

Optimizacija udjela masti u mješavini mlijeka i vrhnja za proizvodnju svježeg krem sira

Oršulić, Mladen

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:109:962645>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-20**



image not found or type unknown

Repository / Repozitorij:

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



image not found or type unknown

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

Mladen Oršulić

**OPTIMIZACIJA UDJELA MASTI U MJEŠAVINI MLIJEKA I VRHNJA ZA
PROIZVODNJU SVJEŽEG KREM SIRA**

DIPLOMSKI RAD

Osijek, listopad 2016.

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

Diplomski sveučilišni studij prehrambenog inženjerstva

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

Nastavni predmet: Tehnologija mlijeka i mliječnih proizvoda

Tema rada je prihvaćena na IV. sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek održanoj 28. lipnja 2016.

Mentor: dr. sc. *Mirela Lučan*, znan. sur

Optimizacija udjela masti u mješavini mlijeka i vrhnja za proizvodnju svježeg krem sira

Mladen Oršulić, 315-DI

Sažetak:

Svježi krem sir je vrlo popularan i raširen proizvod diljem Europe i šire, proizvodnja je vrlo jednostavna te se za proizvodnju koriste glavna tri sastojka: mlijeko, vrhnje i manja količina morske soli. Hrvatsko i europsko tržište je vrlo bogato različitim tipovima krem sira. Zbog ogromne konkurencije i želje da budu na samo vrhu globalnog tržišta, hrvatski proizvođači sireva do krajnjih granica ulažu napore i znanje u optimiranje tehnoloških parametara proizvodnje i dobivanje proizvoda visoke kvalitete. Kako bi utvrdili optimalne udjele mliječne masti za njegovu proizvodnju, proizvedeno je šest različitih uzoraka krem sira, te je ispitivan optimalni udio mliječne masti u mješavini mlijeka i vrhnja. Optimalni udjeli mliječne masti određeni su nakon određivanja iskorištenja, fizikalno-kemijskih svojstava, teksturalnih svojstava sira, te senzorske analize. Iz provedenih analiza utvrđeno je da su za proizvodnju svježeg krem sira optimalne mješavine mlijeka i vrhnja s 12,5% i 15% mliječne masti. Ovi udjeli mliječne masti daju svježe krem sireve izvrsne kakvoće.

Ključne riječi: krem sir, proizvodnja, fizikalno-kemijska svojstva, prinos i senzorska analiza

Rad sadrži: 53 stranice
31 slika
11 tablica
2 priloga
38 literaturnih referenci

Jezik izvornika: hrvatski

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

- | | |
|--|---------------|
| 1. prof. dr. sc. <i>Jovica Hardi</i> | predsjednik |
| 2. dr. sc. <i>Mirela Lučan</i> , znan. sur. | član-mentor |
| 3. doc. dr. sc. <i>Jasmina Lukinac-Čačić</i> | član |
| 4. doc. dr. sc. <i>Krešimir Mastanjević</i> | zamjena člana |

Datum obrane: 10. 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

Graduate program of Food Engineering Study

Scientific area: Biotechnical sciences

Scientific field: Food technology

Course title: Dairy technology

Thesis subject was approved by the Faculty Council of the Faculty of Food Technology Osijek at its session no. IV held on June 28, 2016

Mentor: *Mirela Lučan, PhD*

Technical assistance: *Mirela Lučan, PhD*

Optimization of the fat content in a mixture of milk and cream to produce fresh cream cheese

Mladen Oršulić, 315-DI

Summary:

Fresh cream cheese is very popular and widespread product through Europe and beyond, the production is very simple and for production are used milk, cream and small amount of sea salt. Croatian and European market is very rich with different types of fresh cream cheese. Because of huge competition and desire to be on the top of global market, Croatian manufacturers invests huge efforts and knowledge in optimization of technology parameters in production and getting high quality products.

To determine optimal shares of milk fats for its production six different versions of cream cheese samples were produced, and optimal percentage of milk fat in mixture of milk and cream was examined.

Optimal percentage of fat were determined after evaluation of yield, physical-chemical, textural profile and sensory properties of cheese. From conducted analysis, optimal percentage of milk fat for production of fresh cream cheese were determined, optimal mixture of milk and cream for production are those with 12,5% and 15% milk fat. Those percentages of milk fat give extra quality fresh cream cheese.

Key words: cream cheese, production, physical and chemical characteristics, yield and sensory analysis

Thesis contains: 53 pages
31 figures
11 tables
2 supplements
38 references

Original in: Croatian

Defense committee:

- | | |
|---|--------------|
| 1. <i>Jovica Hardi, PhD, full prof.</i> | chair person |
| 2. <i>Mirela Lučan, PhD</i> | supervisor |
| 3. <i>Jasmina Lukinac-Čačić, PhD, assistant prof.</i> | member |
| 4. <i>Krešimir Mastanjević, PhD, assistant prof.</i> | stand-in |

Defense date: October 10, 2016.

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

Hvala roditeljima, sestri i bratu koji su vjerovali u mene i podržavali me kroz sve godine studiranja.

Također, hvala prijateljima na svim savjetima i uspomnama koje ću vjerujem dugo pamtiti.

I na kraju hvala dr. sc. Mireli Lučan, znan. sur., hvala Vam na vremenu koje ste uložili i na svim savjetima koje ste mi dali.

Sadržaj

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO.....	3
2.1. SIR.....	4
2.1.1. Definicija sira	4
2.1.2. Podjela sireva	5
2.1.3. Kemijski sastav sira	6
2.1.4. Prehrambena svojstva sira	8
2.2. SVJEŽI KREM SIR.....	8
2.2.1. ABC svježi krem sir	9
2.2.2. Zdenka sirni namazi	9
2.2.3. Cottage sir sa LGG.....	10
2.2.4. Desertni sirni namazi	10
2.3. PROIZVODNJA KREM SIRA	11
2.4. MIKROBNE KULTURE	14
3. EKSPERIMENTALNI DIO	15
3.1. ZADATAK	16
3.2. MATERIJALI I METODE	16
3.2.1. Sirovine.....	16
3.2.2. Podešavanje (standardizacija) udjela mliječne masti u početnoj sirovini.....	17
3.2.3. Laboratorijska proizvodnja krem sira.....	18
3.2.4. Analiziranje mješavine mlijeka i vrhnja.....	20
3.2.5. Prinos sira.....	20
3.2.6. Određivanje sastava i fizikalno-kemijskih svojstava sira.....	22
3.2.7. Određivanje svojstava strukture sira	25
3.2.8. Analiza boje sireva	25
3.2.9. Senzorska analiza sireva.....	27
3.2.10. Statistička obrada rezultata	29
4. REZULTATI I RASPRAVA	30
4.1. SASTAV MJEŠAVINE MLIJEKA I VRHNJA	31
4.2. KEMIJSKI SASTAV I SVOJSTVA SVJEŽEG KREM SIRA.....	32
4.3. PRINOS SIRA I ISKORIŠTENJE SASTOJAKA MJEŠAVINE	33

4.4.	BOJA SIRA.....	36
4.6.	TEKSTURALNI PROFIL SIRA	38
5.	ZAKLJUČCI	44
6.	LITERATURA	47
7.	PRILOZI.....	51

1. UVOD

Mlijeko je tekućina koju izlučuju ženke svih vrsta sisavaca, prije svega kako bi se zadovoljila kompletna prehrambena potreba za novorođenče, kao što su energija, esencijalne aminokiseline i masne kiseline, vitamini, mineral i voda (Tamime, 2009.). Mlijeko predstavlja sirovinu za niz različitih mliječnih proizvoda, počevši od vrhnja, jogurta, pa do sireva (tvrdi, polutvrdi, svježi, krem). Krem sir je svježi mekani proizvod dobiven kiselom koagulacijom mlijeka uz dodatak vrhnja. U početku se krem sir proizvodio metodom kuhanja, odnosno stvaranjem gruša primjenom toplinske koagulacije. Danas se najčešće koriste starter kulture koje stvaraju kiselu sredinu, npr. *Lactococcus* i *Leuconostoc*. Obično se krem sirevi dijele u dvije glavne skupine s obzirom na udio masti u početnoj sirovini i krajnjem proizvodu: prva skupina su oni s 9-11% masti u početnoj sirovini, a druga skupina su oni sa 4,5-5% masti u početnoj sirovini. Dobiveni proizvod trebao bi imati sljedeće karakteristike: bijela boja, lagano laktička i diacetilna aroma, homogene glatke teksture bez grudica (osim ako se radi krem sir sa dodacima neke vrste mesa ili začina), bez pokazatelja razdvajanja faza (izdvojena voda), a uz to, trebao bi biti dovoljno mekan da se može mazati na kruh pri sobnoj temperaturi (Phadungath, 2005.).

FDA (Food and drug administration) propisala je minimalne udjele masti i vode za krem sireve, pa tako udio masti bi trebao biti najmanje 33%, a vode 55% (Sanchez i sur., 1996.). Prvi standard za proizvodnju krem sira FDA je izdala 1921. godine po kojoj je krem sir bio svježi sir dobiven od punomasnog mlijeka te obogaćen vrhnjem, a udio masti u suhoj tvari trebao je biti iznad 65%. Danas je takva vrsta krem sira u svijetu poznata kao "Neufchatel" sir (Lundstedt, 1954.).

Danas postoji široka paleta različitih vrsta krem sireva. Osim dodatka različitih začina ili okusa (vlasac, paprika, sjemenke lana, šunka itd.), glavni parametri koji utječu na kvalitetu krem sira tijekom procesa proizvodnje su udio masti i udio vode. Cilj ovog rada je optimizirati udjele mliječne masti, te dobiti krem sir optimalnih reoloških i senzorskih svojstava.

2. TEORIJSKI DIO

2.1.2. Podjela sireva

Osim prema tipu mlijeka od kojeg se proizvode, sirevi se dijele i prema sadržaju vode u bezmasnoj suhoj tvari, i to na:

- ekstra tvrde (<51%),
- tvrde (49-56%),
- polutvrde (54-69%),
- meke (>67%) i
- svježe (69-85%).

Prema sadržaju masti u suhoj tvari sirevi se dijele na:

- ekstra masne ($\geq 60\%$),
- punomasne (≥ 45 I $< 60\%$),
- polumasne (≥ 25 I $< 45\%$),
- masni (≥ 10 I $< 25\%$) i
- posni ($< 10\%$) (MPRRR, 2013.)

Prema zrenju sira sirevi se dijele na 3 grupe:

- sirevi bez zrenja (svježi):
 - pastozni tip,
 - zrnati tip (zrnati i kremasti zrnati),
 - plastični, rastezljivi tip (Mozzarella, Parenica),
- sirevi sa zrenjem (uz bakterije):
 - pretežno na površini (Limburger, Romadur),
 - pretežno u unutrašnjosti:
 - ✓ bez tvorbe plina - bez rupica (Parmesan, Paški sir, Cheddar)
 - ✓ uz tvorbu plina - rupice (Emmentaler, Gryere, Gouda)
 - zrenje u salamuri (Fetta, Travnički, bijeli sir u kriškama),
- sirevi sa zrenjem (uz plemenite plijesni):
 - pretežno na površini – bijele (Camamber, Brie),
 - pretežno u unutrašnjosti - plave, zelene (Roquefort, Gorgonzola, Stilton) i
 - površina/unutrašnjost (plavi Brie, Cambazola) (Tratnik, 1998.).

Sirevi se mogu podijeliti i prema načinu koagulacije, odnosno grušanja mlijeka. Razlikuju se kiseli sirevi (proizvedeni bilo fermentacijom pomoću bakterija mliječne kiseline bilo dodatkom kiseline u mlijeko za sirenje), slatki sirevi (proizvedeni dodatkom sirila) te mješoviti sirevi kod kojih se kombiniraju oba načina sirenja (Božanić, 2015.).

2.1.3. Kemijski sastav sira

Prosječne količine pojedinih sastojaka u svježem siru sa 20% masti u suhoj tvari prikazani su **Tablicom 1.**

Tablica 1 Kemijski sastav svježeg kravljeg sira (Kirin, 1980.)

