



УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
UNIVERSITY OF BANJA LUKA
ТЕХНОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ
FACULTY OF TECHNOLOGY



**UTICAJ DODATKA ZAČINSKIH BILJAKA NA SVOJSTVA
JANJSKOG SIRA IZRAĐENOG AUTOHTONOM
TEHNOLOGIJOM**

MASTER RAD

Mentor:

Prof. dr Danica Savanović

Kandidat:

Vesna Muždeka, dipl. inž.

Banja Luka, 2023. godine



УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
UNIVERSITY OF BANJA LUKA
ТЕХНОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ
FACULTY OF TECHNOLOGY



**THE INFLUENCE OF THE ADDITION OF HERBS ON THE
PROPERTIES OF JANJ CHEESE MADE WITH INDIGENOUS
TECHNOLOGY**

MASTER WORK

Mentor:

PhD Danica Savanović, associate professor

Candidate:

Vesna Muždeka, dipl.ing.

Banja Luka, 2023. years

Mentor: Dr Danica Savanović, vanredni profesor, Univerzitet u Banjoj Luci, Tehnološki fakultet

Naslov rada: Uticaj dodatka začinskih biljaka na svojstva Janjskog sira izrađenog autohtonom tehnologijom

Rezime:

U mnogim zemljama svijeta sir je visoko cijenjeni proizvod od mlijeka koji se zbog svoje velike nutritivne vrijednosti, a gdje su posebno značajni proteini, vitamini i minerali, preporučuje u redovnoj ishrani svakog pojedinca. Danas su na tržištu prisutne različite vrste sireva dobijene na različite načine, u zavisnosti od toga kakav se proizvod želi dobiti. Posebno su cijenjeni sirevi dobijeni na tradicionalni način, autohtonom tehnologijom, koji predstavljaju kulturu i tradiciju neke zemlje. Jednom takvom tradicionalnom tehnologijom sačuvanom u domaćinstvima opštine Šipovo proizvodi se i Janjski sir koji je i predmet istraživanja ovog rada. Za potrebe samog rada sir nije oblikovan u pletenicu kako se po tradiciji radi, već je izvršena izmjena, te je nakon dodatka različite vrste i koncentracije začinskih biljaka, sir oblikovan u rolat.

Kao odabrane začinske biljke koristile su se origano, vlasac, ruzmarin, peršun i bosiljak. Za potrebe ovog rada izvršena je proizvodnja 12 uzoraka sira, u dvije serije sa po 6 uzoraka od kojih je svaka serija imala po jedan kontrolni uzorak i 5 uzoraka sa pomenutim začinskim biljkama i to u koncentraciji od 0,50% (prva serija) i 1,00% (druga serija).

U toku rada ispitavala se mogućnost proizvodnje ove vrste sira sa dodacima, te uticaj različitih koncentracija začinskih biljaka na karakteristike kvaliteta sira.

Na osnovu dobijenih rezultata ustanovljeno je da se Janjski sir može proizvoditi po izmjenjenoj tehnologiji u cilju dodavanja različitih vrsta začinskih biljaka koje pozitivno utiču na karakteristike sira. Rezultati su pokazali da dodatak začinskih biljaka pored uticaja na fizičko - hemijske karakteristike sira, ima statistički značajan uticaj ($p < 0,05$) na instrumentalno izmjerene parametre boje, teksture kao i na senzorna i antioksidativna svojstva proizvedenih sireva. Iz navedenog se, takođe, može zaključiti da se odabrane začinske biljke, sa visokim sadržajem fenolnih jedinjenja, mogu koristiti u cilju poboljšanja karakteristika kvaliteta Janjskog sira i dobijanja proizvoda sa odgovarajućim senzornim i antioksidativnim svojstvima.

Ključne riječi: sir, začini, autohtona proizvodnja sira

Naučna oblast: Prehrambene tehnologije namirnica životinjskog porijekla

Naučno polje: Prehrambeno inženjerstvo

Klasifikaciona oznaka: T 430 - Tehnologija hrane i pića

Tip odabrane licence Kreativne zajednice: Autorstvo

Mentor: Dr Danica Savanović, Associate Professor, University of Banja Luka, Faculty of Technology

Work Title: The influence of the addition of herbs on the properties of Janj cheese made with indigenous technology

Summary:

In many countries in the world, cheese is a high valued product made of milk, because of its high nutritive value. Since proteins, minerals are especially significant, they are recommended in the regular diet of every individual. Today, the different types of cheeses which are made by different methods are present on the market, depending on the product to be obtained. Cheeses made by the traditional method using the indigenous technology are especially valued and represent culture and tradition of some country. Janj cheese has been produced by such a traditional technology in the households of municipality Šipovo and it is the research subject of this thesis. For the purpose of this thesis, cheese is not braided as it was made by the traditional method, but the change is made and after the addition of different types and concentration of herbs, cheese is rolled.

Oregano, chive, rosemary, parsley and basil were used as the chosen herbs. For the purpose of this thesis, the production of twelve cheese samples was done in two series with six samples and each of the series had one control sample and five samples with mentioned herbs with the concentration of 0,50% (the first series) and 1,00% (the second series).

In the process of thesis, the possibility of producing this type of cheese with addition and the effect of different concentrations of herbs on the cheese properties was being examined.

According to the obtained results, it is determined that Janj cheese can be produced by the changed technology with the aim of adding the different types of herbs which affect positively on the cheese properties. The results showed that the addition of herbs, besides the statistically significant effect ($p < 0,05$) on physicochemical cheese properties, has statistically significant effect ($p < 0,05$) on instrumentally measured colour parameters, textures as well as on sensor and antioxidative properties of produced cheeses. As it was abovementioned, it can also be concluded that the chosen herbs with the high content of phenolic compounds can be used for the purpose of improving the quality properties of Janj cheese and obtaining the product with the appropriate sensor and antioxidative properties.

Keywords: cheese, herbs, indigenous cheese production

Scientific field: The Food technology of Animal based foodstuff

Scientific branch: The Food technology

Classification label: T 430 - The Food and Drink Technology

The type of chosen Creative Commons Attribution License: Authorship

ZAHVALNICA

Veliku zahvalnost na prvom mjestu dugujem svojoj mentorki, prof. dr Danici Savanović. Hvala Vam od srca na velikoj i nesebičnoj pomoći koju ste mi pružili prilikom izrade ovog rada, na izdvojenom vremenu za brojne savjete i sugestije, pomoć oko literature, razumjevanja i obrade rezultata. Posebno Vam se zahvaljujem što ste prepoznali moju veliku želju da ovaj proizvod bude tema mog rada, te omogućili realizaciju iste.

Takodje se zahvaljuem dr Ani Velemir i mr Sandri Stojković koje su mi pruzile neophodnu pomoć prilikom svih laboratorijskih analiza. Hvala vam od srca na velikoj podršci, razumjevanju i strpljenju.

Posebnu zahvalnost dugujem i gospodji Dragici Milovac koja mi je pomogla da u njenom domaćinstvu, na tradicionalni način proizvedemo ovaj jedinstveni sir.

Na kraju se zahvaljujem svojoj porodici, mom ocu koji je uvijek vjerovao u mene i koji mi je bio podrška i vjetar u leđa tokom svih godina mog školovanja, mom suprugu i djeci na podršci, vjeri i razumjevanju.

Ovaj rad posvećujem mojoj majci koja je bila najbolja žena na svijetu, bez čije podrške i ljubavi ne bih bila to što jesam. Znam da je uz mene i sad kao i nekad.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TEORETSKI DIO	3
2.1. Definicija i hemijski sastav sira	3
2.1.1. Podjela sireva	5
2.1.2. Osnove proizvodnje sireva	9
2.2. Opšte karakteristike Janjskog sira.....	21
2.3. Tradicionalna proizvodnja Janjskog sira	23
2.4. Začinske biljke- opšte karakteristike	27
2.4.1. Origano (Origanum vulgare)	30
2.4.2. Bosiljak (Ocimum basilicum).....	31
2.4.3. Peršun (Petroselinum crispum).....	32
2.4.4. Ruzmarin (Rosmarinus officinalis L.).....	32
2.4.5. Vlasac (Allium schoenoprasum)	33
2.4.6. Uticaj začinskih biljaka kao dodataka na proizvode od mlijeka.....	33
3. HIPOTEZE I CILJ RADA	35
4. MATERIJAL I METODE.....	36
4.1. Proizvodnja Janjskog sira	36
4.2. Analize ispitivanog Janjskog sira sa začinskim biljkama	38
5. REZULTATI RADA I DISKUSIJA	50
5.1. Rezultati fizičko - hemijskih analiza sira	50
5.1.1. Sadržaj vode	50
5.1.2. Sadržaj masti	51
5.1.3. Sadržaj masnih kiselina	53
5.1.4. Sadržaj proteina.....	58
5.1.5. Sadržaj pepela.....	59
5.1.6. Sadržaj hlorida.....	60
5.1.7. Mineralni sastav sireva	61
5.1.8. pH vrijednost i titraciona kiselost.....	63
5.1.9. Aktivitet vode (a_w).....	66
5.1.10. Boja sira.....	67
5.1.11. Tekstura sira	69
5.2. Senzorna analiza sira	70
5.3. Rezultati antioksidativne analize	74
5.3.1. Sadržaj ukupnih fenola	74
5.3.2. Sadržaj ne flavonoida i flavonoida	75
5.3.3. Antioksidativna aktivnost– FRAP test	76
5.3.4. Antioksidativna aktivnost - DPPH test.....	77
5.3.5. Antioksidativna aktivnost– ABTS test	77
6. ZAKLJUČAK.....	79
7. LITERATURA.....	83

1. UVOD

Sir je visoko cijenjeni mliječni proizvod u mnogim zemljama svijeta, a posebna pažnja pridaje se tradicionalnim sirevima, koji nisu samo hrana, već i dio kulture i obilježja neke zemlje (Josipović i sar., 2016).

U zemljama Evropske unije podstiče se autohtona proizvodnja sireva na porodičnim poljoprivrednim gazdinstvima jer se time čuva tradicija, smanjuju se viškovi sireva na tržištu i podstiče se ekstenzivni način proizvodnje u malim serijama na tradicionalan način, ali uz veću primjenu ljudskog rada u odnosu na masovnu industrijsku proizvodnju. Takođe je važno napomenuti i sve veći interes za ove proizvode koji se javlja među domaćim stanovništvom, ali i među turistima koji traže specifične sireve koji se znatno razlikuju od industrijskih po izgledu, teksturi, ukusu i mirisu (Marinković-Vojvodić i sar., 2017).

Autohtona proizvodnja mlijeka i sireva još uvijek je prisutna i sačuvana na teritoriji opštine Šipovo, brdsko-planinskom području sa velikim površinama pod livadama i pašnjacima, izuzetno pogodnim za bavljenje stočarstvom i poljoprivredom. Proizvodnju i preradu mlijeka u ovim kraju karakteriše autohtona prerada u malim seoskim domaćinstvima, koji se uz pomenutu proizvodnju bave i seoskim turizmom.

Turisti, uz boravak u prirodi, imaju priliku da se upoznaju sa tradicionalnim načinom proizvodnje svih onih proizvoda od mlijeka, po čemu je poznato Šipovo, a posebno Janjski kraj, koji je u sastavu ove opštine, a to je Janjski kajmak, Gorički zreli sir i na kraju posebno karakterističan i jedinstven Janjski sir pletenica, koji je i predmet istraživanja ovog rada.

Preradom vlastitog mlijeka povećava se dohodak po domaćinstvu kroz dodatno zapošljavanje. Osim proizvodnjom mlijeka, dakle stočarstvom, domaćinstvo se može baviti i preradom mlijeka, te prodajom sireva. U odnosu na industrijske sireve, gdje se prihod u sirarstvu dijeli na dio vezan za proizvodnju mlijeka, dio vezan za preradu mlijeka i proizvodnju sira i dio vezan za prodaju - trgovinu, navedeni prihodi u potpunosti ostaju direktno u domaćinstvima (Marinković-Vojvodić i sar., 2017).

Domaćinstva u Šipovu koja se bave preradom mlijeka, uz sopstvenu finansijsku korist, u velikoj mjeri donose korist lokalnoj zajednici čiji razvoj turizma u poslednjim godinama ide uzlaznom putanjom, a turisti uz veliki broj turističkih lokacija u Šipovu rado uživaju u bogatoj gastro ponudi koja je zahvaljujući proizvodima od mlijeka, a posebno Janjskom siru pletenici, jedinstvena u svijetu.

Uzimajući u obzir navedeno, razlog izbora teme ovog rada jeste da se zabilježi tehnologija i ispita kvalitet Janjskog sira, ovog dragocjenog, autohtonog proizvoda iz Šipova, te želja da mu se u narednom periodu pokloni pažnja koju zaslužuje.

S obzirom na to da je Janjski sir tradicionalni proizvod, osnovni cilj ovog rada je da se proizvedu različite vrste ovog sira i da se ispita uticaj dodatka različitih začinskih biljaka na kvalitet proizvedenih sireva, kao i davanje preporuka za upotrebu određenih začinskih biljaka u odgovarajućim koncentracijama za dalju proizvodnju Janjskog sira.

2. TEORETSKI DIO

2.1. Definicija i hemijski sastav sira

Sir je kruna proizvodnje mljekarstva, u kojoj se prepoznaje najstariji i najsigurniji oblik koncentrovanja i čuvanja hranljive vrijednosti mlijeka. Sir nije samo vrijedna osnovna životna namirnica, već je u novije vrijeme omiljena hrana za uživanje i to prije svega u zemljama sa visokom životnim standardom, u kojima raste i njegova potrošnja (Popović-Vranješ, 2015). To je svježi proizvod ili proizvod s različitim stepenom zrelosti koji se proizvodi odvajanjem surutke nakon koagulacije mlijeka (kravljeg, ovčijeg, kozijeg, bivoljeg i/ili njihovih mješavina), obranog ili djelimično obranog mlijeka, vrhnja, surutke, ili kombinacijom navedenih sirovina. U proizvodnji sira dozvoljena je upotreba starter kultura, sirila ili drugih odgovarajućih koagulacijskih enzima i dozvoljenih kiselina za koagulaciju (Službeni glasnik BiH, broj 21/11).

Sir je koncentrisani izvor proteina visoke biološke vrijednosti, te se stoga preporučuje njegova svakodnevna konzumacija gotovo svim osobama bez obzira na dob. Uz proteine, sirevi su i dobar izvor vitamina rastvotljivih u mastima (vitamini A, D, E, K) i vitamina rastvorljivih u vodi (vitamini B grupe: B1, B2, B6, B9 i B12), ali i mineralnih materija, posebno kalcijuma, fosfora i magnezija (Matijević, 2015a).

Od koncentracije masti u siru zavisi njegova konzistencija, ukus, miris i hranjiva vrijednost. Količina masti u različitim vrstama sira može značajno varirati, te se kretati od 0,2 do 32,4 %. Potrošači najčešće daju prednost masnijim sirevima jer mliječna mast bitno poboljšava ukus, a pridonosi i formiranju arome sira. Mliječna mast je vrlo probavljiva, sadrži više od 200 različitih masnih kiselina, između kojih se nalazi i konjugovana linoleinska kiselina za koju se zna da posjeduje antikancerogena svojstva. S količinom masti u siru povezana je i količina vitamina rastvorljivih u mastima (A, D, E i K te β -karotena) kojih može biti 5-8 puta više nego u mlijeku (Božanić, 2015).

Tabela 2.1. Prosječna količina masti i proteina u nekim sirevima (Tratnik i Božanić, 2012)

Vrsta sira	Voda (%)	Proteini (%)	Mast (%)	Mast/s.m.* (%)
Parmesan	31	38	26	35
Emmentaler	36	29	30	45
Tilsit	46	24	25	45
Edam/Gouda	46	24	25	45
Plavi sir	43	22	29	50
Brie/ Camembert	53	21	24	47
Limburger	53	32	20	40
Feta	63	18	16	40
Svježi sir	75	9	10	40
Svježi posni sir	82	12	0,2	

*s.m.- suva materija

Sir je bogat izvor mineralnih supstanci, posebno kalcijuma i fosfora. Količina kalcijuma značajno zavisi od načina proizvodnje sira. Sirevi koji su proizvedeni dodatkom sirila imaju mnogo veću količinu kalcijuma u odnosu na svježi sir. Razlog tome je što je svježi sir proizveden kiselo-mliječnom fermentacijom gdje dolazi do rastvaranja kalcijuma iz gruš sira, te njegovog prelaska u surutku koja zaostaje pri proizvodnji sira. Zbog toga, 100 g svježeg sira sadrži manju količinu kalcijuma (90 mg/100 g) nego 100 ml mlijeka (123 mg/100 ml) (Božanić, 2015).

Tabela 2.2. Prosječan sadržaj minerala u nekim sirevima (Tratnik i Božanić, 2012)

Vrsta sira	Ca (mg/100g)	P (mg/100g)	Na (mg/100g)	K (mg/100g)	Mg (mg/100g)
Parmesan	1300	850	1200	100	44
Emmentaler	1080	730	250	90	43
Edam/Gouda	800	600	800	100	40
Tilsit	800	500	750	100	40
Plavi sir	420	350	1200	110	50
Mozzarella	400	340	450	100	16
Brie/ Camembert	350	300	930	150	20
Svježi posni sir	90	190	30	120	9

Sir je lakše probavljiv od mesa, a njegova probavljivost raste sa stepenom zrelosti. Zrenjem osnovni sastojci sira (proteini, masti i laktoza) u manjoj ili većoj mjeri djelimično se razgrađuju. Kod većine sireva tokom zrenja se razgradi gotovo jedna trećina proteina, što zavisi od vremena zrenja sira. Što je zrenje sireva duže, ta će razgradnja (ne samo proteina) biti veća. Tako je kod jako tvrdih zrelih sireva laktoza (mliječni šećer) u potpunosti razgrađena (Božanić, 2015).

Za razliku od mesa koje sadrži više fosfora, sir je bogatiji kalcijumom. Sirevi koji se proizvode uz pomoć sirila sadrže dosta kalcijuma, ali i fosfora. Zbog toga, redovna upotreba sira u ishrani stanovništva pomaže rast kostiju i zuba kod djece. Poznato je da je za zdrav razvoj zuba potreban kalcijum i fosfor, te osim toga, dokazano je da oni uz mliječnu mast i proteine (kazein i proteini sirutke) daju zaštitnu ulogu u slučaju zubnog karijesa. Takođe, sir može spriječiti razvoj zubnog karijesa kroz neutralizaciju kiselina koje nastaju nakon razgradnje ugljenih hidrata u ustima, smanjenje prijanjanja bakterija na zubnu površinu, smanjenje demineralizacije cakline, te remineralizaciju cakline kazeinom, kalcijumom i fosforom (Matijević, 2015a). Razlog tome je vjerojatno velika količina kalcijuma i fosfora u siru koji utiču na proces demineralizacije; povećano lučenje sline kada se jede sir (posebno pri žvakanju tvrdog sira) pa sir ima ulogu pufera, što povećava pH vrijednost u ustima, čemu doprinose i puferska svojstva kazeina i djelimično peptida (Božanić, 2015).

Konzumiranje 50 g do 100 g sira dnevno, čini poželjnu dnevnu prehrambenu normu. Unosom 100 g svježeg sira čovjek osigurava 30 do 40 % proteina dnevno koji su potrebni u ishrani odraslog čovjeka, a unosom 100 g tvrdog sira obezbjeđuje 40 do 50 % dnevno potrebnih proteina (Božanić, 2015).

Poznata su još neka svojstva sireva, kao što je činjenica da sir slabi djelovanje alkoholnih pića. Naime, pri bubrenju u želucu, sir upija alkohol zbog čega se prijelaz alkohola u krv usporava i time slabi njegovo djelovanje (Matijević, 2015a).

2.1.1. Podjela sireva

Na osnovu praktičnog iskustva i naučnog saznanja može se reći da je klasifikacija sireva dosta komplikovana. Teško je izvršiti podjelu sireva zbog toga što postoji veliki broj sireva od kojih su mnogi na granici između grupa. Kriterijumi klasifikacije sireva su različiti usljed raznih faktora koji se kreću od sastava do senzornih karakteristika koji slijede nakon različitih procesa proizvodnje i zrenja (Popović-Vranješ, 2015).

Sirevi se najčešće dijele prema određenim zajedničkim osobinama, a to je:

1. način koagulacije,
2. vrsta mlijeka,
3. konzistencija,
4. količina masti u suvoj materiji,
5. stepen zrenja
6. vrsta proteina.

Prva i najznačajnija je podjela prema načinu koagulacije (grušanja) mlijeka (Popović-Vranješ, 2015):

1. Sirašni ili slatki sirevi: nastaju dejstvom proteolitičkih enzima, životinjskog, biljnog ili mikrobiološkog porijekla, najčešće sirila i uz pomoć kalcijumovih jona, gdje nastaje tzv. slatki gruš. Ovi sirevi čine najznačajniju i najveću grupu sireva na koju otpada preko 80 % sireva u svijetu;

2. Kiselinski sirevi: nastaju djelovanjem kiseline gdje se dešava kiseljenje mlijeka pod uticajem starter kulture bakterija mliječne kiseline ili uz pomoć dodataka kiseline do izoelektrične tačke kazeina pri pH 4,6 pri kojoj se dešava koagulacija mlijeka. Pretežno svi svježi sirevi nastaju na ovaj način;

3. Kombinacija kiseline i toplote: djelovanjem toplote pri temperaturi od 75 do 100°C, uz dodatak neke od kiselina (mliječna, sirćetna, limunska) nastaje gruš (npr. dejstvo toplote primjenjuje se u proizvodnji surutkinog sira).

Sljedeća podjela je prema vrsti mlijeka iz kojeg se proizvode. Najčešće se rade od kravljeg mlijeka, zatim od ovčjeg, kozjeg i bivoljeg mlijeka. Takođe, postoje sirevi od mješavine mlijeka pri čemu se uglavnom kravlje mlijeko miješa s nekom drugom vrstom mlijeka, što se deklarise na samom siru (Božanić, 2015). Opšte prihvaćeno je da se kravljji sir naziva samo „sir”, dok se kod sireva dobijenih od mlijeka ostalih životinja navodi i vrsta životinje.

Kao kriterijum podjele sireva prema konzistenciji uzima se udio vode u bezmasnoj materiji sira. Time se izbjegava zavisnost konzistencije sirnog tijesta od stvarnog udjela mliječne masti u siru. S obzirom na udio vode u bezmasnoj materiji sira, konzistenciju i građu tijesta, sirevi se proizvode i stavljaju na tržište pod nazivima: ekstra tvrdi, tvrdi, polutvrđi, meki i svježi sir (Službeni glasnik BiH, br. 21/11).

Tabela 2.3. Vrste sireva prema udjelu vode u bezmasnoj suvoj materiji sira (Službeni glasnik BiH, br. 21/11).

Naziv sira	Udio vode u bezmasnoj materiji sira (%)	Period zrenja
Ekstra tvrdi sir	< 51	Minimalno 6 mjeseci
Tvrdi sir	49-56	Minimalno 5 sedmica
Polutvrđi sir	54-69	Minimalno 2 sedmice
Meki sir	> 67	Minimalno 7 dana
Svježi sir	69-85	Nema zrenja

Prema udjelu mliječne masti, sirevi mogu biti posni do ekstra masni, sa više od 55% masti u suvoj materiji sira (Službeni glasnik BiH, br. 21/11).

Tabela 2.4. Vrste sireva obzirom na udio mliječne masti u suvoj materiji sira (Službeni glasnik BiH, br. 21/11)

NAZIV SIRA	Udio mliječne masti u suvoj materiji sira (%)
Ekstramasni	≥ 60
Punomasni	≥ 45 i < 60
Masni	≥ 25 i < 45
Polumasni	≥ 10 i < 25
Posni	< 10

Prema stepenu zrenja razlikuju se sirevi bez zrenja, sirevi koji zriju uz pomoć bakterija te sirevi koji zriju uz pomoć plijesni. Sirevi bez zrenja su nakon proizvodnje odmah spremni za konzumaciju. To su svježi sir, Mozzarella te zrnati svježi sir. Sireve sa zrenjem uz bakterije čine gotovo svi sirevi koji prolaze fazu zrenja. Pri tome bakterijske kulture mogu biti aktivne pretežno na površini sira (na primjer sir tipa Limburger), pretežno u unutrašnjosti sira (pri čemu uglavnom nastaju rupe u siru), a imamo i zrenje u salamuri (Feta). Kod sireva sa zrenjem uz plemenite plijesni, one mogu biti na površini sira (bijeke plijesni), u unutrašnjosti sira (plave ili zelene plijesni), a ponekad se istovremeno kombinuju obje vrste plijesni (Božanić, 2015).

Prema vrsti proteina, sirevi se dijele na (Ivanković, 2016):

- Kazeinske sireve (proizvedeni od mlijeka),
- Albuminske sireve (proizvedeni od surutke),
- Kazeinsko-albuminske sireve (mlijeko + surutka, ultrafiltrirano mlijeko).

Međutim, najčešća i najpoznatija podjela sira je prema području i sličnom načinu proizvodnje. Većina sireva na svjetskom tržištu, potekla je iz lokalnih, autohtonih proizvodnji kao što je, na primjer, sir Gouda iz Holandije, gdje su ga izrađivali seljaci, nazvavši ga "*Goudse Boerenkaas*", Emmentaler, porijekla iz Švicarske, pokrajina Emmental, kanton Bern (Božanić, 2015).

