari u siru i sirutci

Slična situacija vidljiva je i na **Slikama 22 i 23**. U sir B je prešla veća količina proteina (54,32 g od ukupnih 101,57 g), dok kod sireva A i C to nije bio slučaj. Veće količine proteina zadržale su se u sirutci, pa je tako kod sira A samo 21,54 g proteina prešlo u sir od ukupnih 98,90 g, a kod sira C je čak 56,99 g proteina ostalo neiskorišteno. Sir C sadrži najveću količinu suhe tvari, što je očekivano s obzirom na polaznu sirovinu (sirutku, mlijeko i vrhnje), ipak od ukupno 726,93 g u C sir prešlo je 199,90 g. Vrlo mali udio suhe tvari rasporedio se u sireve A i B, što je vidljivo na **Slici 23**.

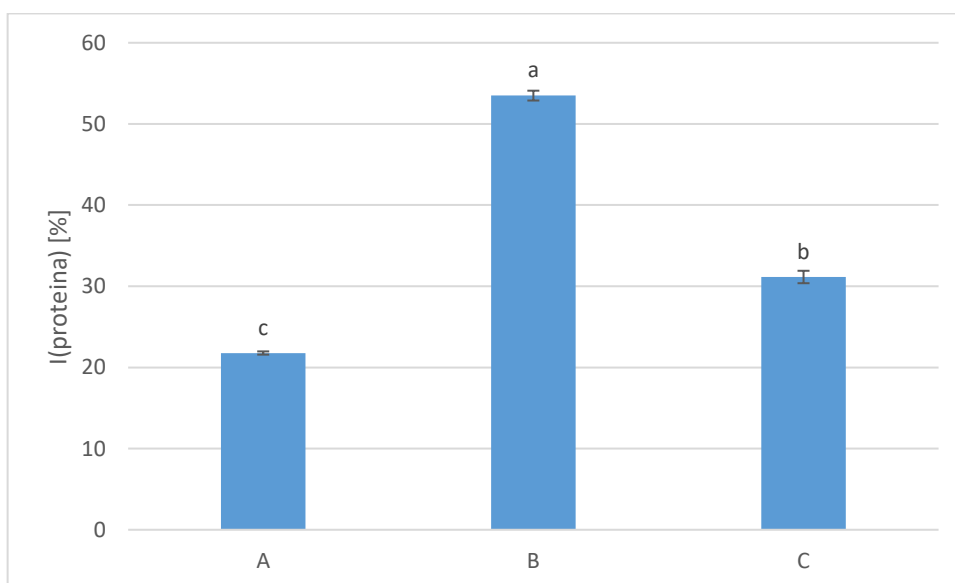
#### 4.3.2. Iskorištenje osnovnih sastojaka

**Slike 24, 25 i 26** prikazuju iskorištenje sastojaka (mliječne masti, proteina i suhe tvari). Ukupno gledajući sva tri sira, najbolje iskorištenje sastojaka prisutno je kod sira B. Najveće razlike u sirevima vidljive su na **Slici 25** kod iskorištenja proteina, te su sve vrijednosti statistički značajno različite (prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike). Iskorištenje suhe tvari (**Slika 26**) je veće od 25 % kod sireva B i C, te nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ), a manje od 10% kod sira A, koji se i statistički značajno razlikuje od sireva B i C.



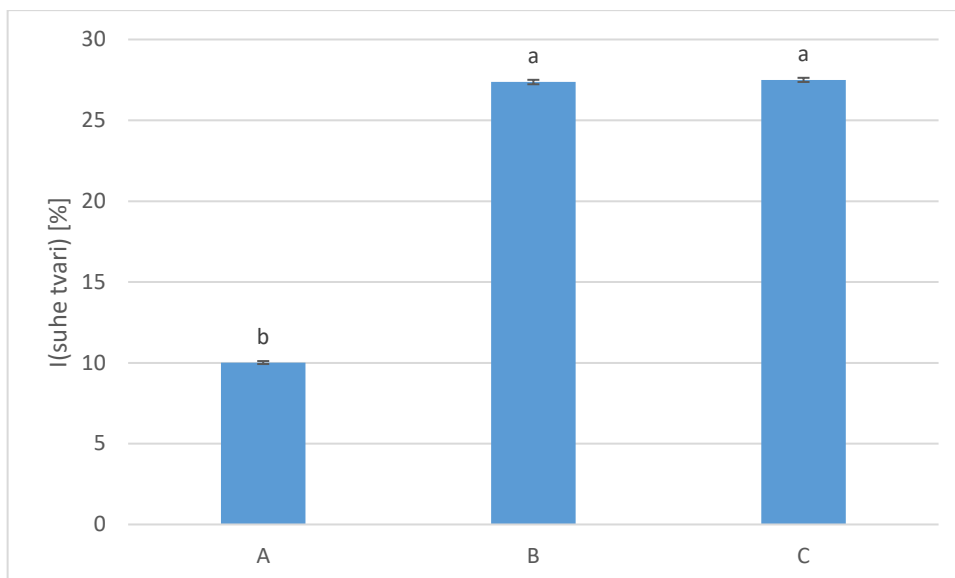
Podaci prikazuju srednje vrijednosti ( $\pm$ SD) tri ponavljanja. <sup>abc</sup>Vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike. *Legenda:* **A** – sir tipa Mizithra (albuminski sir od sirutke), **B** – sir tipa Anthotyros (albuminski sir od sirutke i mlijeka), **C** – sir tipa Manouri (albuminski sir od sirutke, mlijeka i vrhnja)

