

# Ispitivanje mogućnosti zamjene natrijevog klorida kalijevim kloridom u proizvodnji bijelog sira

---

**Prolić, Antonela**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2016**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:443082>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-29**

REPOZITORIJ

**PTF**

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

**dabar**  
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

*Repository / Repozitorij:*

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



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

Antonela Prolić

**ISPITIVANJE MOGUĆNOSTI ZAMJENE NATRIJEVOG KLORIDA  
KALIJEVIM KLORIDOM U PROIZVODNJI BIJELOG SIRA**

DIPLOMSKI RAD

**Osijek, srpanj 2016.**

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

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 VI. sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2015./2016. održanoj 31. Ožujka 2016.  
**Mentor:** dr. sc. Mirela Lučan, znan. sur.  
**Pomoć pri izradi:** dr. sc. Mirela Lučan, znan. sur.

### ISPITIVANJE MOGUĆNOSTI ZAMJENE NATRIJEVOG KLORIDA KALIJEVIM KLORIDOM U PROIZVODNJI BIJELOG SIRA

Antonela Prolić, 310-DI

**Sažetak:** Prekomjeren unos natrija smatra se glavnim uzročnikom hipertenzije i kardiovaskularnih bolesti. Feta i drugi bijeli meki sirevi sadrže veliku količinu natrija. Cilj ovog diplomskog rada je istražiti utjecaj zamjene natrijevog klorida kalijevim kloridom na osnovni kemijski sastav, aktivitet vode, pH vrijednost, boju, teksturalna svojstva (čvrstoća, ljepljivost, odgođena elastičnost, kohezivnost, otpor žvakanju i elastičnost) i senzorska svojstva bijelog sira. Uzorci sira su bili suho soljeni/salamureni NaCl-om, KCl-om ili smjesom NaCl/KCl (3:1, 1:1, 1:3). Uočena je značajna pozitivna korelacija između količine natrija i udjela suhe tvari, mliječne masti i aktiviteta vode u sirevima. Sirevi sa smanjenim udjelom natrija su imali manju čvrstoću, gumenost i otpor žvakanju od onih sa 100%-tnim udjelom natrija. Potpuna zamjena natrija u proizvodnji bijelog sira daje neprihvatljiv proizvod, gorkog okusa. Ukupni rezultati su pokazali da se, u proizvodnji bijelog mekog sira, do 50% natrijevog klorida može zamijeniti kalijevim kloridom bez negativnog utjecaja na organoleptička i teksturalna svojstva, dok veći udio zamjene negativno utječe na kvalitetu proizvedenog sira.

**Ključne riječi:** bijeli sir u salamuri, natrijev klorid, kalijev klorid, fizikalno-kemijska svojstva, tekstura, senzorska svojstva

**Rad sadrži:** 64 stranica  
34 slika  
18 tablica  
5 priloga  
12 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. | izv. prof. dr. sc. Vinko Krstanović | zamjena člana |

**Datum obrane:** 8 srpnja 2016.

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

## BASIC DOCUMENTATION CARD

**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. VI held on Mart 31, 2016.  
**Mentor:** Mirela Lučan, PhD  
**Technical assistance:** Mirela Lučan, PhD

### INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF REPLACING SODIUM CHLORIDE WITH POTASSIUM CHLORIDE IN THE PRODUCTION OF WHITE CHEESE

Antonela Prolić, 310-DI

#### Summary:

Dietary sodium content is considered as a major contributor to hypertension and cardiovascular diseases. Feta and other white brined cheeses contains high amount of sodium. The aim of this work was to investigate the effect of replacement of sodium chloride with potassium chloride on the gross composition, water activity, pH, colour, textural properties (hardness, adhesiveness, springiness, cohesiveness, gumminess, chewiness and resilience) and sensory characteristics of white cheese. Cheese samples were dry salted/brined with NaCl (control), KCl or mixtures of NaCl/KCl (3:1; 1:1, 1:3).

There were significant positive correlations between sodium level and content of dry solid, milk fat and water activity in cheese. Hardness, gumminess and chewiness of reduced sodium cheese were lower than those of full-sodium cheese. Full replacement of sodium in cheese production gives unacceptable product, with considerable bitter off-flavour. The overall results showed that up to 50% of sodium chloride in the production of white brined cheese could be replaced with potassium chloride without compromising the organoleptic and textural properties, while a larger proportion of the substitution adversely affects on the on the quality of the cheese produced.

**Key words:** Feta cheese, sodium chloride, potassium chloride, physical and chemical, sensory, textural properties

**Thesis contains:** 64 pages  
34 figures  
18 tables  
5 supplements  
12 references

**Original in:** Croatian

#### Defense committee:

- |    |  |              |
|----|--|--------------|
| 1. | Vedran Slačanac, PhD, associate prof.  | chair person |
| 2. | Mirela Lučan, PhD                      | supervisor   |
| 3. | Krešimir Mastanjević, doc, PhD         | member       |
| 4. | Vinko Krstanović, PhD, associate prof. | stand-in     |

**Defense date:** July 8, 2016

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

## Sadržaj

<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. TEORIJSKI DIO .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. SIR.....</b>	<b>4</b>
2.1.1. Definicija sira .....	4
2.1.2. Način dobivanja .....	5
2.1.3. Podjela i vrste sireva.....	6
<b>2.2. SIREVI U SALAMURI .....</b>	<b>8</b>
2.2.1. Vrste sireva .....	8
2.2.2. Načini soljenja.....	8
2.2.3. Koraci u proizvodnji Fete .....	10
<b>2.3. ZNAČAJ SOLI U SIRARSTVU .....</b>	<b>13</b>
2.3.1. Udio soli u Feti i drugim sirevima .....	13
2.3.2. Utjecaj soli na strukturu i okus sira .....	13
2.3.3. Negativan utjecaj soli na zdravlje potrošača .....	14
2.3.4. Trendovi smanjenja količine natrija u siru .....	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 mlijeka za proizvodnju sira.....	19
3.2.3. Laboratorijska proizvodnja sira tipa Feta .....	19
3.2.4. Određivanje fizikalno-kemijskih svojstava sireva.....	27
3.2.1. Prinos sira .....	29

3.2.2.	Određivanje teksturalnih svojstava.....	31
3.2.3.	Senzorska analiza.....	33
3.2.8.	Statistička obrada rezultata.....	34
<b>4.</b>	<b>REZULTATI I RASPRAVA .....</b>	<b>35</b>
4.1.	SASTAV MLIJEKA ZA SIRENJE .....	36
4.2.	FIZIKALNO-KEMIJSKA SVOJSTVA SIRA .....	37
4.3.	PRINOS SIRA I ISKORIŠTENJE SASTOJAKA MLIJEKA .....	39
4.4.	BOJA SIRA .....	44
4.5.	TEKSTURALNI PROFIL SIRA .....	46
4.6.	SENZORSKA ANALIZA SIRA .....	50
4.6.1.	Opis sireva .....	50
4.6.2.	Senzorska ocjena metodom bodovanja .....	51
<b>5.</b>	<b>ZAKLJUČCI .....</b>	<b>55</b>
<b>6.</b>	<b>LITERATURA .....</b>	<b>57</b>
<b>7.</b>	<b>PRILOZI .....</b>	<b>59</b>

## **1. UVOD**

Prekomjeren unos natrija povezuje se sa hipertenzijom i povećanim rizikom od kardiovaskularnih bolesti i moždanog udara. Glavni izvor natrija (Na) u prehrani je natrijev klorid (NaCl) (Ruusunen i Puolanne, 2005.).

Prosječan dnevni unos natrija premašuje prehrambene preporuke Svjetske zdravstvene organizacije, stoga se preporučuje smanjenje udjela soli na 6 g/dan kako bi se prevenirale kardiovaskularne bolesti (Reiner, 2008.; Jelaković i sur., 2009.).

Natrijev klorid je značajan sastojak sireva te utječe na njegovu kakvoću i pridonosi smanjenju količine vode, oblikovanju kore sira, pospješuje bubrenje proteina, sudjeluje u stvaranju okusa i mirisa te poboljšava njegovu trajnost (Tratnik, 1998.).

Osim smanjenja udjela NaCl-a koji dodajemo u proizvod postoje još 3 načina smanjenja udjela kuhinjske soli (NaCl-a) u procesuiranoj hrani:

- zamjena za NaCl (kalijev klorid, fosfati, kalijev laktat, glicin, kalcijev askorbat, kalcijev klorid te njihove kombinacije),
- upotreba poboljšivača okusa i maskirajućih tvari,
- optimiranje fizičkog oblika soli (Desmond, 2006.).

Cilj ovog istraživanja je bio ispitati mogućnost zamjene udjela natrijevog klorida kalijevim kloridom te ispitati utjecaj na senzorska, teksturalna i fizikalno-kemijska svojstva mekog bijelog sira u salamuri.



## **2. TEORIJSKI DIO**

### 2.1. SIR

#### 2.1.1. Definicija sira

Prema Pravilniku o sirevima i proizvodima od sireva (NN 20/09), 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 enzima zgušnjavanja i/ili opuštenih kiselina za zgušnjavanje.

Feta sir se tradicionalno proizvodi u Grčkoj od ovčjeg mlijeka koje se do 30% može zamijeniti kozjim. Proizveden od kozjeg mlijeka je tvrdi i jačeg okusa i mirisa. Sir se tradicionalno stavljao u male kace, a oblik nakon rezanja sličan je kriškama lubenice. Stoga naziv Feta „grčki“ znači „kriška“. Dolazi od izvornog oblika sira koji se ne raspada nakon rezanja u kriške. (Tratnik, 1998.).

U našoj zemlji je rasprostranjena proizvodnja bijelog sira tipa Feta, ali proizvedenog od kravljeg mlijeka. Sirevi tipa Feta ubrajaju se u bijele, meke sireve salamurene u kriškama. Tijesto zrelog sira je čvrsto, glatko i kremasto, bez rupica mikrobiološkog podrijetla. Boja sira je snježno bijela u unutrašnjosti kao i na površini sira. Prema izgledu podsjeća na meke sireve, ali uz nešto manje vlage, ugodnog je mliječno-kiselkastog i slanog okusa, a miris podsjeća na vrhnje (Abd El -Salam, 1987.).

Za proizvodnju sira najvažniji sastojak je bjelančevina kazein. To je složena bjelančevina, koja u svom sastavu sadrži fosfor. Svojstva kazeina poput elektronegativnosti, netopljivosti u vodi te njegove koagulacije u kiselom mediju kod pH 4,6 vrlo su važna za proizvodnju sira. Osim kazeina, u mlijeku se nalaze proteini sirutke koji potječu iz krvi i mliječnih žlijezda. Proteini sirutke su albumin (35%) i globulin (10-15%) koji su topljivi u vodi, ali ne koaguliraju kod pH 4,6. U mlijeku se ukupno nalazi 80% kazeina, bjelančevine poznate kao netopljive u vodi te 20% proteina sirutke poznate kao topljive u vodi (Tratnik, 1998.).

### 2.1.2. Način dobivanja

Bit proizvodnje sira je provedba koagulacije kazeina, odnosno sirenje ili grušanje mlijeka, oblikovanje sirnog gruša u sirno zrno uz izdvajanje nastale sirutke i eventualno soljenje sira, nakon čega se dobiva svježi nezreli sir (Tratnik, 1998.).

Osnovni preduvjet za dobivanje kvalitetnog sira je upotreba kvalitetnog mlijeka. Osim o kvaliteti sirovine, kvaliteta sira ovisi i o obradi mlijeka te o provedbi tehnološkog procesa proizvodnje (Slačanac, 2015.).

Sir dobivamo postupnim zagrijavanjem mlijeka, pri čemu mliječni šećer uslijed fermentacije prelazi u mliječnu kiselinu te dolazi do odvajanja kazeina od sirutke. Za ubrzavanje i poboljšavanje sirenja dodaje se sirilo koje sadrži renin (kimozin).

#### **Sirenje 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. Prirodnim zakiseljavanjem (izoelektričnom precipitacijom) kod pH 4,6 najčešće proizvodnjom mliječne kiseline djelovanjem bakterija mliječne kiseline, što se koristi u proizvodnji svježih sireva.
3. Dodavanjem organskih kiselina u zagrijano mlijeko na 80 do 96 °C, što se koristi u proizvodnji kuhanih sireva (Kalit, 2015.).

Po završnom procesu grušanja ili sirenja, cijedenjem se odvaja sirutka te se dodaje sol. Dodatak soli ima višestruku ulogu jer utječe na tijek zrenja i oblikovanje kore, smanjuje količinu vode, pospješuje bubrenje proteina, sudjeluje pri stvaranju okusa i mirisa sira, te poboljšava trajnost sira.

Nakon dodatka soli sir se oblikuje stavljanjem u kalupe te preša zbog ispuštanja ostatka sirutke i dobivanje što kompaktnijeg gruša, a sir dobiva konačnu teksturu i oblik. Prešanje se mora predvoditi tako da se primijenjeni tlak postupno povećava, kako se kora sira ne bi naglo stvorila i spriječila daljnje otjecanje sirutke iz sira (Tratnik, 1998.).

Sir se kalupi nekoliko sati, a zatim se kao takav može konzumirati, dimiti ili staviti na zrenje. Trajanje zrenja sira ovisi o vrsti i može trajati od nekoliko dana do 1 godine i više.

Zrenje se provodi u različitim uvjetima što ovisi o vrsti sira, gdje sirevi dobiju svoja karakteristična svojstva, tvrdoću i okus.