Tabela 2.5. Podjela i glavne vrste sira prema području i načinu proizvodnje (Tratnik i Božanić, 2012)

Vrsta sira	Izvorno porijeklo	Glavne karakteristike
Ekstra tvrdi sirevi		
Parmesan	Italija	zatvorena gruba tekstura, bez rupica, gruba, tvrda kora, zreli sirevi, oštrog ukusa koji pecka
Grana		
Pecorino	Italija	isti tip, ali od ovčijeg mlijeka, jači ukus i miris, pikantniji zrenje: 2 - 6 mjeseci(za rezanje), 6 mjeseci (za ribanje),
Paški sir	Hrvatska	
Tvrdi sirevi		
Emmentaler	Švicarska	glatka, elastična tekstura, veće rupice (1 - 4 cm, 1000 – 2000), slatkasti ukus, tvrda kora, 60 – 130 kg
Cheddar	Velika Britanija	zrenje i soljenje sirne grude (čedarizacija), zatvorena glatka tekstura, bez rupica, tvrda kora
Gruyere		čvrsto tijesto, plastično ↔ mekše, vrlo malo rupica (kao grašak) ili bez, tvrda kora sa zasušenim mazom
Polutvrdi sirevi		
Gouda	Holandija	glatka tekstura, elastični, manje rupice, vrlo mali broj, blaga ↔ jača aroma uz duže zrenje, tanja, mekša ili tvrđa kora
Edam	Holandija	
Trapist	Bosna i Hercegovina	
Sirevi sa zrenjem uz pojavu maza ili sluzi		
Limburger	Belgija	zrenje uz bakterije na površini (<i>Brevibacterium linens</i>), sasušena kožica s mazom (ili isprana površina), bez rupica ili samo poneka, ukus pikantan, malo kiselkast, pakovani u aluminijske folije
Tilsit	Njemačka	
Sirevi s plemenitim plijesnima		
Camembert	Francuska	sasušena kožica s bijelom plijesni na površini, tijesto glatko, plastično, elastično, do vrlo mazivo; “teče”, blagi ukus na šampinjone zatim sve oštiri na amonijak, pakovani u aluminijske folije
Brie	Francuska	
Roquefort	Francuska	
Gorgonzola	Italija	
Stilton	Velika Britanija	

Tabela 2.5. Podjela i glavne vrste sira prema području i načinu proizvodnje (Tratnik i Božanić, 2012) (nastavak)

Sirevi parenog tijesta		
Mozzarella	Italija	glatka tekstura, plastični, rastezljivi, kuhanje, rastezanje i oblikovanje, nezreli, vrlo blagi ukus (mocarela) do vrlo pikantni (kačkavalj od ovčjeg mlijeka nakon nekoliko mjeseci zrenja), ponekad se dime (parenica, a nekad i provolone)
Kashkaval	Bugarska	
Provolone	Italija	
Parenica	Češka, Slovačka	
Sirevi u salamuri		
Feta	Grčka	kriške zalivene salamutom, glatka tekstura, bez rupica, poneka pukotina, ukus slan, blaga aroma, do vrlo pikantna (ovčji ili kozji), blago užegli ukus i miris (puna aroma vrlo zrelog sira)
Domiat	Egipat	
Halloumi	Kipar	
Travnički	Bosna i Hercegovina	
Svježi sirevi		
Svježi sir	Hrvatska, Slovenija	od obranog mlijeka, pastozni, vrlo meki do osušeni (prgice), od punomasnog mlijeka, zrnati svježi sir, posni prelive kremastom mješavinom
Kremasti svježi sir		
Zrnati sir		
Sirevi od surutke		
Skuta	Hrvatska, Slovenija	svježi sirevi, slatkasti ukus na kuvano, od ovčje ili ugušćene UF kravlje surutke, ponekad uz malu količinu mlijeka
Ricotta	Italija	od vrlo ugušćene surutke, uz vrhnje, kuvanjem mlijeka, vrhnja i surutke, sladak sa slabim ukusom karamela
Mysost	Norveška	

2.1.2. Osnove proizvodnje sireva

Proizvodnja sireva je fermentacioni proces koji podrazumijeva da se enzimima ubrzavaju fermentacioni procesi sa ciljem da se u krajnjem proizvodu formiraju željene senzorne osobine i proizvede visokovrijedna i kvalitetna namirnica. Mlijeko za proizvodnju sireva mora biti dobrog kvaliteta i proizvedeno pod strogim higijenskim zahtijevima. Pored normalno traženih standarda u higijeni, mlijeko ne smije da sadrži antibiotike, jer oni sprečavaju razvoj starter kulture. Najvažnije svojstvo mlijeka za proizvodnju sira jeste sposobnost koagulacije. Ovo

svojstvo znatno varira kod krava različitih pasmina, pa i kod nekih krava unutar iste rase (Stojanović i sar., 1997). Važno je očuvati prirodna svojstva proteina koji utiču na bolji kvalitet gruš, a samim tim i na veći prinos sira, osigurati dovoljnu količinu topljivog kalcijuma, radi koagulacije kazeina djelovanjem enzima i izbjegavati dugo skladištenje mlijeka, kako bi spriječili razgradnju kazeina i porast psihotrofnih bakterija (proteoliti i lipoliti). Proizvodnja sira temelji se na procesu koagulacije proteina, tj. sirenje i grušanje mlijeka, te oblikovanje sirnog gruš uz izdvajanje određene količine surutke. Koagulacija kazeina, tj. grušanje mlijeka može se vršiti:

- djelovanjem kiseline, nastale vrenjem mlijeka pod uticajem mezofilne kulture bakterija mliječne kiseline ili uz pomoć neke dodane organske kiseline do pH vrijednosti oko 4,6 (izoelektrična tačka kazeina) pa nastaje kiseli gruš (u proizvodnji svježih sireva);
- djelovanjem proteolitičkih enzima, pod uticajem enzimskih proizvoda životinjskog ili mikrobnog porijekla, i uz pomoć Ca^{2+} jona, pa nastaje slatki gruš (u proizvodnji ostalih sireva) (Tratnik i Božanić, 2012).

Najveći broj postupaka u proizvodnji sira je hemijsko-biohemijske prirode, te je za većinu vrsta sireva standardizovan. Postupci u toku proizvodnje sira su sljedeći (Ivanković, 2016):

- Hlađenje mlijeka;
- Standardizacija mlijeka;
- Homogenizacija;
- Toplotna obrada mlijeka;
- Baktofugacija mlijeka;
- Mikrofiltracija;
- Dodavanje čistih kultura (startera);
- Dodavanje boja i aditiva;
- Dodavanje sirila;
- Koagulacija sirilom;
- Obrada gruš;
- Miješanje i dogrijavanje;
- Odvajanje surutke od gruš i stavljanje sira u kalupe;
- Predpresovanje gruš i presovanje sira;
- Soljenje sira;
- Zrenje sira;
- Pakovanje, skladištenje i otprema sira.

Hlađenje mlijeka - Bez obzira proizvodi li se sir na porodičnom poljoprivrednom gazdinstvu ili u većem sirarskom pogonu, mlijeko prije prerade treba ohladiti na temperaturu do 4°C i čuvati neko vrijeme (do 24 sata) kako bi završila baktericidna faza i kako bi mlijeko bilo prikladno za sirenje. Baktericidne supstance u tek pomuženom mlijeku kao što su polimorfonuklearni leukociti, makrofagi, laktoperoksidaza, tiocijanat, imunoglobulini i vodonikov peroksid remete aktivnost bakterija mliječne kiseline nužnih u proizvodnji mnogih sireva (Kalit, 2015).

Standardizacija mlijeka - To je postupak podešavanja količinskog odnosa sastojaka mlijeka u proizvodnji sireva, a sastoji se u dodavanju obranog mlijeka u mlijeko za sirenje i obiranju dijela pavlake (masti) iz punomasnog mlijeka. Tim postupcima postiže se količina kazeina u odnosu na mast u omjeru 0,7:1, odnosno količina ukupnih proteina naspram masti u omjeru 0,9:1. Standardizacija omogućava proizvodnju sira sa različitim sadržajem masti, kako bi se zadovoljili zahtjevi tržišta (Roseg, 1995).

Homogenizacija- Podrazumijeva postupak usitnjavanja i izjednačavanja globula mliječne masti u mlijeku (razbijanje mliječne masti u mliječne kapljice) radi veće stabilnosti emulzije masti u mlijeku. Veličina kapljice mliječne masti nakon homogenizacije se smanjuje na 1-5 µm. Homogenizovano mlijeko ima intenzivniju bijelu boju, puniji ukus, lakšu probavljivost, a na površini nema izdvojenog sloja mliječne masti. U proizvodnji većine sireva, homogenizacija se ne koristi jer pri tom nastaje fini gruš sastavljen od mreže proteina koji zadržavaju više vode. Homogenizovano mlijeko daje gruš koji zadržava više proteina i masti, te se time povećava randman (prinos sira). Sir proizveden iz mlijeka kojem je dodano homogenizovano vrhnje daje mekši gruš, te je glatke i elastične konzistencije. Homogenizacija se, dakle, koristi u proizvodnji mekih sireva poput svježeg sira, kremastih sireva, te sireva s plemenitim plijesnima.

Toplotna obrada mlijeka- U sirarstvu se najčešće koriste dvije vrste toplotne obrade mlijeka: termizacija i pasterizacija. Cilj toplotne obrade mlijeka je biološka standardizacija kvaliteta mlijeka za sirenje. Termizacija se najčešće koristi u proizvodnji nekih tradicionalnih sireva, kada se u mlijeku želi sačuvati što više prirodnih sastojaka (npr. lipoproteinska lipaza i drugi enzimi). Postoje tri režima termizacije:

- 72°C bez zadržavanja,
- 70°C / 15 sekundi,
- 68°C / 40 sekundi.

Pod pojmom pasterizacije podrazumijeva se obrada mlijeka toplotom od 63 °C do blizu tačke ključanja u vremenu od nekoliko sekundi do jednog sata sa ciljem uništavanja mikroorganizama, a da se osnovni kvalitet mlijeka bitno ne mijenja. Dakle, pasterizacija ne popravља sastav mlijeka. Mliječna mast i laktoza se najmanje mijenjaju u toku ovog postupka, dok proteini mlijeka, naročito na višim temperaturama, imaju određene promjene. Tako kazein, kao najstabilniji, pokazuje teškoće kod djelovanja sirišnog fermenta, lošije se grušа i produžava se vrijeme koagulacije. Proteini surutke, albumini i globulini, kao termolabilni, denaturišu se već kod nižih temperatura pasterizacije. Soli mlijeka (kalcijum i fosfor) talože se na višim temperaturama (Dozet, 2004). Postupak pasterizacije uključuje (Službeni glasnik BiH, broj 21/11):

- Visoku temperaturu kroz kratko vrijeme (najmanje 72 °C tokom 15 sekundi),
- Nisku temperaturu kroz duže vrijeme (najmanje 63 °C tokom 30 minuta),
- Bilo koju drugu kombinaciju vremena i temperature koja daje istovjetan učinak tako da proizvodi, gdje je primjenjivo, pokazuju negativnu reakciju na test alkalne fosfataze odmah nakon takvog postupka obrade.

Pasterizacijom se, osim poboljšanja biološkog kvaliteta mlijeka, uništavaju svi patogeni mikroorganizmi i većina ostalih (štetnih) mikroorganizama, te se pravilnim provođenjem pasterizacije osigurava mikrobiološka ispravnost sira. Međutim, pasterizacijom se uništavaju i korisne bakterije mliječne kiseline i neki prirodni enzimi mlijeka kao što su lipaze, pa je u termički obrađeno mlijeko potrebno ponovo dodati bakterije mliječne kiseline u obliku čiste mljekarske kulture ili startera.

Baktofugacija mlijeka - Proces baktofugacije (centrifugalne separacije bakterija) podrazumijeva uklanjanje bakterija i njihovih spora iz mlijeka, modifikovanom hermetičkom centrifugom (baktofugom), odmah nakon separacije masti, odnosno nakon standardizacije sadržaja mliječne masti. Djelovanjem centrifugalne sile, dolazi do separacije mlijeka u dvije frakcije: baktofugirano mlijeko (oslobođeno od većeg broja bakterija i spora) i baktofugat (koncentrat bakterija i spora) (Tratnik i Božanić, 2012).

Mikrofiltracija - Primjenom dvostruke mikrofiltracije pomoću membrana koje imaju pore veličine 0,8-1,4 µm i pri temperaturi od oko 50°C može se ukloniti više od 99,5 % bakterija i do 99,9 % spora *Bacillus cereus*. Koncentrat profiltriranih bakterija, koji iznosi oko 5 % količine mlijeka, steriliše se pri 130°C u trajanju od nekoliko sekundi i pripaja mikrofiltriranom mlijeku kao kod baktofugacije. Primjena mikrofiltracije (MF) mlijeka za proizvodnju sireva ima više prednosti:

- nepotrebna termalizacija mlijeka (primjena MF prije čuvanja mlijeka),
- nepotrebna termalizacija svježeg sira,
- nepotreban dodatak nitrata u mlijeko (sprječava nadimanje sireva),
- lakša kontrola sira tokom zrenja - kraće trajanje zrenja sira,
- produžena trajnost sira (Roseg, 1995).

Dodavanje čistih kultura (startera) - Termički obrađeno mlijeko se hladi na temperaturu od 21-30°C, kako bi se osigurala potrebna temperatura rasta bakterija čistih kultura. Tečne čiste kulture dodaju se u mlijeko za sirenje u zavisnosti od zrenja u količini od 0,05-5 %. Zrenje mlijeka, djelovanjem bakterija, može trajati od pet minuta do dva sata. Inokulacija veće količine čiste kulture skraćuje vrijeme zrenja. Tokom zrenja, u mlijeku mogu rasti i drugi mikroorganizmi kao što su koliformni mikroorganizmi koji mogu rasti u manje kiselim uslovima, ali s porastom kiselosti medija njihov rast se prekida. Vrsta bakterije koja će se primijeniti za zakiseljavanje zavisi od načina zrenja mlijeka (sporo ili brzo). Nivo bakterija pojedinačno ili u masi kontroliše nivo proizvodnje mliječne kiseline u mlijeku, a kasnije i u grušu što se mjeri padom pH vrijednosti mlijeka. Prevelika količina mliječne kiseline može uzrokovati preveliku kiselost sira. Ako je lag faza (faza mirovanja bakterija prije početka intenzivnog rasta i razmnožavanja u mediju, odnosno faza prilagođavanja bakterija na novi medij) duža od uobičajene, obično se koriste više čiste kulture kako bi se ispravila početna niska proizvodnja mliječne kiseline (Ostojić, 1995). Neki mikroorganizmi su spori u proizvodnji mliječne kiseline u ranoj fazi, ali u kasnijoj je ta proizvodnja brža. Prethodno iskustvo sirara je presudno kada se koristi do tada nepoznata kultura. Neki sirari određuju količinu čiste kulture prema osjećaju i tako skraćuju vrijeme trajanja proizvodnje. Znatno više vremena se gubi kada je nadolazeće mlijeko hladnije od temperature čiste kulture, što uzrokuje zaustavljanje rasta bakterija u njemu. Čista kultura u obliku zrnaca ne otpušta bakterije u mlijeko. Takva se zrnca učvršćuju zagrijavanjem i ostaju kao bijele mrlje u siru. Automatsko pumpanje čiste kulture u sirarsku kadu kroz cijevi je dovoljno snažno da razbije nastale grudvice. Kod većine modernih linija doprema čiste kulture u kadu je automatska (Roseg, 1995).

Dodavanje boja i aditiva - Boja ili neki drugi hemijski dodaci, dodaju se u mlijeko prije zrenja ili kad se temperatura mlijeka podigne do temperature potrebne za zrenje (oko 30°C). Dodavanje prirodnih boja nije obavezan postupak kod proizvodnje. Samo dodavanje boja u mlijeko mora se provoditi uz intenzivno miješanje prije dodatka sirila i ne treba se pretjerati s količinom dodane boje jer dolazi do pretjerano sjajne boje sira. Boja mora biti prethodno

rastvorena, te se mora ravnomjerno umiješati u mlijeko. Hemikalije se dodaju rastvorene, a njihova količina je određena tehnologijom (Ivanković, 2016).

Dodavanje sirila - Ispitivanje prikladnosti mlijeka za sirenje varira od sirane do sirane. Važna je kiselost, odnosno pH mlijeka u trenutku dodatka sirila što je određeno recepturom, odnosno vrstom i brzinom nastajanja gruš. Vrlo je važan kvalitet i vrsta sirila. Količina sirila i temperatura sirenja su parametri zadati recepturom. Navedeni parametri zavise i od iskustva sirara i od kvaliteta mlijeka nekog područja (Božanić i sar, 2012).

Koagulacija sirilom - Koagulacija mlijeka sirilom je najuobičajeniji način koagulacije, te Bylund (1995) objašnjava da proteolitički enzimi (renin ili himozin) napadaju veze molekule κ -kazeina i presijecaju lanac, stvarajući rastvorljivi dio koji odlazi u surutku, i nerastvorljivi koji ostaje u grušu zajedno sa α - i β -kazeinom i zove se para- κ -kazein. Do grušanja dolazi zbog naglog uklanjanja hidrofilnih makropeptida i nestabilnosti u intermolekularnim vezama. Stvaraju se veze između hidrofobnih dijelova, pojačane kalcijumovim vezama koje se stvaraju kada molekule vode u micelama odlaze iz strukture (Tratnik i Božanić, 2012). Sirošni enzimi djeluju na mlijeko u 3 faze.

U primarnoj fazi dolazi do destabilizacije K-kazeina hidrolitičkim djelovanjem enzima na peptidnu vezu između fenilalanina i metionina (na 105. i 106. mjestu u poliptidnom lancu), te nastajanja para-K-kazeina i glikomakropeptida. Para-K-kazein je nerastvorljiv i visoko hidrofoban, te se gruš u prisustvu dvovalentnih jona (uglavnom kalcijuma, magnezijuma, fosfata ili citrata) (Tamime, 1986). Kazeinske micelle postaju pahuljaste i formiraju mrežu koja zadržava vodu i masne čestice. Kazein se transformiše u kalcijum-fosfat-parakazeinat (Galloway i Crawford, 1985). Ove promjene mogu se odvijati i u uslovima niskih temperatura (Chapman i sar., 1985). Kazein-glikomakropeptidna frakcija je rastvorljiva i gubi se sa surutkom nakon rezanja gruš (Tamime, 1986).

Sekundarnu fazu čini završno formiranje gruš. Ovu fazu određuje interakcija između kalcijumovih jona, α_{s1} -kazeina i para-K-kazeina u nerastvorni oblik (Mehia i Cheryan, 1983).

Tercijarna faza odvija se u uslovima pH 5,2-5,8 i uključuje razgradnju proteina mlijeka do peptida, djelovanje čiste kulture i bitna je za zrenje sira (Berg i sar., 1990).

Sirilo se treba razrijediti do 10 puta sa čistom vodom bez hlora prije nego što se doda u mlijeko, u kadu za sirenje. Mlijeko je potrebno dobro izmiješati neposredno nakon dodatka sirila. Obično se mlijeko miješa od 3 do 5 min nakon dodatka sirila. Nezaovoljavajuće sporo sirenje

uzrokuje izdvajanje masti na površinu, što dovodi do pojačanog gubitka masti tokom rezanja gruša, a mast se izdvaja na površini surutke (Božanić i sar, 2012).

Važno je da se tokom sekundarne i tercijarne faze koagulacije mlijeko ostavi da miruje. Tokom te faze micela se udružuju, a kod miješanja one se odvajaju i nije moguće njihovo naknadno udruživanje. Čvrstoća gruša je specifična za pojedinu vrstu sira prema zadatoj tehnologiji. Tvrdi sirevi režu se u formi mekšeg gruša i u manja sirna zrna. Meki sirevi režu se u čvršćoj formi i u veća sirna zrna. Tokom sirenja važna je i aktivnost mliječno kiselnih bakterija, što je posljedica smanjenja pH vrijednosti i povećanja čvrstoće gruša. Poznato je da u siru zaostaje oko 6% sirila koje, u zavisnosti od tehnologije, ostaje aktivno nakon što je sir proizveden (Božanić i sar, 2012).

Obrada gruša - Gruš je spreman za rezanje nakon vremena od 25 minuta do 2 sata, u zavisnosti od vrste sira. Najčešća metoda koju obično koriste sirari za određivanje čvrstoće gruša je uranjanje ruke ili štapa u gruš i podizanje gruša pri čemu on puca. Jasna pukotina sa zelenom surutkom u bazi je pokazatelj da je gruš spreman za rezanje. Meka nejednaka pukotina, sa bijelom surutkom u bazi pokazatelj je mekog gruša. Stranice pukotine pokazuju kvalitet gruša. Granulirani gruš je pokazatelj prečvrstog gruša. Pravilo je kod nekih sirara da je bolje gruš rezati ranije nego kasnije. Kod pretvrdog gruša, nož za rezanje će trgati gruš i neće ga rezati. Pravilno izrezan gruš će obezbijediti ponovno sljepljivanje mreže na novoj površini nastalog zrna što sprječava prekomjeran gubitak masti i drugih sastojaka mlijeka. Veličina zrna nakon rezanja određena je vrstom sira. Zrno koje je potrebno dogrijavati na više temperature reže se na sitnije dijelove, dok zrno koje se dogrijava na nižim temperaturama izrezuje se na veće komadiće. Žice oblikovane u harfu koriste se za ručno rezanje gruša u manjim siranama, dok se u većim pogonima koriste automatski čelični noževi. Noževi su udaljeni jedan od drugog od 6-18 mm, te su raspoređeni u nizu. Automatski noževi su veći od ručnih. Vrlo je važno da su noževi dovoljno oštri, te omogućuju pravilno rezanje gruša. Žičani noževi više deru gruš u odnosu na čelične oštre noževe (Božanić i sar, 2012).

Miješanje i dogrijavanje - Izrezano sirno zrno je mekano i obavijeno mekom otvorenom membranom. Lagano miješanje sirnog zrna do prvog ispuštanja surutke sprečava razbijanje čestica gruša čime se gubi mast i nastaje sirna prašina. Kad se jednom formira čvršća membrana tada je miješanje moguće pojačati. Dogrijavanje gruša uzrokuje stezanje proteinskog matriksa gruša i ispuštanje dodatnog dijela surutke što nazivamo sinerezom. Sinereza je proces preslagivanja kazeinskih micelija oblikovanih u mrežu, koje vodi kontrakciji kazeinske mreže, a događa se kao posljedica rezanja gruša, te dogrijavanja i zakiseljavanja sirnog zrna. Kako

surutka sadrži rastvorenu laktozu i soli, količina tih sastojaka koja zaostaje u siru je proporcionalna količini vode u siru. Kalcijum fosfat povezan s kazeinom, kao i onaj u koloidnom stanju, postepeno prelazi u rastvoreno stanje, kako pH vrijednost gruš pada aktivnošću bakterija mliječno-kiselinske fermentacije. Laktoza se većinom metabolizuje do mliječne kiseline u zrnju djelovanjem mliječno-kiselinskih bakterija.

Postoje dvije metode redukcije laktoze u grušu:

- zagrijavanjem sirnog zrna i sniženjem pH,
- dodavanjem tehnološke vode u surutku koja povećava osmotski efekat membrane i izlaženje laktoze iz zrna u surutku.

Naglo dogrijavanje sirnog zrna dovodi do nastanka takve membrane koja ne propušta surutku. Rezultat je nastanak kiselog, tvrdog sira, hrapave teksture, mrvičastog i suvog. Moguće je odvijanje stezanja gruš samo zakiseljavanjem bez primjene dogrijavanja. Maksimalna temperatura dogrijavanja mora biti tolika da ne dovodi do inhibicije aktivnosti mliječno-kiselinskih bakterija (MKB) (temperatura iznad 40°C inaktiviraju mezofilne MKB). Kod viših temperatura dogrijavanja potrebno je koristiti bakterije koje podnose visoke temperature dogrijavanja (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* itd.). Sirar će odlučiti kada treba prestati s miješanjem zrna u surutki što je određeno vrstom sira. Sirna zrna smatraju se suvim kada se pod pritiskom formira gruda koja se ne raspada, a koja se može ponovo "rastaviti" na sastavna zrna. Prestankom miješanja gruš se taloži na dno kade (kotla). Kiselost zrna i surutke u toj fazi razlikuje se. Normalno je kiselost zrna veća zbog većeg broja inkorporiranih bakterija u zrnju (Božanić i sar, 2012).

Odvajanje surutke od gruš i stavljanje sira u kalupe - Kako surutka ima zaštitnu ulogu prema grušu (održava temperaturu, obezbjeđuje bakterije metabolitima), važan je trenutak kad surutku treba odvojiti od gruš. Kod nekih polutvrdih i tvrdih sireva (kao što su Edamer, Gouda, Lećevečki sir ili Ementalac) smjesa sirnog zrna i surutke direktno se ulijeva u kalupe. Odvajanje se može vršiti i pomoću rotacionog odjeljivača sirnog zrna od surutke. Ako se gruš stavlja u kalupe kod veće pH vrijednosti (manje kiselosti), mehanički otvori na siru biće mali ili ih neće biti zbog daljnjeg procesa zakiseljavanja. Bez smanjenja pH vrijednosti mehanički otvori će ostati. Kod sireva gdje se želi više mehaničkih otvora surutka se prvo potpuno odvaja od gruš, iza čega se gruš stavlja u kalupe.

Vrijednost pH od 5,0 smatra se preniskom za većinu tvrdih sireva. Tako je za sir Cheddar optimalni pH između 5,2-5,25. Presovani sirevi s pH od 4,9-5,0 su obično kiseli, kratke

teksture, mrvičasti i hrapavog tijesta. Neki sirevi (Feta, kao i sirevi srednjeg istoka) imaju nisku pH vrijednost, od 4,2-4,8.

Dogrijavanje zrna u proizvodnji Edamera postiže se dodavanjem tehnološke vode (50-60°C) u surutku nakon ispuštanja jedne trećine surutke. To povećava temperaturu na 36-37°C te uzrokuje zadržavanje pH vrijednosti na 5,2-5,4 jer bi se inače kiselost spustila na pH vrijednost 4,6-4,8. Slično je i u proizvodnji sira Goude, gdje se u surutku dodaje zagrijana voda na 60°C kako bi se temperatura povećala sa 30 na 40°C. Sir će imati pH između 5,2- 5,4 (Božanić i sar, 2012).

Predpresovanje gruša i presovanje sira - Način odvajanja surutke od gruša utiče na teksturu, boju, ukus i aromu sira. Predpresovanje gruša može se vršiti u mehanizovanoj kadi za predpresovanje gruša. Presovano tijesto sira reže se na manje komade i oblikuje prenošenjem u odgovarajuće kalupe (Božanić i sar, 2012).

Osnovna svrha presovanja je da se:

- pojedina sirna zrna stope u kompaktnu masu kojom je lako manipulirati;
- da se iz sira istisne sva suvišna surutka;
- da se kora sira "ispegla".

Gruš se sastoji od proteinskog matriksa u kojeg su uklopljene kuglice masti, zatim voda, soli, neproteinske azotne materije kao i peptidi. Gruš zadrži i određenu količinu vazduha (CO₂). Dok je gruš topao, gumen, elastičan i mek, mast je u siru uglavnom u tečnom stanju. So je rastvorena na površini kazeina i u vodenoj fazi. Presovanje sira se treba odvijati postepeno jer naglo presovanje uzrokuje kompresiju površine sira i zarobljavanje surutke u surutkinim džepovima. Primjenjeni pritisak mora biti izražen po jedinici površine sira, a ne po komadu sira koji može varirati u veličini (Božanić i sar, 2012).

Način presovanja zavisi od tipa sira. Jačina i trajanje presovanja se povećava sa povećanjem željenog sadržaja suve materije u siru. Kod tvrdih sireva pritisak je visok, te iznosi najčešće 200-500 g/cm². Dužina presovanja može se ograničiti na nekoliko minuta pa sve do nekoliko sati, što je slučaj kod sireva visokog stepena dogrijavanja sirnog zrna (tvrdih sireva). Kako sirevi sadrže određenu količinu vazduha, presovanje sireva koji imaju jako zatvorenu teksturu obično se odvija pod vakuumom.

Tradicionalno presovanje traje 2-3 dana u proizvodnji *Cheddar* sira, ali se ono skraćuje na 1 dan u modernoj proizvodnji *Cheddara* u blokovima. Ukoliko se koristi vakuum, tada se presovanje skraćuje na 10-15 sati što omogućuje ponovno korištenje kalupa u proizvodnji,

drugi dan nakon sanitacije. Zbog kratkog trajanja presovanja, sirna masa je još elastična, te se pakuje u kompaktne kutije kako ne bi došlo do deformisanja sira.

Jedan od ciljeva presovanja je da se vanjska površina sira zatvori, da postane glatka i bez pukotina u koje bi mogle prodrijeti plijesni. Kod tradicionalnog načina proizvodnje koristi se gruba tkanina od lana kojom se zatvaraju otvori po površini sira. Metoda primjene sirarskih marama zahtijeva puno radne snage, te se stoga danas koriste sintetičke opne koje mijenjaju nekadašnju tkaninu. Neki sirari kao i potrošači još uvijek više preferiraju stari način proizvodnje sira primjenom sirarskih marama. Razvojem tehnologije danas se primjenjuju perforirani kalupi izrađeni od nehrđajućeg čelika, čime se u potpunosti isključuje primjena tkanina u sirarstvu. Istovremeno, prednosti plastičnih materijala za kalupe omogućuju automatsko punjenje sirnog gruš u takve kalupe u automatskoj liniji za proizvodnju sireva (Roseg, 1995).

Soljenje sira - Soljenjem sira gubi se oko 2 kg sirutke iz sirnog tijesta za svaki kilogram soli koji je ušao u sir. Soljenje se ne smatra postupkom kojim se značajno kontroliše izdvajanje surutke iz gruš, već je to postupak kojim se zaustavlja daljnji tok fermentacije (zakiseljavanja sirnog tijesta), posebno u proizvodnji tvrdih sireva kod kojih se koriste termofilne, na so netolerantne bakterije mliječne kiseline.