**Slika 24** Iskorištenje mliječne masti



Podaci prikazuju srednje vrijednosti ( $\pm$ SD) tri ponavljanja. <sup>abc</sup>Vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike. *Legenda:* **A** – sir tipa Mizithra (albuminski sir od sirutke), **B** – sir tipa Anthotyros (albuminski sir od sirutke i mlijeka), **C** – sir tipa Manouri (albuminski sir od sirutke, mlijeka i vrhnja)

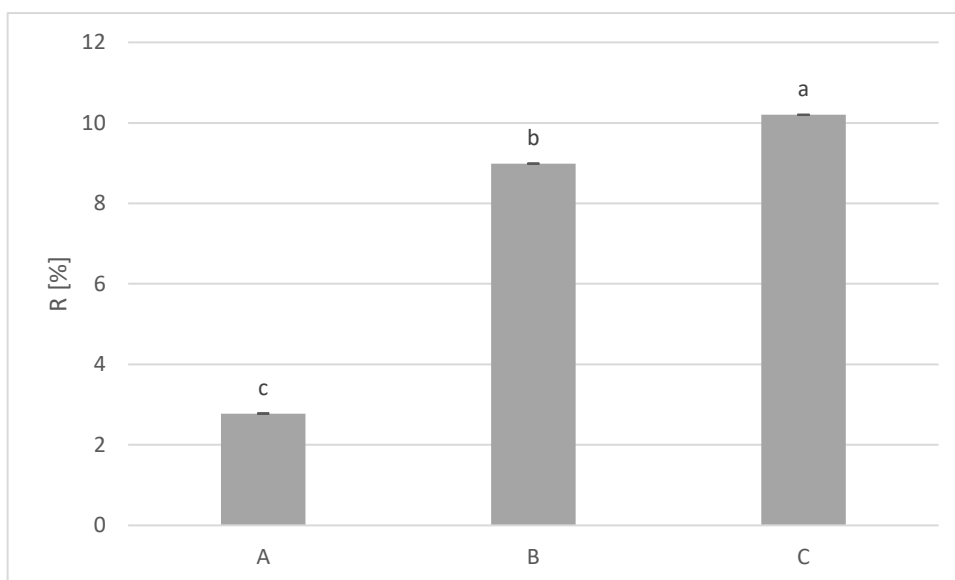
**Slika 25** Iskorištenje proteina



Podaci prikazuju srednje vrijednosti ( $\pm$ SD) tri ponavljanja. <sup>abc</sup>Vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike. *Legenda:* **A** – sir tipa Mizithra (albuminski sir od sirutke), **B** – sir tipa Anthotyros (albuminski sir od sirutke i mlijeka), **C** – sir tipa Manouri (albuminski sir od sirutke, mlijeka i vrhnja)