Sastojak	Udio
Voda (%)	76,00
Proteini (%)	12,30
Mast u suhoj tvari (%)	20,00
Laktoza (%)	2,8
Kalcij (mg/100 g)	90,00
Fosfor (mg/100 g)	190,00
Natrij (mg/100 g)	30,00
Kalij (mg/100 g)	120,00
Magnezij (mg/100 g)	9,00
Vitamin A (mg/100 g)	0,01
Vitamin B ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	35,00
Vitamin B ₂ (mg/100 g)	0,28
Vitamin B ₆ ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	50,00
Vitamin B ₁₂ ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	1,00
Folna kiselina ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	30,00

Voda

Voda u siru potječe iz kravljeg mlijeka. U kravljem mlijeku, voda je zastupljena u udjelu od oko 87%, a nalazi se u dva glavna oblika:

- slobodna voda (u njoj su otopljeni sastojci mlijeka) i
- vezana voda (mala količina u suhoj tvari mlijeka).

Vezana voda nalazi se u hidratacijskom sloju adsorbirana na:

- kazein (50%),
- albumin i globulin (oko 30%),

- membranu masne globule (oko 15%),
- laktozu i druge sastojke (oko 5%) (Tratnik, 1998.).

Proteini

Sadržaj ukupnih proteina u mlijeku je različit što ovisi o genetskoj osnovi, pasmini krava i o tehnologiji proizvodnje. Od ukupne količine dušičnih tvari u mlijeku, 95% su proteinske tvari, a preostalih 5% su neproteinske tvari. Proteini mlijeka sastoje se od:

- kazeina (78,5%) i
- bjelančevina sirutke (16,5%) (Bosnić, 2003.).

Kazein je specifičan protein mlijeka koja se u prirodi nalazi samo u mlijeku. To je fosfo-protein u kojem je vezana glavina mliječnih fosfata. Stabilnost kazeina se smanjuje povećanjem kiselosti mlijeka i povišenjem temperature. Veća koncentracija Ca^{2+} u mlijeku također slabi stabilnost kazeina. Koagulacija kazeina se provodi zakiseljavanjem (pH=4,6) ili dodatkom enzima (pripravaka za sirenje) (Tratnik, 1998.).

Za proizvodnju kiselog kazeina upotrebljavamo samo sirovo obrano mlijeko. Kazein proizveden iz pasteuriziranog mlijeka teže se rastapa i umanjuje mu se viskozitet. Mnogi tehnolozi-sirari smatraju proizvodnju kazeina posve jednostavnom. Zadovoljavaju se ako uspiju dobro obrati mlijeko i bilo kako dobiti gruš. Najvažniji dio procesa prepušta se slučaju, iako zahtijeva mnogo preciznosti. Obrano mlijeko za kiselu kazein grušamo pomoću termofilnih kultura, mineralnih kiselina i spontano (mliječno; kiselinsko grušanje). S obzirom na uvjete većeg dijela mljekara najpovoljnije je primijeniti grušanje obranog mlijeka spontano ili solnom kiselinom. Obrano mlijeko obično sadrži od 0,05 do 0,08% masti, a za proizvodnju prvorazrednog kazeina masnoća obranog mlijeka trebala bi biti oko 0,04 do 0,05%, te je stoga najčešće potrebno vršiti separaciju masti (Dvoržak, 1965.).

Masti

Masti u siru potiču iz mlijeka. Mliječne masti se dijele na jednostavne (pretežno energetska uloga u organizmu; esteri alkohola glicerola) i složene (biološki značaj, predstavljaju 2-3% ukupnih masti u mlijeku). Masne kiseline koje ulaze u sastav masti su najčešće one koje imaju između 4 i 18 ugljikovih atoma. Najzastupljenije su: maslačna, kapronska, kaprilna, kaprinska, laurinska, miristinska itd. Mliječna mast je neutralnog okusa i mirisa, te pojedine masne kiseline ne dolaze do izražaja, osim tributirina (sol maslačne kiseline, daje miris užeglosti), ali udio maslačne kiseline nije velik (4,3%), pa se to svojstvo može zanemariti (Šumić, 2008.).

Laktoza

Laktoza je disaharid u mlijeku koji se sastoji od β -D-galaktoze i β -D-glukoze koje su vezane β -1,4-glikozidnom vezom. U mlijeku je može biti oko 2-8% s obzirom na suhu tvar. Procesom proizvodnje sira ona prelazi iz mlijeka u sir, ali što je sir tvrdi, to će manje laktoze sadržavati, jer sadrži i manji udio vode. Danas se proizvode i svježi sirevi koji nemaju laktozu ili ju sadrže u tragovima zbog ljudi koji su na nju intolerantni.

2.1.4. Prehrambena svojstva sira

Mlijeko je cijenjeno prvenstveno zbog svojih proteina. O kazeinu i proteinima sirutke postoje brojna istraživanja. Razvijeni su razni postupci proizvodnje široke palete proizvoda od kazeina, ali i do proteina sirutke (proteinski dodaci prehrani, fermentirani napitci itd.). Kazein je glavna sirovina za proizvodnju sira (gruš). Međutim, osim proteina, sirevi su i bogat izvor vitamina B skupine koji su toplivi u vodi, ali i vitamina topivih u mastima (vitamini A, D, E, K) te mineralnih tvari osobito kalcija, fosfora i magnezija (Matijević, 2015.).

2.2. SVJEŽI KREM SIR

Danas postoje brojne vrste krem sireva i sirnih namaza. Razlikuju se najčešće samo po imenu i proizvođaču, po dodacima koji su dodani (začini, začinsko bilje, suhomesnati proizvodi, ili desertni krem sirevi s dodatkom voća ili preljeva), ali postoji i podjela prema udjelu masti i vode (Tablica 2).

Tablica 2 Zahtjevi za krem sireve u SAD-u (Phadungath, 2005.)

Proizvod	Udio vode (max.)	Udio mliječne masti (po masi gotovog proizvoda)	pH	Udio soli (max.)
Krem sir	55	33% (min.)	4,4-4,9	1,4
Krem sir sa smanjenim udjelom masti	70	$\geq 16,5\%$ i $< 20\%$	4,4-5,1	1,4
„Light“ krem sir	70	$\geq 0,5\%$ i $< 16,5\%$	4,4-5,2	1,4
Neufchatel sir	65	$\geq 20\%$ i $< 33\%$	4,4-5,0	1,4

Prema našem Pravilniku o mlijeku i mliječnim proizvodima (MPRRR, 2007.) svježi sirevi su sirevi koji u bezmasnoj tvari sira sadrže 69-85% vode, međutim ako se proizvode iz vrhnja, ne moraju zadovoljavati navedeni uvjet te se onda označavaju kao „svježi krem sirevi“ ili „svježi sir od vrhnja“.

2.2.1. ABC svježi krem sir

Jedna od najpoznatijih vrsta krem sira u Hrvatskoj je ABC svježi krem sir kojeg proizvodi tvornica „Belje“. Proizvodi se od samo tri sastojka: mlijeka, vrhnja i morske soli. Kasnije je osnovni okus obogaćen raznim dodacima: hren, šunka, vlasac, povrće, ljuta paprika, te slatki okusi sa bananom, jagodom i drugim voćem (Gorup, 2015.).



Slika 2 Razne vrste ABC svježeg krem sira

2.2.2. Zdenka sirni namazi

Na tržištu su dosta zastupljeni i Zdenka sirni namazi, a koji od njih će potrošač kupiti ovisi o cijeni, okusu koji se traži, ponudi različitih vrsta itd.

Tablica 3 Prosječna hranjiva vrijednost u 100 g

Energija	362 kcal/1454 kJ
Bjelančevine	7,0 g
Ugljikohidrati	3,9 g
Masti	34,3 g



Slika 3 Razne vrste Zdenka sirnih namaza

2.2.3. Cottage sir sa LGG

Cottage sir je svježi meki sir, zrnatog tipa. Proizvodi se od rekonstituiranog obranog mlijeka u prahu. Fermentacija se odvija na 22 °C uz dodatak 0,5% mezofilne starter kulture, bez uporabe sirila. Kremoznost sira dobije se dodatkom komercijalnog kiselog vrhnja, uz dodatak odgovarajućih začina (soli ili šećera). Takvoj mješavini dodaje se probiotička kultura *Lactobacillus casei* subsp. *rhamnosus* GG. Dodatak ove kulture nije narušio senzorska svojstva Cottage sira, nego mu je povećao prehrambenu i nutritivnu vrijednost (Tratnik i sur., 2000.).



Slika 4 Cottage sir

2.2.4. Desertni sirni namazi

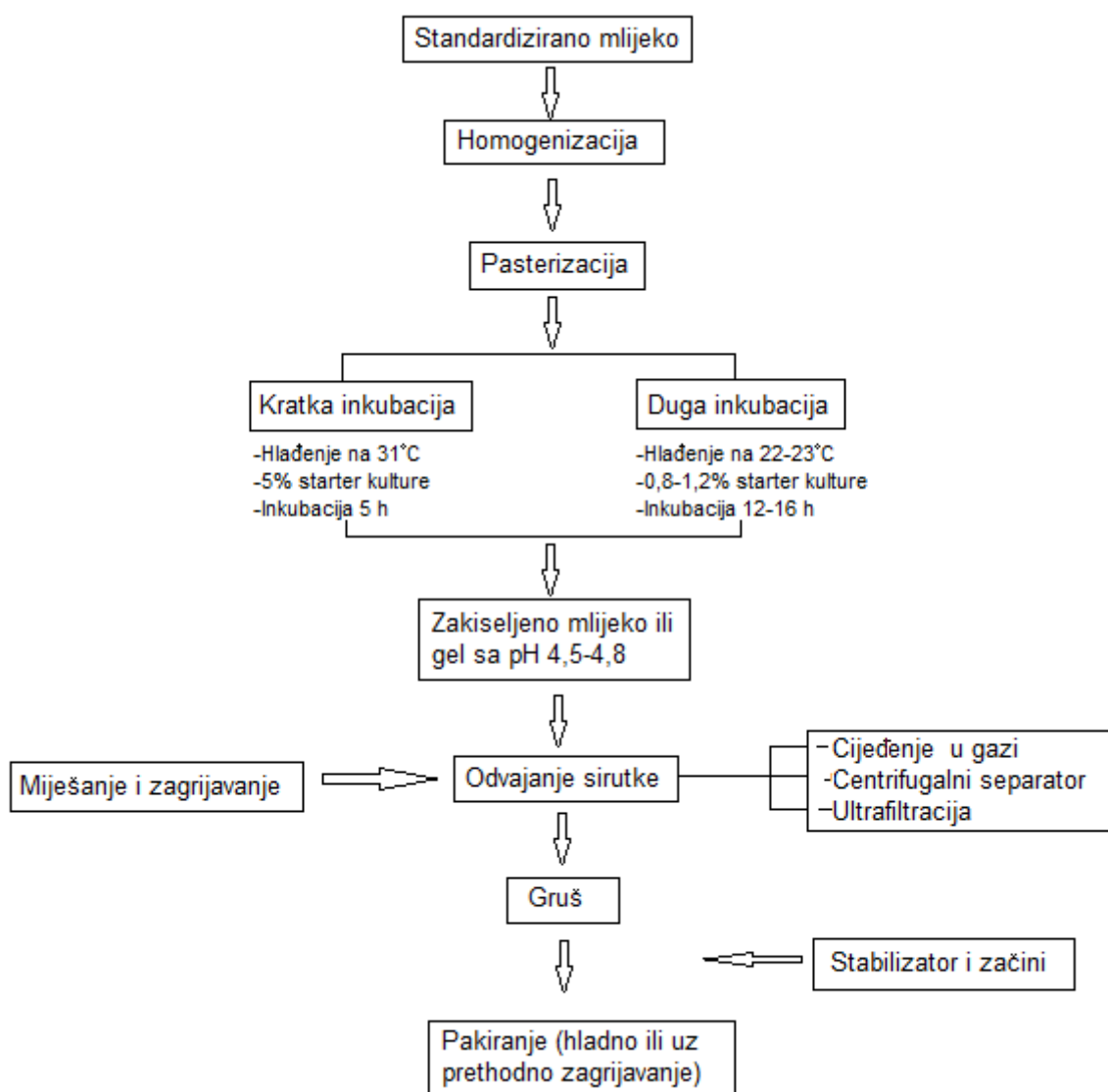
Osim dodatka slanih začina, u sirne namaze moguće je dodati i slatke pri čemu se dobiju razni desertni namazi. Zahvaljujući svom kemijskom sastavu i biološkoj vrijednosti, i sirutka se sve više koristi za proizvodnju mliječnih napitaka, namaza i deserta, ili kao dodatak istima. Danas se najviše proizvode slatki sirni namazi s dodacima: šećer, čokolada, voće, med, karamela i slično (Ritz i sur., 1992.).