Najčešći načini soljenja sira u sirarstvu su:

- utrljavanje soli po površini sira,
- uranjanje sira u salamuru,
- soljenje sira u kalupu kod punjenja sirnim tijestom.

Većina sireva sadrži 0,5-2% soli, dok mekši sirevi, sirevi sa plavim plijesnima te sirevi u salamuri (kao Feta) sadržavaju veći udio soli. Pored već spomenutih uloga soli u istiskivanju surutke iz sirnog tijesta i zaustavljanju daljnjeg procesa zakiseljavanja, vrlo je važno spomenuti da so siru daje ukus i važna je za produženu trajnost mnogih sireva (Tratnik i Božanić, 2012).

Količina soli zavisi od tipa sira. So inhibira rast nekih vrsta bakterija, a stimuliše druge. Tako so uzrokuje rast različite mikroflore. Količina soli od 2% u siru koji ima 40% vode znači da se u vodenoj fazi nalazi 5% rastvorene soli. Međutim, rast koliformnih bakterija nije inhibiran do koncentracije od 12% soli, naprotiv, 3-4 % soli stimuliše njihov rast. Kada se tvrdo presovani sir soli u salamuri, tada kora sadrži oko 16-18% soli. Kora postaje tvrda i suva i štiti sir. Suvo soljenje kroz kratko vrijeme omogućuje nastajanje kore sa 20% soli, te ta količina soli ne

inhibira rast bakterije *Bacillus linens* koja se koristi u tehnologiji nekih vrsta sireva kao što su Romadur i Limburger (Ivanković, 2016).

Zrenje sira - Poslije izrade sirevi dobivaju željeni oblik i formu dok se ukus i miris, kao i konzistencija stvaraju u procesu zrenja. Zrenje sireva zavisi od više činilaca koji se mogu svrstati u dva osnovna:

- optimalna temperatura i
- vlažnost.

Zrenje sireva obuhvata niz složenih biohemiskih promjena. Ove promjene mogu da se kreću u željenom pravcu ako su pruženi potrebni uslovi. Promjene se odigravaju u tijestu sireva mijenjajući njegovu strukturu od rastresito zrnaste u kompaktnu plastičnu masu. Ovim putem stvara se za svaku vrstu sira karakterističan ukus i miris. U toku procesa zrenja dolazi do promjena sastojaka sira. Te promjene uglavnom obuhvataju tri osnovna sastojka: proteine, mast i mliječni šećer. Treba naglasiti da ne podliježu svi sastojci jednakim promjenama, kao i to, da im uloga u procesu zrenja i stvaranju osobine nije jednaka.

Proteini podliježu najvećim promjenama, te se pod procesom zrenja podrazumijeva, u užem smislu riječi, proces promjena proteina. Ne treba zapostaviti značaj mliječnog šećera, jer količina mliječnog šećera u svježem siru i njegovo previranje, odlučujući su faktori za kasnije razlaganje proteina. Mliječna kiselina i njeni međuprodukti služe kao osnova za mnoge druge supstance karakteristične za određene vrste sireva. U procesu zrenja sireva mliječna mast podliježe najmanjim promjenama. Promjene mliječne masti, u manjem obimu, nastaju kod onih vrsta sireva gdje u procesu zrenja u većem obimu učestvuju razne plijesni. Prije svih drugih sastojaka, mliječni šećer trpi promjene. Mliječni šećer počinje da previre već u kotlu, što se nastavlja u podrumu za zrenje, tako da već posle 2-6 dana cjelokupna količina mliječnog šećera prelazi u produkte previranja. Ovi procesi su brži kod mekanih sireva, te dolazi do obrazovanja slobodne mliječne kiseline. U toku daljeg zrenja gubi se mliječna kiselina. Regulisanjem tih procesa stvaraju se uslovi za sve dalje procese u toku zrenja sireva. Za proces zrenja je od bitnog značaja veličina sira, vlažnost tijesta i količina soli. Veličina sira utiče na gubitak vlage, što je sir manji veća je površina isparavanja. U vezi sa ovim, veličina utiče na tok i intenzitet zrenja. Vlažnost sirnog tijesta takođe utiče na intenzitet zrenja. Veći procenat soli utiče na smanjenje vode, što usporava proces zrenja. Govoreći o činiocima koji utiču na intenzitet zrenja, ne treba zanemariti količinu sirila. Istraživanja izvedena na siru Čedar pokazala su da povećana količina sirila ubrzava proces zrenja sira. Pojedine vrste sireva dobijaju svoje osobine tek izvjesno vrijeme poslije izrade, odnosno u prostorijama za zrenje, te su sposobni za

potrošnju poslije dužeg perioda. Mekani sirevi mogu se trošiti odmah poslije proizvodnje ili poslije kraćeg perioda zrenja (Živković, 1957).

Glavni cilj zrenja sireva jest pretvaranje sirne mase, koja se u početku značajno ne razlikuje u zavisnosti od vrste sira, u sireve karakterističnog ukusa, arome, teksture i izgleda. Svježe proizvedena sirna masa različitih vrsta sireva je neizražene arome, a tokom zrenja nastaju aromatska jedinjenja karakteristična za pojedine vrste sireva. Odvijanje biohemijskih promjena tokom zrenja sira posljedica je djelovanja enzima u siru koji mogu biti iz različitih izvora. Najvažniji izvori enzima u siru su sirilo i mljekarske kulture. Smatra se da mljekarske kulture direktno određuju konačna senzorna svojstva sira. Gotovo svi sastojci sira mijenjaju se u smislu pojednostavnjenja njihove složene strukture na jednostavnije, zbog čega sir postaje zreo sa specifičnim ukusom, mirisom, bojom, konzistencijom i strukturom. Da bi se biohemijske promjene mogle kretati u željenom pravcu, sir mora biti odgovarajućeg sastava, odnosno sadržaj vode, soli i pH vrijednosti moraju biti unutar određenih granica za pojedinu vrstu sira. Odgovarajući sastav sira postiže se u proizvodnom procesu prerade mlijeka u sir. Sve gore spomenute tehnološke faze određuju sadržaj vode, soli i pH vrijednost sira, te ih sirar treba poznavati, kako bi se proizvela sirna masa koja će tokom zrenja dati sir ujednačenih i vrhunskih senzornih karakteristika. Osim sastava sira, na pravilan tok biohemijskih promjena tokom zrenja sira utiču i mikroklimatski uslovi u prostoriji za zrenje sira. Tu se, prije svega, misli na temperaturu, sadržaj relativne vlage u vazduhu i sastav vazduha u zrioni (ventilacija) (Kalit, 2015).

Pakovanje, skladištenje i otprema sira - Sir je nakon proizvodnje, potrebno upakovati i označiti, da bi se pravilno očuvao i transportovao. Skladištenje je dozvoljeno isključivo uz pratni proces hlađenja. Za pakovanje se mogu koristiti isključivo materijali odobreni za upotrebu u prehrambenoj industriji, koji ispunjavaju odgovarajuće uslove. Vage koje se koriste moraju biti redovno baždarene (Matijević, 2015a).

Sirevi senzorno dorađeni različitim začinima, kao i oni u vlastitoj prirodnoj kori, najčešće se vakuumiraju u hermetički zatvorene vrećice bez vazduha. Upakovani sirevi drže se u uslovima frižidera (4-8°C) do otpreme iz objekta. Sir se otprema u odgovarajućoj ambalaži (npr. sanducima, okvirima, drvenim, kartonskim ili plastičnim kutijama, bačvama (kacama i kačicama, hermetički zatvorenim limenim kanticama itd.). Neki su sirevi vrlo osjetljivi na potresanje i gnječenje, te se mora prilagoditi ambalaža u kojoj se prevoze. U suprotnom, zbog vanjskih i unutarnjih deformacija i oštećenja, kvalitet bi bio umanjen (Kalit, 2015).

2.2. Opšte karakteristike Janjskog sira

U Bosni i Hercegovini, autohtoni mliječni proizvodi, pa i sirevi, su se sačuvali, uprkos brojnim ratovima, raseljavanju i učestalim migracijama stanovništva u gradove. Tehnologija većine ovih sireva je jednostavna, prilagođena skromnim planinskim uslovima, a proizvodni postupak nije pretrpio značajnije promjene u odnosu na prvobitni način proizvodnje. Komunikacijska izolovanost udaljenih brdsko-planinskih područja je učinila da je proizvodnja ostajala često „zatvorena“ u domaćinstvima. Autohtoni sirevi su godinama predstavljali značajan segment u ishrani stanovništva. Suočeni sa opasnošću od iščezavanja i gubljenja u masovnoj industrijskoj proizvodnji, tradicionalni sirevi su morali u mnogim zemljama biti zaštićeni, u čemu neke zemlje, kao Francuska i Italija imaju dugogodišnju tradiciju. U nastojanju da se sačuva bogatstvo u ovim proizvodima u Bosni i Hercegovini, mnogi autori su dali svoj doprinos izučavanju i popularisanju autohtone tehnologije i sireva (Dozet, 2004; Bijeljac i Sarić, 2005; Dozet i Maćej 2006). Karakteristično je da se proizvodnja i potrošnja ovih proizvoda odvija, još uvijek, uglavnom u samim seoskim domaćinstvima, a mali broj autohtonih proizvoda je zastupljen u industrijskoj proizvodnji (Bijeljac i Sarić, 2005).

Tradicionalni sirevi najčešće se proizvode od sirovog, termički neobrađenog mlijeka, bez, ili sa primjenom mljekarskih kultura, a uz primjenu prirodnih sirila i začina uz mnogo ručnog rada. Ovakve je sireve teže proizvesti u industrijskim uslovima, a po svom ukusu, mirisu, aromi i teksturi drugačiji su od onih proizvedenih u industrijskim uslovima. Obično su raznovrsnijeg i intenzivnijeg ukusa i arome (Kalit, 2015).

Izrada kvalitetnog sira i danas se smatra svojevrsnim majstorstvom. U počecima proizvodnje ljudi nisu razumjeli promjene koje se odvijaju tokom izrade sira, ali su posjedovali iskustvena znanja kojima su vješto upravljali tim procesima. Ta su znanja prenosili iz generacije u generaciju, koje su dodavale nešto novo i unapređivale proizvodnju (Matijević, 2015b).

Ljudi se sve više okreću konzumiranju domaćih, tradicionalnih prehrambenih proizvoda, nastalih u mjestima koja nisu zagađena, u netaknutoj prirodi koja na ovim mjestima omogućava da se iskoriste sve njene blagodati. Takvi proizvodi su posebnih svojstava koja nastaju usljed primjene originalnih i samo tom proizvodu svojstvenih postupaka proizvodnje (Ostojić, 2019). Takav prehrambeni proizvod je i Janjski sir pletenica ili gužvaš, autentičan sir Janja, oblasti koja obuhvata oko 18 sela opštine Šipovo.



Slika 2.1. Selo Lipovača, Janj, opština Šipovo (vlastiti izvor)

Harmoničnost suživota stanovništva sela u Janju sa netaknutom prirodom, način uzgoja i ishrane životinja, klima i reljef samo su neki od faktora koji daju autentičnost mliječnim proizvodima sa ovog podnevlja. Kajmak, masni sir i kiselo mlijeko, manje više se na sličan način proizvode i u drugim područjima. Razlika je u kvalitetu, mada je tehnologija proizvodnje dosta slična. Proizvod po kojem se ovo područje izdvaja je autohtoni Janjski sir pletenica ili gužvaš, koji, zbog specifičnog načina pripreme i karakterističnog izgleda, zaslužuje pažnju i može doprinjeti razvoju ovog područja (Ostojić, 2019). Prizvodi se od sirovog mlijeka i spada u sireve parenog tijesta. Najčešće se oblikuje u pletenicu pa zbog toga i nosi naziv Janjski sir pletenica, mada se može oblikovati na različite načine, npr. u obliku rolata, što je bio slučaj za potrebe ovog rada.

Autohtoni sirevi parenog tijesta su karakteristični za pojedina planinska i druga područja i javljaju se pod raznim imenima, pa su iz ove grupe sireva među poznatijim danas: Presukača, listavi sir, rastežni sir, meki sir, Gužvaš i Kačkavalj stare tehnologije (Dozet i sar., 1996).

Autohtoni pareni sirevi su karakteristični po mekom, plastičnom, glatkom tijestu, a kod pojedinih sireva i listavoj strukturi. Specifičnost proizvodnje ovih sireva je parenje sirnog tijesta do temperature od oko 60°C, čime se dobija plastično, meko tijesto pogodno za obradu i formiranje u razne oblike (Dozet, 2004).

Za ovaj sir porijeklom iz Janja ne postoje dostupni podaci u novijoj literaturi. Radi se o tradicionalnom siru koji se proizvodi isključivo u manjim seoskim domaćinstvima. Prema istraživanjima iz 1974. godine (*Memorijalni simpozijum u Jajcu, 2-4. oktobar 1974. god.*), grupa naučnika (Dozet i sar., 1974) je uspjela svojim kratkim literaturnim pregledom da nađe mjesto Janjskom siru pletenici (naziv koji je korišten u radu je Gužvaš koji je poređen sa sličnim sirom sa prostora Bosne i Hercegovine, naziva Presukača) u grupi poznatih sireva sa utvrđenom i ispitanom tehnologijom. Prema navodima pomenutih autora, Presukača spada u grupu parenih sireva, tvrdih, bez presovanja, sa lisnatim tijestom, žućkasto zlatne boje i prijatne

arome. To je sir koji se radi od punomasnog kravljeg i ovčijeg mlijeka i smatrao se izuzetno kvalitetnim sirom. Tijesto uslijed parenja je elastično i omogućena je izrada raznih oblika koji su često bili vezani za svečane događaje u domaćinstvima i nose razna imena.

Prema istraživanjima Zdanovskog iz davne 1947. godine, Presukača se radi na području Pive i Hercegovine i spada u grupu parenih sireva. Zdanovski (1947) takođe navodi da se na području Jajca i Šipova (Janj) proizvodi Gužvaš koji je po tehnologiji sličan Presukači. Prema istom autoru, u ovu grupu sireva spadaju karpatski sirevi Oštjepek i Parenica. Posmatrajući sistematiku sireva, Presukača bi mogla da se uključi u grupu "kuvanih sireva", italijanskih sireva sa plastičnim tijestom (Caciocavalio, Provolone, Moliterno i dr.). Postoji sličnost u tehnologiji sa Ossetin-sirom sa Kavkaza, a dosta tehnoloških karakteristika ima zajedničkih sa italijanskim sirom Scamoze. Prema Sandersu (1953), Presukača bi se, takođe, mogla svrstati u "Formaggi di pasta Filata", grupa italijanskih sirišnih sireva, čije tijesto se grije i fermentira dok se ne postigne njegova plastičnost. Oblikovanje tijesta se vrši dok je toplo i plastično. Specifičan način postupka sa tijestom dovodi da se u gotovom proizvodu ne pojavljuju rupice, niti surutkina ili vazdušna gnijezda, a čuva se dobro i u toplim uslovima. U ovoj grupi sireva u Italiji se proizvode Provolone. Caciocavallo, Moliterno i dr., na Balkanu Kačkavalj, u Slovačkoj i Mađarskoj Oštjepek i Parenica, a na Sardiniji Panedda.

Dilanjan (1967) je u opisu tehnologije kavkaskog sira iznio da ima plastično, pareno tijesto i tehnologiju sa dodirnim tačkama kao kod Presukače. Zrenje grude Presukače ima zajedničkih momenata sa zrenjem Cheedar sira, jer postoji faza čedarizacije sirne mase, podizanje kiselosti i postizanje plastičnosti tijesta (Van Slyke i Price, 1952). Presukača bi po svome kvalitetu i tehnologiji mogla doći u grupu sireva gdje vodeće mjesto ima Kačkavalj. Prema Pejiću (1956), Kačkavalj i sirevi ovog tipa imaju specifično zrenje grude, termičku obradu tijesta i mali broj šupljika na presjeku tijesta. Đorđević (1974) je, polazeći od specifične tehnologije Kačkavalja, ispitivao dinamiku Ca u toku izrade sira i uticaja parenja na njegov sadržaj. Kožev (1970) je izučavao razvoj kiselosti u toku proizvodnje kačkavalja, kao važan faktor u praćenju kvaliteta tehnološkog procesa proizvodnje sira.

2.3.Tradicionalna proizvodnja Janjskog sira

Tehnika pravljenja i samog pletenja sira se prenosila sa generacije na generaciju i na taj način se proizvodi i danas. Tokom tradicionalne proizvodnje Janjskog sira mlijeko se, nakon muže, procijedi kroz tkaninu u posudu koja se poklopi ili pokrije krpom i ostavi na sobnoj temperaturi (oko 22°C), da mlijeko dobije potrebnu tehnološku zrelost i bude spremno za sirenje. U ovom

procesu dolaze do izražaja mezofilne bakterije mliječne kiseline koje su prirodno prisutne u mlijeku. Prirodno prisutni termofilni sojevi bakterija mliječne kiseline učestvuju i u kasnijem zrenju sira. To je i osnov za dobijanje specifičnih senzornih karakteristika ovog sira (Ostojić, 2019). U zimskom periodu, kada je vrijeme hladnije, posuda sa mlijekom stoji na toplijem mjestu da se mlijeko ne ohladi ispod sobne temperature, što ne bi pogodovalo proizvodnji sira. Navedeno, prema iskustvima domaćinstava koja se bave proizvodnjom ovog sira, predstavlja i jednu od kritičnih tačaka u samom procesu proizvodnje. Domaćice probaju mlijeko i tako, zahvaljujući dugogodišnjem iskustvu, utvrđuju spremnost mlijeka za sirenje. Sigurnija metoda utvrđivanja spremnosti mlijeka izvodi se tako što se 50 do 100 ml mlijeka prebaci u manju metalnu posudu, te se zagrijavanjem posmatra očekivana promjena mlijeka koja se ogleda u zgrušavanju mlijeka i trenutnom izdvajanju surutke. Takva reakcija mlijeka u manjoj posudi predstavlja znak da je mlijeko spremno za sirenje, a ukoliko je potrebno duže vremena da se surutka izdvoji, mlijeko mora još odstajati.

Stepen kiselosti mlijeka spremnog za izradu sira, prema Ostojiću (2019), iznosi 10,8°SH.



Slika.2.2.Termička proba spremnosti mlijeka za sirenje (vlastiti izvor)

Druga faza u proizvodnji sira je zagrijavanje mlijeka do temperature od 37 do 40°C i dodavanje tečnog sirila u količini od oko 10 ml na 5 l mlijeka, te se posuda sa mlijekom ostavlja na toplom 15-20 minuta da sirilo počne djelovati. Nakon toga, sadržaj koagulisnog mlijeka lagano se miješa kašikom i na taj način se vrši rezanje gruša. Kada se gruša krene izdvajati, rukama se zbija uz stijenku posude i istiskuje surutka iz sirnog tijesta. Temperatura surutke u ovoj fazi iznosi od 47 do 50° C.



Slika 2.3. Faza zbijanja gruša uz stijenku posude (vlastiti izvor)

Kada sirno tijesto promijeni konzistenciju i dobije potrebnu elastičnost, dio po dio tijesta se vadi iz surutke i dodatno cijedi. Obrada gruša (zbijanje i cijedenje tijesta) u cilju izdvajanja surutke i postizanja elastičnosti traje oko 30 do 40 minuta, što zavisi od početne količine mlijeka. Kada je sirno tijesto postiglo dovoljnu elastičnost, posuda se sklanja sa izvora toplote, te se i dalje laganim pokretima stiće da bi se istisnuo višak surutke. Nakon cijedenja, a prije oblikovanja, sirno tijesto je i dalje u posudi sa surutkom temperature oko 45° C, da ne bi došlo do prebrzog sušenja. Iskustvo je pokazalo da faza samog oblikovanja ne smije trajati dugo, jer dolazi do hlađenja surutke i stezanja sirnog tijesta koje postaje “gumasto” i teže se oblikuje što uzrokuje dobijanje sira lošijih senzornih karakteristika. Dio po dio sirnog tijesta se vadi iz surutke, nakon čega se odmah „plete” ukoliko se sir oblikuje u pletenicu ili se rukama razvlači na podlozi ukoliko se sir oblikuje u rolate.



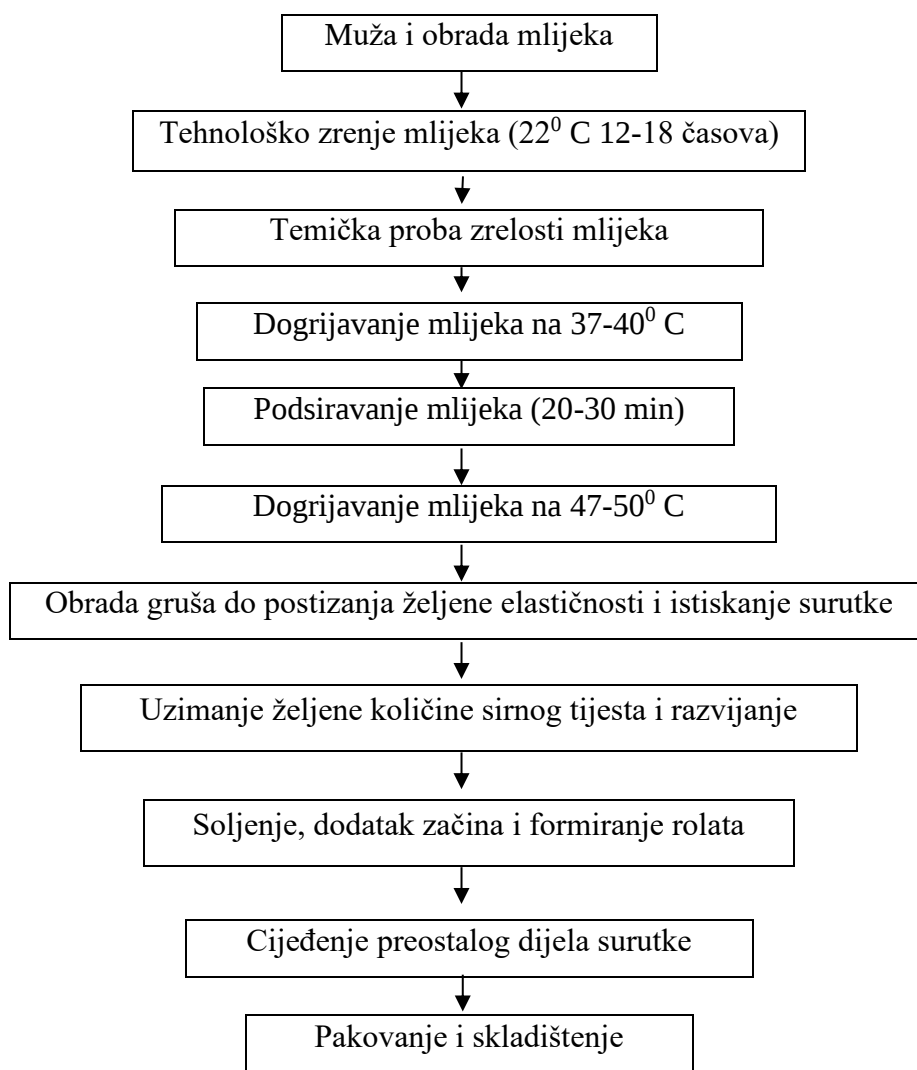
Slika 2.4. Razvlačenje sira (vlastiti izvor)

Kada se sir razvukao na podlozi vrši se soljenje, što poboljšava ukus sira i ima konzervirajući efekat. So se dodaje u količini 1-2% u odnosu na ukupnu količinu sira. Nakon soljenja, siru se mogu dodavati, po želji, različiti začini, ravnomjerno raspoređujući po površini razvučenog tijesta, nakon čega se formira rolat. Ukoliko se sir oblikuje u pletenicu, ispleteni sir se stavlja na podlogu i soli po površini, uz prelivanje sa malo tople surutke iz posude (iskustvo je pokazalo da se na taj način dobije sir koji je ravnomjerno slan).



Slika 2.5. Soljenje, dodatak začina i rolovanje sira (vlastiti izvor)

Nakon oblikovanja, sirno tijesto se ostavi nekoliko minuta dok se površina ne osuši, a zatim se podloga na kojoj se nalazi sir nagine kako bi se višak surutke iscijedio, nakon čega je spreman za pakovanje i skladištenje. Sir se može odmah konzumirati.



Slika 2.6. Tehnološka šema proizvodnje Janjskog sira u obliku rolata, uz dodatak začina

Za jedan kilogram sira potrebno je oko 10 litara mlijeka. Proizvodnja se najčešće vrši u više serija ukoliko domaćinstvo posjeduje veće količine mlijeka, sa po 15-20 l mlijeka u jednoj posudi, jer veće količine i prevelike posude otežavaju zbijanje i cijedenje sirnog tijesta.



Slika 2.7. Janjski sir oblikovan u pletenicu i rolar (vlastiti izvor)

2.4. Začinske biljke- opšte karakteristike

Uzgoj začinskih biljaka počinje na području Egipta, Indije, Perzije, Kine i Grčke, a trgovina začinima pokrenuta je Kolumbovim otkrićem Amerike. U prošlosti su začinske biljne vrste bile jako popularne, znalo se koje su otrovne, a koje imaju ljekovita svojstva (Josipović i sar., 2016). Osim što jelima daju poseban ukus i čine ih drugačijima svaki put iznova, imaju i pozitivne učinke na ljudski organizam. Različite začinske biljke su zaslužne za prepoznatljivost nacionalnih kuhinja, pa je tako italijanska kuhinja obogaćena origanom (*Origanum vulgare*) i bosiljkom (*Ocimum basilicum*), meksička ljutim čilijem (*Capsicum frutescens*) dok je kuhinja na našim prostorima nezamisliva bez peršuna (*Petroselinum crispum*), ruzmarina (*Rosmarinus officinalis*), lovora (*Laurus nobilis*), bosiljka (*Ocimum basilicum*), lavande (*Lavandula*) i dr. Začini se ne upotrebljavaju samo u slučaju kada nekim jelima treba promijeniti miris ili ukus, nego i onda kada ih je potrebno uljepšati, odnosno učiniti vizualno atraktivnima (Bauer, 2013). Začinske biljke, osim u kulinarstvu, mogu se koristiti i u proizvodnji domaćih likera, rakija travarica i kozmetičkih preparata. Korištenje začinskih biljaka moguće je u svježem ili sušenom stanju, pa tako postoji široka ponuda proizvoda sa začinskim biljkama. U obradi je moguće koristiti sve dijelove biljke: korijen, list, cvijet, sjeme i koru (Josipović i sar., 2016).

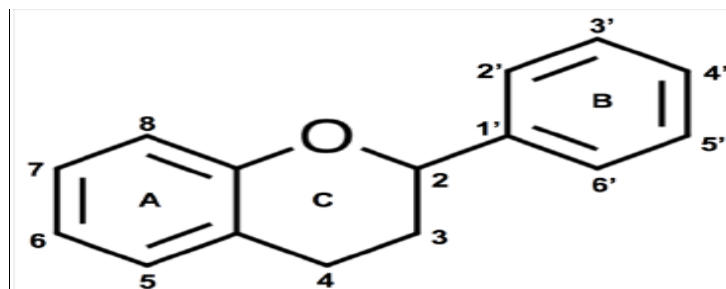
Začinske biljke se nakon branja ili vađenja, u zavisnosti od vrste, mogu i sušiti te kao takve koristiti u svako doba godine. Ukoliko se sušenje obavlja u kućnoj radinosti, prije samog skladištenja potrebno je provjeriti da li je dovoljno suvo. Udio vode od 10-13% u osušenom

biljnom materijalu je optimalan. Ukoliko je udio vode veći, može doći do mikrobiološke kontaminacije i kvarenja biljnog materijala (Sadiković, 1989). Pored specifične arome i ukusa, začini posjeduju antimikrobno i antioksidativno djelovanje koje zavisi od koncentracije hemijski aktivnih supstanci. Analizom sadržaja ukupnih fenola, kao značajan izvor izdvajaju se biljke iz porodice *Lamiaceae* čiji su predstavnici: origano, bosiljak, metvica, kadulja, ruzmarin, timijan i majčina dušica. Zbog mnoštva fenolnih jedinjenja i eteričnih ulja, ove biljke imaju poznata i bogata antioksidativna i antimikrobna svojstva (Jahić i sar., 2018).