### 2.1.3. Podjela i vrste sireva

Sireve možemo podijeliti prema:

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

**Tablica 1.** Podjela sireva s obzirom na način proizvodnje (prema načinu grušanja)

vrsta sira	djelovanje	predstavnici
kiseli sir	kiselina	svježi meki sirevi
slatki sir	enzimski preparati (sirila)	polutvrđi, tvrdi sirevi
mješoviti sir	kiselina+enzimi sirila	brojne vrste ostalih sireva

**Tablica 2.** Podjela sireva s obzirom na udio mliječne masti u suhoj tvari sira

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

**Tablica 3.** Vrste sireva prema konzistenciji – količina vode u masi sira bez masti

vrsta sira	udio vode u masi sira bez masti (%)
jako tvrdi	<50
tvrdi	49-56
polutvrđi	54-63
polumeki	61-69
meki, svježi	>67

**Tablica 4.** Podjela sireva prema sličnom procesu proizvodnje (Tratnik, 1998.)

prema načinu	vrsta sira
tipa Cheddar	Cheddar, Parmesan, Kačkavalj, Mozzarella
tipa Emmentaler	Emmentaler, Gryere
tipa Edam	Edamac, Gouda, Trapist, Livanjski sir
tipa Roquefort	Roquefort, Gorgonzola, Stilton
tipa Camambert	Camamabert, Brie
tipa Limburger	Limburger, Romadur
tip sira u salamuri	Fetta, Domiati, Halloumi

## 2.2. SIREVI U SALAMURI

### 2.2.1. Vrste sireva

**Tablica 5.** Sirevi u salamuri (zrenje i čuvanje u salamuri) (Slačanac, 2016.)

izvorni naziv	izvorno podrijetlo	glavne osobine
Feta (ovčji)	Grčka	sirevi rezani u kriške i zaliveni salamutom (slana otopina vode i sirutke)
Domiat (slano bivolje mlijeko)	Egipat	tekstura glatka, bez rupica (pukotine jedino zbog nespojenog tijesta)
Halloumi (polutvrđi)	Cipar	okus slan, blaga aroma do vrlo pikantni (ovčje ili kozje mlijeko),
Bijeli sir u kriškama („Kriška sir“)	Hrvatska	blago užegli okus i miris (puna aroma vrlo zrelog sira), zriju u salamuri (barem 2-3 tjedna)
Bijeli sir (španjolski)	Španjolska	mogu se čuvati u salamuri (>16% soli) i do 1 godine (pri 2-4 °C)

### 2.2.2. Načini soljenja

Nakon prešanja je obavezno soljenje jer su neslani (osim sira Domiat – slano mlijeko i Cheddar – suho soljenje izrezane zrele sirne mase). Provodi se i suho soljenje zrna tijekom oblikovanja sira. Za soljenje sireva se koristi kuhinjska sol koja mora biti pročišćena i ne smije sadržavati metale.

#### Načini soljenja:

1. za suho soljenje koriste se sitnija zrna soli, a za suho soljenje oblikovanog sira, nakon prešanja se koristi krupnija sol (grojer);

2. salamura (otopina soli u vodi ili sirutci) – najčešće se koristi u proizvodnji polutvrdih i tvrdih sireva; različite koncentracije, ovisno o vrsti sira ili o kakvoći sirne mase nakon prešanja (Tratnik, 1998.).

### Tipovi salamure:

1. 25%-tna otopina soli u vodi (prokuhanoj);
2. 20-25%-tna otopina soli u vodi (prokuhanoj);
3. 12,5%-tna otopina soli u sirutci slatkoj;
4. 12,5%-tna otopina soli (sir tipa Feta);
5. 12,5–15%-tna otopina soli +  $\text{CaCl}_2$  (mekši sirevi, bijeli sirevi) (Slačanac, 2016.).

**Tablica 6.** Temperatura, koncentracija i kiselost salamure ovisno o tipu sira (Marvin i Oštir, 2002.)

tip sira	temperatura salamure (°C)	koncentracija NaCl (%)	pH salamure
tvrdi sirevi	10-14	20-22	5,6
polutvrđi sirevi	12-14	18-20	5,4
meki sirevi	15-20	15-16	5,2

Za sireve koji zriju u salamuri (Feta sir i Domiati) obično se koristi 10-15%-tna otopina soli. Oni se mogu konzumirati nakon 2-3 tjedna zrenja u salamuri (pri 12-14 °C), a mogu se čuvati u salamuri dulje, ali pri niskim temperaturama (oko 5 °C) ili u ulju.

### Trajanje salamurenja najviše ovisi:

- vrsti sira (kakvoći sirne mase);
- veličini i tvrdoći sira (veći sirevi, dulje trajanje);
- koncentraciji soli i temperaturi salamure (Tratnik, 1998.).

### 2.2.3. Koraci u proizvodnji Fete

#### Osnovni tehnološki postupci u proizvodnji sira:

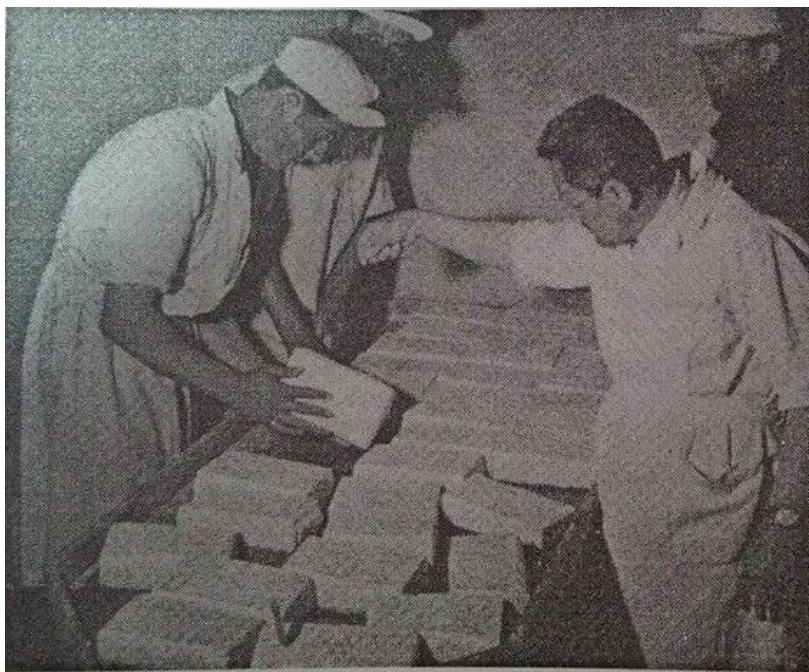
- odabir svježeg mlijeka (2,3% m.m);
- zagrijavanje na 32 °C;
- dodatak starter kulture, CaCl<sub>2</sub> i sirila;
- grušanje 1 h;
- rezanje gruša (1,5 cm, 5 min i 1. mljekareva proba);
- miješanje 20 min;
- mirovanje 1 h;
- cijedenje sa sirnom maramom;
- kalupiranje;
- prešanje sa utegom;
- rezanje;
- salamurenje;
- sušenje 1-3 dana 9-13 °C;
- čuvanje u salamuri (Slačanac, 2016.).

U tradicionalnoj proizvodnji Feta sira provodi se sirenje svježeg mlijeka uz dodatak sirila u ljetnom razdoblju ili pri 30 °C. Gruš oblikovan od svježeg mlijeka za otprilike 50 minuta obično se ne reže, a gruš od nakiselog mlijeka reže se u kockice od 2,5 cm te miruje 5-10 minuta.

Tada se prenosi u kalupe ili sirne marame. Kalupi se povremeno okreću, a mogu se opteretiti kamenom. Sirne krpe se povremeno stežu i objese da bi se ubrzalo cijedenje gruša. Nakon što je oblikovani sir postao dovoljno čvrst (za 2-4 sata), reže se na kriške i suho soli. Tako usoljeni sir stoji nekoliko dana na daski dok se ne pojavi sluz, koja je vrlo bitna za razvoj karakteristična okusa tijekom zrenja.

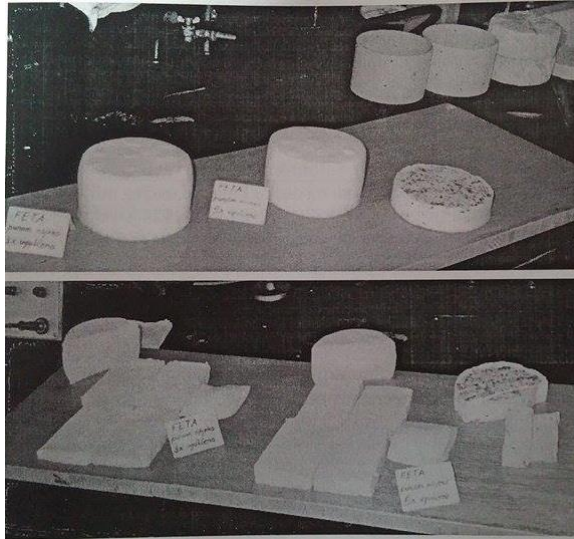


Nakon toga sir se stavlja na drvene kace i prelije slanom sirutkom ili salamurom (6-8% soli). Trajanje zrenja sira ovisi o sezoni. Zimsko zrenje traje oko 25 dana, proljetno 15-20 dana, a ljetno 10-15 dana. Nakon toga Feta se može trošiti, a može se čuvati u salamuri pri 2-5 °C, uz povremenu zamjenu sa svježom salamurom.



**Slika 1.** Soljenje Feta sira (Tratnik, 1998.).

Tipičan okus Fete je blago kiseli sa suokusom užglosti što se može okarakterizirati kao puni okus sira. Tijesto sira je čvrsto, bijele boje, glatke teksture i kremasto. U sirnom tijestu mogu se pojaviti male pukotine koje potječu od mehaničke obradbe gruša.



**Slika 2.** Feta sirevi proizvedeni od ultrafiltriranog mlijeka (Tratnik, 1998).

## 2.3. ZNAČAJ SOLI U SIRARSTVU

### 2.3.1. Udio soli u Feti i drugim sirevima

Većina sireva sadržava 0,5-2% soli, dok meki sirevi s plavim plijesnima i sirevi koji zriju u salamuri (Feta, Domiati) imaju veći udjel soli, što je vidljivo iz Tablice 7.

**Tablica 7.** Količina soli u različitim tipovima sira (Bylund, 1995.)

tip sira	koncentracija soli(%)
zrnati svježi (Cottage)	0,25 - 1,0
Ementaler	0,4 – 1,2
Gouda	1,5 – 2,2
Čedar	1,75 – 1,95
Limburger	2,5 – 3,5
Gorgonzola	3,5 – 5,5
Drugi plavi sirevi	3,5 – 7
Feta	3,5 – 7

### 2.3.2. Utjecaj soli na strukturu i okus sira

Upijanje određene količine soli u sir ovisi o značajkama sirne mase, a ne samo o načinu provedbe soljenja. Sirni gruš je prošaran kapilarama (trodimenzionalna mreža proteina), ovisno o tipu sira. Mekši sirevi sadržavaju veću količinu vode u kapilarnom sustavu gruša što utječe na veću propusnost u mekši gruš.

Na stupanj apsorpcije soli u sir bitno utječe i pH vrijednost sirne mase tijekom soljenja. Veća količina soli može biti apsorbirana pri manjoj nego pri većoj pH vrijednosti. Soljenjem sira pri pH vrijednosti manjoj od 5,0 konzistencija sira postaje čvrsta i lomljiva, a pri pH vrijednosti većoj od 5,0 elastična.

Temperatura također utječe na stupanj apsorpcije soli u sir i gubitak vode. Viša temperatura izazvat će veći stupanj apsorpcije soli, kao i veća koncentracija soli u salamuri.

Prevelika koncentracija soli u siru usporava procese zrenja, te utječe na neprirodnu boju tijesta i nepravilnu teksturu sira. Tada su sirevi preslani i lako postaju gorki.

### **Sol u siru utječe na njegovu kakvoću jer ima višestruku ulogu:**

- utječe na tijek zrenja sira;
- smanjuje količinu vode u njemu;
- utječe na oblikovanje njegove kore;
- pospješuje bubrenje proteina;
- pomaže oblikovanju plastičnosti tijesta;
- djeluje selektivno na mikrofloru;
- sudjeluje pri stvaranju okusa i mirisa sira;
- poboljšava njegovu trajnost (Tratnik, 1998.).

### **2.3.3. Negativan utjecaj soli na zdravlje potrošača**

Bolesti srca i krvnih žila, odnosno kardiovaskularne bolesti imaju veliki utjecaj na preranu smrt, ali i na kvalitetu samog života te su glavni uzrok smrtnosti u svijetu. Odgovorne su za 30% svih smrtnih slučajeva u svijetu.

Uzroci kardiovaskularnih bolesti su: visok unos masnoća, visok unos soli, jednostavnih ugljikohidrata odnosno rafiniranih, arterijska hipertenzija, debljina, genetski čimbenici, pušenje te neke druge bolesti kao što su bolesti štitnjače, dijabetes tipa 2, te psihosocijalni čimbenici i stres.

Prevelik unos kuhinjske soli povezan je s povišenim arterijskim tlakom i povećanim rizikom od kardiovaskularnih bolesti. Mnogim je istraživanjima jasno pokazano da čak i umjereno smanjenje unosa soli dovodi do sniženja arterijskog tlaka. Kako je povišeni arterijski tlak jedan od najvažnijih čimbenika rizika od kardiovaskularnih bolesti, smatra se da bi se

smanjenjem unosa soli moglo postići značajno smanjenje pojave neželjenih kardiovaskularnih događaja i smrtnosti od tih bolesti.

Stoga se preporučuje smanjenje unosa soli na 6 g/dan kako bi se prevenirale kardiovaskularne bolesti, što je i cilj Hrvatske inicijative CRASH (Reiner, 2008.; Jelaković i sur., 2009.).

### 2.3.4. Trendovi smanjenja količine natrija u siru

Većina (do 75%) soli koju konzumiramo je skriveno u procesiranoj hrani, gdje se koristi kao pojačivač okusa, kao sredstvo za stvaranje teksture te kao konzervans. Od ukupne količine, 75% je upotrijebljeno tijekom prerade i proizvodnje, 15% se dodaje tijekom kuhanja i 10% čini dijetalni natrij koji je prisutan u hrani.

Današnja rješenja smanjenja natrija u proizvodima uključuju:

1. zamjenu za sol koja se uglavnom temelji na KCl-u, a ponekad na mješavini NaCl-a i KCl-a. Zamjene za sol daju proizvodu gorčinu što je nedostatak ovog načina;
2. pojačivači soli se temelje na upotrebi kvasca čime on pojačava slanost i okus što je jedna od glavnih funkcija soli (Salt Replacers & Enhancers, Benefits, Challenges & Applications; Firmenich, 2007.).

Upotreba NaCl-a je rasprostranjena i ima bitan učinak u ljudskoj prehrani, ali njegova potrošnja se mora kontrolirati. Nedovoljan unos ili višak soli može imati negativan utjecaj na zdravlje. To je moguće ostvariti zamjenom najviše jedne trećine NaCl-a sa KCl-om, dok veće količine KCl-a proizvodu daju gorak okus. (Daniel Goy. Jean-Pierre Häni, Patricia Piccinali, Karin Wehrmüller, Ernst, Jakob, Marie-Therese Fröhlich-Wyder, Revision 2012.).

Smanjenje razine soli NaCl-a u siru ima sljedeći negativan utjecaj:

- kora sira je vrlo mekana, gorak, manje slana,
- ima neprihvatljiv okus i
- kraći rok trajanja.

Zbog slične strukture i slanog okusa, KCl se može koristiti kao djelomična zamjena za NaCl. Također može imati pozitivne učinke kao što su snižavanje krvnog tlaka, manji rizik od bolesti srca i moždanog udara (Ying Lu, 2012.).

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

### 3.1. ZADATAK

Zadatak ovog diplomskog rada je utvrditi utjecaj zamjene natrijevog klorida kalijevim kloridom na fizikalno-kemijska i senzorska svojstva sira. Za potrebe ovog diplomskog rada proizvedeno je 5 šarži sira tipa Feta od kravljeg mlijeka s 3,2% m.m s različitim udjelima zamjene soli (kontrolni uzorak i uzorci u kojima natrijev klorid zamijenjen s 25%, 50%, 75% i 100% kalijevog klorida).