**Slika 26** Iskorištenje suhe tvari

#### 4.3.3. Prinos sira

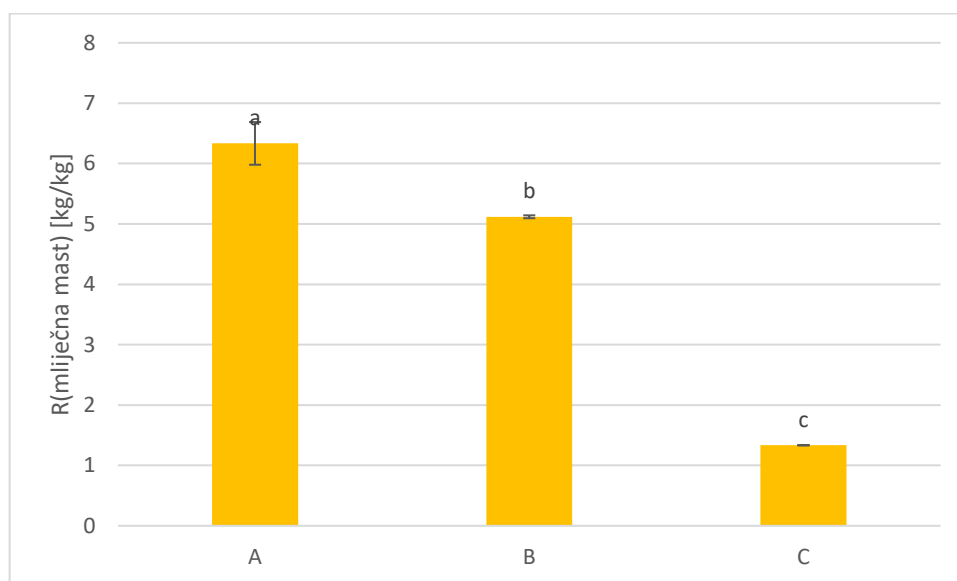


Podaci prikazuju srednje vrijednosti ( $\pm$ SD) tri ponavljanja. <sup>abc</sup>Vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike. *Legenda:* **A** – sir tipa Mizithra (albuminski sir od sirutke), **B** – sir tipa Anthotyros (albuminski sir od sirutke i mlijeka), **C** – sir tipa Manouri (albuminski sir od sirutke, mlijeka i vrhnja)

**Slika 27** Prinos sira s obzirom na masu polazne sirovine

Prinos sira i prinos sira s obzirom na udio mliječne masti, proteina, te suhe tvari u sirovini za sirenje prikazan je **Slikama 27, 28, 29 i 30**.

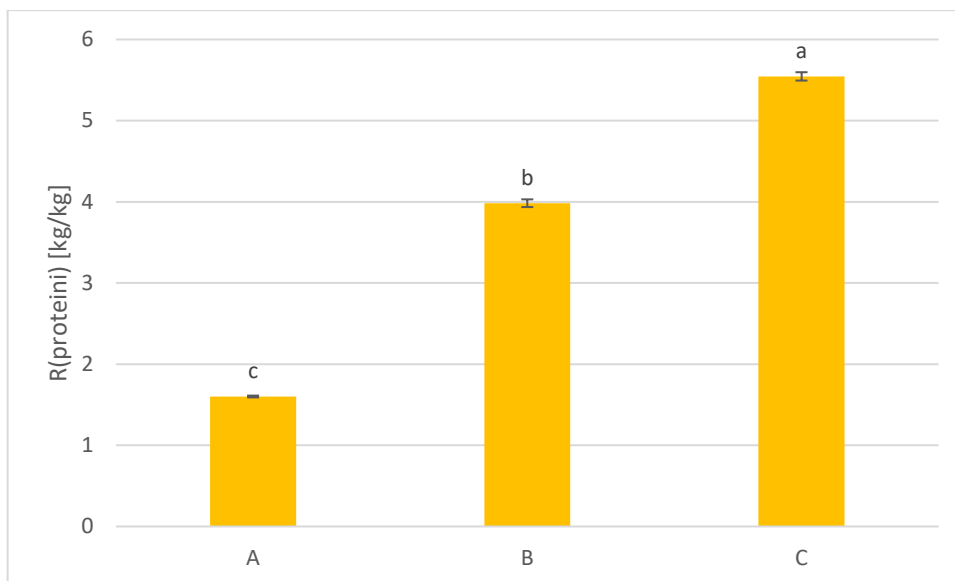
Prinos sira s obzirom na masu polazne sirovine je najveći kod sira C, a najmanji kod sira A, a sve vrijednosti su statistički značajno različite. S obzirom da je polazna sirovina za sir C sadržavala najveći udio masti, a time i suhe tvari ovi su rezultati i očekivani. Postoji statistički značajna pozitivna korelacija između masenog udjela bezmasne suhe tvari polazne sirovine i prinosa sira (**Tablica 8; 1,000**).



Podaci prikazuju srednje vrijednosti ( $\pm$ SD) tri ponavljanja.<sup>abc</sup>Vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike. *Legenda:* **A** – sir tipa Mizithra (albuminski sir od sirutke), **B** – sir tipa Anthotyros (albuminski sir od sirutke i mlijeka), **C** – sir tipa Manouri (albuminski sir od sirutke, mlijeka i vrhnja)