Slika 5 Desertni sirni namazi

2.3. PROIZVODNJA KREM SIRA

Prvi koraci u proizvodnji sireva su homogenizacija i pasterizacija mlijeka. Nakon toga cilj je razdvojiti kazein (gruš) od sirutke. To se postiže snižavanjem pH (dodatak kiseline, zakiseljenog mlijeka) i dodatkom starter kultura. Kada se dobije gruša potrebno je odvojiti ga od sirutke, za to danas postoji više načina. Tradicionalna proizvodnja krem sira bazirala se na cijedenju gruša u perforiranim materijalima (gaze) do postizanja odgovarajućeg udjela vode. Novu dimenziju u proizvodnji sireva dalo je otkriće centrifugalnog separatora s kojim je bilo moguće cijeli postupak proizvodnje završiti i upakirati sir dok je on još topao, što je osiguravalo aseptične uvjete pakiranja i dužu trajnost proizvoda (Link, 1945.). Kasnije se dolazi i do otkrića ultrafiltracije. **Slikom 6** prikazan je opći postupak proizvodnje krem sira.



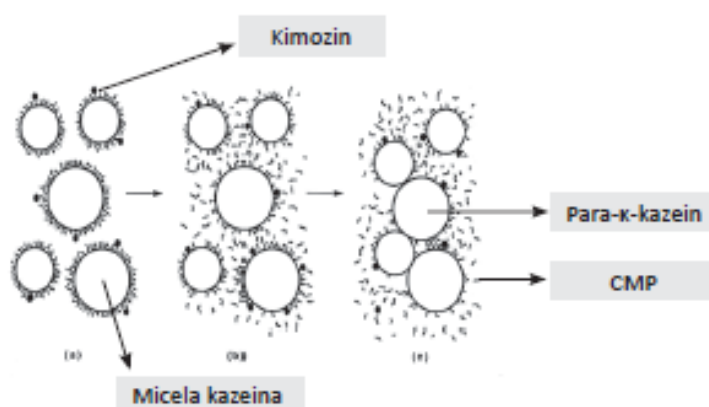
Slika 6 Shema procesa proizvodnje krem sireva (Phadungath, 2005.).



Slika 7 Postupci proizvodnje krem sira: A – zakiseljeni mliječni gel (pH=4,7-4,8); B – zagrijavanje i miješanje; C – odvajanje sirutke centrifugalnim separatorom; D – dodavanje soli i stabilizatora; E – pakiranje zagrijanog sira (Phadungath, 2005.).

U proizvodnji sira, mlijeko možemo zgrušati na tri načina:

- Primjenom sirila ili nekoga drugog zamjenskog proteolitičkog enzima, što se koristi u proizvodnji većine sireva koji zriju i nekih svježih sireva.
- Prirodnim zakiseljavanjem (izoelektričnom precipitacijom) kod pH 4,6 najčešće proizvodnjom mliječne kiseline djelovanjem bakterija mliječne kiseline, što se koristi u proizvodnji svježih sireva.
- Dodavanjem organskih kiselina u zagrijano mlijeko na 80 do 96 °C, što se koristi u proizvodnji kuhanih sireva (Kalit, 2015.).



Slika 8 Djelovanje sirila na kazeinske micelle (Dalgleish, 1999.)



Slika 9 Rezanje gruša u cilju izdvajanja sirutke i oblikovanje sirne grude (Kalit, 2015.)

2.4. MIKROBNE KULTURE

Aktivnost mikrobnih kultura ovisi o vrsti mikroorganizma i uvjetima okoline za njegov razvoj, imaju višestruku ulogu u proizvodnji mliječnih proizvoda. Dije se na one koje: tvore tvari arome, proizvode plin (CO₂), kiselinu, proteolizu, lipolizu, te one koje inhibiraju nepoželjne mikroorganizme (Špoljarić, 2015.). Od redovito prisutne mikroflore mlijeka koja potječe iz unutrašnjosti vimena prosječno prevladavaju mikrokoki. Ima i nešto bakterija *Streptococcus* sp. te priličan broj *Corynebacterium* sp., rod *Micrococcus*. Prema Pravilniku o mikrobiološkim kriterijima za hranu (MPRRR, 2008.) u gotovom proizvodu mikrobiološkom analizom se utvrđuje prisutnost ovih bakterija:

- aerobne mezofilne bakterije (AB),
- *Salmonella* vrste,
- *Escherchia coli*,
- *Staphylococcus aureus*,
- sulfitoreducirajuće klostridije i
- *Lysteria monocytogenes*.

Danas je dosta često dodavanje probiotika za povećanje nutritivne vrijednosti sireva, a najčešće se koriste različite vrste *Bifidobacterium* i *Lactobacillus* (Sović, 2010.).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

Zadatak ovog diplomskog rada bio je utvrditi optimalni udio masti u mješavini mlijeka i vrhnja u proizvodnji svježeg krem sira.

U tu svrhu:

- provedena je laboratorijska proizvodnja krem sira od mješavina s udjelima masti 3,2, 5, 10, 12,5, 15 i 20%
- ispitan je utjecaj različitih udjela masti u početnoj sirovini:
 - na prinos sira i iskorištenje sastojaka mlijeka;
 - na osnovni kemijski sastav, pH vrijednost i aktivitet gotovog sira;
 - na viskoznost, teksturu i boju proizvedenih uzoraka;
- te su analizirana senzorska svojstva priređenih krem sireva.

3.2. MATERIJALI I METODE

3.2.1. Sirovine

Za svaki uzorak sira upotrijebljeni su različiti omjeri mlijeka i vrhnja, s ciljem reguliranja masti, a ukupna masa za jedan uzorak bila je 1100 g, od kojih je 100 g korišteno za analizu mješavine, a ostatak je upotrijebljen za proizvodnju sira.

Korišteni su:

- svježe mlijeko (mljekara Biz, min. 3,2% m.m.),
- slatko vrhnje (mljekara Biz, min. 35% m.m.),
- mezofilna starter kultura DI-PROX M-179 (Bioprox, mješavina heterofermentativnih kultura DL: *L. lactis*, *L. cremoris*, *L. lactis* ssp *lactis* biovar *diacetylactis*, *Leuconostoc* sp.),
- sirilo Siris (Medimon, jakost 1:1000),
- CaCl₂,
- NaCl (sitna morska sol, Solana d.d., Tuzla).

3.2.2. Podešavanje (standardizacija) udjela mliječne masti u početnoj sirovini

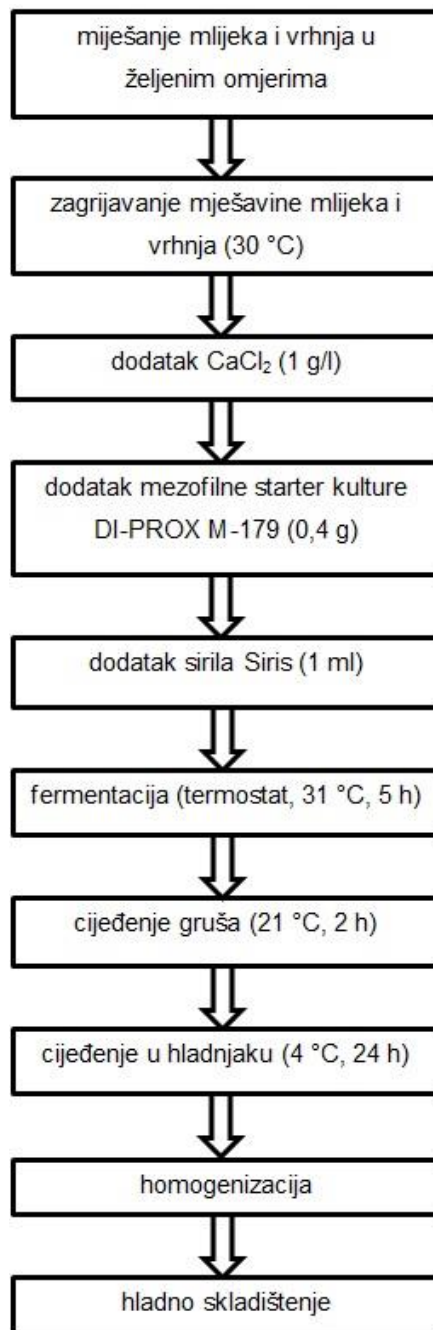
Pripremljene su mješavine mlijeka i vrhnja s različitim udjelima mliječne masti, kako je prikazano **Tablicom 4**. U prvom uzorku korištenom za proizvodnju sira možemo vidjeti da je korišteno mlijeko s 3,2% mliječne masti, a svaki sljedeći uzorak je sadržavao sve veći udio vrhnja i sve manji udio mlijeka, te se to odrazilo na masnoću mješavine, odnosno udio mliječne masti je rastao od prvog do zadnjeg uzorka.

Tablica 4: Omjeri miješanja mlijeka i vrhnja za proizvodnju krem sira

uzorak	U-1	U-2	U-3	U-4	U-5	U-6
mlijeko (ml)	1100	1038	865	778	692	519
m.m. u mlijeku (%)	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
vrhnje(ml)	0	62	235	322	408	581
m.m. u vrhnju (%)	35	35	35	35	35	35
mješavina (ml)	1100	1100	1100	1100	1100	1100
željeni udio masti u mješavini (%)	3,2	5	10	12,5	15	20

3.2.3. Laboratorijska proizvodnja krem sira

Slikom 10 prikazana je shema laboratorijske proizvodnje krem sira.



Slika 10 Laboratorijski postupak proizvodnje krem sira

3. Eksperimentalni dio

Mješavine mlijeka i vrhnja su homogenizirane, te zagrijane na temperaturu 31 °C uz neprekidno miješanje (**Slika 11**), kako ne bi došlo do zagaranja (zagaranje može negativno utjecati na organoleptičku ocjenu gotovog proizvoda i smanjiti prinos sira). Prije fermentacije provedena je kemijska analiza pripremljenih mješavina.



Slika 11 Zagrijavanje mlijeka

Zagrijane mješavine su stavljene u posude za fermentaciju, te je dodan CaCl_2 (1 g/l) u svrhu formiranja gruša željene čvrstoće i ubrzavanja koagulacije. Smjesa je naciepljena mezofilnom starter kulturom M179 (0,4 g/l) te je dodano tekuće sirilo Siris (1 ml/l). Nakon homogenizacije posude su premještene u termostat gdje se odvijala fermentacija na temperaturi 31 °C, do postizanja pH = 4,6 (5 h). Tijekom fermentacije je kontinuirano mjereno pH. Po završetku fermentacije gruša (**Slika 12**) je stavljen na cijedenje 24 sata u hladnjaku na temperaturi od 4 °C, a izdvojena sirutka je analizirana.

Nakon 24 sata po završetku cijedenja grušu je dodana sol u koncentraciji od 0,5%, i potom je homogeniziran, te je dobiveni krem sir je izvagan i prebačen u posudice za gotov proizvod.



Slika 12 Gruš nakon cijedenja

3.2.4. Analiziranje mješavine mlijeka i vrhnja

Za određivanje kemijskih svojstava mješavine mlijeka i vrhnja te sirutke primijenjene su sljedeće metode:

- pH vrijednost je određena na uređaju MA 235, pH/Ion Analyzer (MettlerToledo),
- kemijski sastav je određen na uređaju Food Scan Analyser.

3.2.5. Prinos sira

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

$$R = \frac{m_S}{m_M} \times 100 \text{ [\%]} \quad (1)$$

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):

$$R_{s.t.} = \frac{m_S}{m_{s.t./M}} \text{ [kg/kg]} \quad (2)$$

$$R_p = \frac{m_S}{m_{p/M}} \text{ [kg/kg]} \quad (3)$$

$$R_{mm} = \frac{m_S}{m_{mm/M}} \text{ [kg/kg]} \quad (4)$$

gdje su:

R [%] – prinos - masa sira u kg proizvedena iz 100 kg mlijeka za sirenje;

$R_{s.t.}$ [kg/kg] – prinos u odnosu na suhu tvar - masa sira proizvedena iz jedinice mase suhe tvari u mlijeku za sirenje;

3. Eksperimentalni dio

R_p [kg/kg] – prinos u odnosu na proteine - masa sira proizvedena iz jedinice mase proteina u mlijeku za sirenje;

R_{mm} [kg/kg] – prinos u odnosu na mliječnu mast - 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.