U sklopu diplomskog rada provedene su sljedeće analize:

- analiza mlijeka za sirenje;
- pH vrijednost analiziranih sireva;
- aktivitet vode u analiziranim sirevima;
- boja analiziranih sireva;
- organoleptičko ocjenjivanje sira (opisno i metodom bodovanja);
- svojstva teksture (čvrstoća, adhezivnost, elastičnost, kohezivnost, otpor žvakanju, žilavost);

te su rezultati uspoređeni s kontrolnim uzorkom sira.

### 3.2. MATERIJAL I METODE

#### 3.2.1. Materijali

Materijali korišteni u istraživanju su:

- svježe pasterizirano mlijeko (3,2% m.m., Meggle Hrvatska d.o.o.);
- NaCl;
- KCl;
- starter kultura FRC-60 (mezofilno-termofilna kultura sadrži *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, *Streptococcus thermophilus*; Chr. Hansen Dairy Cultures, Hørsholm, Denmark);



- $\text{CaCl}_2$  se dodaje za pospješivanje grušanja;
- sirilo Siris (Medimon d.o.o., jakosti 1:1000);
- ocat (9%-tna octena kiselina).

#### 3.2.2. Analiza mlijeka za proizvodnju sira

Instrument koji je korišten za određivanje kemijskog sastava mlijeka i mliječnih proizvoda metodom infracrvene spektrometrije je Milkoscan FT 120 (Foss Electric, Danska). Za određivanje pH vrijednosti mlijeka i sirutke korišten je pH metar MA 235, pH/Ion Analyzer, Mettler Toledo.

#### 3.2.3. Laboratorijska proizvodnja sira tipa Feta

Za proizvodnju sira je korišten sljedeći pribor:

- kada za sirenje mlijeka;
- vodena kupelj;
- električno grijalo;
- termometar;
- cjedilo;
- sirna marama;
- posuda za sirutku;
- kalupi za sir;
- uteg.

SVJEŽE MLIJEKO (3,2% m.m)
ZAGRIJAVANJE (32 °C)
dodatak STARTER KULTURE (FRC-60; 0,08 g/l)
ZRENJE (1 h)
dodatak CaCl <sub>2</sub> (0,075 g/l)
DODATAK SIRILA (1 mL/l; Siris)
GRUŠANJE (1,5 h)
REZANJE GRUŠA (kockice 2 cm)
MIROVANJE (10 minuta)
POVREMENO MIJEŠANJE (30 minuta)
CIJEĐENJE GRUŠA
KALUPLJENJE
PREŠANJE
SOLJENJE SIRA (5% soli)
ČUVANJE U SALAMURI

Svježe pasterizirano mlijeko (15 L) je zagrijano na 32 °C miješanjem hladnog i vrućeg mlijeka prema formulama:

$$V_M = \frac{V_M(T_S - T_M)}{T_G - T_M} \quad 1$$

$$T_G = \frac{V_G \cdot T_M + V_M(T_S - T_M)}{V_G} \quad 2$$

gdje su:

$V_M$  [mL] – ukupni volumen mlijeka temperature  $T_M$  koji treba usiriti;

$T_M$  [°C] – trenutna temperatura ukupnog mlijeka;

$T_s$  [°C] – temperatura sirenja mlijeka;

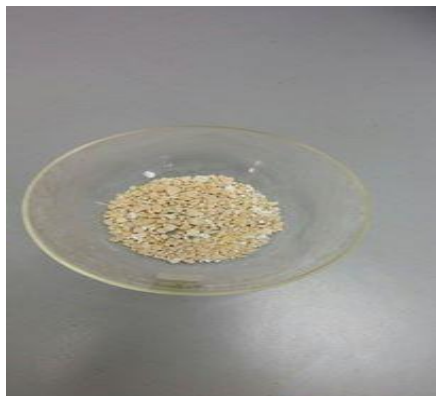
$V_G$  [mL] – dio volumena mlijeka koji će se zagrijati na temp  $T_G$ ;

$T_G$ [°C] – temperatura na koju treba zagrijati dio mlijeka  $V_G$ .



**Slika 3.** Zagrijavanje mlijeka

Zagrijano mlijeko je zatim naciepljeno dodatkom starter kulture FRC-60, proizvođača Chr. Hansen (1,2 g) i ostavljeno da zrije 1 h.



**Slika 5.** Dodavanje starter kulture



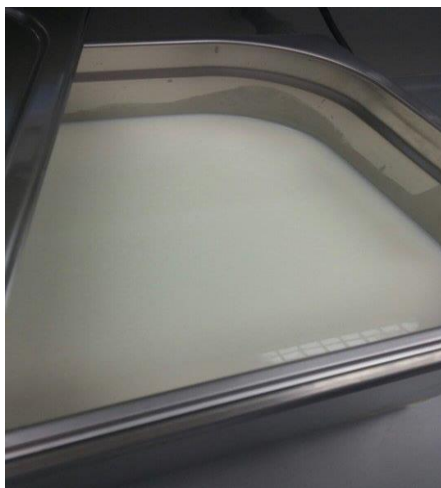
**Slika 4.** Zrenje mlijeka

Nakon zrenja pH vrijednost mlijeka je pala s 6,76 na 6,61.

U zrelo mlijeko je dodan dodan  $\text{CaCl}_2$  (1,125 g) za poboljšanje kakvoće mlijeka odnosno osigurava konstantno vrijeme grušanja i održava grušu stabilnim, te sirilo (15 ml), dobro homogenizirano i ostavljeno da gruša.



**Slika 6.** Dodavanje  $\text{CaCl}_2$  i sirila



**Slika 7.** Grušanje mlijeka

Provjera čvrstoće gruša je napravljena pomoću 1. mljekareve probe koja se provodi uranjanjem prsta ili noža u gruš i podizanjem prema gore dok se gruš ne razdvoji.



**Slika 8.** Provođenje 1. mljekareve probe

Kada je ustanovljeno da je grušanje završeno, pristupilo se rezanju gruša na kockice dimenzija 2 cm i lagano promiješano da ne dođe do sljepljivanja gruša. Gruš je ostavljen da odstoji 10 minuta tijekom čega dolazi do stezanja gruša i otpuštanja sirutke. Sljedećih 30 minuta je povremeno promiješano kako bi došlo do jednoličnog otpuštanja sirutke. Za svo

ovo vrijeme starter kultura nastavlja proizvoditi kiselinu, te dolazi do pada pH vrijednosti do 6,43.



**Slika 9.** Rezanje i miješanje gruša kako bi otpustio sirutku

Kada je sirno zrno dovoljno osušeno (2. mljekareva proba), pristupilo se cijedenju sirne mase na sobnoj temperaturi preko plastičnih sita obloženih sirarskim maramama. Dovoljno ocijedena sirna masa je prebačena u odgovarajuće kvadratne kalupe obložene sirarskom maramom.



**Slika 10.** Cijedenje i odvajanje sirutke

Prešanje sira je provedeno pod vlastitom masom. U početnoj fazi prešanja provedeno je češće okretanje sira u kalupima kako bi se ubrzalo cijedenje.



**Slika 11.** Kalupljenje sira

Nakon prvog okretanja, sir je izvađen iz marame i dalje prešan bez marame uz povremeno okretanje i vraćanje u kalupe, zbog boljeg ocjeđivanja zaostale sirutke.



**Slika 12.** Samoprešanje sira u kalupima

Oblikovani sir željene konzistencije je izvađen iz kalupa, prerezan na komade mase oko 400 g i suho soljen.

Soljenje se provodilo dodatkom 5% soli (NaCl, KCl ili njihovom mješavinom) na masu sira prema **Tablici 9**.

Tablica 9. Sastav smjese soli za soljenje sira

uzorak	NaCl	KCl
1	100%	0%
2	75%	25%
3	50%	50%
4	25%	75%
5	0%	100%

Sol je dodana u dva navrata i utrljana u masu sira te je sir ostavljen 24 h kako bi se omogućila difuzija soli s površine u tijesto sira.

Sir je nakon soljenja i sušenja stavljen u posude za salamurenje te preliven salamurom.

Salamura je pripremljena kao 8%-tna otopina soli (NaCl, KCl ili njihove mješavine, prema Tablici 9), uz dodatak 0,06% CaCl<sub>2</sub>, a pH vrijednost je podešena na 6,31 pomoću octene kiseline. Sir se čuvao u salamuri u hladnjaku pri 4 °C.



Slika 13. Soljenje sira



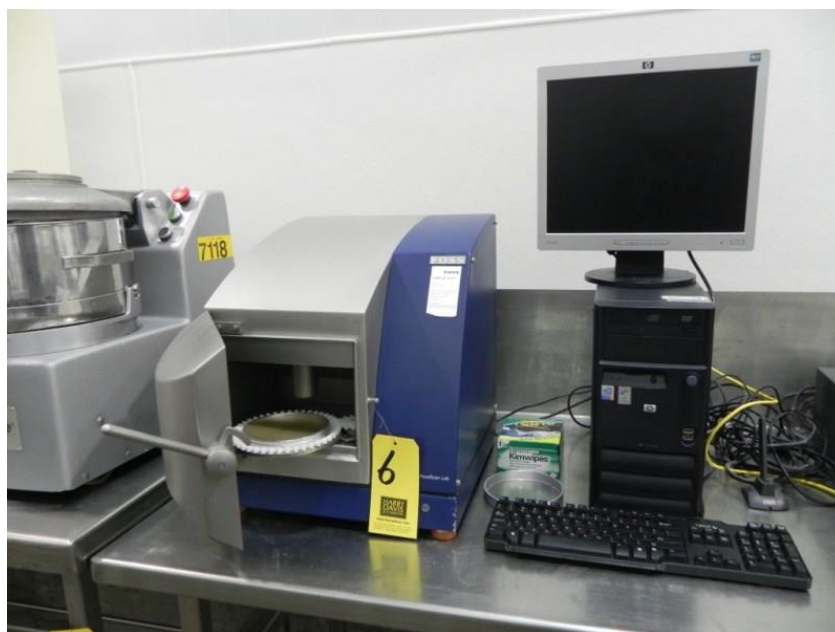
### 3.2.4. Određivanje fizikalno-kemijskih svojstava sireva

#### Kemijski sastav

Sastav sireva određivan je prema metodi predloženoj od Webbi sur. (1974.), a koja je danas uobičajena za određivanje sastava polutvrđih i tvrdih sireva. Uzorci sira rezani su na male kockice (cca 1x1cm) te homogenizirani u laboratorijskom mlinu za usitnjavanje (Retsch, Njemačka) na 5000 okr/min u vremenu od 20 sekundi (Slika 14). Sastav sireva određivan je uređajem FoodScanAnalyser (Foss, Švedska, Slika 15). Mjerno tijelo uređaja napuni se do vrha sa 100-150 g sira i umetne u posebnu komoru za uzorke. Komora se nakon toga zatvara i pokrene mjerenje. U sirevima je određivan udio vode, proteina, mliječne masti i soli.



**Slika 14.** Grindomix GM200



Slika 15. Food Scan™ Lab

#### pH vrijednost

pH vrijednost ispitivanih sireva određivana je pH metrom (3210, WTW, elektroda: ubodna: Blue Line 21 i Schott, **Slika 16**), prema službenoj metodi AOAC 962.19. Sirevi su usitnjeni i homogenizirani mikserom. Deset grama sira razrijeđeno je u 100 mL destilirane vode, homogenizirano na magnetnoj miješalici te je potom određena pH vrijednost.



Slika 16. pH metar 3210)

### Aktivitet vode

Aktivitet vode ( $a_w$ ) određen je uređajem RotronicHygrolab 3 (Rotronic AG, Bassersdorf, Switzerland, **Slika 17**). Sir je narezan na kockice, usitnjen laboratorijskim mlinom za usitnjavanje, a  $a_w$  je određen pri sobnoj temperaturi.



**Slika 17.** RotronicHygrolab 3

#### 3.2.1. Prinos sira

Nakon završetka proizvodnje izračunat je prinos (randman) sira ( $R_S$ ) prema formuli:

$$R_S = \frac{m_S}{m_M} * 100 [\%] \quad 3$$

Prinos sira je osim u odnosu na masu mlijeka, izračunat i u odnosu na masu suhe tvari, proteina te masti u mlijeku (Tratnik i Božanić, 2012):

$$R_{s,t} = \frac{m_S}{m_{s,t/M}} [kg/kg] \quad 4$$

$$R_p = \frac{m_S}{m_{p/M}} [kg/kg] \quad 5$$

$$R_{mm} = \frac{m_S}{m_{mm/M}} [kg/kg] \quad 6$$

gdje su:

$R_S$  [%] – masa sira u kg proizvedena iz 100 kg mlijeka za sirenje;

$R_{s,t}$  [kg/kg] – masa sira proizvedena iz jedinice mase suhe tvari u mlijeku za sirenje;

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

$R_{mm}$  [kg/kg] – masa sira proizvedena iz jedinice mase mliječne masti u mlijeku za sirenje;

$m_s$  [kg] – masa dobivenog sira;

$m_{s,t/M}$  [kg] – masa suhe tvari u mlijeku za sirenje;

$m_{p/M}$  [kg] – masa proteina u mlijeku za sirenje;

$m_{mm/M}$  [kg] – masa mliječne masti u mlijeku za sirenje;

$m_M$  [kg] – masa mlijeka (potrebno je pomnožiti volumen mlijeka za sirenje sa stvarnom ili prosječnom specifičnom masom mlijeka: 1,030).