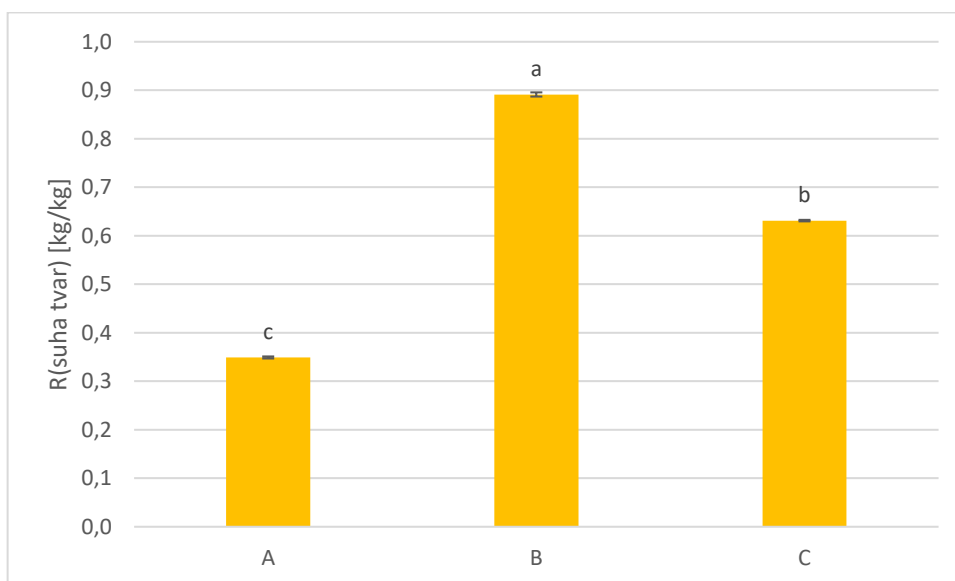
**Slika 28** Prinos sira s obzirom na količinu mliječne masti u sirovini

**Slika 28** prikazuje prinos sira s obzirom na mliječnu mast u polaznoj sirovini, te je vidljivo da najveći prinos ima sir A, a najmanju sir C, te se i također statistički razlikuju. Sir C je u polaznoj sirovini imao najveću količinu mliječne masti, ali u usporedbi s ranijim podacima ovi rezultati su očekivani, jer je veći udio mliječne masti zaostao u sirutki prilikom proizvodnje C sira i samo je nešto više od 40% mliječne masti iskorišteno (**Slika 24**).



Podaci prikazuju srednje vrijednosti ( $\pm$ SD) tri ponavljanja.<sup>abc</sup>Vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike. *Legenda:* **A** – sir tipa Mizithra (albuminski sir od sirutke), **B** – sir tipa Anthotyros (albuminski sir od sirutke i mlijeka), **C** – sir tipa Manouri (albuminski sir od sirutke, mlijeka i vrhnja)

**Slika 29** Prinos sira s obzirom na količinu proteina u sirovini



Podaci prikazuju srednje vrijednosti ( $\pm$ SD) tri ponavljanja.<sup>abc</sup>Vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike. *Legenda:* **A** – sir tipa Mizithra (albuminski sir od sirutke), **B** – sir tipa Anthotyros (albuminski sir od sirutke i mlijeka), **C** – sir tipa Manouri (albuminski sir od sirutke, mlijeka i vrhnja)

**Slika 30** Prinos sira s obzirom na količinu suhe tvari u sirovini

**Slike 29 i 30** prikazuju prinos sira s obzirom na proteine i suhu tvar. S obzirom na proteine najveći prinos ima sir C, a najmanju sir A. Najveći prinos s obzirom na suhu tvar ima sir B. Sva tri sira se u oba slučaja statistički značajno razlikuju, prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

**Tablica 8** Pearsonova korelacijska matrica podataka dobivenih ispitivanjem kemijskog sastava sirovina i izračunavanjem iskorištenja i prinosa sira