3.2.6. Određivanje sastava i fizikalno-kemijskih svojstava sira

KEMIJSKI SASTAV

Kemijski sastav sireva određivan je uređajem Food Scan™Analyser (Foss, Danska), prikazan **Slikom 13**. Mjerno tijelo uređaja napuni se do vrha s 80 g sira i umetne u posebnu komoru za uzorke. Komora se nakon toga zatvara i pokrene uređaj. Ovim uređajem mjeri se udio vode, proteina, masti i kuhinjske soli.



Slika 13 Food Scan™Analyser

AKTIVITET VODE (a_w)

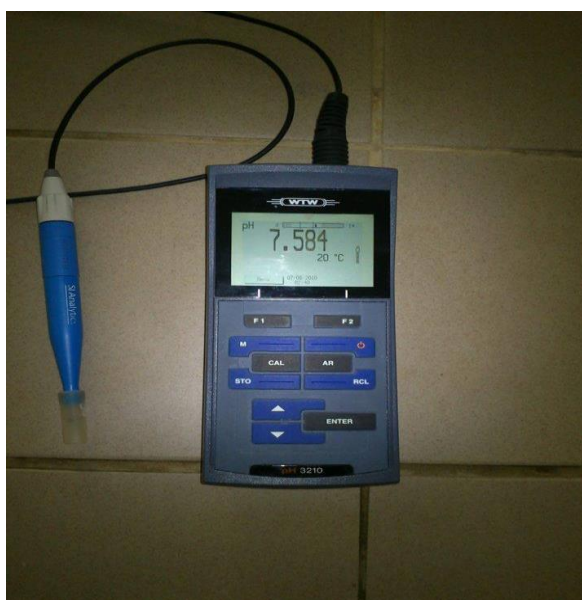
Aktivitet vode (a_w) određen je uređajem Rotronic Hygrolab 3 (Rotronic AG, Bassersdorf, Švicarska, **Slika 14**). Sir je prethodno promiješan i prebačen u posudice. Aktivitet vode određuje se pri sobnoj temperaturi.



Slika 14 Rotronic HygroLab 3

pH VRIJEDNOST

pH vrijednost ispitivanih sireva određivana je ubodnim pH metrom (pH 3210 WTW), prikazanim **Slikom 15**. Prema službenoj metodi sirevi su homogenizirani i nakon toga je mjerena njihova pH vrijednost.



Slika 15 pH metar (pH 3210 WTW)

ODREĐIVANJE REOLOŠKIH SVOJSTAVA SIRNIH NAMAZA

Reologija je zasebna znanost, grana fizike, koja se bavi proučavanjem deformacija i tečenjem materijala. Sam pojam reologija potječe od grčke riječi "rheo" što znači teći. Reologiju su

utemeljili profesor Marcus Reiner i profesor Eugene Bingham. Reologija se bavi proučavanjem plinovitih, tekućih i krutih sustava.

Osnovna reološka svojstva krutih materijala su elastičnost i plastičnost, a tekućih (fluida) viskoznost. Materijal je idealno elastičan kada se deformacija pojavi trenutačno s djelovanjem sile, a nakon prestanka djelovanja sile deformacija nestaje. Materijal je plastičan ako podliježe trajnoj deformaciji u trenutku kada se postigne određeni prag naprezanja. Pod utjecajem malog naprezanja nema deformacije, ona počinje kada se dostigne prag naprezanja i traje dok traje i naprezanje. Kada prestane djelovanje sile naprezanja, materijal zadržava nastalu deformaciju.

Viskoznost je izmjerena vrijednost koja se odnosi na unutrašnje trenje supstance u tečenju. Mjeri se određivanje sile, napona smicanja, potrebne da se pomaknu čestice materijala pri određenoj brzini deformacije, brzini smicanja. Omjer napona i brzine smicanja predstavlja viskoznost (Lovrić, 1991.).

Viskoznost sirnih proizvoda mjerena je na dinamičkom rotacijskom viskozimetru mikro-visko-amilografu (Brabender OGH, Disburg, Njemačka, **Slika 16**), koji primarno služi za dobivanje amilograma, dok je u ovom radu korišten za ispitivanje viskoznosti krem sireva. Mikro visko-amilograf je rotacioni viskozimetar. Mjeri viskoznost u određenom vremenu.

Mjerenja se mogu vršiti pri:

- određenoj temperaturi,
- ravnomjernom povećanju temperature,
- ravnomjernom snižavanju temperature.



Slika 16 Mikro visko-amilograf

Uzorci krem sireva mase 110 g stavljani su u mjernu posudu uređaja koja je potom stavljena u ležište mikro visko-amilografa. Na mjernu glavu se pričvrsti mjerno tijelo i spusti u najniži položaj, te započinje analiziranje.

Brabender Viscograph softver (verzija 2.4.11.) bilježi sve promjene viskoznosti suspenzije i temperature te se iz dobivenih podataka dobiva krivulja promjene viskoznosti tijekom vremena.

3.2.7. Određivanje svojstava strukture sira

Test proboda (Puncture test)

Test proboda sira je obavljen uređajem TA.XT2i Plus (SMS Stable Micro Systems Texture Analyzer, Surrey, England), prikazanim na **Slici 17**. Za probod je korištena igla promjera 0,5 cm. Brzina proboda je bila 1 mm/s i u silaznom i u uzlaznom toku. Dubina proboda je 10 mm. Ovim testom mjere se dva osnovna parametra:

- sila proboda u masu sira (N),
- snaga proboda u masu sira (N·s) (Muir i sur., 1997.).



Slika 17 TA.XT2i Plus

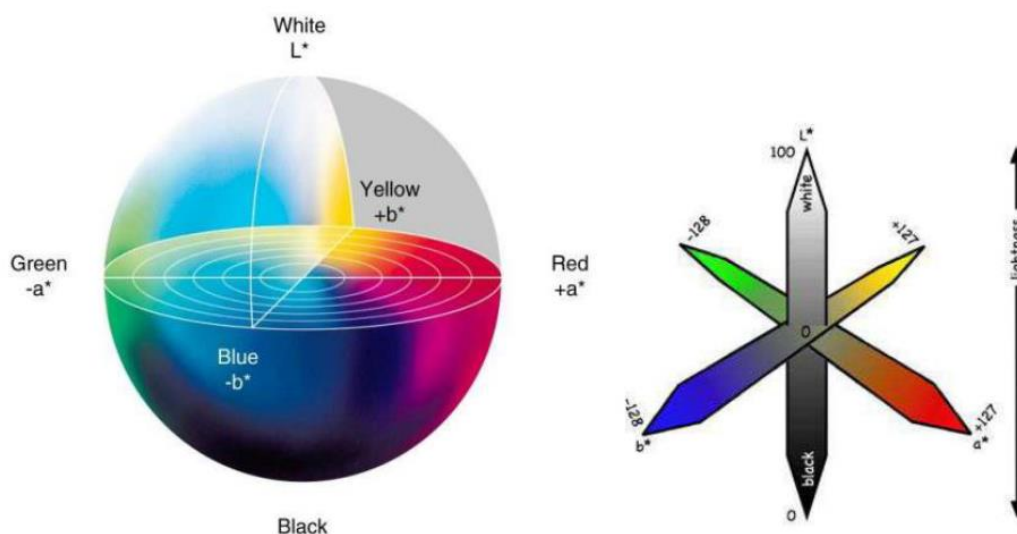
3.2.8. Analiza boje sireva

Unatoč tome što nije nužno povezana s nutritivnom vrijednosti, okusom ili funkcionalnim svojstvima hrane, boja hrane ima značajan utjecaj na vizualni doživljaj hrane i njenu prihvatljivost od strane potrošača.

3. Eksperimentalni dio

Promjena (originalne) boje hrane pokazatelj je različitih poželjnih ili nepoželjnih promjena koje mogu nastati kao posljedica zrenja voća i povrća, prerade ili kvarenja hrane, tijekom procesiranja hrane. Osvjetljeni objekt može ukupnu svjetlost ili dio ukupne svjetlosti koja je pala na njegovu površinu, reflektirati, apsorbirati ili propustiti, ovisno o njegovoj prirodi, geometriji i površini. U praksi je ta svjetlost ograničena na dio spektra koji je vidljiv ljudskom oku, tj. na elektromagnetne valove duljine vala 380-770 nm (Hsien-Che, 2005.; Pomeranz i Meloan, 1994.).

CIEL a^*b^* prostor boja (**Slika 18**) je trodimenzionalni prostor boja baziran na percepciji boje standardnog promatrača. Kratica $L^*a^*b^*$, označava tri komponente ovog modela. Prednost ovog sustava je i uvođenje svjetline kao treće dimenzije. Numeričke vrijednosti u CIEL a^*b^* sustavu opisuju sve boje koje može razlikovati ljudsko oko. U CIEL a^*b^* sustavu boje su opisane pomoću tri osi: dvije kromatske, a^* komponenta odnos između crvene i zelene boje (negativne vrijednosti označavaju zelenu, a pozitivne crvenu), a b^* komponenta odnos između žute i plave boje (negativne vrijednosti za plavu, a pozitivne za žutu). L^* komponenta određuje svjetlinu, akromatska os mjeri se od 0 do 100 po vertikalnoj osi, gdje je 0 vrijednost za crnu, a 100 za bijelu (Lukinac-Čačić, 2012.).



Slika 18 Prikaz CIEL a^*b^* prostora boja

Mjerenje boje provedeno je pomoću uređaja Hunter-Lab Mini ScanXE (A60-1010-615 Model Colorimeter, Hunter-Lab, Reston, VA, USA, **Slika 19**). Određivana su tri parametra boje: L^* , a^* i b^* . Prije svakog mjerenja instrument je standardiziran s bijelom i crnom keramičkom pločom ($L^*0 = 93,01$, $a^*0 = -1,11$ i $b^*0 = 1,30$). Hunterove L^* , a^* i b^* vrijednosti podudaraju se sa sljedećim rasponima boja:

- L^* - svjetlo ($L^* = 100$) ili tamno ($L^* = 0$),

- a^* - zeleno ($-a^*$) ili crveno ($+a^*$),
- b^* - plavo ($-b^*$) ili žuto ($+b^*$).

Određivanja svojstava boje rađeno je na sobnoj temperaturi (20 ± 2 °C). Sva mjerenja rađena su u 5 ponavljanja.



Slika 19 Kolorimetar Hunter-Lab Mini ScanXE

3.2.9. Senzorska analiza sireva

Senzorska analiza je znanstvena disciplina koja tumači reakcije na one značajke hrane koje opažaju osjetila vida, mirisa, okusa i sluha. Za senzorsku kakvoću proizvoda ne postoji tehnički mjerni instrument, već se koriste sva ljudska osjetila (Mandić i Perl, 2006.).

Senzorske analize najčešće se primjenjuju pri određivanju senzorskih svojstava novih proizvoda, pri optimiranju proizvodnje, pri zamjeni sastojaka drugim sastojcima i pri izboru novih sirovina.

Senzorska svojstva na temelju kojih se određuju svojstva sireva su:

- ✓ aroma:
 - miris,
 - okus;
- ✓ tekstura:

- kompaktnost,
- šupljikavost,
- zrnatost;
- ✓ izgled površine:
 - kora,
 - boja,
 - hrapavost/glatkoća,
 - oblik.

METODA BODOVANJA

Krem sirevi su ocjenjeni metodom bodovanja. Metoda zahtjeva prethodni izbor svojstava koji sudjeluju i važni su za kvalitetu proizvoda, a ocjene su u rasponu od 1 do 5.

U ovom radu prikazana je praktična provedba senzorske procjene uzoraka krem sireva sistemom ponderiranih bodova, prema obrascu danom u **Prilogu 1**. Izrađeni su potrebni ocjenjivački listovi (**Prilog 2**) za grupu istraživanih uzoraka, u koje su unesena odgovarajuća svojstva (parametri kvalitete), zahtjevi za kakvoćom izraženi su odgovarajućom ocjenom, kao i „čimbenici značajnosti“ (Ritz i sur, 1988).