Začini bogati eteričnim uljima imaju snažno antibakterijsko, antifungalno te antiviralno djelovanje, a njihovo djelovanje najviše se ogleda protiv Gram-pozitivnih bakterija. Tu se posebno spominje cimetovo eterično ulje koje je jako djelotvorno protiv kvasca *Candida albicans* (Kuštrak, 2014). Navedena djelovanja najčešće se pripisuju fenolnim jedinjenjima koji se nalaze u većim količinama u začinima. Fenolna jedinjenja predstavljaju jedinjenja poput fenolnih kiselina, tanina, flavonoida i dr. Sadrže jedan ili više aromatskih prstenova koji na sebe vežu jednu ili više hidroksilnih grupa (-OH) (Dai i Mumper, 2010).

Fenolna jedinjenja su podijeljena na fenolne kiseline i flavonoide. Među fenolne kiseline se ubrajaju galna, vanilinska, kavena, ferulična, siringična i dr. Flavonoidi su zaslužni za antibakterijsko, antiupalno, antialergijsko, antikancerogeno i antiviralno djelovanje. Antioksidativni kapacitet začina ne zavisi samo od koncentracije nego i od vrste prisutnih fenolnih jedinjenja. Tako antioksidativni kapacitet fenolnih kiselina zavisi od broja i položaja -OH grupe, te su hidroksicimetne kiseline bolji antioksidansi u odnosu na hidroksibenzojeve kiseline. Isto tako, antioksidativni kapacitet flavonoida zavisi od stepena hidroksilacije i položaja hidroksilnih grupa u B prstenu, prisustvu dvostruke veze u C prstenu, supstituciji hidroksilnih grupa u B prstenu sa metoksi grupama, te od glikolizacije flavonoida i stepenu polimerizacije (Kazazić, 2004). Najčešće se nalaze u cvjetovima, sjemenkama, kori drveća, listovima ili stabljikama (Bors i sar., 1984; Rice-Evans i sar., 1995; Harborne i Williams, 2000; Havsteen, 2002).

Flavonoidi (lat. flavus-žut) su velika grupa fenolnih jedinjenja koja imaju 15 C-atoma i sadrže dva benzenova jezgra međusobno povezana tročlanim ugljovodoničnim nizom. Struktura flavonoida se može predstaviti kao C₆-C₃-C₆ sistem sa slobodnim hidroksilnim grupama vezanim za aromatični prsten (Slika 2.8.). Podjela flavonoida je izvršena na osnovu međusobne pozicije prstena B i C, oksidacionog stanja i funkcionalnih grupa prisutnih na prstenu C (Beecher, 2003).



Slika 2.8. Struktura flavonoida

Istraživanje Gutierrez i sar. (2008) pokazalo je da mješavine eteričnih ulja origana i mažurana te origana i timijana snažno djeluju protiv bakterija *Escherichia coli* i *Pseudomonas aeruginosa*, s druge strane origano u kombinaciji s bosiljkom djeluje protiv obje navedene Gram-negativne bakterije. Najznačajnije komponente začina pripadaju grupi isparljivih i čvrstih ulja, smola, estera, fenola, terpena, alkohola, organskih kiselina, alkaloida i gupa sa sumporom. Kao redovni sastojci začina prisutni su i proteini, škrob, šećeri i veliki broj drugih organskih jedinjenja. Karakteristična aroma začina potiče od eteričnih ulja, a oštar i ljut ukus od alkaloida i glukozida, te produkata njihove hidrolize. Antimikrobno i antioksidativno djelovanje začina je različito i zavisno od koncentracije i vrste aktivnih komponenti koje su u njima prisutni (Josipović i sar., 2016). Pregled najznačajnijih fenolnih jedinjenja u začinima koji su korišteni u proizvodnji Janjskog sira dat je u Tabeli 2.6 (Shan i sar., 2005; Charles, 2013; Proestos i sar., 2005; Kučekova i sar., 2011).

Tabela 2.6. Najznačajnija fenolna jedinjenja u začinima korištenim u proizvodnji Janjskog sira

Žaćini	Glavna fenolna jedinjenja
Origano	Fenolne kiseline: kava, hlorogena, p-kumarinska, ruzmarinska; Flavonoidi: apigenin, luteolin, kvercetin, miricetin.
Bosiljak	Fenolne kiseline: ruzmarinska, p-kumarinska; Fenolni diterpeni; Flavonoidi: apigenin, kamferol, kvercetin, rutin, katehin.
Peršun	Flavonoidi: apigenin, luteolin, kamferol, miricetin, kvercetin; Fenolne kiseline: kava, galna, p-kumarinska, vanilinska, p-hidroksibenzojeva.
Ruzmarin	Fenolne kiseline: ruzmarinska, kava, ferulinska; Fenolni diterpeni: karnozolna kiselina, karnozol, karvakrol; Flavonoidi: luteolin, apigenin, naringinin; Urosolna kiselina.
Vlasac	Flavonoidi: kvercetin, izoramnetin, kamferol; Fenolne kiseline: galna, ferulinska, kumarinska.

U današnje vrijeme na tržištu postoji veliki broj proizvoda sa začinima, te se sve više koriste i u proizvodnji mliječnih proizvoda, kako bi se dobio novi ukus, poboljšala aroma, te povećala nutritivna vrijednost proizvoda (Josipović i sar., 2016).

Pored dejstva začina na prehrambene proizvode da poboljšaju senzorna svojstva i povećaju nutritivnu i biološku vrijednost proizvoda, prisutna je i uloga začina kao prirodnih konzervanasa. U prehrambenoj industriji danas se sve više radi na sprječavanju rasta nepoželjnih mikroorganizama koji uzrokuju kvarenje hrane, te se koriste hemijski konzervansi, ali potrošači sve više preferiraju povratak tradicionalnim načinima pripreme prehrambenih proizvoda uz dodatak što manje aditiva. Zato je trenutno prisutan sve veći uticaj na potrošače za zamjenu hemijskih sintetizovanih antimikrobnih sredstava prirodnim alternativama (Josipović i sar., 2016).

2.4.1. *Origano (Origanum vulgare)*

Origano ili divlji majoran je začinska i ljekovita biljka iz porodice usnatica (*Lamiaceae*). Ime je dobila iz grčkog (Oros=brdo, Ganos=nakit), preko italijanskog jezika, "origano" - brdski nakit. Origano je biljka tradicionalno rasprostranjena u toplim krajevima zapadne i jugozapadne Evroazije i Mediterana. Njegova ljekovita svojstva poznata su još od davnina te je i danas korišten u narodnoj medicini brojnih naroda. Prilično je cijenjen u turskoj narodnoj medicini gdje je korišten kao sredstvo za poboljšanje probave. Čuveni Hipokrat je koristio origano u liječenju stomačnih i respiratornih oboljenja i kao antiseptik. U tradicionalnoj medicini origano se koristio i u liječenju dijabetesa (Eddouks i sar, 2002). Najvažnija do sada potvrđena dejstva origana su anti-bakterijsko (Burt i sar, 2003), antioksidativno (Nakatani, 2003), kao i uloga u sprečavanju koagulacije krvi (Goun i sar, 2002).

Postoji više varijeteta biljke origano, ali *Origano vulgare* posebno je zanimljiv zbog uslova u kojima uspijeva. To je jedina vrsta origana koja se može pronaći u Indiji, a uspijeva na području Himalaja na nadmorskoj visini od 1500 do 3600 metara. Eterično ulje ovog origana sastoji se od različitih jedinjenja s dokazanim biološkim aktivnostima.

Prisutnost fitohemikalija u origanu koje su korisne za zdravlje čovjeka potvrdili su na *Institutu integrativne medicine u Indiji* 2013. godine. Tada su Chishti i sar. (2013) istakli mogućnost korištenja origana i eteričnog ulja origana u medicinske svrhe. Može se koristiti protiv dojenačkih grčeva, kašlja, zubobolje i nepravilnih menstrualnih ciklusa.

Antioksidansi su supstance koje sprječavaju oksidativni stres u ćelijama koji uzrokuje razna oboljenja kao što su arteroskleroza, ishemijska bolest srca, rak i upalne bolesti. Zbog svog sastava koji obiluje antioksidansima origano je posebno zanimljiv naučnicima dugi niz godina. Cervato i sar. (2000) su u svom istraživanju dokazali antioksidativna svojstva lista origana. Rezultati su pokazali učinak origana na suzbijanje hemijskih reakcija u organizmu koje rezultiraju oksidativnim stresom. Zanimljivo je kako je količina origana korištena u ovom istraživanju iznosila 0.1-1 mg origana, što je daleko manje od uobičajene korištene količine. Antioksidativna svojstva origana potvrdili su i Bendini i sar., (2000) istraživajući antioksidativni kapacitet listova origana. U studiji je korišten origano koji je uzgajan u Talijanskoj regiji Kalabrija. Kao i u prethodnom istraživanju, dokazana je značajna koncentracija antioksidansa u origanu, ali je istaknuta i važnost daljnjih istraživanja na tu temu (Bendini i sar., 2002). Naučnici su naveli i mogućnost korištenja ekstrakta origana kao prirodni izvor antioksidansa u hrani i u farmaceutskoj industriji (Chishti i sar., 2013).

2.4.2. *Bosiljak (Ocimum basilicum)*

Bosiljak je jednogodišnja zeljasata biljka iz porodice usnatica (*Lamiaceae*) koja dostiže visinu od oko 80cm. Porijeklom je tropska biljka iz područja Indije. Uzgaja se prvenstveno kao začinska biljka. To je termofilna i fotofilna biljka, kojoj je za klijanje potrebna temperatura najmanje 12 °C, a optimalna je temperatura 18 do 26 °C. Kao začín je poznat od davnina i vrlo često se koristi. Bosiljak ima i dekorativna svojstva i medonosna je biljka. U ishrani se koriste list i stabljika, u kozmetici eterično ulje bosiljka, u farmaciji se koristi kao diuretik, laksativ, baktericid i antioksidans, a noviji izvori govore o mogućnosti korištenja eteričnog ulja bosiljka u agronomiji kao nematocida, insekticida i repelenta. Bosiljak sadrži vitamin B5, vitamin C i karotin, tanin, flavonid, saponin i druge aktivne materije (Šilješ i sar., 1992, Carević- Stanko, 2013).

Dokazano je da etarsko ulje bosiljka sadrži antiseptičke komponente, koje utiču na sprječavanje razvoja mikroorganizama, zbog čega se koristi kao konzervans. Utvrđeno je da etarsko ulje bosiljka pokazuje antimutageni efekat, a redukcija učestalosti mutacija dokazana je u testovima provedenim na *Echerichia coli* i *Salmonella typhimurium* (Pićurić-Jovanović i Milovanović, 2000).

2.4.3. Peršun (*Petroselinum crispum*)

Najčešći dijelovi peršuna koji se koriste u ishrani su list i korijen. Osim visokog antioksidativnog kapaciteta peršun je bogat vitaminom C, hlorofilom, karotenoidom, neflavonoidima i flavonoidima. Peršun ima pozitivan uticaj na ljudsko zdravlje, pa se preporučuje njegova konzumacija kod visokog krvnog pritiska, anemije, upale zglobova, artritisa, jačanja kostiju, kožnih bolesti, nesаницe te za umirenje živaca. Na ukupan sadržaj hemijskih, bioaktivnih i pigmentnih grupa koji se nalaze u peršunu utiču brojni faktori, počevši od odabira sorte, roka uzgoja, đubrenja, navodnjavanja, vremenskih uslova pa sve do postupaka nakon procesa berbe (Šagud, 2016).

Peršunov list je osušeni list peršuna, koji, kada se stavlja u promet, mora ispunjavati sljedeće uslove (Službeni Glasnik BiH, br. 51/11):

- da ne sadrži više od 12% vode;
- da ne sadrži više od 15% ukupnog pepela ni više od 4% pepela nerastvorljivog u hlorovodoničnoj kiselini;
- da sadrži najmanje 0,2 ml etarskog ulja peršuna u 100 g proizvoda;
- da ne sadrži više od 0,5% primjesa biljnog porijekla.

2.4.4. Ruzmarin (*Rosmarinus officinalis* L.)

Grm ruzmarina može narasti 1-2 m, te cvjeta u proljeće. Među listovima ruzmarina nalaze se cvjetovi koji mogu biti ljubičaste ili svijetlomodne boje. U sastavu sadrži kalcijum, eterično ulje obogaćeno pinenom, kamfor (kamforasto ulje), cineol, tanin, limunsku kiselinu, pektin i smolu (Gursky, 1978; Kuštrak, 2014). Od davnina se smatralo da ruzmarin poboljšava koncentraciju i pamćenje, te sam rad mozga, a utiče i na poboljšanje cirkulacije i krvotoka. Kao lijek, ruzmarin je bio jako popularan u vrijeme epidemije kuge, te se koristio u tradicionalnoj medicini zbog svojih antibakterijskih, antikancerogenih, protuupalnih te antidiuretskih svojstava. Dokazano je i snažno antimikrobno djelovanje ruzmarina na bakterije *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus albus*, *Vibrio cholerae* te *Escherichia coli*. Ekstrakt ruzmarina, kao prirodnog antioksidansa, se koristi za očuvanje hrane (Čučković, 2017; Kuštrak, 2014). Eterično ulje ruzmarina koristi se za smanjenje jačih upala mišića i zglobova, a pokazao je svoja ljekovita svojstva i prilikom slabe probave, neravnoteže nervnog sistema te niskog pritiska. Zbog brzog isparavanja eteričnog ulja ruzmarina potrebno ga je skladištiti u dobro zatvorenoj posudi, kako bi se njegova djelotvorna svojstva što duže zadržala (Martić, 2003; Radić, 2003).

2.4.5. Vlasac (*Allium schoenoprasum*)

Vlasac, pripadnik familije luka *Alliaceae*, višegodišnja je biljka koja raste do 30 cm visine. Porijeklom je iz Azije, Evrope i Sjeverne Amerike. Zahvaljujući visokoj otpornosti, vlasac može preživjeti i velike hladnoće. Rezanje vlasca se obično vrši 4 puta godišnje, kako bi se održala zaliha svježih listova. Osim lista, u upotrebi je i cvijet vlasca koji se najčešće dodaje u salate i razne umake, a najbolje ga je ubirati kada je u potpunosti otvoren. Eterično ulje vlasca sadrži sumporna jedinjenja i polisulfide koji su zaslužni za aromu, a velike količine vitamina C su sadržane u listovima vlasca (Kuštrak, 2014; Mc Vicar, 2006). Vlasac se u ljekovite svrhe koristio kod povišenog krvnog pritiska, bolesti pluća, jetre, želuca i crijeva te je dobar za ubrzanje zarastanja rana, a zahvaljujući sumpornim jedinjenjima kao antiseptik za čišćenje krvi (Kuštrak, 2014). Sadrži eterična ulja bogata sumporom koja su ujedno i uzrok njegovog ljutog mirisa i ukusa. Vlasac je bogat vitaminima C, A i K te vitaminom B 8, a od minerala željezom, fosforom, kalcijumom, kalijumom i magnezijumom (Duvnjak, 2018). Koristi se kao začim u kulinarstvu i ima antibakterijski učinak (Žilić, 2014).

2.4.6. Uticaj začinskih biljaka kao dodataka na proizvode od mlijeka

U današnje vrijeme tržište je bogato sa velikim brojem proizvoda sa začinskim biljkama, te se sve više koriste i u proizvodnji sireva i drugih proizvoda od mlijeka, kako bi se dobio novi ukus, poboljšala aroma, te povećala nutritivna vrijednost proizvoda i njihova ljekovitost. Proizvode od mlijeka uz dodatak začinskih biljaka moguće je proizvoditi od kravljeg, ovčijeg, kozjeg ili miješanog mlijeka. Začinske biljke ili njihove ekstrakte moguće je koristiti u proizvodnji raznih vrsta proizvoda od mlijeka. Moguće ih je dodavati na razne načine, u sam grušu, pred kraj procesa umiješati u sir, te ga potom stavljati u kalupe ili čak sir obložiti nekom od začinskih biljaka, odnosno začinsku biljku dobro utrljati u sir (Josipović i sar., 2016).

U Francuskoj postoji veliki broj različitih vrsta sireva, čak preko 300 vrsta i veliki broj sireva sa začinskim biljkama. Kod većine tih autohtonih sireva površina sira se omota u lišće začinske biljke ili se nanosi na površinu, dok se u rjeđim slučajevima začinska biljka stavlja u sam grušu (Josipović i sar., 2016).

Kako su začinske biljke našle svoje mjesto u proizvodnji proizvoda od mlijeka tako za sobom nose određene učinke. Jedan od pozitivnih učinaka je antioksidativno djelovanje začinskih biljaka koje zavisi od količine fenolne kiseline, flavonoida, prirodnih pigmenata i terpena. Začinske biljke bogate antioksidansima potiču iz porodice *Lamiaceae* u koje se ubrajaju ruzmarin, origano, bosiljak, metvica, majčina dušica i druge (Josipović i sar., 2016.). Nakon

antioksidativnog djelovanja tu je i antimikrobno djelovanje. U proizvodnji hrane dodaju se i začinske biljke koje poboljšavaju senzorne karakteristike, povećavaju nutritivnu i biološku vrijednost te djeluju kao prirodni konzervansi što se sve više primjenjuje u proizvodnji tradicionalnih proizvoda. Antimikrobni sastojci koji se koriste u hrani imaju dvije glavne zadaće, a to su očuvanje hrane te kontrola rasta mikroorganizama (Tajkarimi i sar., 2010). Antimikrobna aktivnost navedenih vrsta se pripisuje karvakrolu, timolu i eugenolu, koji su u biljkama iz porodice *Lamiaceae* prisutne u velikim količinama, a uz cimet aldehyd i cimetnu kiselinu su karakteristične komponente sa antimikrobnim djelovanjem (Jahić i sar., 2018).

Prema istraživanju Olmedo i sar. (2013), dodavanje eteričnih ulja origana i ruzmarina utiče na očuvanje oksidativnih i fermentativnih svojstava sira. Za potrebe istraživanja koristio se kremasti sir bez dodataka i kremasti sir uz dodatak eteričnih ulja origana i ruzmarina. Rezultati su pokazali kako kremasti sir kojem su dodata eterična ulja ima produženi rok trajanja. Vrijeme čuvanja kremastog sira bez dodataka na temperaturi od 4 - 6°C kreće se oko 30 dana, dok se kremasti sir uz dodatak eteričnih ulja origana i ruzmarina može čuvati i do 35 dana.

Prema istraživanju autora Gutierrez i sar. (2008) došlo se do rezultata koji pokazuju da eterična ulja origana i mažurana, origana i bosiljka te origana i timijana imaju dobre učinke u suzbijanju bakterija *Escherichia coli* i *Pseudomonas aeruginosa*. Eterična ulja, fenoli, vitamini i druge aktivne supstance sadržane u začinskim biljkama su zaslužne za njihova djelovanja. Istraženo je nekoliko začinskih biljaka i to ruzmarin, bijeli luk, vlasac, biber i maslačak, a još se među spomenutima u radu nalaze i crvena mljevena paprika, đumbir te orah (orahovo lišće). Josipović i sar. (2015) su provodili istraživanje na dva uzorka sira, sir bez dodatka i sir sa dodatkom ekstrakta ruzmarina. Nakon skladištenja na 4°C, u trajanju od tri dana, vidljiv je antibakterijski učinak protiv bakterija *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* i *Listeria monocytogenes*. Poređenjem uzoraka koji su se koristili za potrebe istraživanja vidljivo je kako u sva četiri dobijena rezultata uzorak sira sa dodatim ekstraktom ruzmarina, ima manju prisutnost bakterija za razliku od sira koji nema nikakvih dodataka (Josipović i sar., 2015).

3. HIPOTEZE I CILJ RADA

U okviru ovog rada postavljene su sledeće hipoteze:

H1: Autohtoni Janjski sir je moguće proizvesti sa dodatkom različitih začinskih biljaka.

H2: Različite vrste začinskih biljaka utiču na svojstva Janjskog sira.

H3: Različita koncentracija začinskih biljaka utiče na svojstva Janjskog sira.

S obzirom na to da je Janjski sir tradicionalni proizvod osnovni cilj ovog rada je da se proizvedu različite vrste sira i da se ispita uticaj dodatka različitih začinskih biljaka na kvalitet proizvedenih sireva, kao i davanje preporuka za upotrebu određene začinske biljke u odgovarajućim koncentracijama za dalju proizvodnju Janjskog sira.

4. MATERIJAL I METODE

Ispitivani uzorci sira su proizvedeni u malom seoskom domaćinstvu koje se već godinama bavi proizvodnjom mlijeka, Janjskog kajmaka i Janjskog sira pletenice u selu Lipovača, kod Šipova, a analize gotovog proizvoda su vršene u Laboratoriji za prehrambene tehnologije i analizu namirnica i Laboratoriji za instrumentalne analize na Tehnološkom fakultetu Univerziteta u Banjoj Luci. Za potrebe ovog rada proizvedeno je dvanaest uzoraka sira u dvije serije sa po šest uzoraka, od kojih je u svakoj seriji po jedan kontrolni uzorak bez dodatka začina i pet uzoraka sa dodatkom začina: origana, bosiljka, peršuna, ruzmarina i vlasca i to u prvoj seriji u koncentraciji od 0,50 % i u drugoj seriji u koncentraciji od 1,00 % u odnosu na količinu sira.

4.1. Proizvodnja Janjskog sira

Za potrebe ovog rada, originalni način proizvodnje je djelimično izmjenjen, te sir nije ispleten i oblikovan u pletenicu, već je pravljen u obliku rolovanog sira sa dodatkom različitih koncentracija začinskih biljaka ili bez dodataka (u slučaju kontrolnog uzorka). Domaćinstvo za proizvodnju ovog sira i Janjskog kajmaka koristi kravlje mlijeko visokog kvaliteta, dobijeno od sopstvenih 20-ak krava koje su na ispaši u selu Lipovača, koje se nalazi u Janju, na nadmorskoj visini od oko 800m, u prirodnoj i zdravoj sredini bez saobraćaja i industrije.

Proizvodnja se odvijala u dvije serije tako da je u svakoj seriji proizvedeno 6 uzoraka sira od po 500 g. Za obje serije se koristilo po 30L mlijeka. Mlijeko je, nakon večernje muže procijeđeno i pokriveno krpom, te ostavljeno da stoji na sobnoj temperaturi preko noći (14h). Nakon ovog vremena, utvrđena je spremnost mlijeka za sirenje tako što je 100ml mlijeka prebačeno u manju metalnu posudu i zagrijavano, te je posmatrana očekivana promjena mlijeka koja podrazumijeva zgrušavanje mlijeka i izdvajanje surutke. Mlijeko je nakon toga zagrijano na temperaturu od 38°C, te mu je dodato 60ml sirila na količinu od 30L mlijeka (2%). Posuda je nakon toga ostavljena na toplom 20min da bi sirilo djelovalo, poslije čega je zagrijana na temperaturu od 50°C. Nakon toga, sadržaj koagulisiranog mlijeka je lagano miješan kašikom 10 min, te je na taj način izvršeno rezanje gruš. Kada se gruša počeo izdvajati, rukama je stiskan 10 min uz stijenke posude radi istiskivanja surutke iz sirnog tijesta. Temperatura surutke u ovoj fazi je bila 48°C. Obrada gruš na ovaj način daje sirnom tijestu potrebnu elastičnost, nakon čega se dio po dio tijesta vadio iz surutke uz dodatno pritiskanje radi odstranjivanja viška surutke. Odvojeni dio sirnog tijesta je odvagano na količinu od 500 g, razvučen stiskanjem rukama na ravnoj podlozi na debljinu od 1cm nakon čega je ravnomjernim posipanjem po površini dodata so u količini od 1,50% i željeni začini u koncentraciji od 0,50% za prvu i 1,00

% za drugu seriju. Gotovi rolati sira su ostavljeni na nagnutoj podlozi pola sata da bi se odstranio višak surutke, nakon čega je sir spakovan u plastičnu foliju i ohlađen u frižideru na +4 °C i čuvan na istoj temperaturi do momenta vršenja analiza.

Za potrebe ovog rada proizvodnja se odvijala u dvije serije sa po šest uzoraka, uz dodatak različite koncentracije začinskih biljaka prikazanih u Tabeli 4.1. Svaka serija je imala po jedan kontrolni uzorak, bez dodataka začina.

Tabela 4.1. Vrsta i koncentracija začinskih biljaka u ispitivanim uzorcima

	Uzorak	Vrsta začinske biljke	Koncentracija (%)
Serija 1	1.1.	-	-
	1.2.	Origano	0,50
	1.3.	Bosiljak	0,50
	1.4.	Peršun	0,50
	1.5.	Ruzmarin	0,50
	1.6.	Vlasac	0,50
Serija 2	2.1.	-	-
	2.2.	Origano	1,00
	2.3.	Bosiljak	1,00
	2.4.	Peršun	1,00
	2.5.	Ruzmarin	1,00
	2.6.	Vlasac	1,00

Kao začinske biljke su korištene zapakovane, usitnjene začinske biljke u sušenom obliku (proizvođač: "KOTANYI GmbH" Wolkersdorf, Austrija), kupljene u obližnjem marketu (slika 4.1.).



Slika 4.1. Začinske biljke korištene za proizvodnju Janjskog sira (vlastiti izvor)

4.2. Analize ispitivanog Janjskog sira sa začinskim biljkama

Da bi se ispitao kvalitet proizvedenih uzoraka sira vršene su sljedeće analize:

- Određivanje sadržaja suve materije i vode, sušenjem na 105°C do konstantne mase;
- Određivanje sadržaja ukupnog pepela, metodom direktnog spaljivanja;
- Određivanje sadržaja proteina, metodom po Kjeldahl-u;
- Određivanje sadržaja masti, acidobutirometrijskom metodom po Gerber-u;
- Određivanje sadržaja hlorida, metodom po Volhard-u;
- Određivanje stepena kiselosti, metodom po Soxhlet Henkel-u;
- Mjerenje pH vrijednosti, instrumentalno pomoću pH-metra;
- Mjerenje aktivnosti vode instrumentalno, aparatom za mjerenje aktivnosti vode;
- Instrumentalno mjerenje boje, a kvalitet boje je prikazan u CIE L*a*b* sistemu;
- Mjerenje teksture, instrumentalno pomoću teksturometra;
- Određivanje mineralnog sastava, koristeći atomsku emisiju spektrometriju s indukovano spregnutom plazmom (ICP-AES);
- Određivanje kvalitativnog i kvantitativnog sastava masnih kiselina, GC analitičkom tehnikom;
- Senzorna analiza odabranih pokazatelja kvaliteta proizvoda, primjenom metoda deskriptivne senzorne analize.

U svrhu ispitivanja uticaja dodatka začina na antioksidativnu aktivnost sira vršene su sljedeće analize proizvedenih sireva:

- Određivanje sadržaja ukupnih fenola;
- Određivanje sadržaja ne flavonoida;
- Određivanje ukupnih flavonoida;

- Određivanje antioksidativnih osobina DPPH metodom;
- Određivanje antioksidativne aktivnosti ABTS⁺ metodom;
- Određivanje ukupne antioksidativne vrijednosti FRAP metodom.