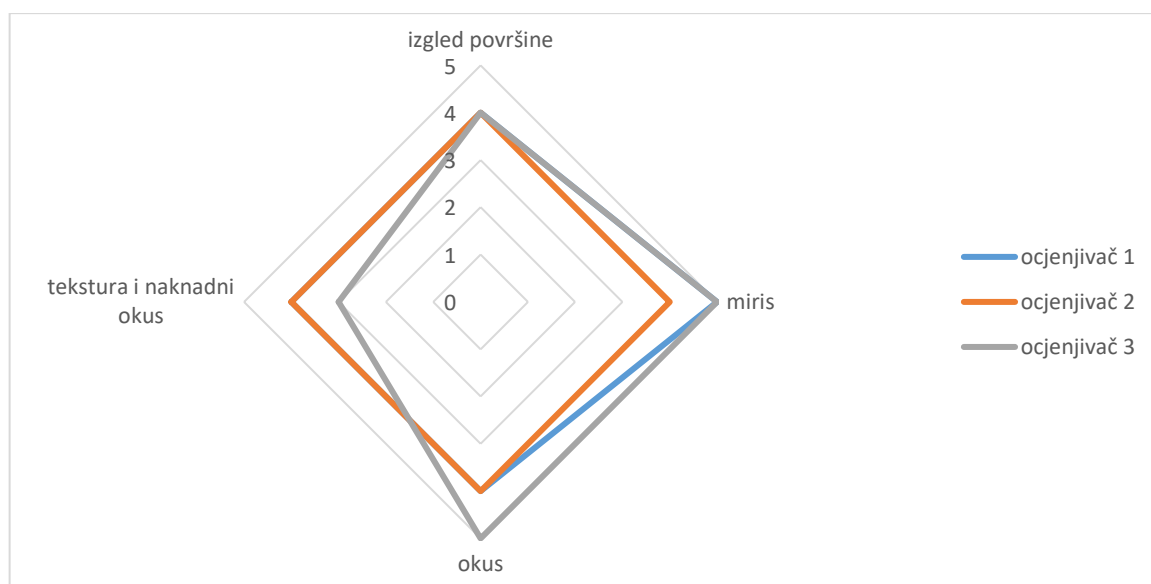
varijable	prinos i iskorištenje						
	R	R(mm)	R(p)	R(st)	I(mm)	I(p)	I(s.t.)
w(m.m.)	0,751	<b>-0,998</b>	0,891	0,195	-0,253	-0,060	0,646
w(p)	0,531	0,099	0,304	0,937	0,996	0,995	0,649
w(s.t.)	0,801	<b>-1,000</b>	0,925	0,272	-0,175	0,020	0,705
w(voda)	-0,801	<b>1,000</b>	-0,925	-0,272	0,175	-0,020	-0,705
w(BMST)	<b>1,000</b>	-0,804	0,974	0,780	0,429	0,597	0,986
pH	0,976	-0,637	0,891	0,908	0,634	0,773	<b>0,997</b>

Podobljane vrijednosti su statistički značajne na nivou značajnosti  $p < 0,05$

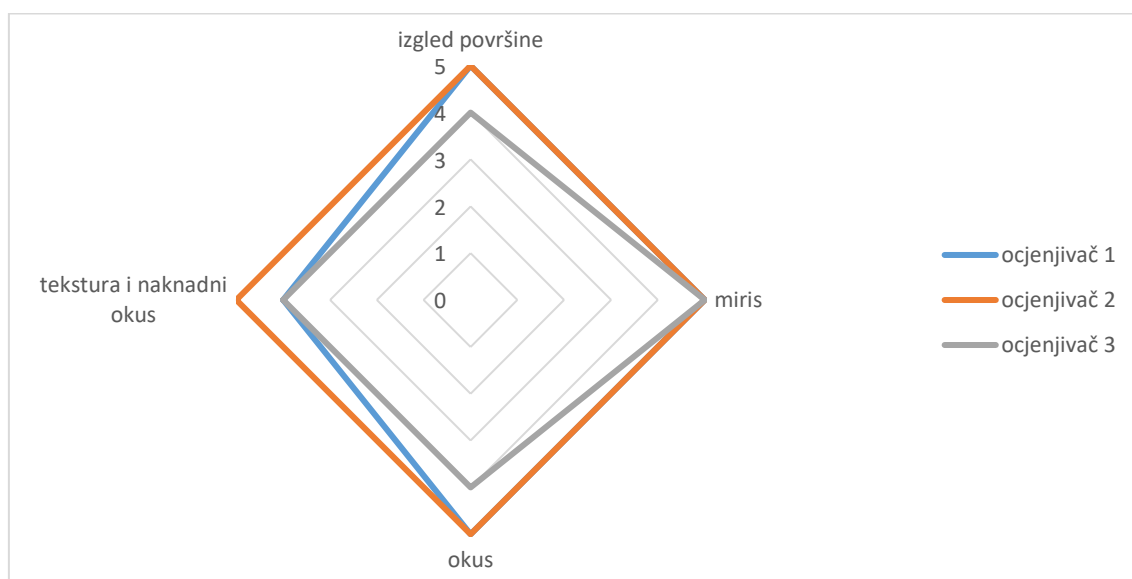
#### 4.4. SENZORSKA OCJENA

Senzorska ocjena provedena je metodom bodovanja, gdje su se ocjenjivali okus, miris, izgled površine te konzistencija. Sva tri sira razlikovala su se po obliku i konzistenciji. Sir A je zbog manjeg udjela mliječne masti bio rahliji i okusom suh (**Slika 11**). Sir B je bio mekši, nježnijeg gruš a i kompaktniji (**Slika 12**), a sir C je zbog većeg udjela mliječne masti bio kremast i maziv (**Slika 13**).