Dobivene ocjene se množe sa čimbenikom značajnosti te se dobivaju ponderirani bodovi. Prema postignutom zbroju ponderiranih bodova, proizvodi se svrstavaju u određene kategorije kvalitete prema **Tablici 5**. Čimbenici značajnosti određuju koliko neko svojstvo sudjeluje u ukupnoj kvaliteti proizvoda. Provođenje senzorske analize provedeno je od grupe sačinjene od tri člana, što je ujedno i najmanji potreban broj članova za ovu analizu. Važno je da svaki član grupe ima određenu razinu poznavanja proizvoda, kako bi mogao samostalno ocijeniti proizvod (Primorac, 2006.).

Tablica 5 Kategorije kvalitete prema rasponu ponderiranih bodova (Primorac, 2006.)

kategorija kvalitete	raspon ponderiranih bodova
izvrsna	17,6-20
dobra	15,2-17,5
osrednja	13,2-15,1
prihvatljiva	11,2-13,1
neprihvatljiva	<11,2

3.2.10. 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%) dobivenih podataka.

4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1. SASTAV MJEŠAVINE MLIJEKA I VRHNJA

Kemijski sastav mješavine mlijeka i vrhnja korištene za proizvodnju krem sira prikazana je u **Tablici 6**.

Tablica 6 Kemijski sastav mješavine mlijeka i vrhnja

maseni udio (%)	U-1	U-2	U-3	U-4	U-5	U-6
mast	3,70±0,02 ^f	5,59±0,05 ^e	10,22±0,01 ^d	12,83±0,01 ^c	17,00±0,02 ^b	22,10±0,05 ^a
voda	88,05±0,03 ^a	86,53±0,04 ^b	81,94±0,01 ^c	77,92±0,02 ^d	75,37±0,04 ^e	70,24±0,16 ^f
suha tvar	11,95±0,02 ^f	13,47±0,04 ^e	18,06±0,01 ^d	20,04±0,02 ^c	24,62±0,04 ^b	29,75±0,15 ^a
proteini	3,06±0,08 ^a	2,99±0,03 ^a	2,08±0,03 ^b	1,64±0,04 ^c	1,85±0,02 ^d	1,36±0,02 ^e

Podaci predstavljaju srednje vrijednosti (±SD) tri ponavljanja. ^{abc}Fisherovim testom je potvrđena statistička značajnost razlike između uzoraka.

Rezultati kemijske analize su ukazali da postoji statistički značajna razlika u koncentraciji masti u pripremljenim mješavinama mlijeka i vrhnja za proizvodnju krem sira. Usporede li se omjeri miješanja vrhnja i mlijeka, te udio mliječne masti u navedenima sa udjelom mliječne masti u početnoj sirovini (mješavini) dobivaju se potpuno očekivane vrijednosti.

Osim toga, mješavina s najvećim udjelom masti je imala i najveći udio suhe tvari. Također je vidljivo da prvi uzorak koji ima najniži udio masti (mlijeko s 3,2% m.m.) ima najviši udio proteina, a povećanjem udjela vrhnja u mješavini, udio proteina opada. Postoji statistički značajna (**Tablica 11**) pozitivna korelacija između udjela mliječne masti i udjela suhe tvari (0,999) te negativna između udjela masti i udjela proteina (-0,924).

Izmjerena srednja pH vrijednost mlijeka iznosila je 6,75, a vrhnja 6,71 dok su izmjerene pH vrijednosti mješavine mlijeka i vrhnja prikazane su **Tablicom 7**.

Tablica 7 pH vrijednosti mješavine mlijeka i vrhnja

uzorak	U-1	U-2	U-3	U-4	U-5	U-6
pH	6,75	6,76	6,73	6,72	6,69	6,73

Podaci predstavljaju srednje vrijednosti (±SD) dva ponavljanja

U svrhu proizvodnje krem sira s optimalnim udjelom mliječne masti mijenjan je samo udio mliječne masti u početnoj sirovini, dok su ostali procesni parametri (temperatura zagrijavanja, vrijeme fermentacije, vrijeme cijedenja, udio NaCl-a) odabrani tijekom preliminarnih istraživanja držani konstantnim.

4.2. KEMIJSKI SASTAV I SVOJSTVA SVJEŽEG KREM SIRA

Tablicom 8 prikazani su rezultati analize kemijskog sastava, te kiselosti i aktiviteta vode u proizvedenim uzorcima krem sireva.

Tablica 8 Kemijski sastav sira

sastojci i svojstva	U-1	U-2	U-3	U-4	U-5	U-6
mast	12,00 ± 0,03 ^f	17,57 ± 0,01 ^e	25,96 ± 0,01 ^d	30,49 ± 0,02 ^c	35,83 ± 0,01 ^b	44,13 ± 0,01 ^a
voda	72,61 ± 0,05 ^a	68,69 ± 0,01 ^b	62,84 ± 0,03 ^c	60,15 ± 0,09 ^d	56,23 ± 0,03 ^e	49,76 ± 0,03 ^f
proteini	9,76 ± 0,03 ^a	8,66 ± 0,04 ^b	6,45 ± 0,09 ^c	6,10 ± 0,02 ^d	5,58 ± 0,01 ^e	5,29 ± 0,06 ^f
sol	0,80 ± 0,03 ^a	0,80 ± 0,00 ^a	0,75 ± 0,03 ^a	0,69 ± 0,03 ^b	0,62 ± 0,01 ^c	0,65 ± 0,01 ^c
SASTOJAK suha tvar	27,39 ± 0,04 ^f	31,32 ± 0,01 ^e	37,16 ± 0,03 ^d	39,85 ± 0,09 ^c	43,77 ± 0,03 ^b	50,25 ± 0,03 ^a
mast u s.t.	43,79 ± 0,22 ^f	56,10 ± 0,02 ^e	69,86 ± 0,03 ^d	76,32 ± 0,04 ^b	81,87 ± 0,07 ^b	87,82 ± 0,05 ^a
Bezmasna tvar	88,01 ± 0,04 ^a	82,44 ± 0,01 ^b	74,04 ± 0,01 ^c	69,52 ± 0,02 ^d	64,17 ± 0,01 ^e	55,88 ± 0,01 ^f
voda u BST	82,51 ± 0,10 ^f	83,32 ± 0,01 ^e	84,87 ± 0,03 ^d	86,52 ± 0,10 ^c	87,63 ± 0,05 ^b	89,05 ± 0,05 ^a
pH	4,51 ± 0,01 ^d	4,54 ± 0,01 ^c	4,56 ± 0,010 ^b	4,62 ± 0,01 ^a	4,57 ± 0,01 ^b	4,60 ± 0,01 ^a
aw	0,951 ± 0,001 ^b	0,956 ± 0,001 ^a	0,957 ± 0,001 ^a	0,960 ± 0,002 ^a	0,961 ± 0,001 ^a	0,963 ± 0,001 ^a
T (°C)	22,27 ± 0,03	22,35 ± 0,01	22,40 ± 0,01	22,48 ± 0,01	22,80 ± 0,30	22,66 ± 0,01

Podaci predstavljaju srednje vrijednosti (±SD) tri ponavljanja. Fisherovim testom je potvrđena statistička značajnost razlike između srednjih vrijednosti (±SD) svih uzoraka (1-6) prikazanih Tablicom 8.

Kemijskom analizom sira utvrđeno je da od uzorka U-1 prema uzorku U-6 sadržaj masti raste, što je očekivano s obzirom da je u početnoj sirovini (mješavina mlijeka i vrhnja) također sadržaj masti rastao. Utvrđena je i statistički značajna pozitivna korelacija (0,995) između udjela masti u sirovini i udjela masti u siru (**Tablica 11**). Osim povećanja udjela masti vidljivo je i povećanje suhe tvari, što je također očekivano s obzirom da su ova dva parametra povezana. Udio vode i proteina od uzorka U-1 prema uzorku U-6 pada što također odgovara ako se usporedi sa kemijskim sastavom početne sirovine. Ako se usporede vrijednosti za udjele mliječne masti u početnoj sirovini i udjele mliječne u gotovom krem siru može se zaključiti da su dobivene vrijednosti za krem sir potpuno opravdane i očekivane. Razvrstavanje istraživanih uzoraka svježeg krem sira prema udjelu masti u suhoj tvari prema Pravilniku o sirevima i proizvodima od sira (MPRRR, 2013) prikazuje **Tablica 9**.

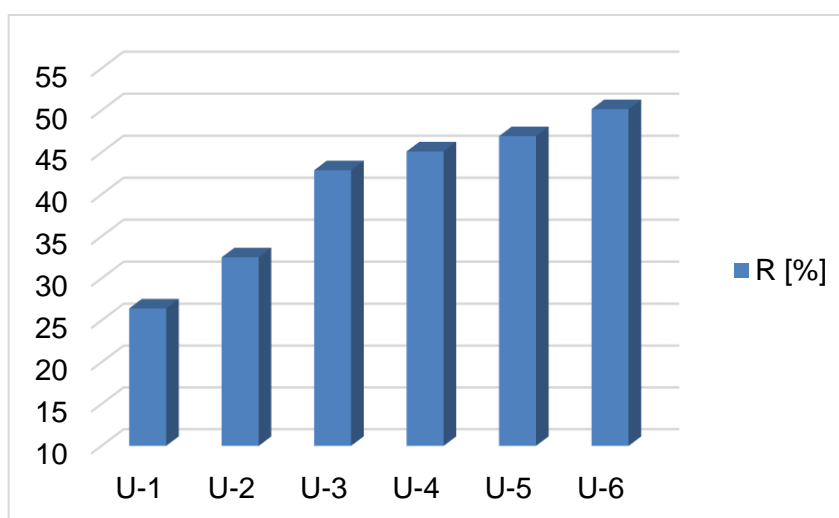
Tablica 9 Podjela sireva prema udjelu mliječne masti u suhoj tvari

udio mliječne masti u suhoj tvar (%)	skupina sireva	uzorci
≥60	ekstra masni	U-3, U-4, U-5, U-6
45-59,99	punomasni	U-2
25-44,99	masni	U-1
10-24,99	polumasni	-
<10	posni	-

Na osnovi udjela masti u suhoj tvari sira, dobiveni uzorci sira pripadaju skupini ekstra masnih, dok uzorci U-2 i U-1 skupini punomasnih odnosno masnih sireva.

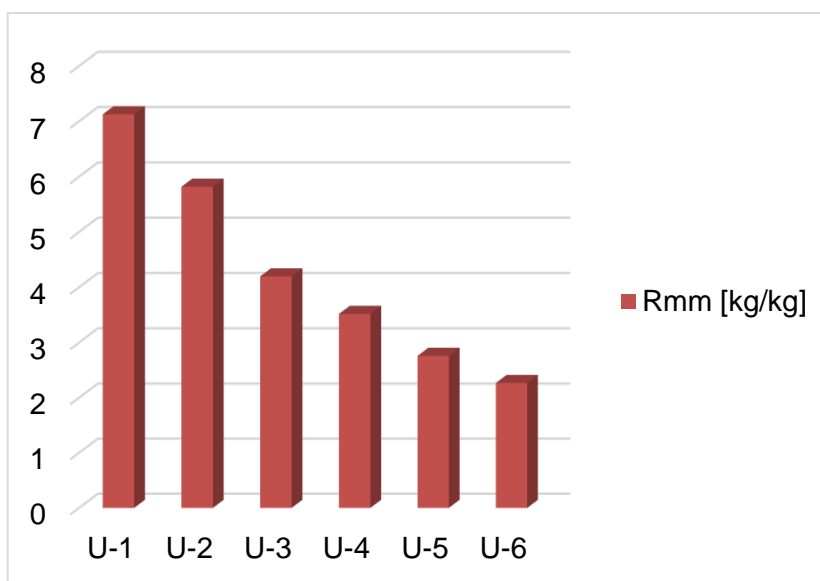
4.3. PRINOS SIRA

Prinos sira s obzirom na masu mješavine, udio mliječne masti, proteina te suhe tvari u mješavini za sirenje prikazano je **Slikama 20, 21, 22 i 23**.