Sve analize su vršene sa 3 ponavljanja, osim instrumentalnog mjerenja boje, instrumentalnog mjerenje teksture i senzorne analize sira. Instrumentalno mjerenje boje i teksture izvedeno je sa 10 ponavljanja, a senzorna analiza sira je vršena sa 5 ponavljanja. Rezultati ispitivanja sira predstavljeni su kao srednja vrijednost pojedinačnih mjerenja $\pm$ SD.

- **Određivanje sadržaja suve materije i vode, sušenjem do konstantne mase**

Sadržaj suve materije u uzorcima sira određen je metodom sušenja. Metoda određivanja se sastoji u sušenju određene količine uzorka do konstantne mase. Sušenje se obavlja na temperaturi od $102 \pm 2^\circ\text{C}$ (BAS EN ISO 5534:2006). Sadržaj suve materije (SM) u ispitivanim uzorcima je izražen u g/100g, odnosno u procentima (%).

$$SM (\%) = \frac{b}{a} * 100$$

Gdje je:

a - odvagana količina sira (g),

b - ostatak poslije sušenja (razlika u masi posude sa ostatkom poslije sušenja i mase prazne posude) (g).

$$\text{Sadržaj vode (\%)} = \frac{a}{b} * 100$$

Gdje je:

a - razlika u masi posude sa uzorkom prije i poslije sušenja(g),

b - odvagana količina sira (g).

Sadržaj vode u bezmasnoj materiji sira (VuBMS) se računa prema formuli (Popović-Vranješ, 2015):

$$VuBMS(\%) = \frac{\text{Sadržaj vode (\%)}}{100 - \text{Sadržaj masti (\%)}} * 100$$

- **Određivanje sadržaja ukupnog pepela, metodom direktnog spaljivanja**

Sadržaj ukupnog pepela u ispitivanim uzorcima sira određen je metodom direktnog spaljivanja (Carić i sar., 2000). Princip određivanja sadržaja pepela se zasniva na sagorijevanju organskih materija uzorka i žarenju mineralnog ostatka u mufolnoj peći na 550°C . Pepeo predstavlja

neorganski ostatak poslije žarenja uzorka. Sadržaj pepela u ispitivanim uzorcima je izražen u g/100g, odnosno u procentima (%).

$$\text{Sadržaj pepela (\%)} = \frac{a}{b} * 100$$

Gdje je:

- a- razlika u masi posude sa uzorkom prije i poslije spaljivanja (g),
- b- odvagana količina sira (g).

- **Određivanje sadržaja proteina, metodom po Kjeldahl-u**

Sadržaj proteina u ispitivanim uzorcima sira utvrđen je na osnovu sadržaja ukupnog azota, određenog metodom po Kjeldahl-u, te množenjem sa faktorom 6,38 (BAS EN ISO 8968-1:2015). Određivanje podrazumijeva digestiju uzorka koncentrovanom sumpornom kiselinom, uz bakar(II)-sulfat kao katalizator da bi se ukupni azot (UN) preveo u amonijum jone. Nakon toga se vrši alkalizacija sa natrijum-hidroksidom, destilacija oslobođenog amonijaka u višak rastvora borne kiseline i titracija hlorovodoničnom kiselinom, da bi se odredio amonijak vezan za bornu kiselinu. Sadržaj proteina u uzorku je izražen u g/100g, odnosno u procentima (%).

$$\text{UN (\%)} = \frac{0,0014 * (V_1 - V_2)}{m} * 100$$

Gdje je:

- V₁- broj ml hlorovodinične kiseline utrošene za titraciju uzorka,
 - V₂- broj ml hlorovodinične kiseline utrošene za titraciju slijepe probe,
 - m- odvagana količina sira (g).
- Sadržaj proteina (%) = UN (%) * 6,38

- **Određivanje sadržaja masti, acidobutirometrijskom metodom po Gerber-u**

Za određivanje sadržaja masti korištena je acidobutirometrijska metoda po Gerber-u (BAS ISO 11870:2012) koja se zasniva na principu rastvaranja proteina sira sumpornom kiselinom određene koncentracije, pri čemu kapljice mliječne masti ostaju suspendovane u jako kiselom rastvoru i izdvajaju se dejstvom centrifugalne sile. Upotreba amil alkohola smanjuje površinski napon i olakšava izdvajanje masti. Prisutni sadržaj masti (SM) se očitava direktno na skali butirometra i izražava kao broj grama masti u 100 g uzorka (g/100 g). Sadržaj masti u suvoj materiji (MuSM) se izražava na osnovu suve materije (Popović-Vranješ, 2015):

$$\text{MuSM (\%)} = \frac{\text{SM (\%)}}{100 - \text{Sadržaj vode (\%)}} * 100$$

- **Određivanje sadržaja hlorida, metodom po Volhard-u**

Sadržaj hlorida određen je metodom po Volhard-u (Trajković i sar., 1983) koja se zasniva na principu oslobađanja natrijum-hlorida iz sira nakon razaranja organskih supstanci pomoću azotne kiseline i kalijum-permanganata. Hloridi se talože rastvorom srebro-nitrata u suvišku, a višak jona srebra se retitrira amonijum-rodanidom, gdje se kao indikator koristi gvožđe(III)-amonijum-sulfat.

Udio natrijevog hlorida u analiziranim uzorcima sira, izražen je u postocima (%) dobijenim na sljedeći način:

$$\text{NaCl (\%)} = \frac{4 * A * 0,00585}{m} * 100$$

gdje je je:

A – broj ml utrošenog standardnog rastvora AgNO_3 za titraciju (1ml rastvora AgNO_3 ($C_{\text{AgNO}_3} = 0,1 \text{ mol/l}$) odgovara 0,00585 g NaCl),

m – odvagana količina sira (g).

- **Određivanje stepena kiselosti, metodom po Soxhlet Henkel-u**

Stepen kiselosti ispitivanih uzoraka sira ($^{\circ}\text{SH}$) određen je metodom po Soxhlet-Henkelu-u uz modifikaciju po Morres-u. Metoda podrazumijeva očitavanje broja utošenih mililitara rastvora natrijum-hidrooksida $C_{\text{NaOH}} = 0,1 \text{ mol/l}$ potrebnih za neutralizaciju 100 ml uzorka, uz indikator fenolftalein (Carić i sar., 2000).

Kiselost (K) sira je izračunata po formuli:

$$K(^{\circ}\text{SH}) = V * 8$$

gdje je:

V- broj ml 0,1M rastvora NaOH utrošenog za neutralizaciju.

- **Mjerenje pH vrijednosti, instrumentalno pomoću pH-metra**

Mjerenje pH vrijednosti ispitivanih uzoraka sira izvršeno je primjenom digitalnog pH-metra sa ubodnom kombinovanom elektrodom (HANNA HI 99161, Cluj-Napoca, Romania) kalibrisanim prema uputstvu proizvođača.

- **Mjerenje aktivnosti vode instrumentalno, aparatom za mjerenje aktivnosti vode**

Aktivnost vode (a_w) u uzorcima sira određen je pomoću higrometra NOVASINA labMASTER- a_w (Switzerland) pri konstantnoj temperaturi od 25°C. Postupak podrazumijeva punjenja mjerne posude do 2/3 njene visine sa homogenizovanim uzorkom sira i postavljanje u mjerni dio.

- **Instrumentalno mjerenje boje**

Instrumentalno mjerenje boje sira vršeno je pomoću spektrofotometra CM-2600d (KONICA MINOLTA SENSING INC, Japan) opremljenog sa standardnim izvorom svjetlosti D65, sa standardnim uglom zaklona od 10°. Kalibracija instrumenta se vrši korišćenjem bijele kalibracione ploče. Mjerenje boje na ovom aparatu podrazumijeva nekoliko faza:

- definisanje parametara za mjerenje boje,
- kalibracija instrumenta,
- priprema uzorka,
- mjerenje vrijednosti parametara boje (L^* , a^* , b^*).

Karakteristike boje su iskazane u CIE $L^*a^*b^*$ (CIE, 1976), koji je zasnovan na tri koordinate preko kojih se definiše boja uzoraka: L^* (svjetloća boje), a^* (udio crvene boje ($+a^*$) ili zelene boje ($-a^*$) i b^* (udio žute boje ($+b^*$) ili plave boje ($-b$)) (Vučić i sar., 2017).

- **Mjerenje teksture, instrumentalno pomoću teksturometra**

Tekstura (tvrdoća/ mekoća) sira određena je mehanički, pomoću teksturometra (Texture Analyser TA.XT plus Texture Analyser Stable Micro Systemsn (Godalming, UK)). Prilikom testiranja korišten je aparat Warner-Blatzler sa čelijom za sječenje (knife blade HDP/ BSK). Opterećenje čelije je 25 kg, a brzina noža tokom testa 4,00 mm/s, rastojanje 20,00 mm. Uzorci sira pripremljeni su sječenjem pomoću kalupa u pravougaoni oblik (1x1 cm, dužine 5 cm) i na takvim uzorcima je vršeno mjerenje. Teksturometar mjeri silu (kg) potrebnu da nož čelije, sa određene udaljenosti (mm) prodre u tkivo sira, simulirajući proces žvakanja.

- **Određivanje mineralnog sastava**

Za određivanje mineralnog sastava uzorci su pripremljeni vlažnim spaljivanjem, u smjesi kiselina. Odvagano je oko 5 g ($\pm 0,0001$ g) uzorka ispitivanih sireva i preliveno sa 10 mL konc. azotne kiseline. Vršiti se zagrijavanje dok ne prestane razvijanje para. Zatim se doda 10 mL

razblažene azotne kiseline (1:1) i 10 mL konc. perhlorne kiseline. Ponovo se vrši zagrijavanje do suva. Zaostale mineralne materije se rastvore u razblaženoj hlorovodoničnoj kiselini (1:3) i filtriraju preko filter-papira (plava traka) u odmjernu tikvicu od 100 mL i ispreru još sa malo dejonizovane vode. Odmjerna tikvica se dopuni dejonizovanom vodom do oznake. Uporedo se na isti način priprema i slijepa proba. Za određivanje makroelemenata uzorci su prethodno razrijeđeni ($R=10$).

Mineralni sastav ispitivanih uzoraka sira određen je instrumentom ICP-OES Optima 8000, proizvođača Perkin Elmer. Kao standard za kalibraciju instrumenta je korišten CRM istog proizvođača koncentracije 100 µg/mL. Za potrebe kalibracije pripremljeni su standardni rastvori različitih koncentracija, razblaživanjem sa 5% HNO₃. Za mikroelemente su korištene sljedeće koncentracije: 0,1; 0,5; 1,0; 2,0 i 5,0 µg/mL, a za makroelemente su korištene koncentracije: 1,0; 5,0; 10 i 15 µg/mL. Slijepa proba standarda je 5 %-tna HNO₃. Nakon pripreme kalibracione krive, analizirani su uzorci i slijepa proba uzorka.

Tabela 4.2. Analitički parametri ICP-OES Optima 8000 instrumenta

Snaga generator (W)	1500
Protok argona za plazmu (L/min)	8
Protok pomoćnog gasa Ar (L/min)	0.2
Protok gasa za raspršivanje (unošenje) uzoraka(L/min)	0.7
Protok uzorka (ml/min)	1
Pravac posmatranja plazme	aksijalni i radijalni
Visina pogleda (mm)	15
Procesni dijagram	površina (sedam tačaka)
Broj ponavljanja	3
Vrijeme očitavanja(s)	45
Kalibracija	linearna zavisnost
Raspršivač	Scott
Nebulizer	Perkin-Elmer cross-flow
Injektor i.d (mm)	2.0 (Alumina)
Kvarcna baklja	1-slot

Korišteni standardi:

- Perkin Elmer Pure Plus – Instrument Calibration Standard 2 (multielementarni) LOT CL3- 191MKBY1
- Perkin Elmer Pure – Wave Cal Solution (multielementarni) LOT 43-71AS (P, S)
- Perkin Elmer Pure – Mercury (Hg 1000mg/L) LOT 20-13HGY1

Tabela 4.3. Određivanje koncentracije elemenata primjenom ICP-OES-a

Element	Talasna dužina	Limit detekcije (µg/L) P.Elmer	R ²	Koncentracija za kalibraciju (mg/L)
Na	589,592	0,5	0,9951	1-15
Ca	317,933	0,05	0,9869	1-15
K	766,490	1	0,9969	1-15
P	213,617	4	0,9989	0,1-5
Mg	285,213	0,04	0,9998	0,1-5
Zn	206,200	0,2	0,9920	0,1-5
Fe	238,204	0,1	0,9996	0,1-5
Mn	260,568	0,1	0,9999	0,1-5
Cu	327,393	0,4	0,9998	0,1-5
Se	196,026	2	0,9997	0,1-5

- Određivanje kvalitativnog i kvantitativnog sastava masnih kiselina**

Za određivanje masnih kiselina korišten je instrument Clarus 680 Perkin Elmer sa FID detektorom, kolona Elite-wax L 60 m, ID 0.32, DF 0.5, uz standard: Sigma Aldrich Supelco 37 components FAME MIX. Temperatura injektora i detektora 250°C, volumen uzorka 1 µL, temperaturni režim 60°C 2 minute, 10°C/min do 200°C, 5°C/min do 240°C i 30 min na 240°C. Ukupno vrijeme trajanja 54 min, protok 1,5 ml/min, gasovi azot (nosač), vodonik i vazduh (za FID).

Tabela 4.4. Uslovi analize za određivanje masnih kiselina na gasnom hromatografu

Kolona:	Elite-wax L 60 m, ID 0.32, debljina filma 0,5 µm
Temperaturni program:	60°C- 2 minute 10°C/min do 200°C 5°C/min do 240°C 240°C- 30 minuta
Trajanje analize:	54 minute
Gas nosač:	Azot
Protok gasa nosača:	1,5mL/min
Temperatura injektora:	250°C
Temperatura detektora:	250°C
Volumen uzorka:	1µl

Acidobutirometrijskom metodom su prvo pripremljeni uzorci sira za određivanje sadržaja masti (BAS ISO 11870:2012, BAS ISO 19662:2019) tako što je iz butirometra mikropipetom izvađena izdvojena mast i odvagano je 100 mg u epruvetu od 20 ml (sa vijačnim poklopcem)

ili u reakcionu bočicu. Mast je zatim rastvorena sa 10 ml heksana, nakon čega je dodano 100 μ l 2M kalijum hidroksida u metanolu. Zatvorena epruveta ili bočica je centrifugirana 30 sekundi na 3000 obrt/min. Bistri rastvor je potom prebačen u bočicu (vialu) od 2 ml.

Sastav masnih kiselina prikazan je kao procentualni udio pojedinačnih masnih kiselina u ukupnim masnim kiselinama (g/100g ukupnih masnih kiselina).

- **Senzorna ocjena**

Senzorna svojstva i kvalitet sira su utvrđena deskriptivnom senzornom analizom, koja podrazumjeva kvantitativno ispitivanje i ocjenu kvaliteta više svojstava nekog prehrambenog proizvoda. Senzornu ocjenu vršila je grupa od 5 ocjenjivača za svaku seriju proizvodnje. Izgled, boja, miris, ukus i konzistencija su senzorna svojstva koja su ocjenjivana sistemom bodovanja sa skalom od 1 do 5 (1=veliko odstupanje od očekivanog kvaliteta, do 5=nema odstupanja) (BAS ISO 22935-2:2011; BAS ISO 22935-3:2011).

- **Priprema uzoraka za određivanje antioksidativne aktivnosti**

Uzorci ispitivanih sireva su odvagani u količini od 2,5 g i pomiješani sa 15 ml 80%-tnog rastvora a potom homogenizovani u ultrazvučnoj kadi (10 minuta) i ekstrahovani 10 minuta na povratnom hladilu. Ekstrakcija je ponovljena dva puta, a između dvije ekstrakcije je vršena filtracija. Po završetku ekstrakcije, ekstrakt je dopunjen 80%-tnim etanolom do 50 ml da bi se dobio radni rastvor za određivanje ukupnih fenola, neflavonoida, ukupnih flavonoida, odnosno osnovni rastvor za određivanje antioksidativne aktivnosti uzoraka FRAP, DPPH i ABTS testom.

- **Određivanje sadržaja ukupnih fenola**

Sadržaj ukupnih fenola određen je spektrofotometrijski modifikovanom metodom Folin-Ciocalteu (Wolfe, 2003) zasnovanoj na obojenoj reakciji fenola s Folin-Ciocalteu reagensom i mjerenjem nastalog inteziteta obojenja na 765 nm, po sljedećem postupku:

Pomiješa se 1,5 ml radnog rastvora FolinaCiocalteu sa 1,5 ml 7,5%-tnog rastvora natrijum hidrogen karbonata i 0,2 ml uzorka i ostavi da stoji 30 minuta u tamnom na sobnoj temperaturi, a zatim se mjeri apsorbancija na 765 nm, uz slijepu probu (1,5 ml 7,5%-tnog rastvora natrijum hidrogen karbonata, 1,5 ml radnog rastvora Folina-Ciocalteu i 0,2 ml rastvarača sa kojim su ekstrahovani fenoli).

Folin Ciocalteu (FC) reagens predstavlja smjesa fosfovolframove i fosfomolibden kiseline, a pri oksidaciji fenolnih jedinjenja ove kiseline se redukuju u volframov oksid i molibdenov oksid, koji su plavo obojeni i čija se apsorbanacija mjeri na 765 nm. Radni rastvor Folina-Ciocalteu je pripremljen razrjeđenjem osnovnog rastvora Folina-Ciocalteu reagensa (2 M) sa vodom u odnosu 1:10.

Sadržaj fenola izračunat je na osnovu kalibracione krive standardnog rastvora galne kiseline. Na osnovu izmjerenih vrijednosti apsorbanacija i poznatih vrijednosti koncentracija galne kiseline, definisana je kalibraciona kriva na osnovu koje je određena koncentracija ukupnih fenola u uzorcima. Rezultati su izraženi kao ekvivalent galne kiseline u gramu uzorka ($\mu\text{g GAE/g}$).

- **Određivanje sadržaja neflavonoida**

Sadržaj neflavonoida je određen prema formaldehidskoj metodi (Alberto i sar., 2006). Za taloženje flavonoidnih jedinjenja primjenjuje se formaldehid koji reaguje sa C-6 ili C-8 na 5,7-dihidroksi flavonoidu stvarajući metilol derivate koji dalje reaguju s drugim flavonoidnim jedinjenjem takođe na C-6 ili C-8 položaju itd.

Određivanje je vršeno na sljedeći način:

U epruvetu je otipetirano 1 ml uzorka, 1 ml 1:4 hlorovodonične kiseline (HCl) i 0,5 ml rastvora formaldehida koncentracije 8 mg/ml. Rastvor je ostavljen 24 sata na sobnoj temperaturi, nakon čega su filtracijom odstranjene kondenzovane molekule. Preostala fenolna jedinjenja u filtratu su određena Folin-Ciocalteu metodom (Wolfe i sar., 2003). Rezultati su izraženi kao ekvivalent galne kiseline u gramu uzorka ($\mu\text{g GAE/g}$).

- **Određivanje ukupnih flavonoida**

Udio flavonoida je izračunat iz razlike sadržaja ukupnih fenola i neflavonoida prema formuli vodeći računa o faktoru razrjeđenja i načinu pripreme reakcijske smjese.

- **Određivanje antioksidativnih osobina DPPH metodom**

Za određivanje antioksidativnih osobina DPPH korištena je metoda LiyanaPathiranana i Shahidi (Liyana-Pathiranana i Shaidi, 2005) koja se zasniva na upotrebi stabilnog 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil radikala (DPPH) koji ima nesporeni elektron koji postiže apsorpcijski maksimum na 517 nm i ljubičaste je boje. Kao rezultat sparivanja nesporenog elektrona DPPH radikala s vodonikom antioksidansa dolazi do prelaza ljubičaste boje u žutu i stvaranja

redukovanog DPPH-H. Promjena boje je u stehiometrijskom odnosu s brojem sparenih elektrona (Lisica, 2016).

Određivanje je vršeno kroz sljedeći postupak:

Prvo je otpipetirano u epruvete po 200 µl standardnog rastvora troloxa (koncentracija: 25, 50, 100, 200 i 300 µM), 3,8 ml metanola i 1 ml 0,5 mM rastvora DPPH. Sadržaj je promješan i ostavljen da stoji 20 minuta u mraku na sobnoj temperaturi, nakon čega je izmjerena apsorpcija na 517 nm uz metanol kao slijepu probu. Kalibraciona kriva je konstruisana na osnovu izmjerenih vrijednosti apsorbanacija i poznatih vrijednosti koncentracija troloxa.

Za određivanje antioksidativnog kapaciteta u epruvetu je otpipetirano 2 ml pripremljenog razrijeđenog ekstrakta, 2 ml metanola i 1 ml 0,5 mM rastvora DPPH. Za kontrolni uzorak je otpipetirano 4 ml metanola i 1 ml 0,5 mM rastvora DPPH. Epruvete su ostavljene da stoje 20 minuta u mraku, na sobnoj temperaturi, nakon čega je izmjerena apsorpcija na 517 nm, uz metanol kao slijepu probu.

Procenat inhibicije slobodnog radikala računat je prema sljedećoj formuli:

$$I (\%) = \frac{A_k - A_{uzorak}}{A_k} * 100$$

gdje je:

I (%) -procenat inhibicije,

A_k - apsorbanacija kontrolnog uzorka,

A_{uzorak} - apsorbanacija uzorka.

Koristeći baždarni pravac očitana je koncentracija Troloxa koja odgovara apsorbanaciji ispitivanog antioksidansa (uzorka). Nakon toga preračunat je antioksidativni kapacitet na početnu masu uzorka a rezultati izraženi kao µmol Trolox ekvivalenta po gramu uzorka (µmol TE/g).

- **Određivanje antioksidativne aktivnosti ABTS⁺ metodom**

ABTS⁺ metoda je slična DPPH metodi. Kod ABTS⁺ metode se koristi plavo-zeleno obojeni radikal 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolin-6-sulfonske kiseline ABTS) (Mišković, 2016).

Metoda se zasniva na kolorimetrijskom mjerenju stepena obezbojavanja ABTS⁺ radikala u prisustvu antioksidanasa. ABTS⁺ radikalski katjon se dobija oksidacijom ABTS sa K₂S₂O₈ (kalijum persulfat) prije dodavanja antioksidanasa. Relativno stabilan ABTS⁺ radikal je zelene boje i određuje se spektrofotometrijski na 734 nm. ABTS⁺ test je urađen po metodi koju su

prvobitno opisali Re i sar. (1999). Radni rastvor ABTS A se priprema miješanjem osnovnih rastvora:

- 7 mM rastvor ABTS u vodi i
- 2,4 mM rastvor kalijum persulfata u vodi u jednakim količinama,

i ostave u tami, na sobnoj temperaturi da izreaguju 12-16 h.

Nakon toga se radni rastvor ABTS A razrijedi na taj način što se pomiješa 1 ml radnog rastvora ABTS A sa 60 ml metanola i mjeri mu se apsorbanacija koja mora iznositi 0,706 (+/- 0,001) na 734 nm. Na ovaj način se dobije radni rastvor ABTS B. Slijepa proba u ovom slučaju je samo metanol (2 ml). Radni rastvor ABTS B se mora uvijek svjež pripremati.

Prije mjerenja apsorbanacije uzorka potrebno je izmjeriti A kontrol na način da se pomiješa 1 ml radnog rastvora ABTS B sa 1 ml metanola. Slijepa proba je 2 ml metanola.

Za mjerenje apsorbanacije 1 ml uzorka pomiješa se sa 1 ml radnog rastvora ABTS B, ostavi se da reaguje u tami 7 minuta na sobnoj temperaturi i mjeri se njegova apsorbanacija na 734 nm. Za svaku novu koncentraciju uzorka potrebno je imati novu slijepu probu (1 ml metanola i 1 ml uzorka te koncentracije).

Procenat inhibicije slobodnog radikala je izračunat je prema formuli:

$$I (\%) = \frac{A_k - A_{uzorak}}{A_k} * 100$$

gdje je:

I (%) -procenat inhibicije,

A_k - apsorbanacija kontrolnog uzorka,

A_{uzorak} - apsorbanacija uzorka.

Za izradu baždarenih pravaca je korišten Trolox. Na osnovu izmjerenih vrijednosti apsorbanacija i poznatih vrijednosti koncentracija Trolox-a, konstruisana je kalibraciona kriva. Koristeći kalibracionu krivu, ista se preračuna na koncentraciju Trolox-a kojom se postiže isti reakcijski učinak (obezbojenje rastvora radikala pri istim uslovima). Rezultati su izraženi kao μmol Trolox ekvivalenta po gramu uzorka ($\mu\text{mol TE/g}$).

- **Određivanje ukupne antioksidativne vrijednosti FRAP metodom**

Određivanje je vršeno po metodi koju su razvili Benzie i Strain (1996) koja se zasniva na reakciji redukcije u kiselom medijumu (pH=3,6) žuto obojenog kompleksa željezo 2,4,6-tripiridil-s-triazina (TPTZ) pri čemu nastaje plavo obojeno jedinjenje. Pri nižim pH vrijednostima smanjuje se jonizacijski potencijal koji omogućava prenos elektrona, a ujedno

se povećava redoks potencijal, koji će dodatno omogućiti pomjeranje reakcije u smjeru prenosa elektrona. Redoks potencijal reakcije $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ iznosi 0,77 V i sva jedinjenja sa nižim redoks potencijalom će ulaziti u reakciju redukcije željeza, doprinoseći konačnom rezultatu antioksidativnog kapaciteta (Živko, 2012).

Radni reagens FRAP-a je pripremljen neposredno prije početka rada miješanjem 25 ml pripremljenog acetatnog pufera, 2,5 ml rastvora TPTZ i 2,5 ml rastvora $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, nakon čega je termostatisan na 37°C. 0,2 ml uzorka (koncentracije 500 µg/ml) se pomiješa sa 1,8 ml FRAP radnog reagensa, inkubira 10 min na 37°C i mjeri se apsorbancija na 593 nm uz slijepu probu. Kao slijepa proba koristi se 1,8 ml FRAP radnog rastvora i 0,2 ml destilovane vode. Na osnovu izmjerenih vrijednosti apsorbancija i poznatih vrijednosti koncentracija standardnih rastvora $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (0,1-1mM) se konstruiše kalibraciona kriva a iz jednačine pravca se očita koncentracija FeSO_4 koja odgovara apsorpciji ispitivanog antioksidansa (uzorka), te se preračuna antioksidativni kapacitet na početnu masu uzorka. Rezultati su predstavljeni kao µmol Fe(II)/g uzorka.

- **Statistička obrada podataka**

Dobijeni rezultati svih mjerenja obrađeni su primjenom softverskog paketa Microsoft Excel 2013 i računarskog programa IBM SPSS Statistics 22.0 za Windows (Armonk, NY, United States). Rezultati dobijeni u analizama vršenim za potrebe ovog rada su prikazani kao srednje vrijednosti pojedinačnih rezultata tri slučajno odabrana uzorka proizvoda ± standardna devijacija (SD). Značajnost razlika između aritmetičkih sredina je određena analizom varijanse sa jednom nezavisno promjenjivom (One way ANOVA) i višestrukog testa intervala (Tukey HSD – test) i izražena sa 95% vjerovatnoće ($p < 0,05$).

5. REZULTATI RADA I DISKUSIJA

5.1. Rezultati fizičko - hemijskih analiza sira

5.1.1. Sadržaj vode

Jedan od osnovnih kriterijuma klasifikacije sireva jeste sadržaj vode u siru. U Tabeli 5.1. prikazane su srednje vrijednosti ukupnog sadržaja vode i sadržaja vode u bezmasnoj materiji sira (VuBMS) u ispitivanim uzorcima sira.