Ocjene su davala tri trenirana senzorska analitičara, te su njihove pojedinačne ocjene vidljive na **Slikama 31, 32 i 33**. Sva tri sira dobila su visoke ocjene od senzorskih analitičara za većinu svojstava (4 ili više). Izuzetak je sir A (**Slika 28**) koji je od jednog ocjenjivača dobio ocjenu 3 za konzistenciju. Ovaj sir je općenito dobio niže ocjene od ostalih sireva, a najslabije su ocijenjeni izgled površine i konzistencija. Uzrok tomu leži u činjenici da je proizveden samo od sirutke, bez dodatka mlijeka i/ili vrhnja, pri čemu je nastao rahliji i suši sir sa smanjenim udjelom masti (6,62%, odnosno 23,05% masti u suhoj tvari sira).



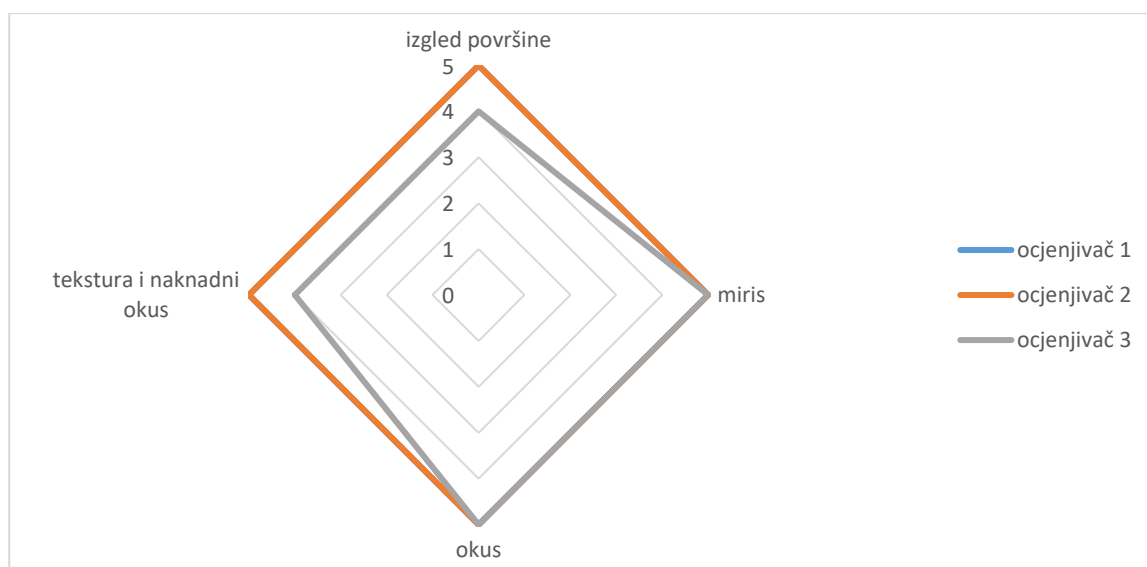
**Slika 31** Senzorska ocjena sira A (sira tipa Mizithra; od sirutke)



**Slika 32** Senzorska ocjena sira B (sira tipa Anthotyros; od sirutke i mlijeka)

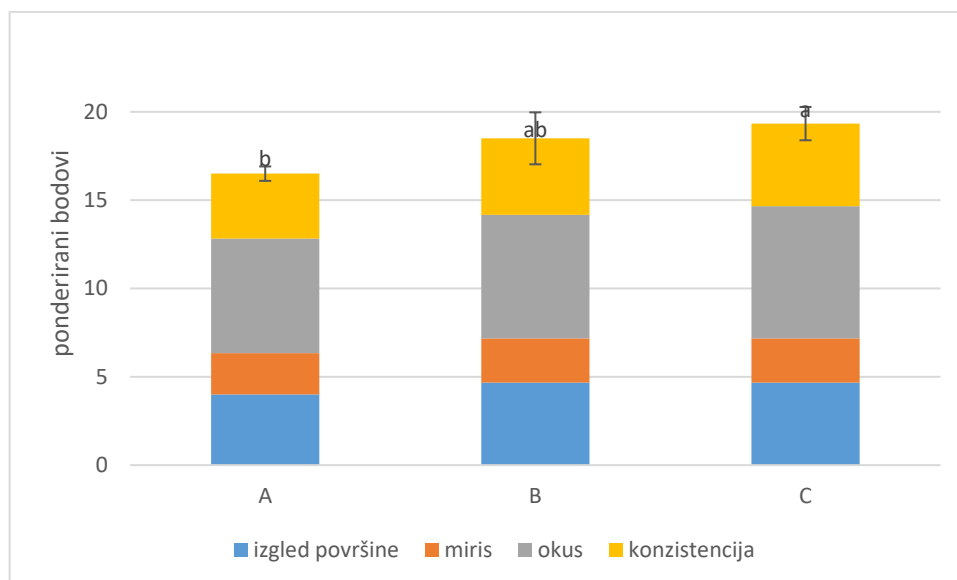
Najviše ocjene od svih ocjenjivača, postigao je sir C, koji dobio maksimalne ocjene za okus (**Slika 34**). Ovaj sir je bio meke i nježne, gotovo mazive konzistencije, zbog visokog udjela mliječne masti (32,66%) te se je prema udjelu masti u suhoj tvari (74,96%) svrstan u ekstramodne sireve.