Zadržavanje (iskorištenosti) sastojaka mlijeka u siru se također može odrediti kada su poznate koncentracije sastojaka u izvornoj sirovini i konačnom proizvodu:

$$Z_{mm/S} = \frac{m_S w_{mm/S}}{m_M w_{mm/M}} * 100[\%] \quad 7$$

$$Z_{p/S} = \frac{m_S w_{p/S}}{m_M w_{p/M}} * 100[\%] \quad 8$$

$$Z_{s,t/S} = \frac{m_S w_{s,t/S}}{m_M w_{s,t/M}} * 100[\%] \quad 9$$

gdje su:

$Z_{mm/S}$  [%] – zadržavanje mliječne masti u siru;

$Z_{p/S}$  [%] – zadržavanje proteina u siru;

$Z_{s,t/S}$  [%] – zadržavanje suhe tvari u siru;

$w_{s,t/M}$  [kg] – maseni udio suhe tvari u mlijeku za sirenje;

$w_{p/M}$  [kg] – maseni udio proteina u mlijeku za sirenje;

$w_{mm/M}$  [kg] – maseni udio mliječne masti u mlijeku za sirenje;

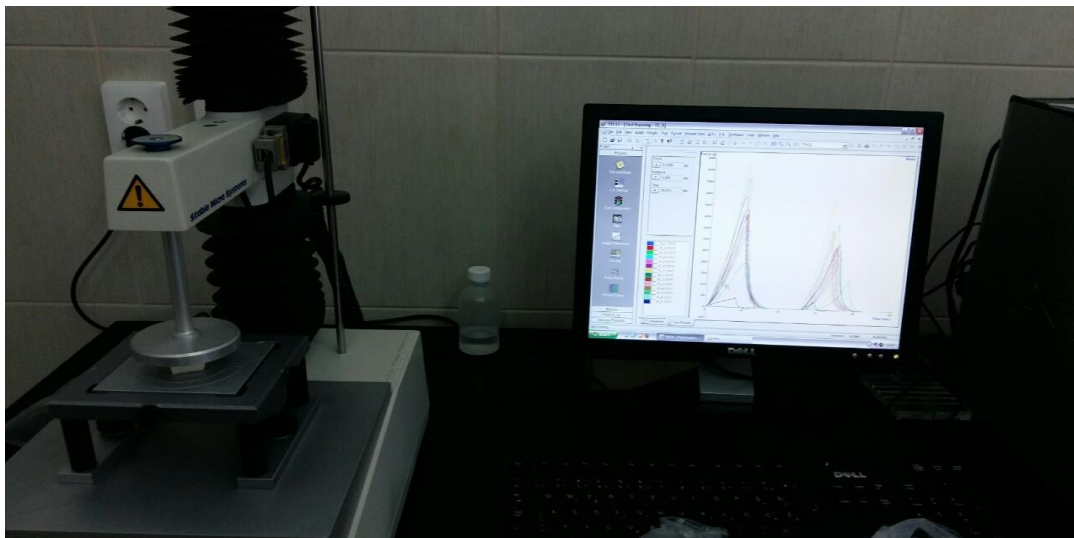
$w_{s,t/S}$  [kg] – maseni udio suhe tvari u siru;

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

$w_{mm/S}$  [kg] – maseni udio mliječne masti u siru.

#### 3.2.2. Određivanje teksturalnih svojstava

Za određivanje teksturalnog profila sira uzoraka koristio se uređaj TA.XT2i Plus (SMS Stable Micro Systems Texture Analyzer, Surrey, England, **Slika 18**).



**Slika 18.** Plus Texture Analyser (stable micro systems)

Tekstura sira je svojstvo prema kojem potrošač prosuđuje i određuje o kojoj vrsti sira se radi. Pored izgleda, prisutnost ili odsutnost rupica, te osjećaj u ustima se primjećuju prije nego se utvrdi okus. Faktori koji određuju promjene u teksturi u svim sirevima su uglavnom isti. To je zbog toga jer komponente sira (gruš, prirodni mliječni enzimi, kazein, voda, mliječna kiselina, natrijev klorid, mliječna mast, kalcij) su iste u svim vrstama sira i razlikuju se prema udjelu tih komponenata. Analiza teksture deskriptivnim senzorskim metodama koristi termine koji se odnose na osjećaj dobiven nakon prvog ugriza tijekom žvakanja i gutanja.

Stoga su razvijene metode koje simuliraju žvakanje, tzv. analiza teksturalnog profila (engl. Texture Profile Analysis, TPA) ili metoda dvostrukog zagriža. Ova metoda ima dobru korelaciju sa senzorskim podacima, a obuhvaća primjenjivanje dva kompresijska ciklusa na hranu na taj način da se simulira početna faza žvakanja (Muir i sur., 1997; Drake i sur., 1999).

Da bi se simulirao dvostruki zagriz, odnosno žvakanje, uzorak se stavlja na bazu analizatora teksture i podvrgava dvostrukoj kompresiji (uz određeno zadržavanje kompresijske sonde između dva ciklusa), a računalni program zapisuje krivulju promjene sile potrebne za

kompresiju uzorka u vremenu podešenom prije eksperimenta. Iz dobivenih rezultata očitavaju se određeni parametri koji uglavnom vrlo dobro koreliraju sa senzorskim ispitivanjima uzorka. Tipični primarni parametri u ispitivanju teksture kruha su čvrstoća, kohezivnost, elastičnost i tzv. odgođena elastičnost, a i iz njih se dalje izračunavaju sekundarni parametri kao što je npr. otpor žvakanju (Foegeding i sur., 2003.).

Uzorci sira veličine 20×20×20 mm su podvrgnuti dvostrukoj kompresiji cilindričnim nastavkom TA-25, 50 mm promjera, prema sljedećim parametrima:

- kalibracija visine: 20 mm;
- brzina prije mjerenja: 1 mm/s;
- brzina mjerenja: 1 mm/s;
- brzina nakon mjerenja: 1 mm/s;
- kompresija 50%;
- vrijeme zadržavanja između dvije kompresije: 5 s.

Mjerenja su obavljena pri sobnoj temperaturi ( $20 \pm 2$  °C).

Iz dobivenih rezultata (primjer krivulje je u Prilogu 3) mogu se očitati:

- čvrstoća (hardness) – visina prvog pika izražena u jedinicama sile (N) ili mase (g);
- kohezivnost (cohesiveness) – predstavlja snagu unutrašnjih veza materijala potrebnih da zadrže uzorak koherentnim pri deformaciji, a definirana je omjerom površina ispod drugog i prvog pika ( $\text{Površina 2AiB}/\text{Površina 1AiB}$ );
- elastičnost (resilience) – predstavlja tzv. trenutnu elastičnost, odnosno mjeru oporavka uzorka od deformacije pri prvoj kompresiji, a definirana je omjerom površine ispod krivulje tijekom prve dekompresije i površine ispod krivulje tijekom prve kompresije ( $\text{Površina 1B}/\text{Površina 1A}$ );
- odgođena elastičnost (springiness) – omjer visina uzorka do koje se on vraća tijekom vremena koje prođe između kraja prve kompresije i početka druge kompresije i početne visine uzorka;

- otpor žvakanju (chewiness) – predstavlja energiju koju je potrebno utrošiti za žvakanje uzorka, odnosno otpor uzorka žvakanju, a izračunava se kao umnožak čvrstoće, kohezivnosti i odgođene elastičnosti i izražava u jedinicama sile (N) ili mase (g).

#### 3.2.3. Senzorska analiza

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

Senzorska svojstva na temelju kojih se određuju svojstva sireva su:

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

#### Opisni parametri

Utvrđena su senzorska svojstva bijelog sira, prema Prilogu 1, koja su i opisno prikazana. Vaganjem su utvrđene mase sireva.

#### Metoda bodovanja

Za određivanje ocjene kvalitete gotovih proizvoda najčešće se koristi senzorska metoda bodovanja. Njome se određuje u kojoj mjeri svojstva ispitivanog proizvoda zadovoljavaju postavljene zahtjeve.

Metoda zahtijeva prethodni izbor svojstava (parametara kvalitete) koji su važni za kvalitetu proizvoda, te definiranje broja bodova za svako svojstvo razmjerno njegovoj važnosti za ukupnu kvalitetu proizvoda (Prilog 2). Svako svojstvo ispitivanog proizvoda ocjenjuje se skalom ocjena od 1 do 5 (Prilog 3), a nedostatak takve procjene se korigira faktorom značajnosti.

#### 3.2.8. Statistička obrada rezultata

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



## **4. REZULTATI I RASPRAVA**

#### 4.1. SASTAV MLIJEKA ZA SIRENJE

Rezultati kemijske analize mlijeka za sirenje prikazani su **Tablicom 8**.

**Tablica 8.** Kemijski sastav mlijeka za sirenje

sastojci / pH	maseni udio [%]
masti	3,73 ± 0,02
voda	86,73 ± 0,05
proteini	3,05 ± 0,04
suha tvar	13,27 ± +0,05
pH	4,28 ± 0,01

Prikazani podaci predstavljaju srednje vrijednosti (± SD) tri ponavljanja.

Iz rezultata prikazanih **Tablicom 8** vidljivo je da je udio ukupne suhe tvari mlijeka je bio vrlo visok i iznosio je 13,27%, uz vrlo mala odstupanja (SD 0,05). Kiselost mlijeka se kretala u rangu normalnih prirodnih vrijednosti.

## 4.2. FIZIKALNO-KEMIJSKA SVOJSTVA SIRA

Tablica 12. Osnovni kemijski sastav sira

uzorak	udio masti (%)	udio vlage (%)	udio proteina (%)	udio soli (%)
0	19,60±0,01 <sup>c</sup>	55,76±0,04 <sup>a</sup>	19,98±0,03 <sup>b</sup>	0,80±0,03 <sup>d</sup>
1	21,09±0,08 <sup>a</sup>	49,35±0,05 <sup>f</sup>	20,84±0,05 <sup>a</sup>	3,75±0,01 <sup>a</sup>
2	19,94±0,17 <sup>b</sup>	51,33±0,32 <sup>e</sup>	20,13±0,23 <sup>b</sup>	3,26±0,07 <sup>b</sup>
3	19,65±0,08 <sup>c</sup>	52,30±0,30 <sup>c</sup>	19,51±0,00 <sup>c</sup>	3,12±0,08 <sup>c</sup>
4	18,68±0,08 <sup>c</sup>	53,29±0,15 <sup>b</sup>	18,67±0,05 <sup>d</sup>	3,09±0,00 <sup>c</sup>
5	19,45±0,07 <sup>c</sup>	51,73±0,07 <sup>d</sup>	19,64±0,05 <sup>c</sup>	3,05±0,02 <sup>c</sup>
uzorak	suha tvar (%)	mast u suhoj tvari (%)	bezmasna tvar (%)	voda u bezmasnoj suhoj tvari (%)
0	44,24±0,04 <sup>f</sup>	44,30±0,00 <sup>a</sup>	80,41±0,01 <sup>b</sup>	69,35±0,06 <sup>a</sup>
1	50,65±0,05 <sup>a</sup>	41,64±0,21 <sup>b</sup>	78,91±0,08 <sup>d</sup>	62,54±0,13 <sup>e</sup>
2	48,67±0,32 <sup>b</sup>	40,96±0,09 <sup>c</sup>	80,06±0,17 <sup>c</sup>	64,12±0,26 <sup>d</sup>
3	47,70±0,03 <sup>d</sup>	41,19±0,20 <sup>c</sup>	80,35±0,08 <sup>b</sup>	65,09±0,11 <sup>c</sup>
4	46,71±0,15 <sup>e</sup>	40,00±0,04 <sup>e</sup>	81,32±0,08 <sup>a</sup>	65,53±0,12 <sup>b</sup>
5	48,27±0,07 <sup>c</sup>	40,30±0,09 <sup>d</sup>	80,55±0,07 <sup>b</sup>	64,22±0,03 <sup>d</sup>

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.

Osnovni kemijski sastav, pH i  $a_w$  uzoraka mekih bijelih sireva u salamuri prikazani su **Tablicom 12**. Iz dobivenih rezultata vidljivo je da smanjenjem udjela NaCl u siru smanjuje i udio masti i proteina, a time i ukupne suhe tvari, dok se povećava udio vode. Ova korelacija je i statistički značajna, kako se vidi iz Tablice 18. Također postoji statistički značajna pozitivna korelacija između masenog udjela masti i proteina (0,976), sadržaja vode i aktiviteta (0,882), koja je bila i očekivana, te statistički negativne korelacije između masenog udjela masti i sadržaja vode (-0,975).

Najviši sadržaj vode i aktivitet vode uočeni su u kontrolnom uzorku sira prije soljenja (uzorak 0), što je i očekivano, budući da se soljenjem sira pospješuje daljnje istjecanje vode iz sira.

pH vrijednost sira je statistički značajno različita kod svih uzoraka (Tablica 13), međutim nije pronađena korelacija s ispitivanim parametrima.

**Tablica 13.** Aktivitet i pH vrijednost sira

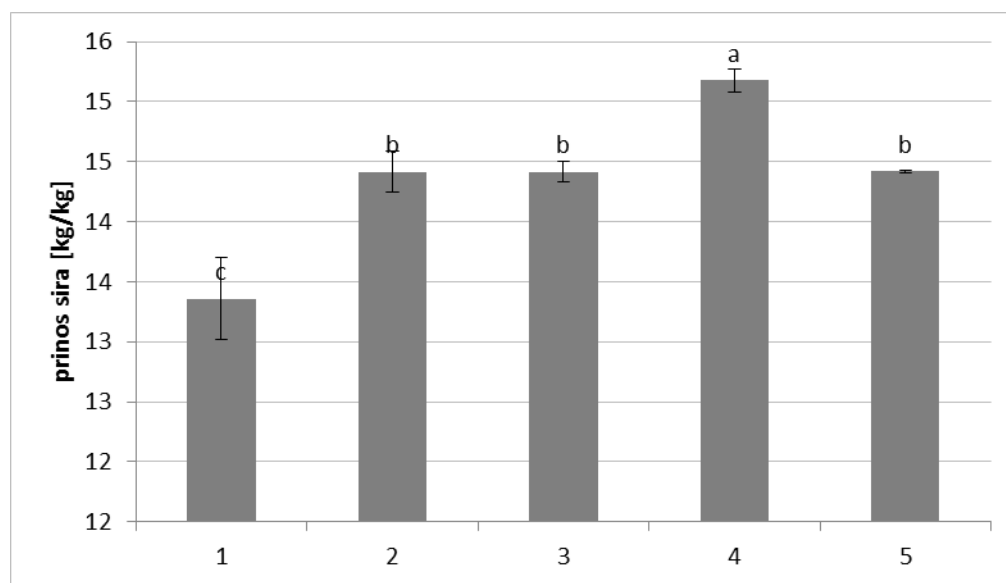
uzorak	aktivitet sira	temperatura °C	pH
0	0,982±0,004 <sup>a</sup>	24,63±0,04	5,35±0,00 <sup>b</sup>
1	0,939±0,001 <sup>d</sup>	24,70±0,02	5,34±0,01 <sup>c</sup>
2	0,951±0,001 <sup>bc</sup>	24,89±0,03	5,29±0,00 <sup>d</sup>
3	0,949±0,000 <sup>c</sup>	24,80±0,01	5,34±0,00 <sup>c</sup>
4	0,954±0,000 <sup>b</sup>	24,86±0,02	5,39±0,00 <sup>a</sup>
5	0,953±0,001 <sup>bc</sup>	24,97±0,01	5,25±0,00 <sup>e</sup>

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.

Prema udjelu vode u bezmasnoj tvari sira proizvedeni uzorci bijelog sira u salamuri se mogu svrstati u skupinu mekih sireva (MPRRR, 2009). Na osnovi udjela masti u suhoj tvari sira (39,95-44,38%), svi dobiveni uzorci sira pripadaju skupini masnih sireva (MPRRR, 2009).