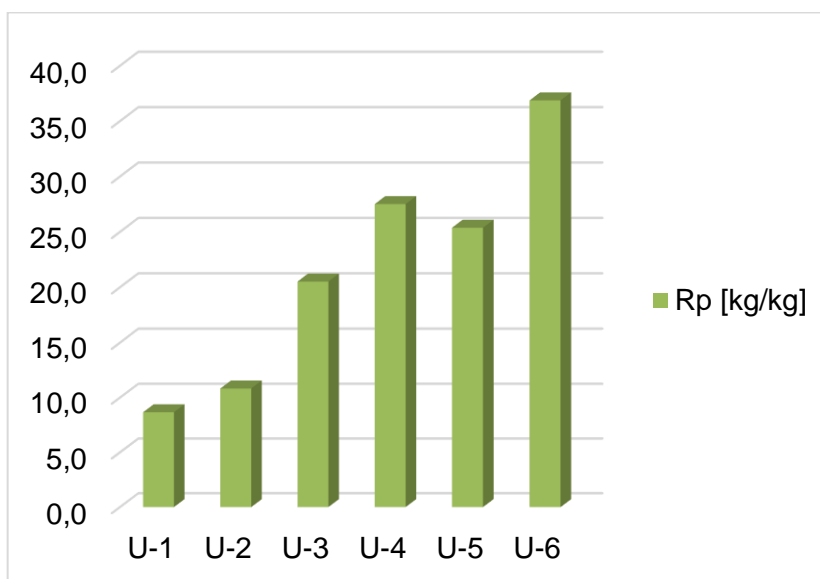
Slika 20 Prinos sira s obzirom na masu mlijeka za sirenje

Prinos sira (**Slika 20**) kreće se u rasponu od 25% do 49%. Povećanjem udjela mliječne masti u mješavini mlijeka i vrhnja očekivano je rastao i prinos sira (statistički značajna pozitivna korelacija prinosa i udjela masti u polaznoj sirovini; 0,931; **Tablica 11**).



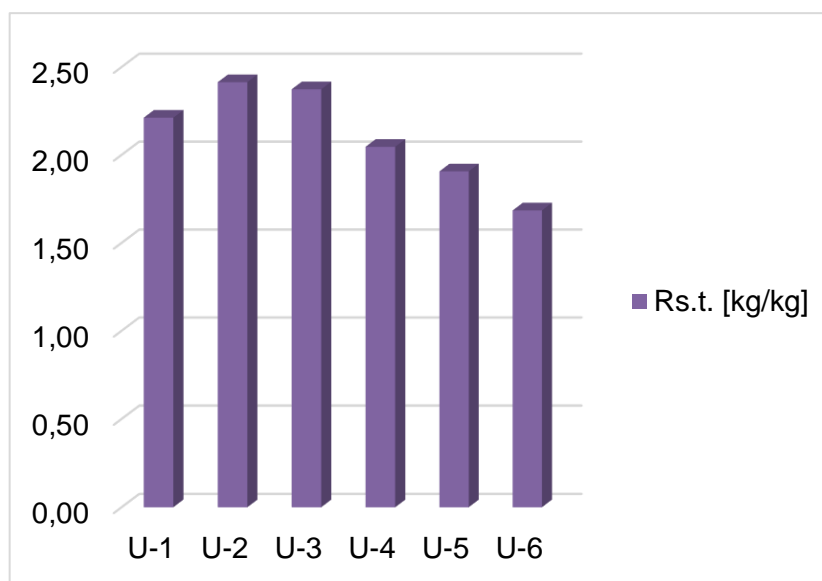
Slika 21 Prinos sira s obzirom na količinu masti u mlijeku

Slika 21 prikazuje velike oscilacije prinosa sira s obzirom na količinu masti u mješavini. Mnogo veći prinos s obzirom na količinu masti u mješavini ima sir proizveden od mlijeka s 3,5% m.m., što pokazuje da je iskorištenje masti kod mješavine s 20% m.m. mnogo niže u odnosu na one mješavine s nižim udjelima masti. Također je utvrđena i statistički značajna negativna korelacija (-0,955) između prinosa s obzirom na količinu masti u mješavini i udjela mliječne masti u početnoj sirovini (Tablica 11).



Slika 22 Prinos sira s obzirom na količinu proteina u mlijeku

Prinos sira s obzirom na količinu proteina u izvornoj mješavini (**Slika 22**) je najveći kod uzorka U-6, dok su najniže vrijednosti zabilježene kod sireva U-1 i U-2.

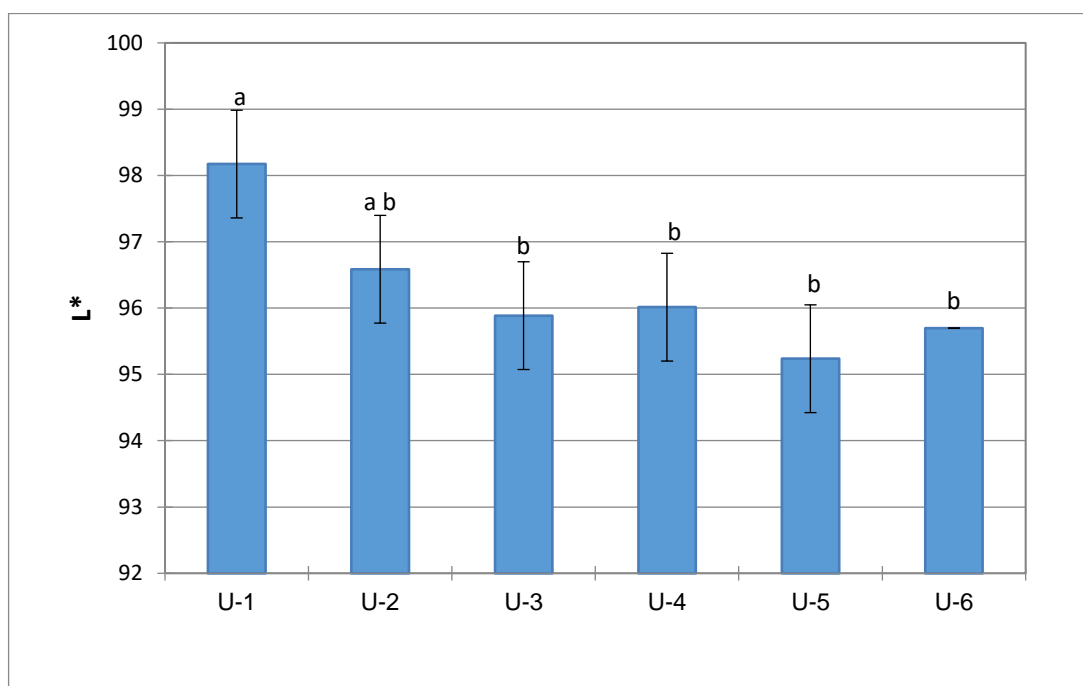


Slika 23 Prinos sira s obzirom na količinu suhe tvari u mlijeku

S obzirom na količinu suhe tvari u mješavini (**Slika 23**) prinos sira je najveći u sirevima s oznakama U-2 i U-3, a najniži je kod uzorka U-6.

4.4. BOJA SIRA

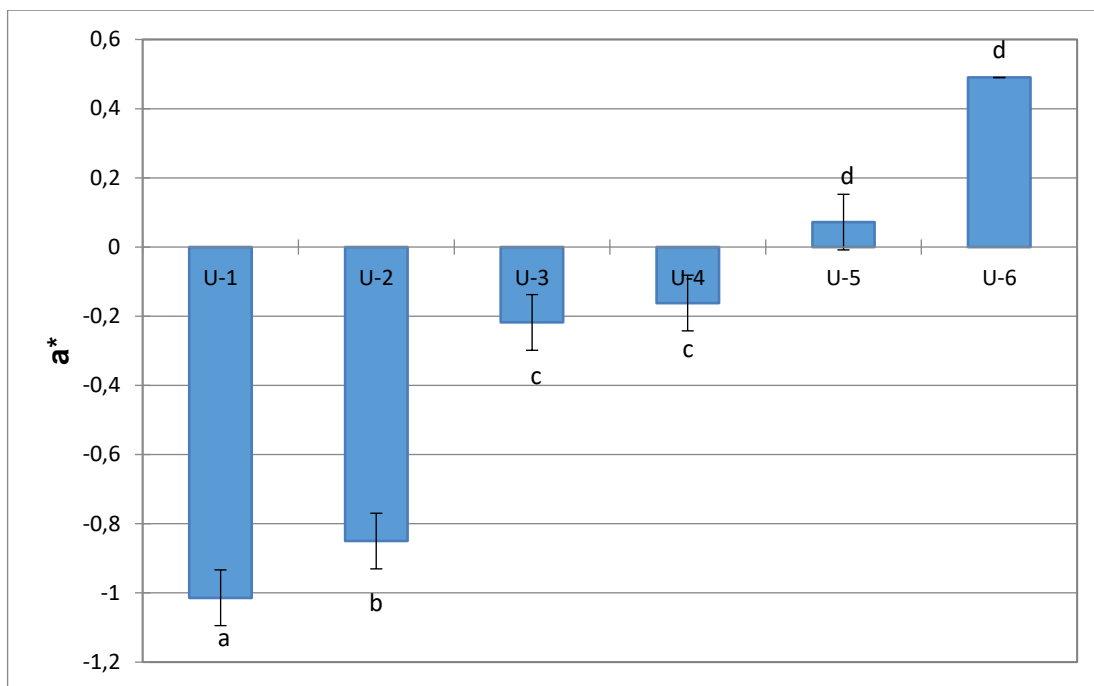
Prema dobivenim rezultatima analize boje sira prikazanim na **Slikama 24, 25 i 26** vidljive su vrijednosti L^* , a^* i b^* . Svi uzorci imaju vrijednost L^* iznad 95 što znači da su svijetle boje ($L^* = 100$, uzorci su potpuno svijetli). Najsvjetliji uzorak je uzorak U-1, koji se po ovom parametru boje statistički značajno razlikuje od ostalih uzoraka. Ovaj uzorak ima najniži udio mliječne masti i ukupne suhe tvari, ali najviši udio proteina. Iz **Tablice 11** je vidljivo da postoji statistički značajna negativna korelacija između vrijednosti L^* parametra boje uzoraka krem sireva i udjela masti (-0,837) odnosno suhe tvari (-0,828) u uzorku i pozitivna između L^* vrijednosti i udjela proteina u siru (0,927).



Podaci predstavljaju srednje vrijednosti (\pm SD) 5 ponavljanja. Vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$), prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike

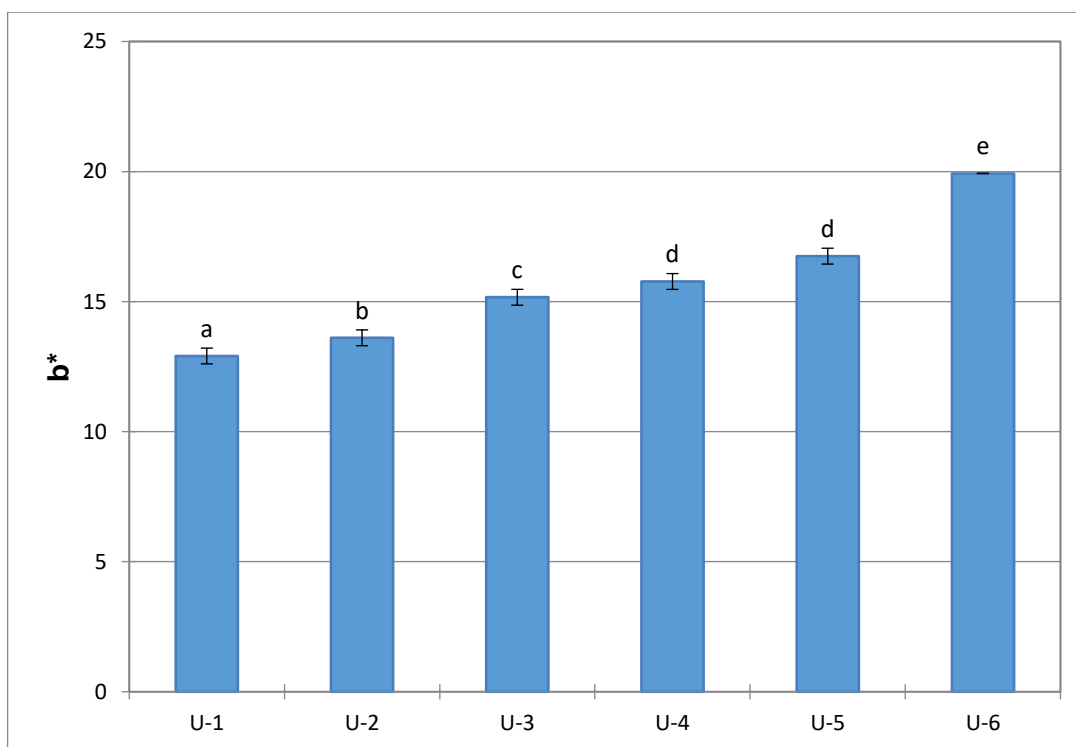
Slika 24 Analiza boje sira (varijabla L^*)

Vrijednost a^* (**Slika 25**) je negativna kod uzoraka U-1, U-2, U-3 i U-4 što ukazuje na to da lagano prevladava zelena nijansa dok vrijednosti uzoraka U-5 i U-6 su u pozitivnom spektru što znači da su u domeni crvene boje. Vrijednosti dobivene za varijablu b^* (**Slika 26**) su sve pozitivne iz čega zaključujemo da u uzorcima prevladava više žuta nego plava boja. Vrijednosti dobivene za varijable a^* i b^* su statistički značajno različite kod većine uzoraka, a utvrđena je i statistički značajna pozitivna korelacija s masenim udjelom masti u siru (0,990; 0,974; **Tablica 11**).