**Slika 33** Senzorska ocjena sira C (sira tipa Manouri; od sirutke, mlijeka i vrhnja)

**Slika 34** prikazuje ukupne ponderirane bodove, ali i doprinos svih ispitivanih senzorskih svojstava na ukupnu ocjenu kakvoće. Ponderirani bodovi računaju se kao zbroj umnožaka ocjena svojstava i čimbenika značajnosti za svako svojstvo. Iz raspodjele ponderiranih bodova (**Prilog 1**) vidljivo je da najveći utjecaj na ukupnu senzorsku ocjenu imaju okus (sa čimbenikom značajnosti 1,5), izgled površine i konzistencija nešto manji (1,0), dok miris svježeg albuminskog sira najmanje utječe na ukupne bodove (0,5).



Prikazani podaci predstavljaju srednje vrijednosti ( $\pm$  SD) tri ponavljanja. Vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ), prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike. *Legenda*: **A** – sir tipa Mizithra (albuminski sir od sirutke), **B** – sir tipa Anthotyros (albuminski sir od sirutke i mlijeka), **C** – sir tipa Manouri (albuminski sir od sirutke, mlijeka i vrhnja)

**Slika 34** Ukupni ponderirani bodovi senzorske ocjene

Također, uočena je statistički značajna razlika u vrijednostima ukupnih ponderiranih bodova između sira A i sira C. Prema ukupno dobivenim ponderiranim bodovima (**Slika 34**) sirevi B i C se mogu svrstati u kategoriju izvrsne kakvoće, skupivši više od 17,5 ukupnih ponderiranih bodova, dok se sir A, s nešto nižim ocjenama, svrstava u kategoriju dobre kakvoće (prema **Prilogu 3**).



## **5. ZAKLJUČCI**

Na osnovi rezultata istraživanja provedenih u ovom radu, mogu se izvesti sljedeći zaključci:

1. Toplinskom koagulacijom proizvedeni sirevi (A, B i C) iz sirutke zaostale u proizvodnji sira tipa Feta spadaju u svježe, albuminske sireve bez zrenja.
2. S obzirom na udio mliječne masti u suhoj tvari, sir A se prema Pravilniku o sirevima i proizvodima od sira (MPRRR, 2013.) može deklarirati kao polumasni sir (23,05 %), sir B kao masni sir (36,82 %), a sir C kao ekstramasni sir (74,96 %).
3. Prinos albuminskih sireva grčkog tipa ovisi o polaznim sirovinama. Sir A, dobiven samo od sirutke s niskim udjelom suhe tvari i visokim udjelom vode, niskog je prinosa od samo 2,78%. Prinos sira B iznosi 8,99%, a on je za razliku od sira A, proizveden od mješavine sirutke i mlijeka u omjeru 60:40. Konačno, najveći je prinos kod proizvodnje sira C (10,20%), čija je polazna sirovina mješavina sirutke, mlijeka i vrhnja u omjeru 60:20:20. Veći udio mliječne masti i suhe tvari u polaznoj sirovini, omogućuje veći prinos sira.
4. Rezultati ovog istraživanja pokazuju da sirevi od sirutke, proizvedeni od polazne sirovine s manjim udjelom mliječne masti, toplinskom denaturacijom daju sireve bogatije proteinima, te da polazne sirovine s optimalnim odnosom proteina i mliječne masti (sirutka i mlijeko) daju sir s najbolje iskorištenim sastojcima (sir B).
5. Rezultati senzorske ocjene pokazuju da sirutka zaostala u proizvodnji sira tipa Feta iskorištena na ovaj način daje proizvode dobre (sir A), odnosno izvrsne (sirevi B i C), kakvoće.
6. Sirutka je, zbog svog nutritivno bogatog sastava, izvrsna polazna sirovina za proizvodnju sireva. Međutim, nizak udio suhe tvari, masti i visok udio vode onemogućava visoko iskorištenje. Iz rezultata je vidljivo da je veće iskorištenje moguće obogaćivanjem same sirutke mlijekom, vrhnjem ili nekim drugim mliječnim proizvodom, kako bi se dobio sir većeg prinosa.