Tabela 5.1. Srednje vrijednosti ukupnog sadržaja vode i sadržaja vode u bezmasnoj materiji sira (VuBMS) u ispitivanim uzorcima sira

Serija 1			Serija 2		
Uzorak	Sadržaj vode (%)	VuBMS (%)	Uzorak	Sadržaj vode (%)	VuBMS (%)
1.1.	57,72 ^f ±0,10	70,38 ^f ±0,12	2.1.	49,27 ^{a-b} ±0,06	63,17 ^a ±0,08
1.2.	54,89 ^c ±0,10	66,94 ^c ±0,11	2.2.	49,29 ^{a-b} ±0,38	63,19 ^a ±0,49
1.3.	54,35 ^b ±0,27	66,28 ^b ±0,32	2.3.	51,31 ^d ±0,22	65,79 ^d ±0,28
1.4.	56,92 ^e ±0,33	69,42 ^e ±0,41	2.4.	49,49 ^b ±0,14	63,86 ^b ±0,18
1.5.	53,39 ^a ±0,28	65,11 ^a ±0,23	2.5.	48,96 ^a ±0,20	63,35 ^{a-b} ±0,00
1.6.	55,93 ^d ±0,23	68,21 ^d ±0,28	2.6.	50,41 ^c ±0,33	64,63 ^c ±0,42

^{a-f} srednje vrijednosti sa različitim slovima u istoj koloni se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (p<0,05)

Ukupan sadržaj vode u ispitivanim uzorcima sira prve serije se kretao od 53,39% (uzorak 1.5.) do 57,72% (uzorak 1.1.). U drugoj seriji ukupan sadržaj vode se kretao od 48,96% (uzorak 2.5.) do 51,31% (uzorak 2.3.). Dakle, ukoliko se posmatraju obje serije, uzorci prve serije su imali veći sadržaj vode od uzoraka druge serije. Prema istraživanjima Dozet i sar., (1980), sadržaj vode u siru “presukači” je iznosio 21,42%.

Na osnovu podataka o ukupnom sadržaju vode i masti u siru računa se sadržaj vode u bezmasnoj materiji sira (VuBMS), na osnovu koje se sirevi dijele na sljedeće grupe (Sl. glasnik BiH, 21/11):

- ekstra tvrdi sir sa manje od 51% vode u bezmasnoj suvoj materiji sira, a minimalan period zrenja je šest mjeseci;
- tvrdi sir sa 49% do 56% vode u bezmasnoj suvoj materiji sira, a minimalan period zrenja je pet nedjelja;
- polutvrdi sir sa 54% do 69% vode u bezmasnoj suvoj materiji sira, a minimalan period zrenja je dvije nedjelje;
- meki sir sa više od 67% vode u bezmasnoj suvoj materiji sira, a minimalan period zrenja je sedam dana i
- svježi sir koji sadrži od 69% do 85% vode u bezmasnoj materiji sira.

Sadržaj vode u besmasnoj materiji Janjskog sira prve serije se kretao od 65,11% (uzorak 1.5.) do 70,38% (uzorak 1.1.). Sadržaj vode u bezmasnoj materiji sira uzoraka druge serije se kretao od 63,17 % (uzorak 2.1.) do 65,79% (uzorak 2.3.). Na osnovu dobijenih rezultata, te prema navedenoj klasifikaciji sira prema Pravilniku o proizvodima od mlijeka i starter kultura (Sl. glasnik BiH, 21/11), uočava se da uzorak 1.1. (VuBMS=70,38%) i uzorak 1.4. (VuBMS=69,42%) mogu da se svrstaju u grupu svježih sireva (VuBMS= 69% do 85%), uzorak 1.6. (68,21%) bi po ovoj klasifikaciji pripadao grupi mekih sireva bez zrenja, dok ostali uzorci obje serije, na osnovu dobijenih rezultata, imaju manje vrijednosti za VuBMS koja se kretala od 63,17% (uzorak 2.1.) do 66,94% (uzorak 1.2.), te bi pripadali grupi polutvrdih sireva bez zrenja. Ustanovljeno je da dodatak začina statistički značajno ($p < 0,05$) utiče na ukupan sadržaj vode i sadržaj vode u bezmasnoj materiji sira. Uočava se da su vrijednosti za ukupan sadržaj vode i sadržaj vode u bezmasnoj materiji sira (VuBMS) u prvoj seriji proizvodnje bili veći od uzoraka iz druge serije, bez obzira na dodatak začinskih biljaka.

Sadržaj vode u siru zavisi od vrste sira i načina proizvodnje. Autori Farkye i sar. (1995) su ustanovili da sir Queso Blanco proizveden sa dodatkom sirćetne kiseline ima veći sadržaj vode u odnosu na sir proizveden sa limunskom kiselinom. Shahnawaz i sar., (2014) su vršili istraživanja na Paneer siru gdje je ispitivan uticaj različitih koagulanata na proizvodnju ovog tipa sira. Ustanovljeno je da Paneer proizveden sa dodatkom vinske kiseline ima veći sadržaj vode u odnosu na uzorak sira proizveden sa limunskom kiselinom.

Obzirom da se Janjski sir proizvodi na tradicionalni način, u malim seoskim domaćinstvima, od strane domaćica koje su tehnologiju proizvodnje naslijedile od svojih predaka te sve operacije u proizvodnji izvode “po osjećaju” često bez mjerenja dužine trajanja bilo kojeg od dijelova proizvodnje, rezanje gruš se vrši kašikom, takodje “po osjećaju” kao i kasnije stiskanje sira uz obod suda u kome se pravi gruš, do momenta kad domaćice “ocijene” da je sir “spreman” za pletenje odnosno razvijanje, navedene varijacije rezultata ovog parametra i značajne statističke razlike u rezultatima su očekivane.

5.1.2. Sadržaj masti

Na osnovu analiza koje su izvršene na uzorcima ispitivanog sira, došlo se do rezultata za sadržaj ukupne mliječne masti, a na osnovu tog, kao i podatka o suvoj materiji, izračunate su vrijednosti za sadržaj masti u suvoj materiji sira. Dobijene vrijednosti predstavljene su u Tabeli 5.2.

Tabela 5.2. Srednje vrijednosti sadržaja masti i masti u suvoj materiji (MuSM) u ispitivanim uzorcima sira

Serija 1			Serija 2		
Uzorak	Masti (%)	MuSM (%)	Uzorak	Masti (%)	MuSM (%)
1.1.	18,00±0,00	42,57 ^f ±0,10	2.1.	22,00±0,00	43,37 ^a ±0,06
1.2.	18,00±0,00	39,90 ^c ±0,08	2.2.	22,00±0,00	43,38 ^a ±0,33
1.3.	18,00±0,00	39,43 ^b ±0,23	2.3.	22,00±0,00	45,18 ^d ±0,20
1.4.	18,00±0,00	41,79 ^e ±0,32	2.4.	22,50±0,00	44,54 ^c ±0,12
1.5.	18,00±0,00	38,62 ^a ±0,16	2.5.	22,50±0,00	44,08 ^b ±0,17
1.6.	18,00±0,00	40,85 ^d ±0,21	2.6.	22,00±0,00	44,37 ^{b-c} ±0,30

^{a-f} srednje vrijednosti sa različitim slovima u istoj koloni se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (p<0,05)

Ukupni sadržaj masti u uzorcima prve serije je bio kod svih 6 uzoraka isti (18,00%), dok je druga serija uzoraka imala ukupni sadržaj masti od 22,00% izuzev uzorka 2.4. i 2.5. sa vrijednošću od 22,50%. Statističkom analizom nije uočen značajan uticaj dodatka začinskih biljaka na ukupan sadržaj masti (p>0,05), dok je u svakoj seriji dodatak začina imao značajan uticaj (p<0,05) na sadržaj masti u suvoj materiji sira. Na sastav sira, a naročito na sadržaj vlage i masti utiče početni sastav mlijeka (Dozet i sar., 1978). Sadržaj masti u istraživanju Dozet i sar., (1980) u siru “presukači” iznosio je 24,37%.

Količina masti u suvoj materiji sira zavisi u prvom redu od količine masti u mlijeku, te tehnološkog procesa, koji uzrokuje veće ili manje gubitke (Slavonec, 1972). Da bi se postigao odgovarajući postotak masti u suvoj materiji sira potrebna je dnevna i tačna standardizacija mlijeka. Kod toga je neophodno uzimati u obzir njegov sastav, a u prvom redu kolebanja u količini proteina (Renner i sar., 1966).

Iz dobijenih rezultata prve serije vidi se da se sadržaj masti u bezmasnoj materiji sira ispitivanih uzoraka kretao od 38,62% (uzorak 1.5.) do 42,57% (uzorak 1.1.). Rezultati ispitivanja druge serije pokazuju da se sadržaj masti u bezmasnoj materiji sira kretao od 43,37% (uzorak 2.1.) do 45,18% (uzorak 2.3.).

Sadržaj masti u suvoj materiji sira (MuSM) je jedan od kriterijuma podjele sireva na sljedeće grupe (Službeni glasnik BiH, 21/11):

- ekstrasmasni sir sa najmanje 60% masti u suvoj materiji,
- punomasni sir sa 45% do 60% masti u suvoj materiji,
- masni sir sa 25% do 45% masti u suvoj materiji,
- polumasni sir sa 10% do 25% masti u suvoj materiji i
- posni sir sa manje od 10% masti u suvoj materiji.

Prema prethodnoj klasifikaciji, svi uzorci sira izuzev uzorka 2.3. pripadaju grupi masnih sireva (25% do 45% masti u suvoj materiji) dok izdvojeni uzorak 2.3. neznatno odstupa i ubraja se u grupu punomasnih sireva (45% do 60% masti u suvoj materiji). Prema istraživanju Dozet i sar. (1980), mast u suvoj materiji “presukače” iznosio je 48,49 %.

5.1.3. Sadržaj masnih kiselina

Najvažnije komponente u suvoj materiji mlijeka su mliječna mast, proteini, laktoza, mineralne materije i vitamini. Mliječna mast je pretežno građena od triacilglicerola, a kvantitativno nakon njih slijede steroli, najviše holesterol) i fosfolipidi (Chow, 2008). Triacilgliceroli su građeni od slobodnih masnih kiselina i alkohola glicerola, a proces kojim nastaju zove se esterifikacija (Škevin, 2016).

Masne kiseline definisane su kao grupe koje na jednom svom kraju sadrže metansku grupu (CH_3), a na drugom kraju sadrže karboksilnu grupu (COOH). Osim *cis* izomera, postoje i *trans* izomeri koji se stvaraju prilikom proizvodnje ili modifikacije masti i ulja, puno su stabilniji od *cis* izomera, ali se pokazalo da mogu imati loš uticaj na ljudsko zdravlje.

Masne kiseline možemo podijeliti na zasićene masne kiseline (*SFA=saturated fatty acids*), mononezasićene masne kiseline (*MUFA=monounsaturated fatty acids*) i polinezasićene masne kiseline (*PUFA= polyunsaturated fatty acids*). MUFA sadrže jednu dvostruku vezu dok PUFA sadrže dvije ili više dvostrukih (nezasićenih) veza što omogućava stvaranje *cis* izomera (Hamm i sar., 2013) i možemo ih klasifikovati u dvije grupe, a to su omega-3 i omega-6. U strukturi omega-3 masnih prva se dvostruka veza nalazi na trećem ugljikovom atomu od metilnog kraja lanca a u strukturi omega-6 masnih kiselina prva se dvostruka veza nalazi na šestom ugljenikovom atomu od metilnog kraja lanca.

Kvantitativno, mlijeko sadrži najviše palmitinske masne kiseline (16:0), nakon toga slijedi miristinska masna kiselina (14:0), a nakon toga stearinska masna kiselina (18:0). Od *cis*-MUFA najviše je zastupljena oleinska masna kiselina (9c-18:1) koje u mlijeku ima oko 15-21 % (Fox i McSweeney, 2006).

U Tabelama 5.3. i 5.4. prikazan je sadržaj zasićenih masnih kiselina u ispitivanim sirevima obje serije i to kao procentualni udio pojedinačnih masnih kiselina u ukupnim masnim kiselinama (g/100g ukupnih masnih kiselina). Od zasićenih masnih kiselina u ispitivanim sirevima obje serije najzastupljenije su bile palmitinska (C16:0), stearinska (C18:0) i miristinska (C14:0). Procentualna vrijednost palmitinske kiseline u uzorcima prve serije se

kretala od 27,53% u uzorku broj 1.1. do 28,53% u uzorku broj 1.5., a u uzorcima druge serije od 13,8% u uzorku 2.4. do 27,67% u uzorku 2.6. Stearinska kiselina u uzorcima prve serije se kretala od 12,44 % u uzorku 1.1. do 13,14 % u uzorku 1.5. U drugoj seriji vrijednosti za ovu kiselinu su se kretale od 12,58 % u uzorku 2.2. do 15,42 % u uzorku 2.4. Miristinska kiselina je u ispitivanim uzorcima prve serije bila prisutna u vrijednostima koje su se kretale od 8,03 % (uzorak 1.2.) do 8,31 % (uzorak 1.5.), a u uzorcima druge serije od 8,84 % (uzorak 2.2.) do 10,79 % (uzorak 2.4.).

Tabela 5.3. Sadržaj zasićenih masnih kiselina u ispitivanim uzorcima sira prve serije

Masne kiseline	Koncentracija (%)					
	1.1.	1.2.	1.3.	1.4.	1.5.	1.6.
Maslačna (C4:0)	2,06 ^b ±0,04	1,71 ^a ±0,38	2,20 ^b ±0,02	2,22 ^b ±0,01	2,24 ^b ±0,06	2,22 ^b ±0,01
Kaprnska (C6:0)	1,19 ^{a,b} ±0,04	1,08 ^a ±0,15	1,29 ^b ±0,02	1,29 ^b ±0,01	1,30 ^b ±0,02	1,29 ^b ±0,01
Kaprilna (C8:0)	0,71 ^b ±0,01	0,68 ^a ±0,01	0,75 ^b ±0,00	0,76 ^b ±0,00	0,76 ^b ±0,02	0,75 ^b ±0,00
Kaprinska (C10:0)	1,50 ^a ±0,05	1,45 ^a ±0,04	1,56 ^b ±0,00	1,58 ^b ±0,02	1,57 ^b ±0,03	1,56 ^b ±0,02
Unidekanska (C11:0)	0,00±0,00	0,00±0,00	0,02±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Laurinska (C12:0)	1,84 ^{a,b} ±0,05	1,80 ^a ±0,03	1,88 ^{b,c} ±0,00	1,92 ^c ±0,01	1,91 ^{b,c} ±0,04	1,88 ^{b,c} ±0,03
Tridekanska (C13:0)	0,11 ^b ±0,00	0,11 ^b ±0,01	0,08 ^a ±0,00	0,08 ^a ±0,00	0,08 ^a ±0,00	0,08 ^a ±0,01
Miristinska (C14:0)	8,08 ^{a,b} ±0,16	8,03 ^a ±0,02	8,14 ^{a,b,c} ±0,02	8,23 ^{b,c} ±0,05	8,31 ^c ±0,08	8,27 ^c ±0,13
Pentadekanska (C15:0)	1,74 ^{a,b} ±0,04	1,73 ^a ±0,00	1,76 ^{a,b,c} ±0,00	1,77 ^{b,c,d} ±0,02	1,81 ^d ±0,01	1,80 ^{c,d} ±0,02
Palmitinska (C16:0)	27,53 ^a ±0,78	27,61 ^a ±0,14	27,69 ^a ±0,01	27,99 ^{a,b} ±0,28	28,53 ^b ±0,22	28,47 ^b ±0,33
Heptadekanska (C17:0)	1,45 ^c ±0,07	1,33 ^b ±0,01	1,24 ^a ±0,03	1,24 ^a ±0,04	1,28 ^{a,b} ±0,02	1,24 ^a ±0,05
Stearinska (C18:0)	12,44 ^a ±0,53	12,66 ^{a,b} ±0,05	12,63 ^a ±0,00	12,78 ^{a,b,c} ±0,19	13,14 ^c ±0,09	13,12 ^{b,c} ±0,14
Heneikozanoična (C20:0)	0,42 ^a ±0,05	0,45 ^a ±0,00	0,43 ^a ±0,01	0,44 ^a ±0,01	0,45 ^a ±0,01	0,45 ^a ±0,01
Heneikozanoična (C21:0)	0,14 ^b ±0,09	0,09 ^b ±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Behenska (C22:0)	0,03 ^a ±0,01	0,20 ^{a,b} ±0,01	0,16 ^{a,b} ±0,01	0,25 ^b ±0,22	0,10 ^{a,b} ±0,01	0,16 ^{a,b} ±0,07
Trikozanoična (C23:0)	0,00±0,00	0,19 ^{b,c} ±0,01	0,15 ^b ±0,03	0,20 ^c ±0,04	0,00±0,00	0,00±0,00
Lignocerinska (C24:0)	0,28 ^b ±0,02	0,32 ^b ±0,01	0,36 ^{b,c} ±0,00	0,47 ^c ±0,14	0,00±0,00	0,00±0,00

^{a-d} srednje vrijednosti sa različitim slovima u istom redu se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (p<0,05)

Za ocjenu kvaliteta mlijeka veoma su bitne nezasićene masne kiseline. Nedostatak masnih kiselina u hrani, kao što su linolna, linoleinska, oleinska i druge, može dovesti do različitih oboljenja ljudi, zbog čega one spadaju u grupu esencijalnih masnih kiselina. Linolnu i linoleinsku kiselinu ne mogu da sintetišu sisari i one se moraju u organizam unositi sa hranom. Linolna spada u grupu omega-6 kiselina a linoleinska u grupu omega-3 masnih kiselina. Omega-6 i omega-3 masne kiseline u ishrani ljudi danas dobijaju sve više na značaju i sve više se izučavaju (Kralj i sar., 2015). Omega-3 masne kiseline jako su dobre kod prevencije srčanih

bolesti, tumora, artritisa, pomažu u razvoju kognitivnih funkcija i funkcija ponašanja, sprečavaju upale i sl (Škevin, 2016). Uloga sastava i udjela slobodnih masnih kiselina (SMK) u stvaranju specifične arome i ukusa mliječnog proizvoda odavno je poznata. Osim toga, pokazalo se da imaju povoljna zdravstvena, prehrambena i bioaktivna svojstva pa nam njihova kvantifikacija u mliječnim proizvodima može poslužiti kao izvrstan pokazatelj kvaliteta proizvoda (Mannion i sar., 2015).

Tabela 5.4. Sadržaj zasićenih masnih kiselina u ispitivanim uzorcima sira druge serije

Masne kiseline	Koncentracija (%)					
	2.1.	2.2.	2.3.	2.4.	2.5.	2.6.
Maslačna (C4:0)	2,35 ^{a,b} ±0,05	2,14 ^a ±0,08	2,16 ^a ±0,02	2,70 ^b ±0,51	2,18 ^a ±0,22	2,25 ^a ±0,08
Kaprnska (C6:0)	1,45 ^{a,b} ±0,02	1,34 ^a ±0,06	1,37 ^a ±0,03	1,71 ^b ±0,33	1,35 ^a ±0,13	1,40 ^a ±0,06
Kaprilna (C8:0)	0,84 ^{a,b} ±0,02	0,80 ^a ±0,03	0,81 ^a ±0,02	1,00 ^b ±0,21	0,80 ^a ±0,07	0,84 ^{a,b} ±0,04
Kaprinska (C10:0)	1,77 ^{a,b} ±0,09	1,70 ^a ±0,04	1,75 ^{a,b} ±0,03	2,12 ^b ±0,48	1,70 ^a ±0,12	1,78 ^{a,b} ±0,07
Laurinska (C12:0)	2,10 ^{a,b} ±0,11	2,03 ^a ±0,03	2,08 ^{a,b} ±0,04	2,52 ^b ±0,58	2,02 ^a ±0,13	2,11 ^{a,b} ±0,08
Tridekanska (C13:0)	0,11 ^a ±0,00	0,10 ^a ±0,00	0,11 ^a ±0,00	0,13 ^a ±0,03	0,11 ^a ±0,00	0,11 ^a ±0,08
Miristinska (C14:0)	9,04 ^{a,b} ±0,28	8,84 ^{a,b} ±0,09	9,08 ^{a,b} ±0,11	10,79 ^b ±2,44	8,77 ^a ±0,45	9,13 ^{a,b} ±0,29
Pentadekanska (C15:0)	1,86 ^a ±0,04	1,83 ^a ±0,01	1,88 ^a ±0,02	2,23 ^a ±0,51	1,82 ^a ±0,09	1,89 ^a ±0,05
Palmitinska (C16:0)	27,33 ^a ±0,48	26,86 ^a ±0,01	27,62 ^a ±0,17	13,80 ^a ±19,29	27,07 ^a ±0,52	27,67 ^a ±0,61
Heptadekanska (C17:0)	1,19 ^a ±0,09	1,15 ^a ±0,06	1,19 ^a ±0,04	1,40 ^a ±0,37	1,15 ^a ±0,04	1,20 ^a ±0,02
Stearinska (C18:0)	12,70 ^{a,b} ±0,09	12,58 ^a ±0,14	12,97 ^{a,b} ±0,04	15,42 ^b ±3,55	12,82 ^{a,b} ±0,01	12,91 ^{a,b} ±0,15
Heneikozanoična (C20:0)	0,42 ^a ±0,01	0,42 ^a ±0,00	0,43 ^a ±0,02	0,52 ^a ±0,15	0,43 ^a ±0,05	0,42 ^a ±0,01
Behenska (C22:0)	0,22 ^b ±0,15	0,15 ^{a,b} ±0,05	0,13 ^{a,b} ±0,02	0,09 ^a ±0,03	0,07 ^a ±0,00	0,09 ^a ±0,01
Trikozanoična (C23:0)	0,00±0,00	0,00±0,00	0,18 ^b ±0,03	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Lignocerinska (C24:0)	0,45 ^b ±0,19	0,27 ^a ±0,05	0,29 ^{a,b} ±0,02	0,31 ^{a,b} ±0,05	0,31 ^{a,b} ±0,01	0,34 ^{a,b} ±0,01

^{a-b} srednje vrijednosti sa različitim slovima u istom redu se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (p<0,05)

Savanović i sar. (2020) su u ispitivanim kiselu-koagulišućim sirevima utvrdili znatno veći sadržaj zasićenih masnih kiselina od nezasićenih masnih kiselina. Najzastupljenije zasićene masne kiseline u ispitivanim sirevima bile su palmitinska (C16:0), stearinska (C18:0) i miristinska (C14:0) kiselina, a oleinska kiselina (C18:1) je bila najzastupljenija nezasićena masna kiselina. Od ukupne količine identifikovanih masnih kiselina, sadržaj palmitinske kiseline kretao se od 30,61 % do 31,00 %, sadržaj stearinske kiseline od 11,57 % do 11,79 %,

dok se sadržaj miristinske kiseline kretao od 10,89 % do 10,98 %. Oleinska kiselina je bila prisutna u ispitivanim sirevima u količini od 24,05 % do 24,40 %. Ostale identifikovane masne kiseline bile su prisutne u manjim količinama.

Jensen (2001) navodi da su najzastupljenije masne kiseline u mlijeku palmitinska kiselina (C 16:0) i oleinska kiselina (C 18:1) koje čine 20 - 30 % ukupnih lipida.

Vilušić i sar. (2008) su ustanovili da je u sastavu masnih kiselina svježeg sira tipa Quark dominantna palmitinska kiselina (C16:0) sa 40,01 %, što je 56,57 % od ukupnih zasićenih masnih kiselina ovog uzorka. U grupi mononezasićenih masnih kiselina najzastupljenija je bila oleinska kiselina, a glavna polinezasićena masna kiselina u svježem siru je linolna (C18:2). Ostale identifikovane dugolančane zasićene masne kiseline, arahidinska (C20:0) i behenska (C22:0) kiseline u uzorcima svježeg sira tipa Quark bile su prosječno zastupljene sa 0,32 % odnosno 0,10 %.

U Tabelama 5.5. i 5.6. prikazan je sadržaj mononezasićenih masnih kiselina u ispitivanim sirevima kao procentualni udio pojedinačnih masnih kiselina u ukupnim masnim kiselinama (g/100g ukupnih masnih kiselina). Na osnovu dobijenih rezultata utvrđeno je da je najzastupljenija kiselina u obje serije uzoraka bila oleinska (C18:1 c+t). Njene vrijednosti za prvu seriju su se kretale od 29,19 % u uzorku 1.1. do 31,15 % u uzorku 1.4. a za drugu seriju od 30,31 % (uzorak 2.3.) do 38,22 % (uzorak 2.4.).

Tabela 5.5. Sadržaj mononezasićenih masnih kiselina u ispitivanim uzorcima sira prve serije

Masne kiseline	Koncentracija (%)					
	Uzorak					
	1.1.	1.2.	1.3.	1.4.	1.5.	1.6.
Miristoleinska (C14:1)	0,64 ^b ±0,09	0,55 ^a ±0,00	0,56 ^a ±0,01	0,57 ^a ±0,02	0,60 ^{a,b} ±0,01	0,65 ^b ±0,03
Cis-10-pentadekanska (C15:1)	0,50 ^a ±0,02	0,51 ^a ±0,01	0,51 ^a ±0,01	0,51 ^a ±0,00	0,52 ^a ±0,00	0,52 ^a ±0,01
Palmitoleinska (C16:1)	0,99 ^{a,b} ±1,32	1,99 ^b ±0,00	2,00 ^b ±0,02	0,05 ^a ±0,00	0,06 ^a ±0,01	0,06 ^a ±0,02
Heptadekanska (C17:1)	0,75 ^d ±0,05	0,69 ^c ±0,04	0,61 ^a ±0,00	0,63 ^{a,b} ±0,01	0,66 ^{a,b,c} ±0,01	0,67 ^{b,c} ±0,01
Oleinska (C18:1 c+t)	29,19 ^a ±1,94	30,55 ^{a,b} ±0,31	30,72 ^{a,b} ±0,05	31,15 ^b ±0,40	31,02 ^{a,b} ±0,34	31,14 ^b ±1,22
Cis – 11eikozenska (C20:1)	1,33 ^a ±1,49	0,39 ^a ±0,07	0,31 ^a ±0,01	0,28 ^a ±0,05	0,28 ^a ±0,04	0,47 ^a ±0,25
Eručna (C22:1)	0,69 ^b ±0,06	0,11 ^a ±0,03	0,15 ^a ±0,03	0,27 ^a ±0,20	0,25 ^a ±0,00	0,30 ^a ±0,14

^{a-d} srednje vrijednosti sa različitim slovima u istom redu se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (p<0,05)

Tabela 5.6. Sadržaj mononezasićenih masnih kiselina u ispitivanim uzorcima sira druge serije

Masne kiseline	Koncentracija (%)					
	2.1.	2.2.	2.3.	2.4.	2.5.	2.6.
Miristoleinska (C14:1)	0,75 ^a ±0,04	0,77 ^a ±0,01	0,76 ^a ±0,01	0,88 ^a ±0,17	0,76 ^a ±0,04	0,81 ^a ±0,00
Cis-10-pentadekanska (C15:1)	0,52 ^a ±0,00	0,52 ^a ±0,00	0,53 ^a ±0,00	0,63 ^a ±0,15	0,52 ^a ±0,03	0,54 ^a ±0,02
Palmitoleinska (C16:1)	0,06 ^a ±0,01	0,06 ^a ±0,01	0,06 ^a ±0,00	0,07 ^a ±0,00	0,07 ^a ±0,01	0,06 ^a ±0,00
Heptadekanska (C17:1)	0,66 ^b ±0,11	0,60 ^{a,b} ±0,00	0,33 ^{a,b} ±0,40	0,13 ^a ±0,11	0,31 ^{a,b} ±0,37	0,40 ^{a,b} ±0,30
Oleinska (C18:1 c+t)	30,46 ^a ±1,34	31,06 ^a ±0,36	30,31 ^a ±0,08	38,22 ^b ±8,54	32,88 ^{a,b} ±1,74	30,88 ^a ±0,75
Cis – 11eikozenska (C20:1)	0,55 ^b ±0,22	0,29 ^a ±0,14	0,41 ^{a,b} ±0,04	0,25 ^a ±0,02	0,20 ^a ±0,05	0,22 ^a ±0,01
Eručna (C22:1)	0,26 ^{a,b} ±0,19	0,11 ^{a,b} ±0,06	0,08 ^a ±0,00	0,30 ^b ±0,17	0,28 ^{a,b} ±0,03	0,18 ^{a,b} ±0,03

^{a-b} srednje vrijednosti sa različitim slovima u istom redu se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (p<0,05)

U Tabelama 5.7. i 5.8. prikazan je sadržaj polinezasićenih masnih kiselina u ispitivanim sirevima kao procentualni udio pojedinačnih masnih kiselina u ukupnim masnim kiselinama (g/100g ukupnih masnih kiselina). Na osnovu dobijenih rezultata utvrđeno je da su najzastupljenije polinezasićene kiseline u obje serije uzoraka bile linolna (C18:2 c+t), α -linoleinska (C18:3 n3) i eikozadienična (C20:2). Linolna kiselina je u obje serije uzoraka bila zastupljena u približnim vrijednostima koje su se za prvu seriju kretale od 1,30 % (uzorak 1.1.) do 2,85 % (uzorak 1.4.), a za drugu seriju od 0,90% u uzorku 2.6. do 2,75% u uzorku 2.2. α -Linoleinska se u prvoj seriji kretala od 0,09 % (uzorak 1.2.) do 1,28 % (uzorak 1.5.), dok je u uzorcima druge serije najmanju vrijednost imala u uzorcima 2.1. i 2.2. (1,45 %) a najveću u uzorku 2.4. (1,79 %). Eikozadienična kiselina je u prvoj seriji bila najmanje zastupljena u uzorku 1.3. (0,31 %) dok je najveću vrijednost imala kod uzorka broj 1.1. (4,28 %). Vrijednosti za drugu seriju su se kretale od 1,15 % kod uzorka 2.1. do 1,82 % kod uzorka 2.6.