### 4.3. PRINOS SIRA I ISKORIŠTENJE SASTOJAKA MLIJEKA

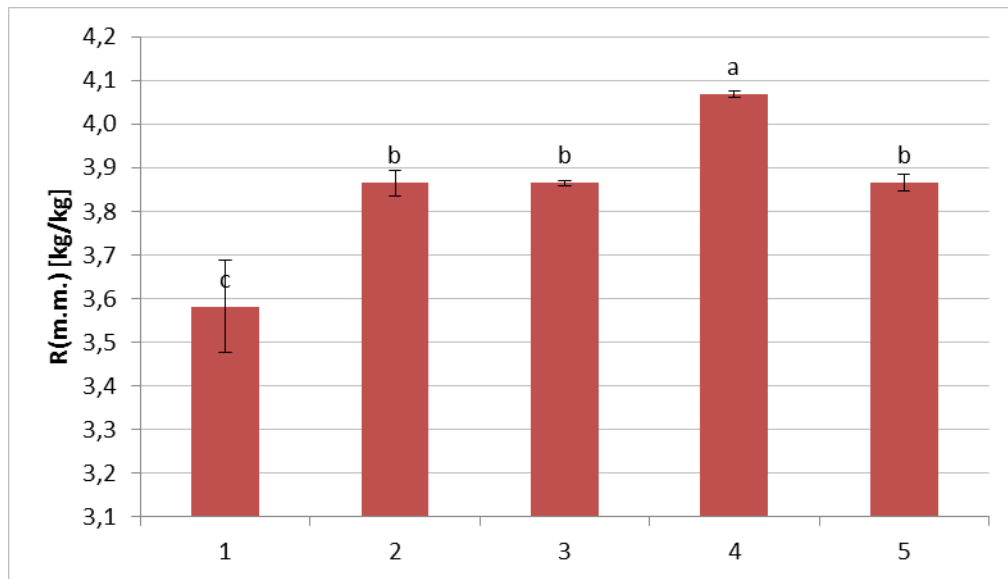
Prinos sira s obzirom na masu mlijeka, udio mliječne masti, proteina te suhe tvari u mlijeku prikazan je **Slikama 19, 20, 21 i 22** dok raspodjelu sastojaka mlijeka između sira i sirutke te iskorištenje sastojaka iz mlijeka (zadržavanje sastojaka u siru) su prikazani **Slikama 23 i 24**.



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.

**Slika 19.** Prinos sira s obzirom na masu mlijeka

Prinos sira s obzirom na masu mlijeka je najveći kod uzorka 4, dok je najmanji kod uzorka 1, koji se i statistički razlikuju od vrijednosti za prinos ostalih uzoraka. Budući da je uzorak 1 nakon proizvodnje zadržao najviše vlage, a uzorak 4 najmanje vlage, ovi rezultati su i očekivani. Također postoji statistički značajna korelacija između prinosa sira i masenog udjela vode.



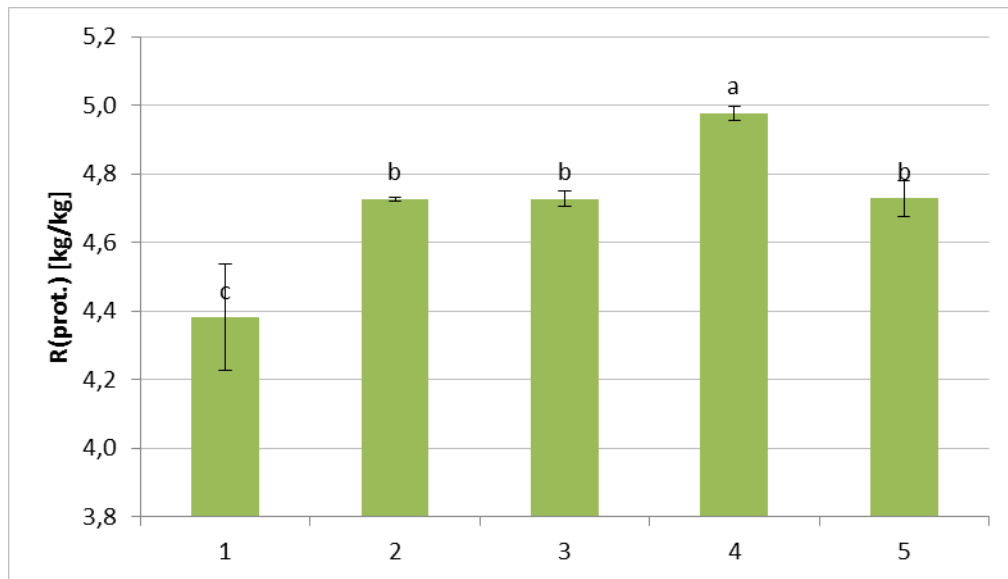
Prikazani podaci predstavljaju srednje vrijednosti ( $\pm$  SD) tri ponavljanja. Vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ), prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

**Slika 20.** Prinos sira s obzirom na udio masti u mlijeku

**Slika 20** prikazuje prinos sira obzirom na količinu masti u mlijeku te je zabilježen najveći prinos kod uzorka 4 koji je, kako je već rečeno, zadržao najveći udio sirutke.

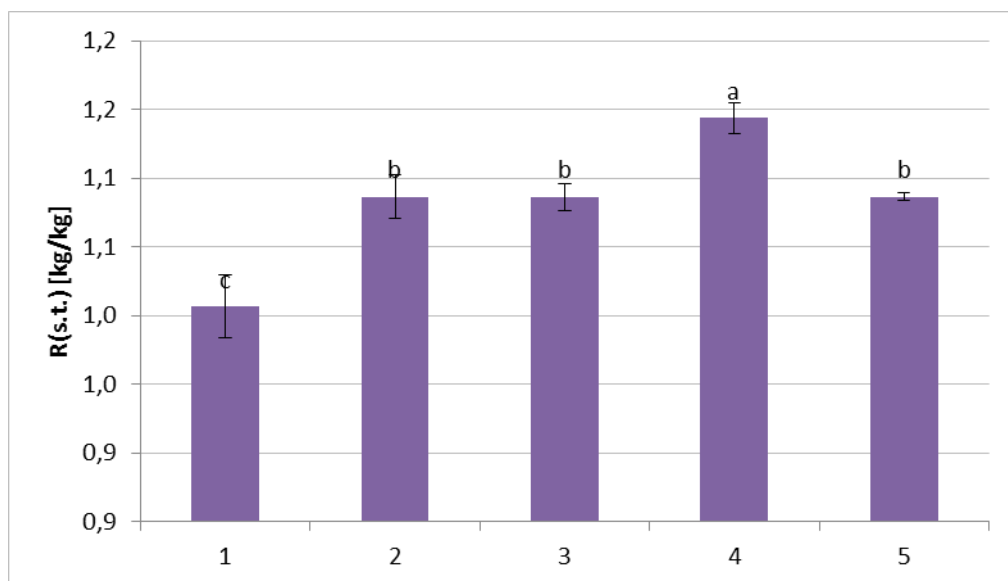
Slične relacije pokazuje i prinos sira s obzirom na količinu proteina u mlijeku (Slika 21): najveći prinos sira je opet zabilježen kod uzorka 4, dok su najniže vrijednosti zabilježene kod uzorka 1 koji je zadržao manji udio vode.

Ovakve tendencije pokazuje i prinos sira s obzirom na količinu suhe tvari u mlijeku: ponovo najveći prinos kod uzorka 4, dok je najniži kod uzorka 1.



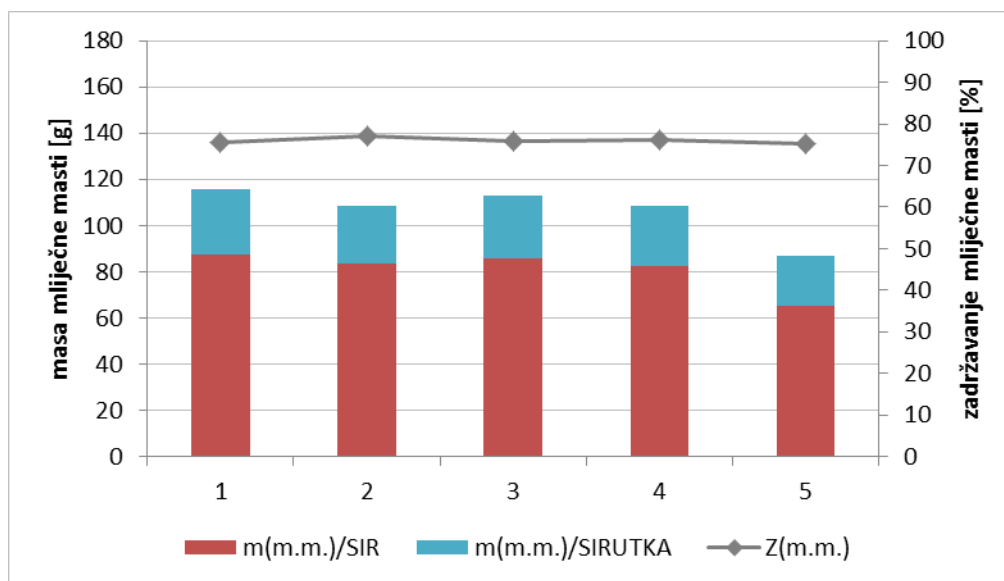
Prikazani podaci predstavljaju srednje vrijednosti ( $\pm$  SD) tri ponavljanja. Vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ), prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

**Slika 21.** Prinos sira s obzirom na količinu proteina u mlijeku



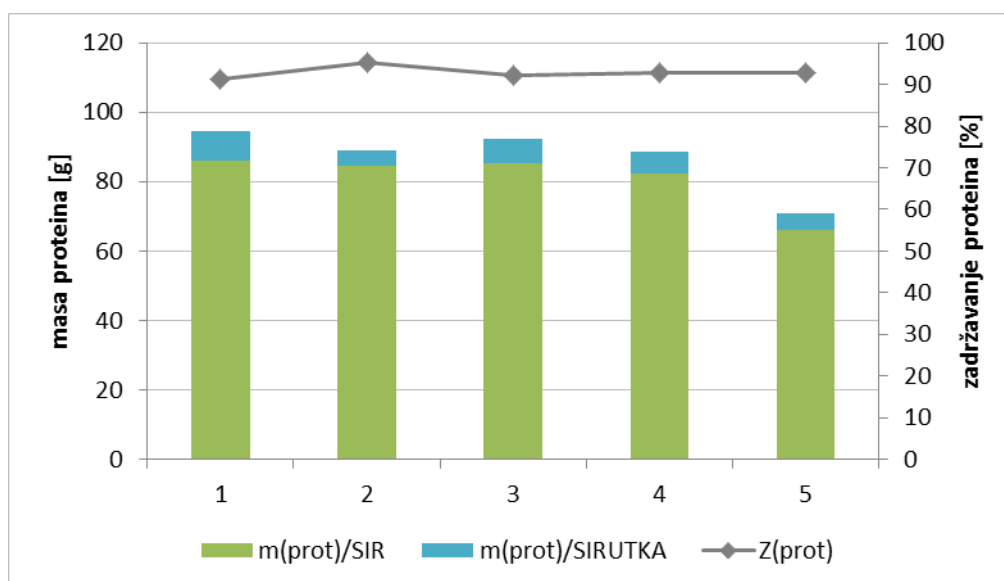
Prikazani podaci predstavljaju srednje vrijednosti ( $\pm$  SD) tri ponavljanja. Vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ), prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

**Slika 22.** Prinos sira s obzirom na suhu tvar u mlijeku



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.

**Slika 23.** Raspodjela mliječne masti u siru i sirutci te zadržavanje mliječne masti u siru



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.

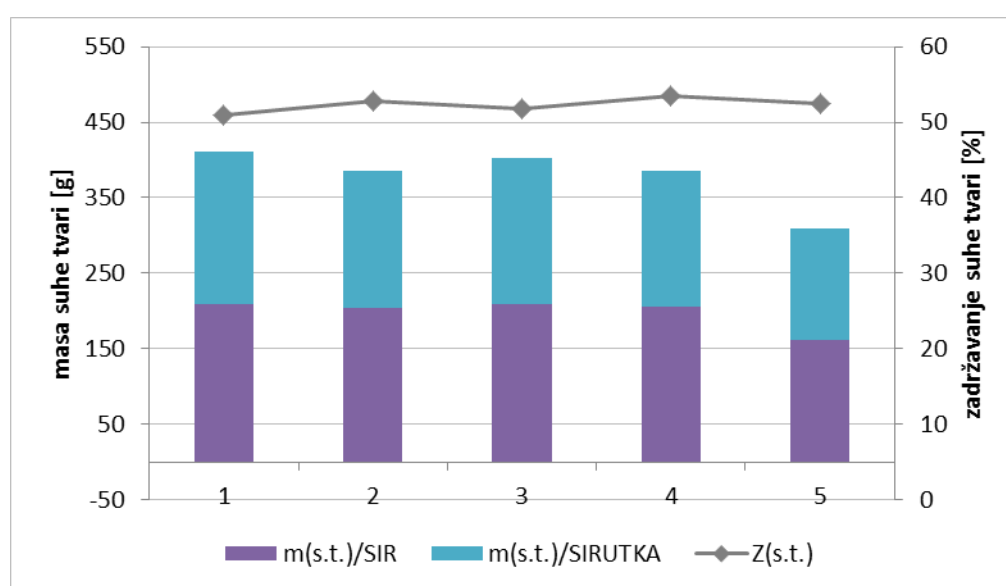
**Slika 24.** Raspodjela proteina u siru i sirutci te zadržavanje proteina u siru



Između prinosa sira i udjela vode postoji jasna pozitivna statistička korelacija (0,971), dok je ona negativna (-0,981; -0,949) između prinosa i udjela masti, odnosno prinosa i udjela proteina.

Zadržavanje mliječne masti, odnosno udio od ukupne količine mliječne masti iz mlijeka koji se zadržava u siru, u svim uzorcima sireva je bilo podjednako i kretalo se u rasponu između 75,20 i 77,06%.

U svim uzorcima sireva je vrlo visoko iskorištenje proteina, dok se samo mali dio proteina gubi sirutkom. Iskorištenje se kretalo u rasponu između 91,28 i 95,15%.



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.