## **6. LITERATURA**

Anifantakis EM: Traditional Feta cheese, str. 49-69. Woodhead Publishing, Cambridge, England, 1991.

Jeličić I, Božanić R, Tratnik Lj: Napitci na bazi sirutke-nova generacija mliječnih proizvoda, str. 257-274. Mljekarstvo. Zagreb, 2008.

Kalit S: Sirarstvo u teoriji i praksi (Opće sirarstvo), Veleučilište u Karlovcu, 2015.

Lučan M: Sirutka. Nastavni materijal. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2015.

Mandić ML, Perl A: Osnove senzorske procjene hrane. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2006.

MPRRR, Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja: Pravilnik o sirevima i proizvodima od sira. Narodne novine 141/13, 2013.

Primorac Lj: Senzorske analize - Metode 1. dio. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2006.

Primorac Lj: Senzorske analize - Metode 2. dio. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2006

Sabljak V, Lisak-Jakopović K, Barukčić I, Pejaković A, Božanić R: Određivanje trajnosti tradicionalnog svježeg sira. *Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition* 8:115-122, 2013.

Slačanac V: Tehnologija mlijeka i mliječnih proizvoda (nastavni materijali). Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2016.

Tratnik Lj: Mlijeko – Tehnologija, biokemija i mikrobiologija, Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb, 1998.

Tratnik Lj: Uloga sirutke u proizvodnji funkcionalne hrane, str. 325-352. Mljekarstvo. Zagreb, 2003.

## **7. PRILOZI**



**Prilog 1** Obrazac za ocjenjivanje senzorskih svojstava svježeg sira: Opis svojstava za ocjenjivanje i pripadajuće ocjene (Sabljak, 2013)

SENZORSKO SVOJSTVO	opisni parametri	ocjena	čimbenik značajnosti	maksimalni bodovi
<b>okus</b>	jasno izražen, karakterističan za proizvod, po mlijeku, bez stranih okusa, umjerena aroma, umjereno slan	4 - 5		
	preizražen okus po mlijeku, preslaba aroma, nedovoljno slan, tragovi kiselosti, gorčine i užglosti, okus po kori sira, tragovi stranih okusa	3	1,5	7,5
	proizvod stranog okusa, nekarakterističan okus, užegao, kiseo, gorak, preslan, potpuno neslan (bljutav), okus po plijesni	1 - 2		
<b>miris</b>	ugodan, niti presnažan niti preslab, karakteristično po mlijeku, diskretni miris, bez ikakvih stranih mirisa	4 - 5		
	prenaglašeni miris, nedovoljno izražen okus, slabije se osjeti miris mlijeka, tragovi užglosti	3	0,5	2,5
	potpuno nekarakterističan za proizvod, stran, užegao, miris po plijesni	1 - 2		
<b>konzistencija</b>	sir kompaktan, homogen, tvrdoća karakteristična za proizvod	5		
	neznatno tvrđi ili mekši	3 - 4	1,0	5,0
	pretvrd ili premek sir, pjeskovit ili gnjecav, osjetno se lijepi za usta	1 - 2		
<b>izgled površine</b>	karakteristična površina, bijele boje s laganim odsjajem, jednolična boja po cijeloj površini	1 - 2		
	zamjetno neujednačena boja površine, malo žuće nijanse	5	1,0	5,0
	zamjetna zona različitih boja površine sira, strana i nekarakteristična	3 - 4		

**Prilog 2** Listić za senzorsko ocjenjivanje svježih sireva

DATUM:			
OCJENJIVAČ:			
<i>Molimo upisati postignutu ocjenu za svako svojstvo u stupcu odgovarajućeg uzorka!</i>			
OCJENJIVANO SVOJSTVO	uzorak_____	uzorak_____	uzorak_____
izgled površine			
konzistencija			
miris			
okus			

**Prilog 3** Kategorije kakvoće prema rasponu ponderiranih bodova (Primorac, 2006.).

kategorija kakvoće	raspon ponderiranih bodova
Izvrсна	17,6-20,0
Dobra	15,2-17,5
Osrednja	13,2-15,1
Prihvatljiva	11,2-13,1
Neprihvatljiva	<11,2

**Prilog 4** Vrste sira s obzirom na udio mliječne masti u suhoj tvari sira (MPRRR, 2013.)

<b>vrsta sira</b>	<b>udio mliječne masti u suhoj tvari (%)</b>
<b>ekstramasni</b>	≥60
<b>punomasni</b>	≥45 i <60
<b>masni</b>	≥25 i <45
<b>polumasni</b>	≥10 i <25
<b>posni</b>	<10