Podaci predstavljaju srednje vrijednosti (\pm SD) 5 ponavljanja. Vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$), prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike

Slika 25 Analiza boje sira (varijabla a*)

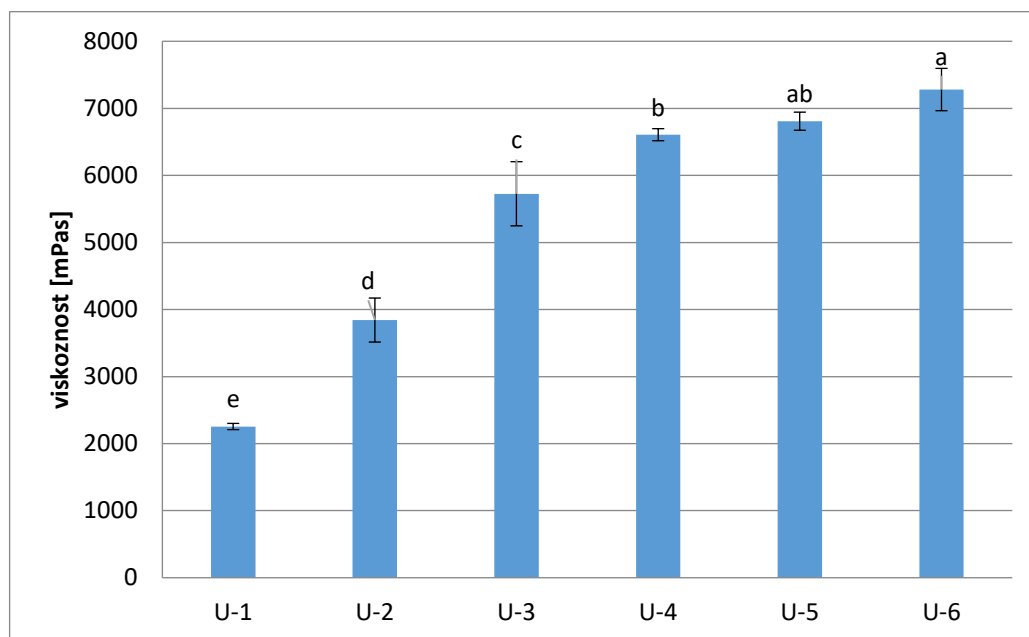


Podaci predstavljaju srednje vrijednosti (\pm SD) 5 ponavljanja. Vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$), prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike

Slika 26 Analiza boje sira (varijabla b*)

4.5. VISKOZNOST SVJEŽEG KREM SIRA

Analizom viskoznosti svježih krem sireva dobiveni su podatci grafički prikazani **Slikom 27**, te se iz njih može zaključiti kako se viskoznost povećavala od uzorka U-1 prema uzorku U-6, tj. povećanjem udjela mliječne masti u krem siru povećavala se i viskoznost sira. Osim toga važno je istaknuti da su vrijednosti statistički značajno različite kod većine uzoraka.

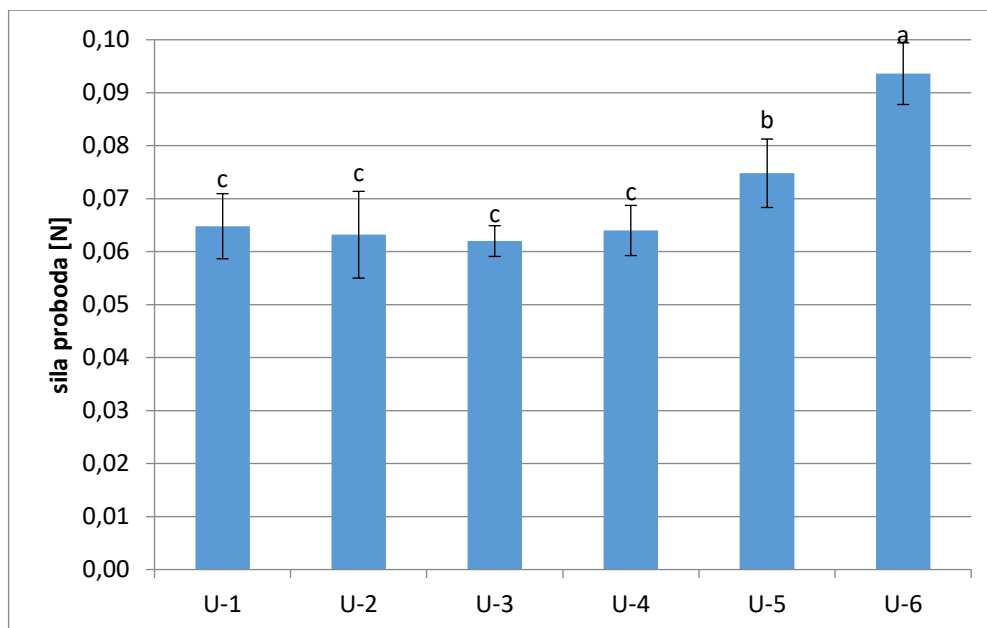


Podaci predstavljaju srednje vrijednosti (\pm SD) 5 ponavljanja. Vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$), prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike

Slika 27 Viskoznost svježih krem sireva

4.6. TEKSTURALNI PROFIL SIRA

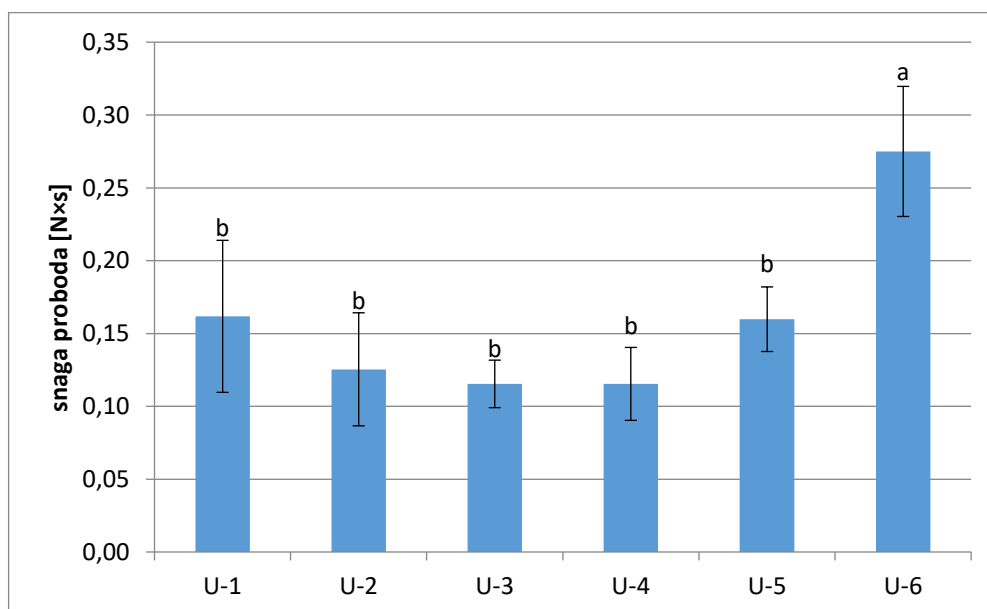
Testom proboda dobiveni podatci za silu proboda i snagu proboda, prikazani su grafički **Slikama 28 i 29**. Grafički prikaz (**Slika 28**) pokazuje da je sila potrebna za probod najviša kod uzorka U-6 (uzorak s 44,13% m.m.), nešto je niža kod uzorka U-5 (35,83% m.m.), dok je najmanja vrijednost izmjerena u uzorcima s najnižim udjelima mliječne masti (12,00-30,49%).



Podaci predstavljaju srednje vrijednosti (\pm SD) 5 ponavljanja. Vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$), prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike

Slika 28 Analiza teksture sira (sila proboda)

Potrebna snaga proboda (Slika 29) očekivano je najviša kod sira s oznakom U-6 zbog velikog udjela mliječne masti i vrlo malog udjela vode. Vrijednost snage proboda za uzorak U-6 je statistički značajno različit od vrijednosti za ostalih pet uzoraka, što pokazuje da niži dodatak mliječne masti u polaznu sirovinu nije statistički značajno utjecao na ovaj parametar.



Podaci predstavljaju srednje vrijednosti (\pm SD) 5 ponavljanja. Vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ($p < 0,05$), prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike

Slika 29 Analiza teksture sira (snaga proboda)

4.7. SENZORSKA ANALIZA SIRA

SENZORSKA OCJENA SIREVA METODOM BODOVANJA

Gledajući pojedinačno na senzorska svojstva sireva (**Slika 30**), može se zaključiti da su uzorci s manjim sadržajem mliječne masti imali niže ocjene za izgled, konzistenciju i okus, dok niži sadržaj masti nije značajno utjecao na ocjene za miris i boju. Značajniji pad ocjene okusa imao je uzorak U-6 koji je ispitivačima bio premastan, dok velika količina mliječne masti u navedenom uzorku nije drastično utjecala na ostale varijable. Može se reći da je na senzorsku ocjenu značajno utjecao osnovni kemijski sastav (**Tablica 11**). Tako se može izdvojiti statistički značajna pozitivna korelacija između ocjene za izgled i udjela masti (0,940) te negativna s udjelom vode (-0,938) kao i statistički značajna pozitivna korelacija između konzistencije i pH vrijednosti sira (0,848) odnosno udjela masti u suhoj tvari sira (0,878).



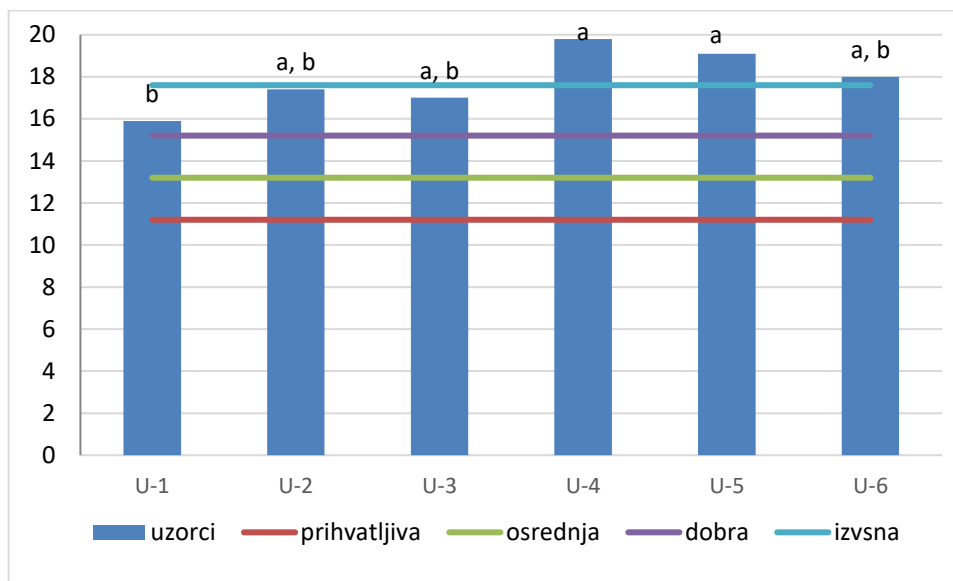
Podaci predstavljaju srednje vrijednosti (\pm SD) 3 ispitivača.