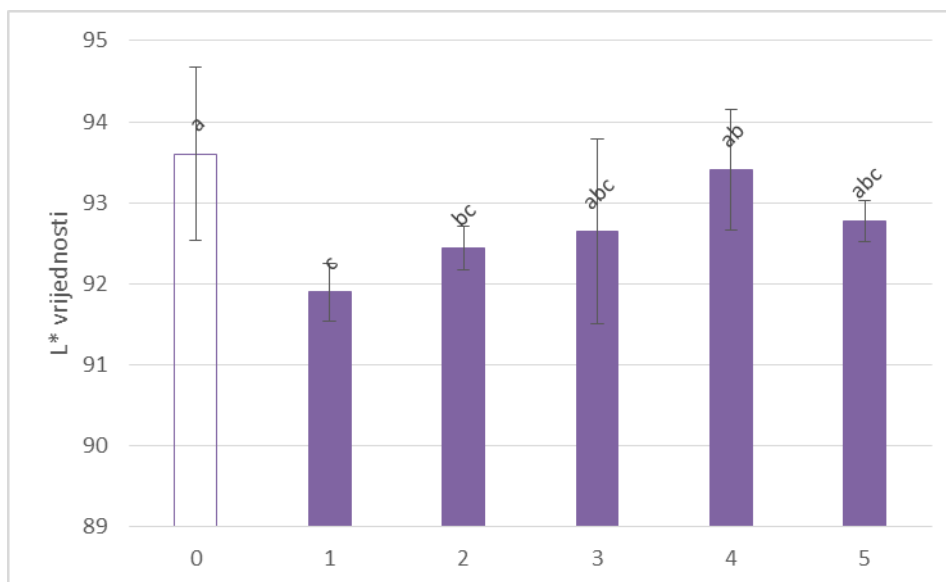
**Slika 25.** Raspodjela suhe tvari u siru i sirutci te zadržavanje suhe tvari u siru

Zadržavanje suhe tvari u svim uzorcima sireva je oko 50% što je uobičajeno jer najveći postotak suhe tvari čini laktoza (oko 70%).

Između zadržavanja suhe tvari, mliječne masti i proteina u siru i udjela NaCl-a ne postoji statistički značajna korelacija.

#### 4.4. BOJA SIRA

Rezultati analize boje sira: L\* vrijednosti, a\* vrijednosti i b\* vrijednosti prikazani su **Slikama 23, 24 i 25.**

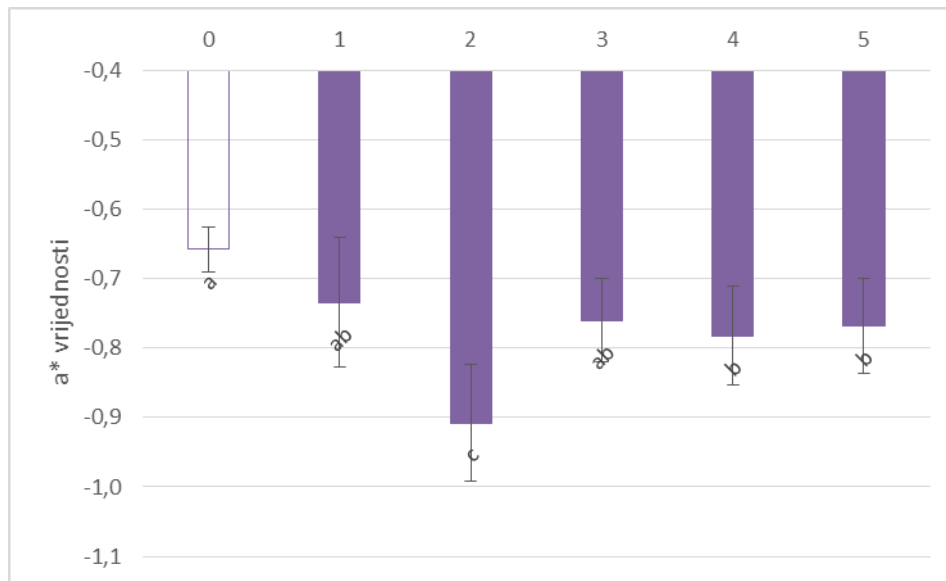


Prikazani podaci predstavljaju srednje vrijednosti ( $\pm$  SD) pet ponavljanja. Vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ), prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

**Slika 23.** L\* vrijednosti boje analiziranih feta sireva

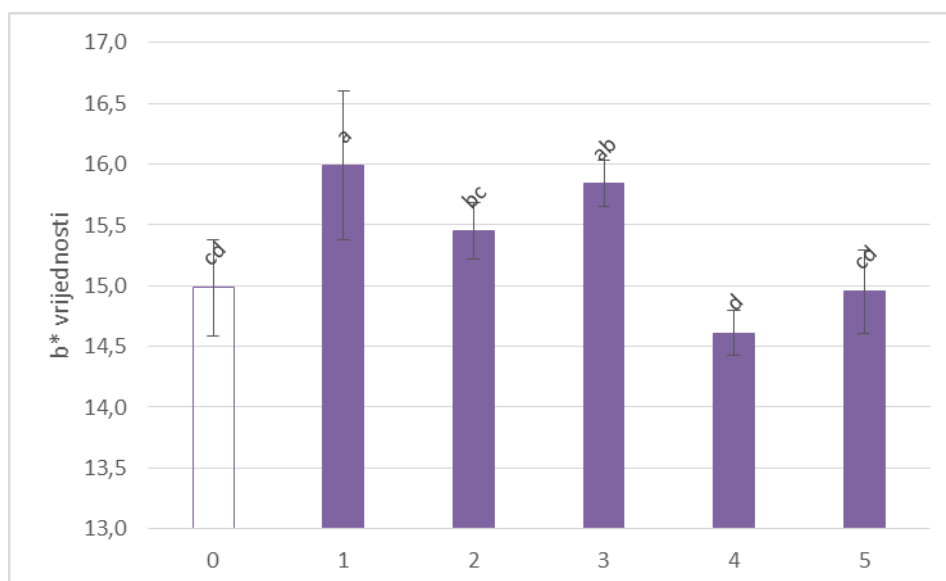
Kontrolni uzorak sira prije soljenja ima najveću L\* vrijednost (svjetlina), dok je nakon soljenja najmanja vrijednost zabilježena kod uzorka 1, koji ima najniži udio NaCl-a. Postoji značajna pozitivna korelacija između sadržaja vlage i L\* vrijednosti (0,953) te značajna negativna korelacija između L\* vrijednosti i masenog udjela masti (-0,987).

Kontrolni uzorak prije soljenja je imao najveću a\* vrijednost, dok je uzorak 2 imao najmanju vrijednost. Najviše vrijednosti b\* su zabilježene kod uzorka 1, dok su najmanje vrijednosti kod uzorka 4. Nema statistički značajne korelacije između boje i masenog udjela natrijevog klorida, što upućuje da smanjenje udjela soli ili djelomična zamjena kalijevim kloridom ne utječe na boju uzoraka sireva.



Prikazani podaci predstavljaju srednje vrijednosti ( $\pm$  SD) pet ponavljanja. Vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ), prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

**Slika 24.** a\* vrijednosti boje analiziranih feta sireva

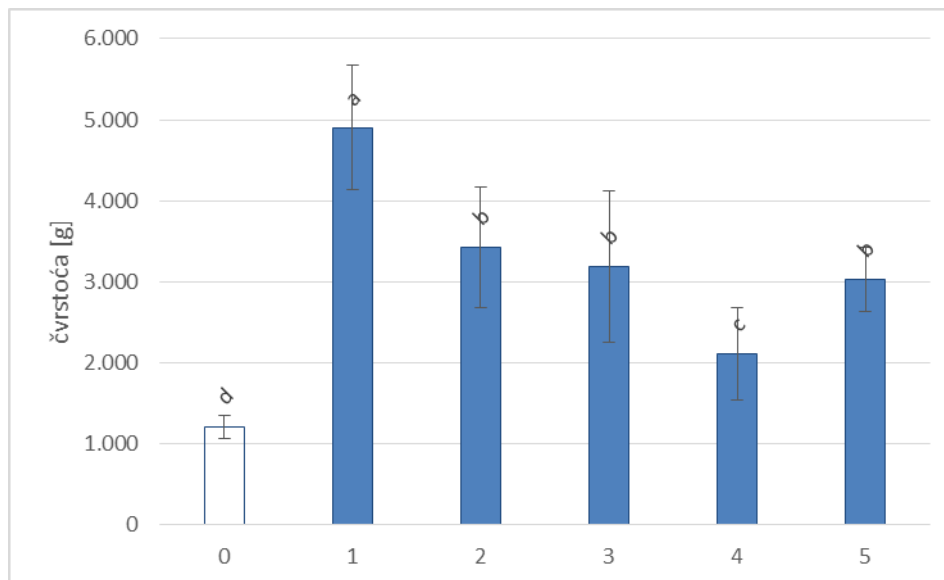


Prikazani podaci predstavljaju srednje vrijednosti ( $\pm$  SD) pet ponavljanja. Vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ), prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

**Slika 25.** b\* vrijednosti boje analiziranih feta sireva

#### 4.5. TEKSTURALNI PROFIL SIRA

Parametri teksture prikazani su Slikama 26-32.



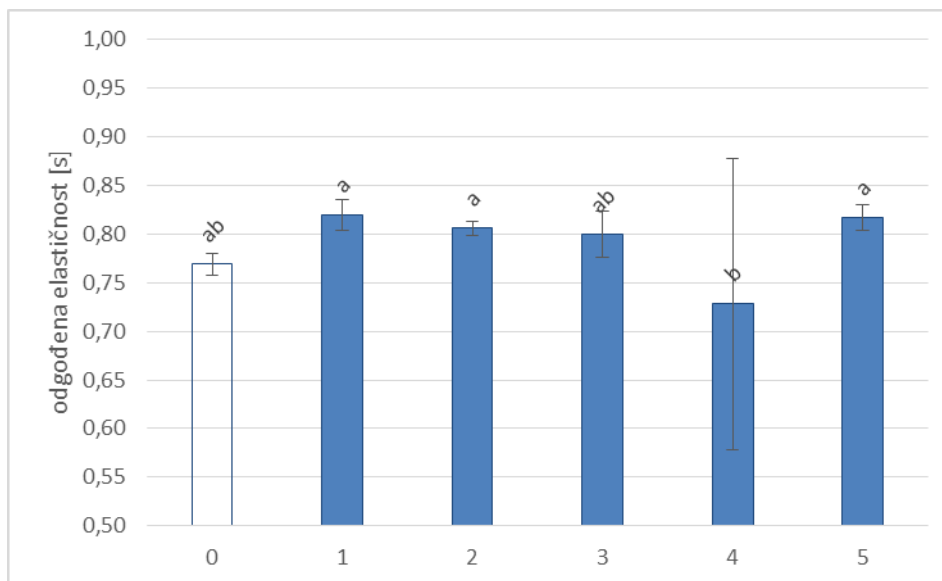
Prikazani podaci predstavljaju srednje vrijednosti ( $\pm$  SD) šest ponavljanja. Vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ), prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

**Slika 26.** Čvrstoća ispitana analizom teksturalnog profila sira

Kontrolni uzorak (prije soljenja) pokazuje najnižu vrijednost čvrstoće, otpora žvakanja i gumenosti, a najvišu vrijednost elastičnosti i kohezivnosti. Nasuprot tome, uzorak s najvećim udjelom NaCl-a pokazuje najveću čvrstoću, najveći otpor žvakanju i gumenost, a nabrojane vrijednosti se smanjuju kako se smanjuje udio NaCl-a.

Općenito, uzorci s većim masenim udjelom NaCl-a (a koji imaju manji udio vode) imaju veću čvrstoću (značajna pozitivna korelacija između udjela soli i čvrstoće (0,913)), otpor žvakanju (značajna pozitivna korelacija između udjela soli i otpora žvakanju (0,907)) i gumenost (značajna pozitivna korelacija između udjela soli i gumenosti (0,923)).

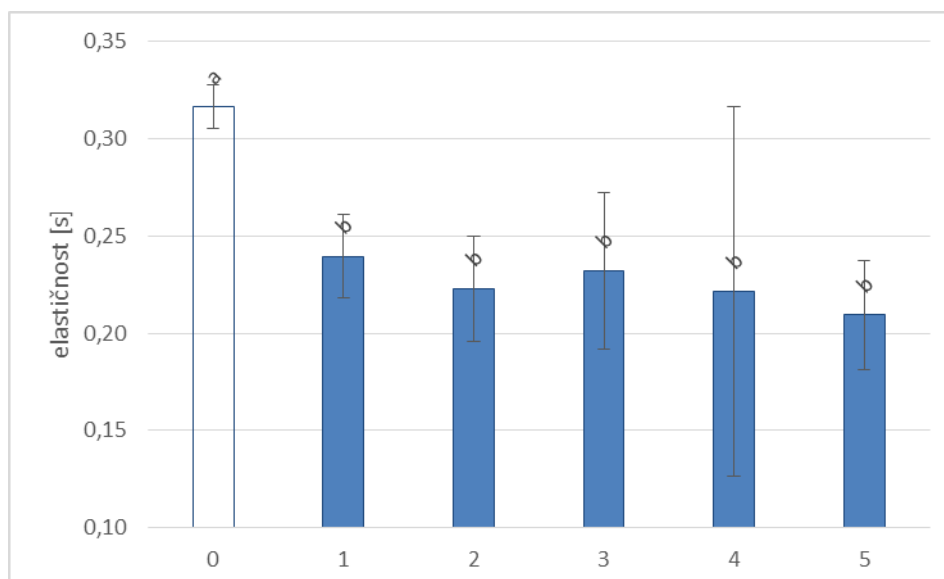
Osim ovoga, nisu pronađeni drugi statistički značajni utjecaji smanjenja udjela NaCl-a na teksturu mekog bijelog sira u salamuri.



Prikazani podaci predstavljaju srednje vrijednosti ( $\pm$  SD) šest ponavljanja. Vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ), prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

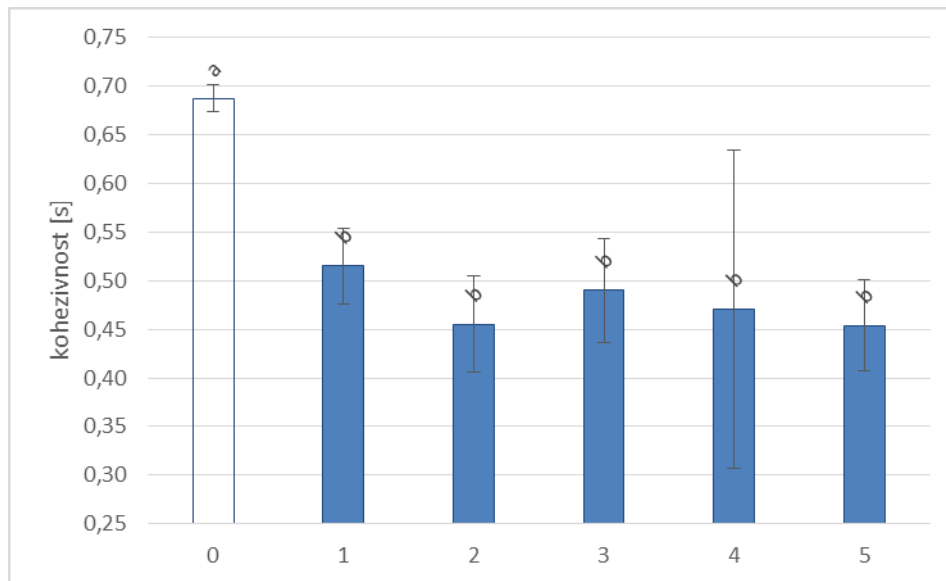
**Slika 27.** Odgođena elastičnost ispitana analizom teksturalnog profila sira

Na parametar odgođene elastičnosti (Slika 27), kao i na elastičnost (Slika 28), kohezivnost (Slika 29) i ljepljivost (Slika 32) zamjena dijela natrijevog klorida kalijevim kloridom u smjesi za soljenje i salamurenje nema statistički značajnog utjecaja, budući da nema statistički značajne razlike između vrijednosti navedenih parametara među uzorcima.