Razlike u sastavu masnih kiselina u mlijeku mogu biti i rezultat različite pasmine, godišnjeg doba i udjela mliječne masti u mlijeku (Popović-Vranješ i sar., 2010). Takođe, prema Matutinoviću i sar., (2007), masno-kiselinski sastav vjerovatno je posljedica uslova uzgoja, načina ishrane i tehnologije proizvodnje. Sirevi proizvedeni od mlijeka dobijenog sa planinske ispaše mogu sadržavati veći udio nezasićenih masnih kiselina, što utiče na bolja reološka svojstva i povećanu primarnu proteolizu, u odnosu na sireve dobijene od mlijeka sa ispaše iz doline.

Tabela 5.7. Sadržaj polinezasićenih masnih kiselina u ispitivanim uzorcima sira prve serije

Masne kiseline	Koncentracija (%)					
	1.1.	1.2.	1.3.	1.4.	1.5.	1.6.
Linolna (C18:2 c+t)	1,30 ^a ±1,53	2,25 ^{a,b} ±0,04	2,82 ^b ±0,03	2,85 ^b ±0,07	2,54 ^{a,b} ±0,33	1,69 ^{a,b} ±0,87
γ-Linoleinska (C18:3 n6)	0,36 ^c ±0,03	0,32 ^{b,c} ±0,01	0,24 ^a ±0,01	0,30 ^b ±0,06	0,27 ^{a,b} ±0,01	0,26 ^{a,b} ±0,01
α-Linoleinska (C18:3 n3)	0,13 ^a ±0,05	0,09 ^a ±0,01	1,20 ^b ±0,00	1,24 ^{b,c} ±0,01	1,28 ^d ±0,01	1,27 ^{c,d} ±0,01
Eikozadienična (C20:2)	4,28 ^c ±2,04	2,60 ^b ±0,00	0,31 ^a ±0,01	0,54 ^a ±0,03	0,95 ^{a,b} ±0,11	1,53 ^{a,b} ±0,52
Eikozatrienska (C20:3n6)	0,28±0,18	0,19±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Eikozatrienska (C20:3n3)	0,00±0,00	0,07±0,01	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Arahidonska (C20:4)	0,14±0,08	0,15±0,01	0,08±0,01	0,17±0,10	0,00±0,00	0,00±0,00
Eikozapentaenoinska (C20:5)	0,03 ^a ±0,01	0,20 ^{a,b} ±0,01	0,16 ^{a,b} ±0,01	0,25 ^b ±0,22	0,10 ^{a,b} ±0,01	0,16 ^{a,b} ±0,07

^{a-d} srednje vrijednosti sa različitim slovima u istom redu se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (p<0,05)

Tabela 5.8. Sadržaj polinezasićenih masnih kiselina u ispitivanim uzorcima sira druge serije

Masne kiseline	Koncentracija (%)					
	2.1.	2.2.	2.3.	2.4.	2.5.	2.6.
Linolna (C18:2 c+t)	1,66 ^{a,b} ±1,02	2,75 ^c ±0,41	2,20 ^{b,c} ±0,02	1,21 ^a ±0,34	0,93 ^a ±0,03	0,90 ^a ±0,07
γ-Linoleinska (C18:3 n6)	0,27 ^a ±0,01	0,29 ^{a,b} ±0,01	0,32 ^{a,b,c} ±0,04	0,38 ^c ±0,01	0,30 ^{a,b} ±0,00	0,34 ^{b,c} ±0,06
α-Linoleinska (C18:3 n3)	1,45 ^a ±0,01	1,45 ^a ±0,01	1,51 ^{a,b} ±0,04	1,79 ^b ±0,38	1,46 ^a ±0,06	1,50 ^{a,b} ±0,06
Eikozadienična (C20:2)	1,15 ^a ±0,27	1,53 ^{b,c} ±0,05	1,21 ^{a,b} ±0,00	1,21 ^{a,b} ±0,22	1,51 ^{b,c} ±0,10	1,82 ^c ±0,21
Eikozatrienska (C20:3n3)	0,00±0,00	0,08±0,00	0,10±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Arahidonska (C20:4)	0,18 ^a ±0,11	0,11 ^a ±0,02	0,10 ^a ±0,02	0,11 ^a ±0,02	0,11 ^a ±0,01	0,09 ^a ±0,00
Eikozapentaenoinska (C20:5)	0,22 ^b ±0,15	0,15 ^{a,b} ±0,05	0,13 ^{a,b} ±0,02	0,09 ^a ±0,03	0,07 ^a ±0,00	0,09 ^a ±0,01

^{a-c} srednje vrijednosti sa različitim slovima u istom redu se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (p<0,05)

5.1.4. Sadržaj proteina

Proteini sira utiču na senzorne karakteristike sira kao i na njegovu nutritivnu vrijednost. Izvor proteina u siru je kazein mlijeka. Srednje vrijednosti sadržaja proteina ispitivanih uzoraka sira su se statistički značajno razlikovale (p<0,05) (Tabela 5.9.) i za prvu seriju su se kretale od 18,12% (uzorak 1.1.) do 25,05% (uzorak 1.5.). U drugoj seriji srednje vrijednosti sadržaja proteina kretale su se od 21,04 % (uzorak 2.3.) do 23,95 % (uzorak 2.2.). Prema istraživanju

Dozet i sar., (1980), prosječan sadržaj proteina u siru “presukači” sa područja Hercegovine je iznosio 21,42%.

Tabela 5.9. Srednje vrijednosti sadržaja proteina u ispitivanim uzorcima sira

Serija 1		Serija 2	
Uzorak	Proteini (%)	Uzorak	Proteini (%)
1.1.	18,12 ^a ±0,20	2.1.	23,37 ^c ±0,11
1.2.	21,59 ^c ±0,06	2.2.	23,95 ^d ±0,03
1.3.	23,05 ^e ±0,22	2.3.	21,04 ^a ±0,05
1.4.	20,81 ^b ±0,15	2.4.	22,06 ^b ±0,23
1.5.	25,05 ^f ±0,16	2.5.	23,20 ^c ±0,48
1.6.	22,15 ^d ±0,20	2.6.	22,42 ^b ±0,25

^{a-f} srednje vrijednosti sa različitim slovima u istoj koloni se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (p<0,05)

Na osnovu navedenih istraživanja, jasno se vidi da Janjski sir ima vrlo visok udio proteina a samim tim posjeduje veliko nutritivo bogastvo.

Lante i sar. (2006) određivali su fizičko-hemijska svojstva dva tradicionalna, svježa kravlja sira s područja Italije, Crescenze i Squacqueronea. Prosječan udio proteina u siru Crescenzi iznosio je 17,28±0,71 %, a u Squacqueroneu 14,34±0,47 %. U istraživanju Tratnik i sar. (2002) udio proteina u svježim kravljim sirevima kretao se od 17,74 - 19,55 %. Od svih svježih sireva, prema vrlo visokom udjelu proteina ističe se Queso Blanco, tradicionalni španjolski i meksički sir, čiji je prosječni udio proteina 22,9 % (Fox i sar., 2017).

5.1.5. Sadržaj pepela

Pepeo čine minerali koji su zaostali nakon spaljivanja uzorka. Nakon ispitivanja uzoraka sira utvrđeno je da je najmanji sadržaj pepela u prvoj seriji bio u uzorku 1.1. (1,85%) dok je najveći sadržaj pepela ove serije bio u uzorku 1.2. (2,89%). Najmanju srednju vrijednost sadržaja pepela u drugoj seriji je imao uzorak 2.3. (2,34%), dok je najveću vrijednost imao uzorak 2.1. (3,00%). Iz rezultata se uočava da je dodatak začina imao statistički značajan uticaj (p<0,05) na sadržaj pepela u ispitivanim uzorcima. Pepeo hercegovačke “presukače” je imao srednju vrijednost 3,056 % (Dozet i sar., 1980).

Tabela 5.10. Srednje vrijednosti sadržaja pepela u ispitivanim uzorcima sira

Serija 1		Serija 2	
Uzorak	Pepeo (%)	Uzorak	Pepeo (%)
1.1.	1,85 ^a ±0,05	2.1.	3,00 ^e ±0,04
1.2.	2,89 ^d ±0,26	2.2.	2,45 ^b ±0,00
1.3.	2,38 ^c ±0,01	2.3.	2,34 ^a ±0,01
1.4.	2,09 ^b ±0,04	2.4.	2,65 ^c ±0,02
1.5.	2,17 ^{b-c} ±0,06	2.5.	2,40 ^{a-b} ±0,01
1.6.	2,34 ^c ±0,03	2.6.	2,74 ^d ±0,06

^{a-e} srednje vrijednosti sa različitim slovima u istoj koloni se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (p<0,05)

Prema Gordonu (2014) udio mineralnih materija u siru zavisi prvenstveno od sastava mlijeka, koje u prosjeku sadrži oko 0,9 % mineralnih materija, te o samom procesu proizvodnje sira. U zavisnosti od parametara procesa proizvodnje sira, neke mineralne materije iz mlijeka u većoj mjeri prelaze u surutku, dok neke u većoj mjeri zaostaju u grušu (Gordon, 2014).

5.1.6. Sadržaj hlorida

U Tabeli 5.11. dat je prosječan sadržaj hlorida u ispitivanim uzorcima Janjskog sira. Najmanji sadržaj hlorida u prvoj seriji je imao uzorak 1.5. (0,60%), a najveći uzorak 1.2. (1,62%), dok je u drugoj seriji najmanju vrijednost imao uzorak 2.5. (0,75%), a najveću uzorak 2.1. (1,61%). Uočava se da na razlike u koncentraciji hlorida ima uticaj način proizvodnje, jer se soljenje sira vrši po površini “razvijenog tijesta” prije stavljanja začina i rolovanja, nakon čega rolovani sir stoji izvjesno vrijeme na “cijedenju” radi odstranjivanja viška surutke a sa njom se gubi i dio dodate soli. Sadržaj hlorida u “presukači” je, prema istraživanju Dozet i sar., (1980) iznosio 2,09 %.

Tabela 5.11. Srednje vrijednosti sadržaja hlorida u ispitivanim uzorcima sira

Serija 1		Serija 2	
Uzorak	Hloridi (%)	Uzorak	Hloridi (%)
1.1.	0,78 ^b ±0,04	2.1.	1,61 ^e ±0,01
1.2.	1,62 ^e ±0,00	2.2.	0,86 ^{a,b} ±0,01
1.3.	1,24 ^c ±0,03	2.3.	0,97 ^b ±0,10
1.4.	0,80 ^b ±0,01	2.4.	1,26 ^c ±0,09
1.5.	0,60 ^a ±0,05	2.5.	0,75 ^a ±0,03
1.6.	1,50 ^d ±0,01	2.6.	1,44 ^d ±0,08

^{a-e} srednje vrijednosti sa različitim slovima u istoj koloni se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (p<0,05)

So u siru ima tri glavne funkcije: djeluje kao konzervans, doprinosi ukusu i pruža izvor natrijuma važnog za regulaciju krvnog pritiska, transport vode u ćelije i izvan njih, te prenos nervnih impulsa. Pored ovih glavnih funkcija so, takođe, određuje aktivitet vode, a time i vrši kontrolu nad mikrobnim rastom, enzimskom aktivnošću, biohemijskim promjenama kao i ukus, miris i aromu tokom zrenja sira. Zajedno s pH i količinom kalcijuma ima veliki uticaj na hidrataciju i agregaciju parakazeina, što opet utiče na sposobnost vezanja vode na matricu kazeina, tendenciju matrice prema sinerezi, njezine reološke i teksturalne karakteristike te svojstva kuhanja (Guinee, 2004). Količina soli u siru zavisi od vrste sira. U Tabeli 5.12. dat je prikaz udjela hlorida u nekim vrstama sira.

Tabela 5.12. Sadržaj hlorida u nekim vrstama sira (Bylund, 2003)

Vrsta sira	Hloridi (%)
Zrnasti svježi sir	0,25-1,00
Ementaler	0,40-1,20
Čedar	1,75-1,95
Gouda	1,50-2,20
Limburger	2,50-3,50
Gorgonzola	3,50-5,50
Drugi plavi sirevi	3,50-7,00
Sirevi tipa feta	3,50-7,00

5.1.7. Mineralni sastav sireva

Konsumacija sira, od velikog je nutritivnog značaja prvenstveno zbog mikronutrijenata i to minerala (Lucas i sar., 2008). Mlijeko i proizvodi od mlijeka sadrže 6 različitih makrominerala a to su: natrijum, kalijum, kalcijum, fosfor, magnezijum i hlor i osam elemenata u tragovima: željezo, jod, bakar, mangan, cink, kobalt, selen i hrom. Koncentracije minerala u mlijeku određuju njegov kvalitet a zavise od raznih faktora kao što su: geografsko porijeklo mlijeka, genetske karakteristike životinja, stanje okoline, način ishrane, stepen laktacije kao i postupci tehnološkog procesa proizvodnje (Park, 2009).

Tehnološki postupci proizvodnje mliječnih proizvoda utiču na sadržaj Ca, Na, K i Mg. Proces ultrafiltriranja u mliječnoj industriji zadržava više kalcijuma nego tradicionalno filtriranje kroz tkaninu (Reykdal i sar., 2011). Tokom proizvodnje sira povećava se kiselost čime Ca i Mg soli postaju rastvorljive te se lako uklanjaju iz surutke tokom pranja (Suhaj i Koreňovská, 2008). Proces zrenja sira ima učinak na promjene koncentracija nekih elemenata u konačnom

proizvodu (Cichoseki i sar., 2002., Pastorino i sar., 2012). Ovi elementi učestvuju u postupcima koagulacije, izdvajanju surutke, kao i na toplotnu stabilnost, sposobnost zgrušavanja mlijeka i na teksturu sira. Kalcijum hlorid se dodaje u mlijeko kako bi se nadoknadio gubitak Ca koji se gubi tokom pasterizacije i kako bi se poboljšao proces sirenja. U toku prerade takođe se može dodati i natrijum hlorid, da bi se nadoknadio izgubljeni Na (Bilandžić i sar., 2014).

U Tabelama 5.13. i 5.14. prikazane su srednje vrijednosti prisustva različitih minerala u ispitivanim uzorcima sira prve i druge serije.

Mineral koji je najviše prisutan u uzorcima sira obje serije je kalcijum. Mlijeko je bogato kalcijumom i kalcijum utiče na rast i stabilnost kostiju, kako kod djece, tako i kod odraslih. Samim tim sir kao mliječni proizvod ima veliki sadržaj kalcijuma i nosi sa sobom dobrobiti koje mu kalcijum doprinosi. Sadržaj kalcijuma u ispitivanim sirevima prve serije se kreće od 310,72 mg/100g u uzorku 1.1., do 437,66 mg/100g u uzorku 1.3. U drugoj seriji vrijednosti su se kretale od 455,83mg/100g u uzorku 2.3. do 507,67mg/100g kod uzorka 2.2. U većoj koncentraciji prisutni su još natrijum, fosfor, kalijum i magnezijum, dok su ostali minerali prisutni u manjoj mjeri.

Tabela 5.13. Srednje vrijednosti sadržaja minerala u ispitivanim uzorcima sireva prve serije

Elementi	Koncentracija (mg/100g)					
	Serija 1					
	1.1.	1.2.	1.3.	1.4.	1.5.	1.6.
Ca	310,72 ^a ±0,36	377,10 ^b ±7,80	437,66 ^c ±10,43	317,96 ^a ±8,41	390,64 ^b ±22,23	341,19 ^a ±8,47
Na	127,22 ^a ±4,59	548,30 ^b ±4,27	319,74 ^c ±16,08	121,32 ^a ±3,51	189,02 ^d ±15,53	304,53 ^c ±0,62
K	57,84 ^a ±1,19	67,55 ^{b,c} ±0,72	74,54 ^c ± 5,82	58,09 ^a ±1,28	57,19 ^a ±3,48	63,00 ^{a,b} ±0,38
Mg	11,95 ^a ±0,18	14,92 ^b ± 0,13	18,31 ^c ± 1,23	12,72 ^a ±0,10	15,36 ^b ±0,64	13,25 ^a ± 0,15
P	270,10 ^a ±3,20	312,04 ^{b,c} ±1,48	365,33 ^d ±18,15	265,12 ^{a,b} ±10,55	331,73 ^c ±19,63	283,73 ^{a,b} ±7,05
Zn	4,61 ^{a,b} ±0,05	6,98 ^c ±0,05	5,78 ^b ±1,01	4,46 ^a ±0,01	6,38 ^c ±0,37	4,66 ^{a,b} ±0,28
Cu	0,00±0,00	0,00±0,00	0,035 ± 0,001	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Fe	0,00±0,00	0,47 ^a ±0,01	0,33 ^b ± 0,06	0,00±0,00	0,077 ^c ±0,04	0,00±0,00
Mn	0,00±0,00	0,03 ^a ±0,01	0,04 ^b ±0,002	0,01 ^c ±0,004	0,02 ^c ±0,001	0,012 ^c ±0,00
Se	0,01 ^{a,b} ±0,001	0,00±0,00	0,00±0,00	0,007 ^{a,c} ±0,005	0,003 ^c ±0,001	0,02 ^b ±0,002

^{a-d} srednje vrijednosti sa različitim slovima u istoj koloni se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (p<0,05)

Tabela 5.14. Srednje vrijednosti sadržaja minerala u ispitivanim uzorcima sireva druge serije

Elementi	Koncentracija (mg/100g)					
	Serija 2					
	2.1.	2.2.	2.3.	2.4.	2.5.	2.6.
Ca	500,43 ^{a,b} ±5,96	507,67 ^a ±5,38	455,83 ^c ±0,74	501,94 ^a ±9,63	501,50 ^a ±6,78	484,13 ^b ±5,38
Na	427,27 ^a ±29,71	154,71 ^b ±2,68	172,43 ^b ±0,86	278,64 ^c ±11,41	143,03 ^b ±2,09	379,33 ^d ±3,89
K	62,00 ^a ±0,84	57,54 ^b ±1,09	69,68 ^c ±0,77	75,11 ^d ±0,57	58,17 ^b ±0,21	70,03 ^c ±2,58
Mg	18,64 ^{a,b} ±0,08	17,79 ^a ±0,64	18,64 ^{a,b} ±1,53	20,19 ^b ±0,55	18,94 ^{a,b} ±0,25	19,99 ^b ±0,39
P	384,09 ^a ±2,84	383,41 ^a ±0,43	343,68 ^b ±1,91	366,50 ^c ±6,42	382,25 ^a ±0,64	365,19 ^c ±5,54
Zn	5,83 ^a ±0,09	4,95 ^{a,b} ±0,16	4,07 ^b ±0,97	5,51 ^a ±0,10	5,92 ^a ±0,05	5,74 ^a ±0,08
Cu	0,33 ^a ±0,003	0,09 ^b ±0,002	0,01 ^c ±0,001	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Fe	0,00±0,00	0,46 ^a ±0,01	0,43 ^b ±0,01	0,011 ^c ±0,001	0,432 ^b ±0,01	0,00±0,00
Mn	0,002 ^a ±0,00	0,04 ^b ±0,01	0,08 ^c ±0,005	0,04 ^b ±0,01	0,007 ^a ±0,001	0,014 ^a ±0,006
Se	0,00±0,00	0,005 ^a ±0,003	0,002 ^a ±0,00	0,007 ^a ±0,001	0,007 ^a ±0,003	0,014 ^b ±0,002

^{a-d} srednje vrijednosti sa različitim slovima u istoj koloni se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (p<0,05)

Bilandžić i sar., (2014) su određivali koncentracije makrominerala i mikroelemenata u uzorcima različitih sireva primjenom metode induktivno spregnute plazme s optičkom emisijom (ICP-OES) i došli do sljedećih rezultata koncentracije elemenata (u mg/kg):

- kalcijum 802,2-7449,
- kalijum 294,5-2014,
- natrijum 414,6-11502,
- magnezijum 85,1-288,2
- cink 21,8- 63,1,
- željezo 2,01-5,10,
- bakar 2,06-2,84,
- selen 0,075-0,56.

5.1.8. pH vrijednost i titraciona kiselost

Kiselost mlijeka može se mjeriti ili određivanjem pH mlijeka ili titracijom sa bazom. Osnovna razlika između ove dvije metode određivanja kiselosti je u tome, što se prilikom merenja pH mjeri aktivna kiselost, odnosno koncentracija vodonikovih jona prisutnih u mlijeku, a nastalih usljed disocijacije sastojaka mlijeka, dok se prilikom određivanja titracione kiselosti mjeri i

latentna kiselost koja potiče od momentalno nedisociranih kiselih sastojaka, a koji imaju veliki puferni kapacitet. Zbog toga, mlijeko s povećanim suvim bezmasnim ostatkom može imati povećanu titracionu kiselost mada njegova aktivna kiselost ne mora biti povećana. Ovakvo mlijeko je u tehnološkom pogledu sasvim ispravno i ono će za preradu u neke proizvode biti i pogodnije zbog povećanog sadržaja suve materije (suvo mlijeko, sirevi i sl.) (Stelkić, 1968).

Mjerenje pH vrijednosti u pojedinim fazama tehnološkog postupka prerade mlijeka u sir ima veliki značaj. Utvrđeno je da je pH vrijednost od 6,2 kritična tačka parakazeina. Viša vrijednost (iznad 6,2) nije poželjna, a ako je već prisutna takvo mlijeko moguće je preraditi u sireve dobrog kvaliteta. pH vrijednosti ispod 6,2 obično rezultiraju lošim kvalitetom proizvedenog sira. U području vrijednosti pH 5,0 gumasta struktura prelazi u kredastu, krhku i kratku. Ponekad te pojave nastanu već znatno prije nego što se dostigne izoelektrična tačka kazeina. Veliki uticaj na ponašanje parakazeina ima tečna faza. Kod povećanog sadržaja mliječne kiseline dolazi do zgrušavanja ili koagulacije kazeina tek kod pH vrijednosti 5,1. Intenzivnim miješanjem nastaje koloidni rastvor parakazeina koji i poslije dužeg vremena ne otpušta surutku. Doda li se u taj prostor parakazeina mliječna kiselina utvrdiće se da se kod pH vrijednosti 5,7 počinje odvajati surutka. Konzistencija sira u procesu zrenja, stvaranje rupica i oblikovanje unutrašnje strukture sira zavisi od kiselosti sredine. I konačno pH vrijednost proizvedenog sira oblikuje ukus i miris. Vrijednost pH sira nakon 24 sata po izradi govori o odnosu mliječne kiseline naspram bjelančevina i ostalih materija koje mogu djelovati kao puferi. pH vrijednost ementalnog sira nakon 24 sata mora biti u granicama 5,1-5,25 ukoliko želimo imati kvalitetan sir. Optimalna vrijednost pH kod sireva holandskog tipa je po završenom presovanju 5,12-5,25. Danski sirevi nakon 24h imaju optimalnu vrijednost pH 5,15-5,25 a holandski 4,95-5,05. Veća kiselost u sirevima nastaje većim sadržajem šećera (Strahija,1983).

U sirastvu je optimalna pH vrijednost 5,0. Na temelju toga sirevi se mogu podijeliti u dvije velike grupe i to:

- Sirevi koji 24 sata nakon izrade pokazuju optimalnu pH vrijednost 5,0 i više (5,0 - 5,3). U tu grupu spadaju polutvrđi i tvrdi sirevi;
- Sirevi koji imaju optimalni pH 5,0 i niže (5,0 - 4,7). U tu grupu spadaju svježiji, mekani i sirevi s plemenitim plijesnima (Strahija,1983).

U Tabeli 5.15. dat je prikaz srednjih vrijednosti pH i titracione kiselosti za ispitivane uzorke sira obje serije. Najmanju pH vrijednost prve serije je imao uzorak 1.6. (5,00) a najveću

vrijednost uzorak 1.2. (5,26). U drugoj seriji vrijednosti za pH su se kretale od 5,06 (uzorak 2.5.) do 5,51 (uzorak 2.1.).

Tabela 5.15. Srednje vrijednosti pH i titracione kiselosti ispitivanih uzoraka sira

Serija 1			Serija 2		
Uzorak	pH	Kiselost (°SH)	Uzorak	pH	Kiselost (°SH)
1.1.	5,18 ^b ±0,06	53,60 ^e ±1,13	2.1.	5,51±0,05	30,00 ^b ±0,56
1.2.	5,26 ^c ±0,02	50,80 ^{b-c} ±0,56	2.2.	5,40±0,07	28,00 ^a ±0,00
1.3.	5,03 ^a ±0,03	52,40 ^{d-e} ±0,56	2.3.	5,23±0,03	33,80 ^{c-d} ±0,28
1.4.	5,24 ^{b-c} ±0,05	51,60 ^{c-d} ±0,56	2.4.	5,26±0,03	33,40 ^c ±0,28
1.5.	5,18 ^b ±0,03	50,00 ^b ±0,56	2.5.	5,06±0,09	34,20 ^d ±0,28
1.6.	5,00 ^a ±0,06	47,20 ^a ±1,13	2.6.	5,35±0,05	30,00 ^b ±0,56

^{a-e} srednje vrijednosti sa različitim slovima u istoj koloni se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće ($p < 0,05$)

Na osnovu analize uzoraka sira dobile su se srednje vrijednosti kiselosti (°SH) i predstavljene su u Tabeli 5.15. Iz rezultata se vidi da je vrijednost titracione kiselosti prve serije uzoraka znatno veća od druge serije. Najveću vrijednost za kiselost prve serije je imao uzorak 1.1. (53,60°SH), dok je u toj seriji najmanju kiselost imao uzorak 1.6. (47,20°SH). Najveću kiselost druge serije je imao uzorak 2.5. (34,20°SH) a najmanju uzorak 2.2. (28,00°SH). Na osnovu sprovedenih ispitivanja uočeno je da se vrijednosti za pH i titracionu kiselost ispitivanih uzoraka u svakoj seriji statistički značajno razlikuju ($p < 0,05$).