Slika 30 Senzorska ocjena uzoraka krem sira

Prema ocjenama sva tri ocjenjivača, uzorci U-4 i U-5 imaju najveći broj ponderiranih bodova (**Slika 31**). Oba uzorka proizvedena su sa višim, ali različitim udjelom mliječne masti u mješavini. Za dobivanje uzorka U-4 upotrijebljena je mješavina s 12,5% m.m. dok je za

proizvodnju uzorka U-5 upotrijebljena mješavina s 15% m.m. Najmanje bodova imao je uzorak U-1 za čiju je proizvodnju korištena mješavina s 3,2% m.m.

Može se zaključiti da, povećanje količine mliječne masti utječe značajno na organoleptička svojstva krem sira, te povećanjem udjela mliječne masti u mješavini povećava se kvaliteta sira, ali i previsok sadržaj mliječne masti može se negativno odraziti na okus sira, primjer je uzorak U-6 za koji je korištena mješavina od 20% m.m., koji je bio premastan te je imao manji zbroj bodova od uzoraka U-4 i U-5.



Slika 31 Ponderirani bodovi proizvedenih sireva

Prema ponderiranim bodovima, uzorci U-4, U-5 i U-6 imaju najveći broj bodova i spadaju u izvrsnu kategoriju kakvoće, dok se uzorci U-1, U-2, U-3, U-6 mogu uvrstiti u dobru kategoriju kakvoće (**Tablica 10**).

Tablica 10 Kategorije kakvoće sireva prema dobivenim ponderiranim bodovima

kategorija kakvoće	ponderirani bodovi	uzorci sira
izvsna	17,6-20,0	U-4, U-5, U-6
dobra	15,2-17,5	U-1, U-2, U-3
osrednja	13,2-15,1	-
prihvatljiva	11,2-13,1	-
neprihvatljiva	<11,2	-

5. ZAKLJUČCI

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

1. Tijekom istraživanja mijenjan je udio mliječne masti u mješavini mlijeka i vrhnja, dok su ostali parametri procesa proizvodnje, odabrani tijekom preliminarnih istraživanja, bili konstantni.
2. Prinos sira s obzirom na masu početne sirovine bio je u rasponu od 25% do 49%. Povećanjem udjela mliječne masti u početnoj sirovini očekivano je rastao i prinos sira.
3. S obzirom na udio suhe tvari u početnoj sirovini prinos sira bio je najveći u sirevima s oznakama U-2 i U-3, a najniži kod uzorka U-6. Prinos sira s obzirom na udio proteina u sirovini bio je najveći kod uzorka U-6, dok su najniže vrijednosti zabilježene kod sireva U-1 i U-2.
4. Proizvedeni uzorci su razvrstani u kategorije prema Pravilniku o sirevima i proizvodima od sira (MPRRR, 2013). Prema udjelu mliječne masti u suhoj tvari uzorak U-1 spada u skupinu masnih sireva (25-45% m.m.), uzorak U-2 u punomasne sireve (45-60%), a uzorci U-3, U-4, U-5 i U-6 u skupinu ekstramasnih sireva ($\geq 60\%$).
5. Najnižu senzorsku ocjenu imao je uzorak U-1, koji je proizveden od sirovine sa 3,5% mliječne masti.
6. Najviše senzorske ocjene imali su uzorci U-4 i U-5 spravljeni od sirovina s 12,5% i 15% mliječne masti, iz čega se može zaključiti da udio mliječne masti značajno utječe na senzorska svojstva sira, te da njenim povećanjem raste i njihova kategorija kakvoće. U previsokim koncentracijama mliječna mast u početnoj sirovini može negativno utjecati na kvalitetu sira, što je vidljivo kod uzorka U-6 spravljenom od sirovine s 20% m.m.
7. Najveće uočene razlike među uzorcima tijekom ocjenjivanja senzorskih svojstava je u okusu i izgledu krem sireva.
8. Mjerenjem spektra boje krem sireva, dobivena vrijednost a^* bila je negativna kod uzoraka U-1, U-2, U-3 i U-4 što govori da lagano prevladava zelena nijansa dok vrijednosti uzoraka U-5 i U-6 su u pozitivnom spektru što znači da su te vrijednosti u domeni crvene boje. Vrijednosti dobivene za varijablu b^* su sve pozitivne iz čega zaključujemo da u uzorcima prevladava više žuta nego plava boja. Svi uzorci imaju vrijednost L^* iznad 95 što znači da su svijetle boje. Najsvjetliji uzorak bio je uzorak U-1, koji se po ovom parametru boje statistički značajno razlikuje od ostalih uzoraka.
9. Najveći otpor tečenju imali su uzorci U-5 i U-6 sa 15 i 20% m.m., osim toga može se zaključiti kako se viskoznost povećavala od uzorka U-1 prema uzorku U-6, tj. povećanjem udjela mliječne masti u krem siru povećavala se i viskoznost sira.

10. Sila potrebna za probod bila je najviša kod uzorka U-6, osim toga vrijednosti vezane za silu proboda nisu statistički značajno različite među uzorcima U-1, U-2, U-3 i U-4. Vrijednosti uzoraka U-5 i U-6 su statistički značajno različite u odnosu na ostale uzorke. Snaga potrebna za probod najviša je također kod uzorka U-6, te se statistički značajno razlikuje od ostalih uzoraka.
11. Iz provedenih analiza i dobivenih rezultata utvrđeno je da su optimalni udjeli mliječne masti u mješavini mlijeka i vrhnja za proizvodnju svježeg krem sira 12,5 i 15% m.m..

6. LITERATURA

- Biškup N: Razvoj novih proizvoda sa sirnim namazom. *Diplomski rad*, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2011.
- Bosnić P: Svjetska proizvodnja i kvaliteta kravljeg mlijeka *Mljekarstvo* 53:37-50, 2003.
- Božanić R: Vrste sireva i značaj u prehrani ljudi. *U Sirarstvo u teoriji i praksi*, str. 47-58. Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, Hrvatska, 2015.
- Dalglis DG: The enzymatic coagulation of milk. *Cheese, Chemistry, Physics and Microbiology*, pg. 69-100., An Aspen Publication, Gaithersburg, Maryland, 1999.
- Dvoržak L: Mljekarstvo. *U journal for dairy production and processing improvement*, Vol.15 No.9, str. 201-202, 1965.
- Gorup I: Izvozni potencijal „ABC“ svježeg krem sira, Belje d.d. *Diplomski rad*, Poljoprivredni fakultet, Osijek, 2015.
- Kalit S: Opće sirarstvo. *U Sirarstvo u teoriji i praksi*, str. 29-46. Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, Hrvatska, 2015.
- Kirin S: Domaće vrste sireva bilogorsko-podravske regije i mogućnosti njihove industrijske proizvodnje. *Mljekarstvo* 30:111-116, 1980.
- Link OJ: Cream cheese manufacture. United States Patent, US (2,387,276), 1945.
- Linko P: Lactose and Lactitol, London and New Jersey: Applied Science Publishers, str. 109-132, 1982
- Lovrić T: Procesi u prehrambenoj industriji s osnovama prehrambenog inženjerstva. Sveučilište u Zagrebu, HINUS Zagreb, 1991.
- Lukinac-Čačić J: Matematičko modeliranje i optimiranje kinetike promjene boje kruha tijekom pečenja. *Doktorski rad*. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2012.
- Lundstedt E: Our industry today: Brief review of current topics. *Journal of Dairy Science* 37: 243-246, 1954.
- Mandić M L, Perl A: Osnove senzorske procjene hrane. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2006.
- Matijević B: Sir kroz povijest. *U Sirarstvo u teoriji i praksi*, str. 11-28. Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, Hrvatska, 2015.
- MPRRR, Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja: *Pravilnik o mlijeku i mliječnim proizvodima*. Narodne novine 133/07, 2007.
- MPRRR, Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja: *Pravilnik o mikrobiološkim kriterijima za hranu*. Narodne novine 74/08, 2008.
- MPRRR, Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja: *Pravilnik o sirevima i proizvodima od sireva*. Narodne novine 141/13, 2013.

- Muir D D, Williams S A R, Tamime A Y, 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.
- Phadungath C: Cream cheese products: A review. *Journal of Science and Technology* 27: 191-199, 2005.
- Pomeranz Y, Meloan C E: *Measurement of color. U Food Analysis: Theory and Practice.* Y.M.C.E. Pomeranz. (ur.), New York, pg. 87–98, 1994.
- Primorac Lj: Senzorske analize: Metode 2. dio. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2006.
- Ritz M, Vojnović V, Vahčić N: Senzorska procjena desertnih mliječnih proizvoda. *U Mljekarstvo* 42, str. 53-60, 1992.
- Sanchez C, Beauregard J L, Chassagne M H, Bimbenet J J, Hardy J: Effects of processing on rheology and structure of double cream cheese. *Food Research International* 28: 547-552, 1996.
- Sović V: Linija topljenih sireva. *Završni rad*, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2010.
- Stinson L: *Infographic: An illustrated guide to 66 types of cheese*, 2013.
<http://www.wired.com/2013/06/infographic-an-illustrated-guide-to-66-types-of-cheese/> [26.06.2016.]
- Špoljarić M: Primarna prerada mlijeka i proizvodnja svježeg sira u mljekarama srednjeg kapaciteta. *Završni rad*. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2015.
- Šumić Z: Mliječna mast. Seminar. Hemija hrane, Novi Sad, 2008.
<http://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/mljecna-mast> [10.07.2016.]
- Tadić I: Izrada novih tipova namaza na osnovi svježeg sira i vrhnja. *Diplomski rad*. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2011.
- Tratnik LJ, Kršev LJ: Proizvodnja svježeg sira od ultrafiltriranog rekonstituiranog punomasnog mlijeka. *U Mljekarstvo* 43, str. 291-300, 1993.
- Tratnik Lj: Mlijeko – tehnologija, biokemija i mikrobiologija. Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb, 1998.
- Tratnik LJ, Šušković J, Božanić R, Kos B: Creamed Cottage cheese enriched with *Lactobacillus* GG. *U Mljekarstvo* 50, str. 113-123, 2000.

7. PRILOZI

Prilog 1 Obrazac za senzorsko ocjenjivanje sira

Parametar kakvoće	Zahtjev za senzorsku kakvoću	Ocjena	Čimbenik značajnosti
IZGLED	Jednoličan izgled, nezamjetna sinereza	4 - 5	0,2
	Slabije jednoličan izgled, slabo do umjereno izražena sinereza	2 - 3	
	Nejednoličan izgled, jako zamjetna sinereza	1	
BOJA	Jednolika boja, odgovara upotrijebljenim sirovinama	4 - 5	0,4
	Nejednolika boja	2 - 3	
	Boja nekarakteristična za proizvod	1	
KONZISTENCIJA	Kompaktan, homogen proizvod, cijela masa jednolična i bez grudica, visoka mazivost	5	0,8
	Zamjetne male nehomogenosti, nedovoljna mazivost	3 - 4	
	Nejednaka granulacija, odvajanje faza, grudičast, nehomogen, slaba mazivost	1 - 2	
MIRIS	Ugodan, niti presnažan, niti preslab, karakterističan po dodacima, diskretni miris, bez ikakvih stranih mirisa	4 - 5	0,6
	Prenaglašeni miris, nedovoljno izražen okus, slabije se osjeti miris dodataka	3	
	Potpuno nekarakterističan za proizvod, prejaka aroma	1 - 2	
OKUS	Jasno izražen, karakterističan za dodatke, bez stranih okusa, umjerena aroma	4 - 5	2,0
	Preizražen okus po dodacima, preslaba ili prejaka aroma, tragovi kiselosti, gorčine i užeglosti, tragovi stranih okusa	3	
	Proizvod stranog okusa, nekarakterističan okus, užegao, kiseo, gorak, preslan, potpuno neslan (bljutav), preintezivna aroma	1 - 2	

Prilog 2 Listić za senzorsko ocjenjivanje krem sireva

ocjenjivač:

datum:

Parametar kakvoće	Čimbenik značajnosti	UZORCI					
		1	2	3	4	5	6
izgled	0,2						
boja	0,4						
konzistencija	0,8						
miris	0,6						
okus	2,0						
PONDERIRANI BODOVI							