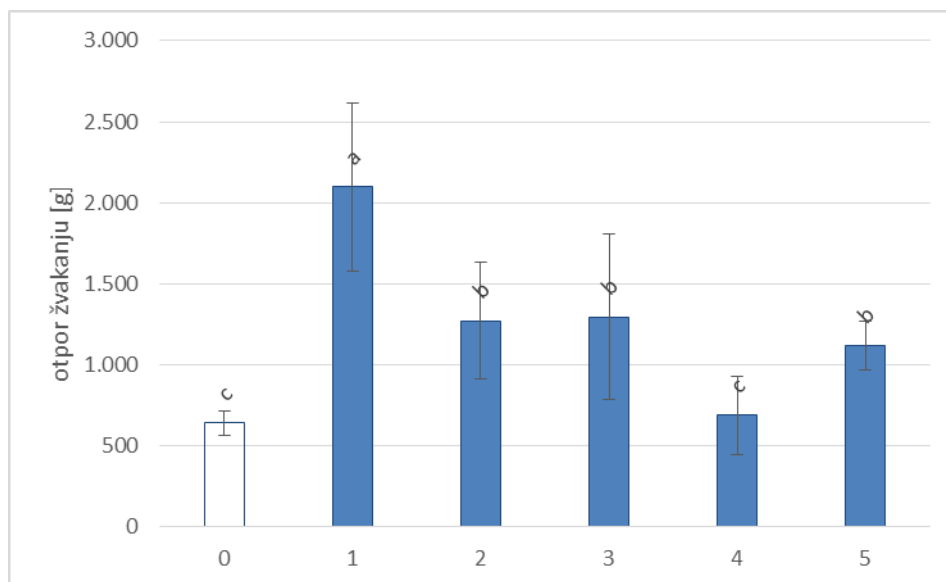
Prikazani podaci predstavljaju srednje vrijednosti ( $\pm$  SD) šest ponavljanja. Vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ), prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

**Slika 28.** Elastičnost ispitana analizom teksturalnog profila sira



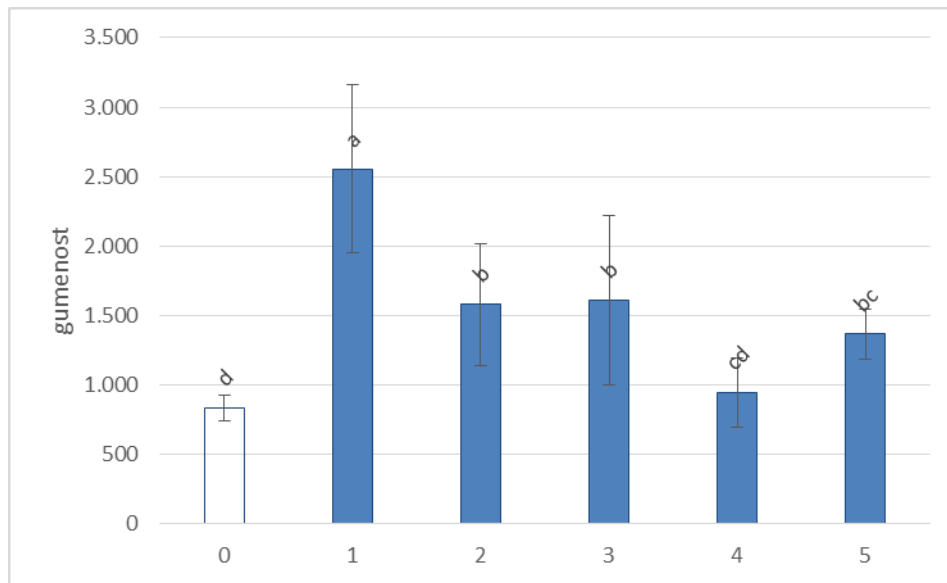
Prikazani podaci predstavljaju srednje vrijednosti ( $\pm$  SD) šest ponavljanja. Vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ), prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

**Slika 29.** Kohezivnost ispitana analizom teksturalnog profila sira



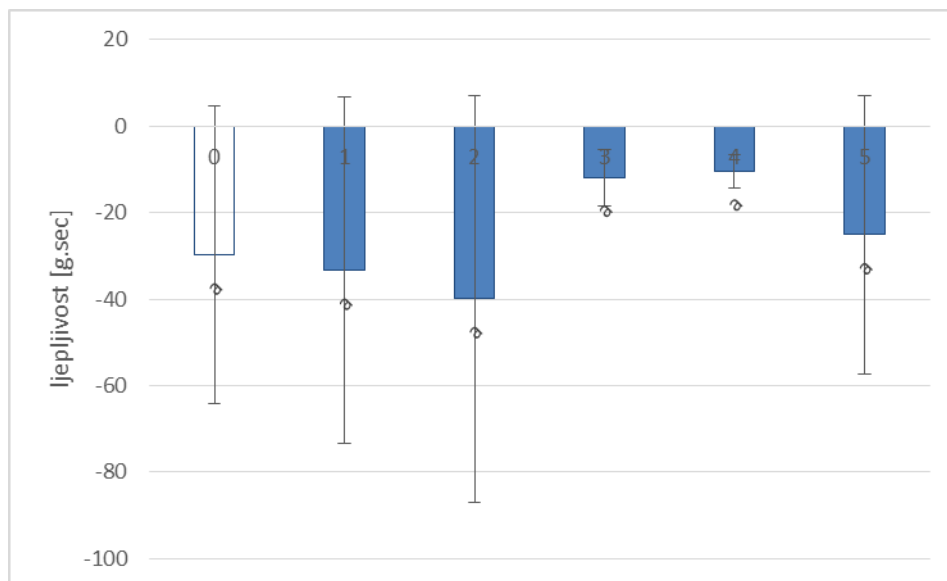
Prikazani podaci predstavljaju srednje vrijednosti ( $\pm$  SD) šest ponavljanja. Vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ), prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

**Slika 30.** Otpor žvakanju ispitana analizom teksturalnog profila sira



Prikazani podaci predstavljaju srednje vrijednosti ( $\pm$  SD) šest ponavljanja. Vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ), prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

**Slika 31.** Gumenost ispitana analizom teksturalnog profila sira



Prikazani podaci predstavljaju srednje vrijednosti ( $\pm$  SD) šest ponavljanja. Vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ), prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

**Slika 32.** Ljepljivost ispitana analizom teksturalnog profila sira

Dakle, do 50% NaCl-a se može zamijeniti KCl-om bez statistički značajnog negativnog utjecaja na većinu parametara teksture mekog bijelog sira u salamuri.

## 4.6. SENZORSKA ANALIZA SIRA

### 4.6.1. Opis sireva

U svim uzorcima utvrđena su prikazana sljedeća svojstva: vanjski izgled, svojstva sirnog tijesta, prerez sira, miris i okus sira. Mjerenjem su izmjerene dimenzije sira, a vaganjem su utvrđene mase (težine)sireva. Svi rezultati prikazani su **Tablicom 16**.

**Tablica 16.** Opisna svojstva i mjere sireva

uzorak	1	2	3	4	5
<b>oblik</b>	kvadar	kvadar	kvadar	kvadar	kvadar
<b>visina (mm)</b>	20	20	20	20	20
<b>masa (g)</b>	406,03	419,87	436,64	441,34	335,53
<b>boja</b>	bijela	bijela	bijela	bijela	Bijela
<b>kora</b>	glatka	glatka	glatka	glatka	glatka
<b>prerez-tijesto</b>	povezano	povezano	povezano	povezano	povezano
<b>konzistencija</b>	homogeno,bez lijepljenja	homogeno,bez lijepljenja	homogeno,bez lijepljenja	homogeno, bez lijepljenja	homogeno, bez lijepljenja
<b>miris</b>	ugodan	ugodan	ugodan	ugodan	ugodan
<b>okus</b>	nedovoljno slan	dovoljno slan	dosta slan	preslan	gorak

Vanjski izgled sira podrazumijeva njegov oblik, odnosno dimenzije, masu sira, boju i izgled kore sira (Kirin, 2006.).



Sir je u obliku kvadra koji potječe od kalupa u kojem je sir prešan. Visina proizvedenih uzoraka je 20 mm. Prosječna masa uzoraka je iznosila 407,882g. Boja uzoraka je bila bijela, a kora je bila glatka.

Tijesto feta sira na prerezu je bilo povezano kod svih uzoraka. Boja tijesta je bijela kao i kora. Konzistencija sira je homogena, bez lijepljenja i gumasta.

### 4.6.2. Senzorska ocjena metodom bodovanja

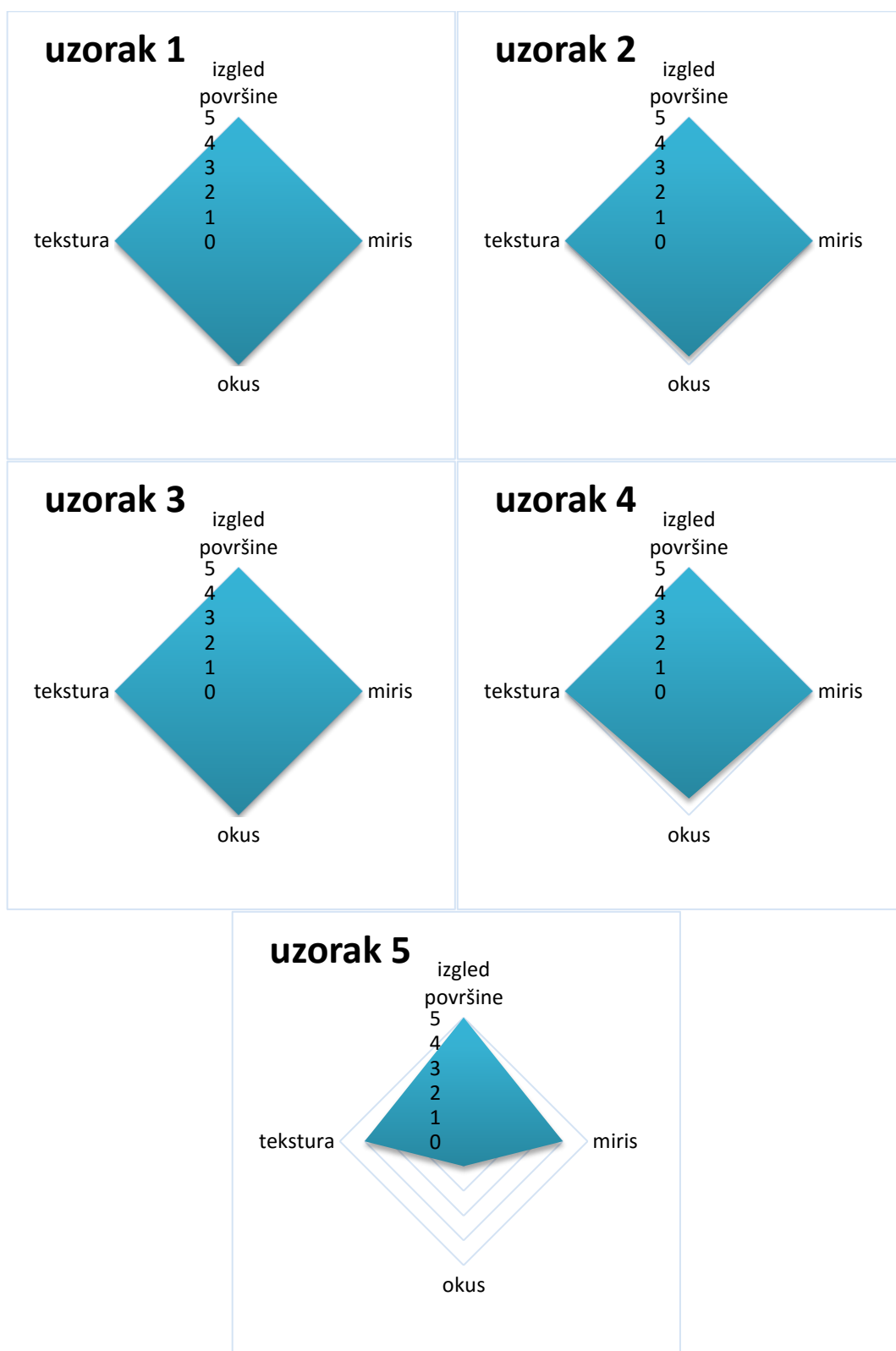
Slikom 33 su prikazane senzorske ocjene za okus, miris, izgled površine te teksturu i naknadni okus u ustima uzoraka proizvedenih sireva, koje je testom bodovanja dalo 3 trenirana senzorska analitičara. Ocjene pokazuju da nema statistički značajne razlike među uzorcima 1-4 u niti jednom ocjenjivanom svojstvu, ali je značajna razlika primijećena između uzorka 5 i ostalih uzoraka za sva promatrana svojstva.

Najveći utjecaj zamjene soli je, očekivano, na okus proizvoda. Uzorak 5 kod kojeg je cjelokupni natrij zamijenjen kalijem, za senzorsko svojstvo okusa, dobio je srednju ocjenu 1,0 (okus nekarakterističan za proizvod), s komentarom o izraženoj gorčini proizvoda, koja potječe od kalijeveg klorida.

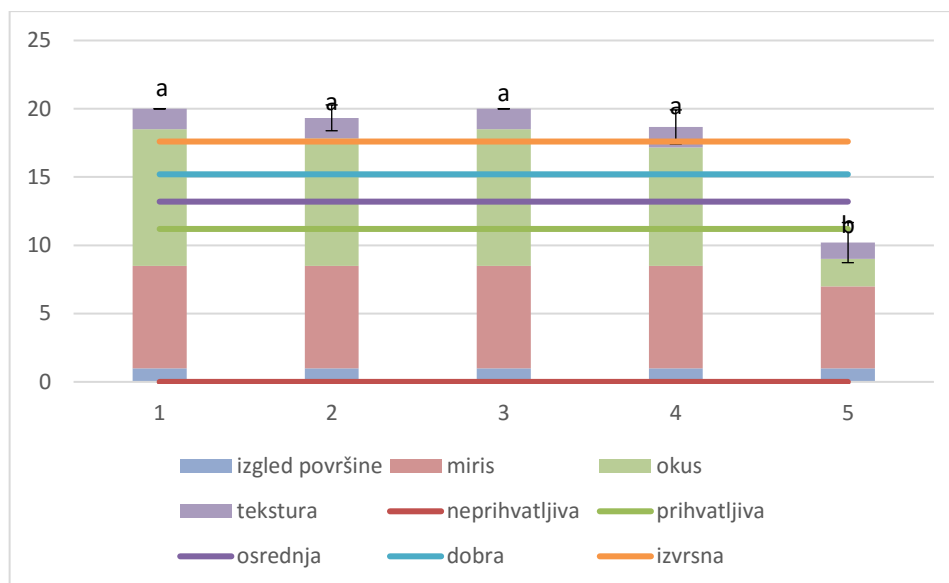
Iznenadujuće dobru ocjene su dobili uzorci sira u kojima je dio natrijevog klorida zamijenjen kalijevim kloridom u udjelu od 50% i 75% (uzorci 3 i 4). Kod oba ova uzorka je srednja ocjena za okus bila iznad 4,0.

Ponderirane bodove, koji se računaju kao zbroj umnožaka ocjene i čimbenika značajnosti za svako svojstvo, prikazuje Slika 34. Iz prikazane raspodjele ponderiranih bodova vidljivo je da najveći utjecaj na ukupnu senzorsku ocjenu imaju okus (sa čimbenikom značajnosti 2,0) i miris (sa čimbenikom značajnosti 1,5).

Također se može zaključiti da zamjena NaCl-a do 75% nema značajan utjecaj na kategoriju kakvoće proizvoda (nema statistički značajne među uzorcima u ponderiranim bodovima). Prema ukupno dobivenim ponderiranim bodovima, uzorci 1, 2, 3 i 4 se mogu svrstati u kategoriju izvrsne kakvoće (Tablica 17), dok uzorak 5 spada u kategoriju neprihvatljive kakvoće.



Slika 33. Senzorska ocjena sireva



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.

**Slika 34.** Raspodjela ponderiranih bodova senzorskih svojstava (izgled kore, okus, miris i tekstura i naknadni okus)

**Tablica 17.** Kategorija kakvoće sira

kategorija kakvoće	ponderirani bodovi	uzorak
izvrсна	17,6-20,0	1, 2, 3, 4
dobra	15,2-17,5	-
osrednja	13,2-15,1	-
prihvatljiva	11,2-13,1	-
neprihvatljiva	<11,2	5

Prema dobivenim rezultatima senzorske ocjene se može reći da se u proizvodnji mekog bijelog sira u salamuri, udio NaCl-a u mješavini za soljenje i salamurenje može zamijeniti čak do 75%, bez značajnijeg utjecaja na organoleptička svojstva.

Tablica 18. Pearsonova korelacijska matrica podataka dobivenih ispitivanjem kemijskog sastava mlijeka za sirenje i određivanjem prinosa proizvedenih sireva

varijabla	kemijski sastav i svojstva										teksturalna svojstva				boja			senzorska svojstva										
	prinos sira	mast	voda	proteini	sol	s.t.	mast s.t.	BMT	voda u BMT	a <sub>w</sub>	pH	sol u vodi	čvrstoća	odgođena elastičnost	elastičnost	kohezivnost	otpor žvakanju	gumenost	ljepljivost	ljepljivost	L	a	b	izgled	miris	okus	tekstura i nakn. okus	PONDERIRANI BODOVI
prinos sira	1	-0,981	0,971	-0,949	-0,872	-0,971	-0,866	0,981	0,941	0,918	0,196	-0,909	-0,990	-0,790	-0,609	-0,673	-0,990	-0,983	0,600	0,963	-0,303	-0,813	-0,053	-0,053	-0,184	-0,053	-0,041	
mast		1	-0,975	0,976	0,907	0,975	0,909	-1,000	-0,937	-0,926	-0,151	0,936	0,998	0,756	0,668	0,654	0,990	0,987	-0,679	-0,987	0,147	0,846	0,196	0,196	0,318	0,196	0,184	
voda			1	-0,977	-0,903	-1,000	-0,795	0,975	0,991	0,882	0,247	-0,939	-0,979	-0,755	-0,527	-0,560	-0,957	-0,951	0,748	0,953	-0,144	-0,711	-0,050	-0,050	-0,157	-0,050	-0,021	
proteini				1	0,838	0,977	0,845	-0,976	-0,951	-0,826	-0,336	0,881	0,968	0,828	0,512	0,474	0,940	0,931	-0,811	-0,985	-0,010	0,777	0,079	0,079	0,194	0,079	0,070	
sol					1	0,903	0,780	-0,907	-0,882	-0,961	0,183	0,995	0,913	0,424	0,758	0,766	0,907	0,923	-0,557	-0,831	0,224	0,675	0,391	0,391	0,467	0,391	0,341	
s.t.						1	0,795	-0,975	-0,991	-0,882	-0,247	0,939	0,979	0,755	0,527	0,560	0,957	0,951	-0,748	-0,953	0,144	0,711	0,050	0,050	0,157	0,050	0,021	
mast u s.t.							1	-0,909	-0,705	-0,872	0,027	0,793	0,896	0,669	0,828	0,728	0,915	0,917	-0,465	-0,919	0,122	0,986	0,433	0,433	0,565	0,433	0,455	
BMT								1	0,937	0,926	0,151	-0,936	-0,998	-0,756	-0,668	-0,654	-0,990	-0,987	0,679	0,987	-0,147	-0,846	-0,196	-0,196	-0,318	-0,196	-0,184	
voda u BMT									1	0,837	0,291	-0,922	-0,944	-0,730	-0,433	-0,494	-0,913	-0,907	0,768	0,907	-0,144	-0,610	0,037	0,037	0,037	0,037	0,075	
a <sub>w</sub>										1	-0,204	-0,961	-0,936	-0,498	-0,839	-0,878	-0,955	-0,967	0,413	0,861	-0,387	-0,805	-0,376	-0,376	-0,482	-0,376	-0,347	
pH											1	0,092	-0,142	-0,704	0,582	0,554	-0,084	-0,039	0,559	0,266	0,318	0,009	0,759	0,759	0,711	0,759	0,726	
sol u vodi												1	0,942	0,503	0,718	0,736	0,934	0,945	-0,604	-0,869	0,220	0,691	0,316	0,316	0,401	0,316	0,270	
čvrstoća													1	0,751	0,664	0,676	0,995	0,992	-0,652	-0,978	0,204	0,833	0,168	0,168	0,290	0,168	0,153	
odg. elastičnost														1	0,152	0,173	0,731	0,698	-0,658	-0,834	0,017	0,678	-0,339	-0,339	-0,201	-0,339	-0,302	
elastičnost															1	0,912	0,711	0,738	-0,077	-0,607	0,291	0,802	0,768	0,768	0,848	0,768	0,763	
kohezivnost																1	0,738	0,761	0,067	-0,563	0,643	0,703	0,503	0,503	0,594	0,503	0,483	
otpor žvakanju																	1	0,999	-0,573	-0,966	0,280	0,862	0,193	0,193	0,321	0,193	0,181	
gumenost																		1	-0,558	-0,958	0,286	0,860	0,231	0,231	0,356	0,231	0,217	
ljepljivost																			1	0,719	0,510	-0,368	0,044	0,044	0,002	0,044	0,064	
L																				1	-0,058	-0,871	-0,148	-0,148	-0,278	-0,148	-0,152	
a																					1	0,150	-0,184	-0,184	-0,121	-0,184	-0,202	
b																						1	0,400	0,400	0,542	0,400	0,439	
površina																							1	1,000	0,987	1,000	0,994	
miris																								1	0,987	1,000	0,994	
okus																									1	0,987	0,989	
tekstura i naknadni okus u ustima																										1	0,994	
PONDERIRANI BODOVI																											1	

Podebljane vrijednosti su statistički značajne na nivou značajnosti p&lt;0,05.

## **5. ZAKLJUČCI**

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

1. Svi proizvedeni uzorci bijelog sira u salamuri se mogu svrstati u skupinu mekih sireva, s obzirom na maseni udio vode u bezmasnoj tvari sira. Prema udjelu mliječne masti u suhoj tvari svih pet uzoraka spadaju u skupinu masnih sireva (39,95-44,38%).
2. Dobiveni rezultati su pokazali da se smanjenjem udjela natrijevog klorida na račun kalijevog kloridom u smjesi za soljenje i salamurenje bijelog mekog sira, povećava udio vode u siru, a smanjuje udio masti i proteina. Također postoji statistički značajna korelacija između masenog udjela vode i prinosa sira.
3. Nema statistički značajne korelacije između koordinata boje i masenog udjela natrijevog klorida, što upućuje da smanjenje udjela soli ili djelomična zamjena kalijevim kloridom ne utječe na boju uzoraka sireva.
4. Proizvedeni sirevi sa smanjenim masenim udjelom NaCl-a pokazali su manju čvrstoću, otpor žvakanju i gumenost. Rezultati ispitivanja teksture pokazuju da zamjena natrijevog klorida u udjelu do 50% nema statistički značajnog negativnog utjecaja na većinu parametara teksture mekog bijelog sira u salamuri.
5. Senzorska procjena dobivenih uzoraka sireva pokazuje da nema statistički značajne razlike između uzorka soljenog natrijevim kloridom i uzorka kod kojih je natrijev klorid zamijenjen do 75% kalijevim kloridom.
6. Ukupni rezultati ovog istraživanja ukazuju na to da se do 50% natrijevog klorida u proizvodnji bijelog sira u salamuri može zamijeniti kalijevim kloridom bez negativnog utjecaja na senzorska i teksturalna svojstva, dok veći udio zamjene natrijevog klorida utječe negativno na organoleptička svojstva dajući proizvodu neprihvatljiv gorak okus i lošiju teksturu.

## **6. LITERATURA**

- Abd El-Salam, MH: Domiati and Feta Type cheeses, u Fox P. F: Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Vol. 2 Chapman and Hall, London str. 227-309, 1987.
- Goy D, Häni JP, Piccinali P, Wehrmüller K, Jakob E, Fröhlich-Wyder MT: Salt and its significance in Cheese making, str. 3-10, 2012.
- Firmenich: Salt Replacers & Enhancers, Benefits, Challenges & Applications, str. 1-6, 2007.
- Kalit S: Sirarstvo u teoriji i praksi (Opće sirarstvo), Veleučilište u Karlovcu, 2015.
- Kirin S: Domaće vrste sireva bilogorsko-podravske regije i mogućnosti njihove industrijske proizvodnje. *Mljekarstvo* 30 (4), 111-116, 1980.
- 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 sireva. Narodne novine 20/09, 2009.
- Muir DD, Williams SAR, Tamime AY, Shenana ME: Comparison of sensory profiles of regular and reduced fat commercial processed cheese spreads. *Irish Journal of Food Science and Technology* 32, 279-287, 1997.
- Reiner Ž: Uloga prehrane u prevenciji i terapiji kardiovaskularnih bolesnika: *Medicus* 17: 93-103, 2008.
- Slačanac V: Tehnologija mlijeka i mliječnih proizvoda. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2016.
- Tratnik Lj: Mlijeko – Tehnologija, biokemija i mikrobiologija, Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb, 1998.
- Ying Lu: Effects of sodium chloride salting and substitution with potassium chloride on whey expulsion of cheese. Utah State University, 2012.



## **7. PRILOZI**

## Prilog 1 Obrazac za opisno ocjenjivanje sireva

<b>svojstvo</b>	<b>opis/jedinica</b>	<b>uzorak</b>
oblik	kolut, stožac, krnji stožac...	
gornji promjer	mm	
donji promjer	mm	
visina	mm	
masa	kg	
boja	blijedožuta, svjetlosmeđa, umjereno smeđa, tamno/intenzivno smeđa	
kora	glatka, ravna, tragovi gaze, neravna, gruba...	
prerez – tijesto	povezano, s okašcima, mrljama, šipljinama, bijele boje, blijedožute...	
konzistencija	homogeno, podatno tijesto, lako rezivo, bez lijepljenja za oštricu noža, mrvičasta struktura...	
miris	ugodan, po kuhanom mlijeku, blaga nijansa octa, miris dima, više ili manje izražen...	
okus	okus kuhanog svježeg mlijeka, slatkast, blago kiselkaste nijanse, osvježavajući, neutralni, okus po dimu...	

## Prilog 2 Obrazac za opisno ocjenjivanje sireva

PARAMETAR KAKVOĆE	zahtjev za senzorsku kakvoću	ocjena	čimbenik značajnosti
izgled kore (površine)	homogena, glatka, sjajna, jednolična boja po čitavoj površini	5	0,2
	neravna površina, malo hrapava, zamjetna nejednolikost boje na površini kore	3 - 4	
	kora ispucala, potpuno neravna, hrapava, zamjetne zone različitih boja kore (površine sira), strana i nekarakteristična boja kore ili površine sira	1 - 2	
miris	ugodan, niti presnažan niti preslab, karakteristično po mlijeku, diskretni miris, bez ikakvih stranih mirisa	4 - 5	1,5
	prenaglašeni miris, nedovoljno izražen okus, slabije se osjeti miris mlijeka, tragovi užeglosti	3	
	potpuno nekarakterističan za proizvod, prejaka aroma koja sakriva miris mlijeka, užegao, miris po plijesni	1-2	
okus	jasno izražen, karakterističan za proizvod, po mlijeku, bez stranih okusa, umjerena aroma, umjereno slan	4 - 5	2,0
	preizražen okus po mlijeku, preslaba aroma, nedovoljno slan, tragovi kiselosti, gorčine i užeglosti, okus po kori sira, tragovi stranih okusa	3	
	proizvod stranog okusa, nekarakterističan okus, užegao, kiseo, gorak, preslan, potpuno neslan (bljutav), preintenzivna aroma, okus po plijesni	1 - 2	
tekstura i naknadni okus u ustima	sir kompaktan, homogen, tvrdoća karakteristična za proizvod (nije pretvrd niti premekan), presjek gladak i pravilan, bez neravnina, jednolika boja po čitavom presjeku, cijela masa jednolična i bez grudica, ne lijepi se za usta	5	0,3
	zamjetne male neravnine i udubljenja, malo pretvrd ili premekan, na presjeku zamjetne male nehomogenosti	3 - 4	
	sir pretvrd ili premekan, presjek nepravilan, nejednolike granulacije i boje, pjeskovit ili gnjecav, osjetno se lijepi za usta	1 - 2	

### Prilog 3 Listić za senzorsko ocjenjivanje sireva

OCJENJIVAČ:

datum:

PARAMETAR KAKVOĆE	čimbenik značajnosti	UZORCI				
		1	2	3	4	5
IZGLED KORE (POVRŠINE)	0,2					
MIRIS	1,5					
OKUS	2,0					
TEKSTURA I NAKNADNI OKUS U USTIMA	0,3					
PONDERIRANI BODOVI						

### Prilog 4 Slika poizvedenih sireva