Iz navedenih podataka za pH vrijednost i titracionu kiselost može se vidjeti da se određivanjem pH vrijednosti ne dobijaju u svim slučajevima razlike koje bi se mogle upoređivati sa titracionom kiselošću. To je i razumljivo ako se ima u vidu puferna sposobnost proteina sira i karakter određivanja aktivne kiselosti. Takođe se iz podataka može vidjeti da se razlika kiselosti između grupa sireva mnogo jasnije izražavaju u rezultatima titracione kiselosti nego što to daju vrednosti pH (Mišić i Petrović, 1974). Postupkom određivanja titracione kiselosti mjeri se latentna kiselost koja vodi porijeklo od nedisosovanih kiselih sastojaka koji imaju veliki puferni kapacitet.

Za Janjski sir, slično kao i za izradu sitnog sira na seoskim gazdinstvima (Mišić i Petrović, 1974) koristi se svježe, nepasterizovano mlijeko. Prirodna mikroflora mlijeka ima veliku ulogu u izradi ovih sireva. U toku podsirivanja značajno se povećava broj i aktivnost mikroorganizama. To dovodi do jače transformacije mliječnog šećera u mliječnu kiselinu. Na taj način se povećava kiselost. Djelovanjem mliječne kiseline i sirišnog fermenta dolazi do zgrušavanja mlijeka i obrazovanja gruš.

Titraciona kiselost sira je važan indikator intenziteta fermentativnih procesa u toku zrenja sira a u korelaciji je sa hemijskim sastavom, reološkim svojstvima i strukturom sira (Carić, 1987). Vrijednosti titracione kiselosti zavise od koncentracije laktata, fosfata, kazeina, citrata, kiselih grupa peptida, amino kiselina i produkata dekompozicije amino kiselina u vodenom ekstraktu sira (Lau i sar., 1991). pH vrednost suvo soljenih sireva (npr. Cheddar-a) primarno zavisi od kiselosti sirne grude pri soljenju, a svako dalje snižavanje pH vrednosti je u funkciji koncentracije rezidualne laktoze i aktivnosti starter kulture. Finalna pH vrijednost sira takođe zavisi i od pufernog kapaciteta sirne grude koji je determinisan koncentracijom proteina (Lawrence i Gilles, 1987).

Prema Ostojiću (2019) optimalna kiselost mlijeka u momentu dodavanja sirila kod proizvodnje Janjskog sira treba da iznosi 10,8°SH.

5.1.9. Aktivitet vode (a_w)

U Tabeli 5.16. dat je pregled srednjih vrijednosti aktiviteta vode (a_w) za ispitivane uzorke sira. Statističkom obradom podataka ustanovljeno je da se a_w vrijednosti ispitivanih uzoraka sira unutar svake serije značajno razlikuju ($p < 0,05$). Iz podataka se vidi da je najmanju vrijednost a_w u prvoj seriji imao uzorak 1.2. (0,9175) a najveću uzorak 1.1. (0,9320). Vrijednosti ovog parametra u drugoj seriji su se kretale od 0,9010 (uzorak 2.6.) do 0,9155 (uzorak 2.2.).

Tabela 5.16. Srednje vrijednosti aktiviteta vode za ispitivane uzorke sira

Serija 1		Serija 2	
Uzorak	a_w	Uzorak	a_w
1.1.	0,9320 ^c ±0,001	2.1.	0,9075 ^b ±0,001
1.2.	0,9175 ^a ±0,001	2.2.	0,9155 ^d ±0,001
1.3.	0,9255 ^b ±0,002	2.3.	0,9145 ^d ±0,001
1.4.	0,9250 ^b ±0,001	2.4.	0,9100 ^c ±0,000
1.5.	0,9240 ^b ±0,000	2.5.	0,9105 ^c ±0,001
1.6.	0,9200 ^a ±0,001	2.6.	0,9010 ^a ±0,000

^{a-d} srednje vrijednosti sa različitim slovima u istoj koloni se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće ($p < 0,05$)

Aktivitet vode (a_w) je značajan parametar za procjenu mogućnosti oksidacije lipida, neenzimskih i enzimskih aktivnosti, teksture proizvoda i pouzdan parametar za procjenu mogućnosti rasta mikroorganizama (Sablani i sar., 2010). Prehrambeni proizvodi koji imaju manju količinu vode samim tim imaju manji aktivitet vode i veću stabilnost (Nesvadba, 2008).

Uz pomoć aktiviteta vode može da se procijeni koliki dio slobodne vode stoji na raspolaganju u odvijanju metabolizma prisutnih mikroorganizama. Sa mikrobiološkog aspekta a_w je značajan parametar pomoću koga se kontroliše rast i razvoj mikroorganizama. Značajan je i uticaj vrijednosti a_w na brzinu odvijanja raznih nepoželjnih hemijskih promjena koje mogu da se odvijaju u hrani kao npr.: autooksidacija (masti), neenzimsko posmeđivanje, enzimska aktivnost, djelovanje plijesni, kvasaca, aktivnost bakterija itd. (Jašić, 2009).

5.1.10. Boja sira

Boja i izgled proizvoda su važni pokazatelji kvaliteta proizvoda jer potrošači vrlo često kvalitet proizvoda ocjenjuju na osnovu ova dva parametra (Lawless i Heymann, 1999; Gotterup i sar., 2008).

Često senzornim metodama nije moguće da se opisno definiše boja proizvoda i da se usagласi postignuta boja sa očekivanom nijansom, pa se koristi instrumentalna metoda mjerenja i definisanja boje.

Osnovni pokazatelji kvaliteta boje se prikazuju u CIE $L^*a^*b^*$ sistemu preko brojčanih vrijednosti za svjetloću (L^*) gdje se vrijednosti kreću u rasponu od 0 do 100, (0 vrijednost za crnu, a 100 za bijelu boju), udio crvene boje (pozitivne vrijednosti veličine a^*), udio zelene boje (negativne vrijednosti veličine a^*), udio žute boje (pozitivne vrijednosti veličine b^*), udio plave boje (negativne vrijednosti veličine b^*). Posebno praktično se pokazalo mjerenje instrumentalnom metodom kada je potrebno provesti mjerenja u nekim situacijama u određenim vremenskim razmacima i ustanoviti sasvim male razlike u nijansama boje (Savanović, 2011).

Boja površine sira

U Tabeli 5.17. prikazane su srednje vrijednosti za svjetloću (L^*), udio crvene boje (a^*) i udio žute boje (b^*) izmjerene na spoljašnjoj površini ispitivanih sireva iz obje serije. Iz rezultata se vidi da je najmanja L^* vrijednost u prvoj seriji (88,88) izmjerena na spoljašnjoj površini uzorka 1.2., dok je najveću L^* vrijednost ove serije (92,30) imao uzorak 1.1. Srednje vrijednosti za svjetloću (L^*) spoljašnje površine uzoraka druge serije su se kretale od 85,75 (uzorak 2.5.) do 88,93 (uzorak 2.2.). Srednje vrijednosti parametra a^* u prvoj seriji su se kretale od -0,84 (uzorak 1.1.) do -1,12 (uzorak 1.5.), a u drugoj seriji od -0,12 (uzorci 2.2. i 2.4.) do -0,54 kod uzorka 2.1. Negativna a^* vrijednost ukazuje da na spoljašnjoj površini ispitivanih uzoraka sira

ima zelene nijanse boje, koja može da potiče i od dodatka različitih vrsta začina. Srednje vrijednosti parametra b^* izmjerene na spoljašnjoj površini ispitivanih sireva prve serije su se kretale od 13,68 kod uzorka 1.1. do 17,01 kod uzorka 1.2., dok su za drugu seriju imale vrijednosti od 17,83 kod uzorka 2.3. do 18,71 kod uzorka 2.2. Pozitivna b^* vrijednost označava prisustvo žute boje na spoljašnjoj površini ispitivanih sireva. Prema statističkim podacima vrijednost za L^* , a^* i b^* se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće ($p < 0,05$) unutar svake serije, u zavisnosti od vrste dodatih začinskih biljaka.

Tabela 5.17. Srednje vrijednosti parametara L^* , a^* i b^* izmjerene na spoljašnjoj površini ispitivanih uzoraka sira

Serija 1				Serija 2			
Uzorak	L^*	a^*	b^*	Uzorak	L^*	a^*	b^*
1.1.	92,30 ^d ±0,44	-0,84 ^c ±0,08	13,68 ^a ±0,40	2.1.	87,93 ^a ±1,09	-0,54 ^a ±0,26	17,98 ^a ±1,12
1.2.	88,88 ^a ±1,28	-1,03 ^{a,b,c} ±0,15	17,01 ^d ±1,58	2.2.	88,93 ^a ±0,72	-0,12 ^c ±0,16	18,71 ^a ±1,12
1.3.	89,58 ^{a-b} ±0,38	-1,08 ^{a,b} ±0,09	16,30 ^{c,d} ±0,50	2.3.	88,65 ^a ±1,81	-0,14 ^{b-c} ±0,16	17,83 ^a ±1,76
1.4.	91,22 ^c ±0,34	-0,92 ^{b,c} ±0,16	14,31 ^{a,b} ±0,61	2.4.	88,72 ^a ±1,79	-0,12 ^c ±0,12	18,46 ^a ±2,53
1.5.	89,10 ^a ±0,41	-1,12 ^a ±0,14	16,86 ^d ±0,73	2.5.	85,75 ^a ±5,15	-0,41 ^{a-b} ±0,20	18,51 ^a ±0,83
1.6.	90,51 ^{b-c} ±0,85	-1,08 ^{a,b} ±0,15	15,35 ^{b,c} ±0,66	2.6.	88,80 ^a ±1,34	-0,18 ^{b-c} ±0,19	18,40 ^a ±1,09

^{a-d} srednje vrijednosti sa različitim slovima u istoj koloni se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće ($p < 0,05$)

Boja presjeka

U Tabeli 5.18. prikazane su srednje vrijednosti za svjetloću (L^*), udio crvene boje (a^*) i udio žute boje (b^*) izmjerene na površini presjeka ispitivanih sireva dvije serije. Iz navedene tabele se vidi da je najmanja L^* vrijednost prve serije (80,76) izmjerena na presjeku uzorka 1.2., dok je najveća L^* vrijednost ove serije (90,91) izmjerena na površini presjeka uzorka 1.1. Najmanju L^* vrijednost druge serije uzoraka je imao uzorak 2.4. (73,71) a najveću uzorak 2.1. (87,98). Na osnovu rezultata obje serije uočava se da uzorci sira proizvedeni bez dodatka začina (1.1. i 2.1.) imaju veću vrijednost L^* u odnosu na vrijednosti koje imaju uzorci sireva koji su proizvedeni sa dodatkom različitih začina. Srednje vrijednosti parametra a^* izmjerene na površini poprečnog presjeka ispitivanih sireva prve serije su se kretale od -0,12 kod uzorka 1.2. do -1,27 kod uzorka 1.6., a kod druge serije od -1,15 kod uzorka 2.4. do -0,002 kod uzorka 2.1. Srednje vrijednosti parametra b^* izmjerene na površini presjeka ispitivanih sireva prve serije su se kretale od 13,46 kod uzorka 1.1. do 16,26 kod uzorka 1.2., dok su se za drugu seriju vrijednosti kretale od 15,62 (uzorak 2.4.) do 19,09 (uzorak 2.1.). Prema statističkim podacima

vrijednosti za L^* , a^* i b^* površine presjeka unutar svake serije se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće ($p < 0,05$).

Iz rezultata za L^* vrijednost vidljivo je da su svi sirevi u svjetlijem dijelu spektra, što je sasvim očekivano. Preko parametra b^* vidimo da su analizirani sirevi imali izraženu žutu nijansu. Parametar a^* je za sve uzorke pokazao negativne vrijednosti, odnosno udio zelene boje (očekivano zbog dodatka začina).

Tabela 5.18. Srednje vrijednosti parametara L^* , a^* i b^* izmjerene na površini presjeka ispitivanih uzoraka sira

Serija 1				Serija 2			
Uzorak	L^*	a^*	b^*	Uzorak	L^*	a^*	b^*
1.1.	90,91 ^b ±0,41	-0,53 ^{c,d} ±0,11	13,46 ^a ±0,44	2.1.	87,98 ^b ±1,01	-0,002 ^{a,b} ±0,17	19,09 ^b ±0,89
1.2.	80,76 ^a ±6,97	-0,12 ^d ±0,71	16,26 ^b ±1,92	2.2.	75,02 ^a ±12,28	-0,44 ^b ±1,71	17,07 ^{a,b} ±2,56
1.3.	84,59 ^{a,b} ±4,06	-0,71 ^{b,c,d} ±0,26	15,26 ^{a,b} ±1,02	2.3.	84,38 ^{a,b} ±6,57	-0,10 ^{a,b} ±0,51	17,19 ^{a,b} ±1,35
1.4.	82,69 ^{a,b} ±5,12	-1,16 ^a ±0,61	15,28 ^{a,b} ±1,89	2.4.	73,71 ^a ±13,23	-1,15 ^a ±0,78	15,62 ^a ±2,61
1.5.	87,09 ^{a,b} ±1,08	-0,90 ^{a,b,c} ±0,24	16,01 ^b ±1,26	2.5.	83,81 ^{a,b} ±5,56	-0,11 ^{a,b} ±0,59	18,27 ^{a,b} ±2,09
1.6.	81,90 ^a ±9,46	-1,27 ^{a,b} ±0,55	15,24 ^{a,b} ±2,01	2.6.	82,98 ^{a,b} ±5,45	-0,67 ^{a,b} ±0,35	18,73 ^b ±1,60

^{a-d} srednje vrijednosti sa različitim slovima u istoj koloni se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće ($p < 0,05$)

5.1.11. Tekstura sira

Tvrdoća sira zavisi od njegovog sastava, tj. od sadržaja vode u siru. Sirevi sa manjim sadržajem vode imaju veću tvrdoću i potrebna je veća sila smicanja da se oni presijeku.

U Tabeli 5.19. prikazane su prosječne vrijednosti dobijene instrumentalnim mjerenjem teksture ispitivanih uzoraka Janjskog sira.

Tabela 5.19. Instrumentalno izmjerene vrijednosti za tvrdoću ispitivanih uzoraka sira

Serija 1		Serija 2	
Uzorak	Tvrdoća (kg)	Uzorak	Tvrdoća (kg)
1.1.	0,1794 ^a ±0,04	2.1.	0,4676 ^{a,b} ±0,08
1.2.	0,3634 ^c ±0,04	2.2.	0,5264 ^b ±0,09
1.3.	0,3422 ^c ±0,07	2.3.	0,3733 ^a ±0,10
1.4.	0,2213 ^{a-b} ±0,07	2.4.	0,5686 ^b ±0,10
1.5.	0,3938 ^c ±0,04	2.5.	0,5064 ^b ±0,11
1.6.	0,2576 ^b ±0,07	2.6.	0,5312 ^b ±0,09

^{a-c} srednje vrijednosti sa različitim slovima u istoj koloni se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće ($p < 0,05$)

Na osnovu dobijenih rezultata za tvrdoću ispitivanih uzoraka sira ustanovljena je statistički značajna razlika ($p < 0,05$) između uzoraka. Instrumentalno najmanja vrijednost za tvrdoću uzoraka prve serije u vrijednosti od 0,1794 kg je izmjerena kod uzorka 1.1. Pomenuti uzorak je očekivano imao najveći procenat vode kao i najmanji sadržaj proteina od ostalih uzoraka. Najveću tvrdoću od uzoraka ove serije u vrijednosti od 0,3938 kg imao je uzorak 1.5. Instrumentalno izmjerene vrijednosti za tvrdoću za drugu seriju su se kretale od 0,3733 kg kod uzorka 2.3. do 0,5686 kg kod uzorka 2.4. koji je bio među uzorcima sa najmanjim sadržajem vode.

5.2. Senzorna analiza sira

Senzornom analizom ispitivanog proizvoda, posmatraju se sva svojstva tog prehrambenog proizvoda da bi se proizvođačima hrane i naučnicima koje se bave različitim aspektima kontrole kvaliteta bezbjednosti hrane obezbijedile sve važne informacije (Grujić, 2015).

Sprovedena senzorna analiza ispitivanih uzoraka Janjskog sira obuhvatila je senzorna svojstva, a to su: izgled, boja, miris, ukus i konzistencija.

Izgled sira se procjenjuje vizuelno, prije konzumiranja ili kada se sir priprema za konzumiranje sječenjem ili mazanjem. Karakteristike izgleda uključuju boju, prisustvo velikih grudvica i vizuelnu teksturu i kreiraju senzorna očekivanja ili očekivanja kakvog će sir biti ukusa, i pošto izgled može dominirati nad drugim modalitetima, vizuelni aspekti sira mogu često imati jak uticaj na doživljaj drugih karakteristika (Budimir i sar, 2004). Boja svježeg sira je još jedan bitan pokazatelj kvaliteta, koja treba biti ujednačena, bijela, što odgovara kvalitetu datog proizvoda. Može se desiti da u toku tehnološkog procesa neki od sastojaka reaguju sa neželjenom supstancom koja je slučajno dospjela u proizvod, što je pokazatelj odstupanja ili problema do kojih je došlo u toku procesa, što može u ekstremnim slučajevima dovesti do grešaka koje proizvod čine nepodobnim za upotrebu (Mandić i Perl, 2006).

U Tabeli 5.20. predstavljene su prosječne vrijednosti senzorne analize ispitivanih uzoraka sira, te je ustanovljena statistički značajna ($p < 0,05$) razlika između uzoraka. Uzorak 1.1. i uzorak 2.1. su sirevi koji su proizvedeni bez dodataka začina i predstavljaju kontrole prve i druge serije. Nakon obavljene senzorne analize, konstatuje se da ovi uzorci zadovoljavaju odgovarajuće propise i ocjenjivači su njihovim senzornim karakteristikama dodijelili najveće ocjene, bez odstupanja. Iz rezultata za prvu seriju se uočava sljedeće:

- Uzorak 1.2. ima manje vrijednosti (4,00) za izgled i boju od ostalih karakteristika jer je boja bila neravnomjernija i začim neravnomjerno raspoređen. Na osnovu senzorne ocjene, za ovaj uzorak se preporučuje veća količina začinske biljke (origana) od dodate u količini od 0,50%;
- Iz rezultata za uzorak 1.3. se vidi da osim konzistencije, sve karakteristike imaju manje vrijednosti od maksimalne. Iz toga se uočava da ukus i miris nije intenzivan, da je “prazan”. Ukusi sira i začinske biljke (bosiljak) se ne slažu, tj, nisu kompatibilni za ovu vrstu sira;
- Uzorak 1.4., sa dodatkom 0,5% peršuna, ima niže ocjene za miris i ukus jer su ova svojstva nedovoljnog intenziteta;
- Uzorak 1.5. je pokazao malo gumastiji i suvlji izgled na presjeku što se odražava i na ocjeni konzistencije. Preporučuje se, takođe, i ravnomjernije raspoređivanje dodate začinske biljke (ruzmarin);
- Uzorak 1.6. je takođe dobio preporuku za bolju raspoređenost začinske biljke (vlasca) zbog čega je izgled i boja sa manjom ocjenom od maksimalne.

Ukoliko se uzme u obzir prva serija uzoraka uočava se da je sir sa dodatkom origana (uzorak 1.2.) imao najbolje senzorne karakteristike nakon čega slijedi uzorak 1.6. (dodatak vlasca). Uzorak 1.5. (ruzmarin) je sljedeći iz ove serije uzoraka nakon čega slijedi uzorak 1.4. (peršun) pa uzorak 1.3. (bosiljak).

Tabela 5.20. Prosječne ocjene senzorne analize ispitivanih uzoraka sireva

Serija 1					
Uzorak	Izgled	Boja	Miris	Ukus	Konzistencija
1.1.	5,00 ^c ±0,00	5,00 ^c ±0,00	5,00 ^c ±0,00	5,00 ^b ±0,00	5,00 ^b ±0,00
1.2.	4,00 ^a ±0,00	4,00 ^a ±0,00	5,00 ^c ±0,00	5,00 ^b ±0,00	5,00 ^b ±0,00
1.3.	4,50 ^b ±0,00	4,50 ^b ±0,00	4,25 ^b ±0,29	3,50 ^a ±0,00	5,00 ^b ±0,00
1.4.	5,00 ^c ±0,00	5,00 ^c ±0,00	3,50 ^a ±0,00	3,62 ^a ±0,25	5,00 ^b ±0,00
1.5.	4,00 ^a ±0,00	4,00 ^a ±0,00	5,00 ^c ±0,00	5,00 ^b ±0,00	4,50 ^a ±0,00
1.6.	4,00 ^a ±0,00	4,00 ^a ±0,00	5,00 ^c ±0,00	5,00 ^b ±0,00	5,00 ^b ±0,00

Tabela 5.20. Prosječne ocjene senzorne analize ispitivanih uzoraka sireva (nastavak)

Serija 2					
Uzorak	Izgled	Boja	Miris	Ukus	Konzistencija
2.1.	5,00 ^c ±0,00	5,00 ^b ±0,00	5,00 ^b ±0,00	5,00 ^b ±0,00	5,00 ^b ±0,00
2.2.	4,00 ^a ±0,00	5,00 ^b ±0,00	5,00 ^b ±0,00	5,00 ^b ±0,00	4,50 ^a ±0,00
2.3.	4,50 ^b ±0,00	5,00 ^b ±0,00	5,00 ^b ±0,00	4,00 ^a ±0,00	5,00 ^b ±0,00
2.4.	5,00 ^c ±0,00	5,00 ^b ±0,00	3,50 ^a ±0,00	4,00 ^a ±0,00	4,50 ^a ±0,00
2.5.	4,70 ^{b,c} ±0,00	4,00 ^a ±0,00	5,00 ^b ±0,00	5,00 ^b ±0,00	4,50 ^a ±0,00
2.6.	5,00 ^c ±0,00	5,00 ^b ±0,00	5,00 ^b ±0,00	5,00 ^b ±0,00	5,00 ^b ±0,00

^{a-c} srednje vrijednosti sa različitim slovima u istoj koloni, za istu seriju, se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (p<0,05)

Druga serija uzoraka je pokazala sljedeće rezultate (Tabela 5.20.):

- Uzorak 2.2. na presjeku je imao veću količinu začinske biljke od poželjne te je ocjena izgleda malo manja od maksimalne (4,00). Konzistencija je malo tvrđa od poželjne te je ocjena ovog parametra 4,50. Obzirom da je uzorak 2.2. predstavljao uzorak sira sa dodatkom 0,5% origana (preporuka nakon senzorne ocjene je veća kolicina origana), a uzorak 2.2. sir sa 1% origana u kome je konstatovana prevelika količina ove začinske biljke, preporuka nakon senzorne ocjene je koncentracija origana u količini od 0,75%;
- Uzorak 2.3. koji predstavlja sir sa dodatkom 1% bosiljka je imao manju ocjenu izgleda jer je na presjeku bila veća količina začina od poželjne ali je ukus i dalje bio prazan (ocjena: 4,00). Takav ukus je bio i kod uzorka sira sa dodatkom 0,5% bosiljka iz prve serije uzoraka, te se uočava da ova začinska biljka nije kompatibilna ni u jednoj koncentraciji sa ovom vrstom sira, te se njegova proizvodnja ne preporučuje;
- Uzorak 2.4. (1% peršuna) je imao smanjene ocjene za miris, ukus i konzistenciju jer je pokazao slabo izražen miris i ukus, bez obzira na veliku količinu peršuna koja je uticala na “lošije” sječenje i manju ocjenu konzistencije. Uzorak 1.4. iz prve serije, sa dodatkom peršuna u količini od 0,5 % je imao slične senzorne karakteristike te se preporučuje korištenje svježeg peršuna, koji bi, pretpostavlja se, imao veći uticaj na intenzitet mirisa i ukusa od korištenog, suvog začina;

- Uzorak 2.5. (1% ruzmarina) imao je malo tvrđu konzistenciju od poželjne zbog veće količine ruzmarina koja je smanjila i ocjene izgleda i boje, dok je ukus i miris bio izuzetno prihvatljiv;
- Uzorak 2.6. (1% vlasca) imao je maksimalne ocjene svih parametara, te je predstavljao najprihvatljiviji uzorak druge serije, a obzirom da u prvoj seriji ni jedan uzorak nije imao maksimalne ocjene izuzev kontrolnog uzorka, može se uočiti da je ovaj uzorak sira imao najbolje senzorne ocjene od svih uzoraka.

Što se tiče druge serije uzoraka, nakon uzorka sira sa vlascem, slijedi uzorak sa origanom, zatim bosiljkom, ruzmarinom pa peršunom.

Na osnovu ukupne senzorne ocjene, proizvodnja ove vrste sira se preporučuje sa dodatkom vlasca i origana.

Josipović i sar. (2016) navode da dodatak začinskih biljaka u proizvodnji sireva doprinosi poboljšanju senzornih karakteristika, povećanju stabilnosti i roka trajanja sira i poboljšava nutritivne vrijednosti sira. Sir proizveden uz dodatak začinskih biljaka (crvena paprika, peršun, bijeli luk, lavanda, kopar, vlasac) odlikuje se povećanom biološkom i nutritivnom vrijednošću, produženim rokom trajanja i svakako povoljnim senzornim karakteristikama, zahvaljujući antioksidativnim i antimikrobnim komponentama koje su prisutne u manjoj ili većoj mjeri u pojedinim začinima.

Jedan od najpoznatijih tradicionalnih hrvatskih sireva je svježi sir koji se, kao i Janjski sir, proizvodi iz sirovog mlijeka te samim tim zahtijeva visoke higijenske uslove. Obzirom da svježi sir ima kraći rok trajanja, te kako bi se isti produžio, započela je upotreba crvene mljevene paprike (Josipović i sar., 2016).

Alijagić i sar. (2009) su ustanovili slab uticaj dodavanja začinskih biljaka na fizičko-hemijske osobine mliječnog namaza što je bio slučaj i sa istraživanjima u okviru ovog rada. U senzornom smislu, dodatak odabranih začinskih biljaka je dao pozitivne rezultate, s tim da su najvišu ocjenu dobili uzorci sa origanom i vlascem u obje serije, odnosno sa obe koncentracije (0,5 i 1 %), pa se za dalji razvoj proizvoda preporučuje ići u tom pravcu.

Povećana koncentracija začinskih biljaka može i negativno da utiče na senzorne karakteristike finalnog proizvoda, pa su Tarakçi (2004) i Tarakçi i Kucukoner (2006) ustanovili da koncentracija začinskih biljaka od 1 % daje najbolje senzorne karakteristike sira.

5.3. Rezultati antioksidativne analize

5.3.1. Sadržaj ukupnih fenola

Galna kiselina (GAE) korištena je kao standard prilikom određivanja sadržaja fenola, flavonoida i neflavonoida. Dobijeni rezultati za ukupne fenole su prikazani u Tabeli 5.21. Na osnovu dobijenih rezultata, posmatrajući svaku seriju pojedinačno, uočava se da su vrijednosti ukupnih fenola, očekivano, bili najmanji u slučaju kontrolnih uzoraka, dakle, uočava se da dodatak začinskih biljaka statistički značajno utiče ($p < 0,05$) na povećanje sadržaja polifenolnih jedinjenja u ispitivanim uzorcima sireva. Ukoliko se posmatraju obje serije zajedno, uočava se da je najveća vrijednost sadržaja ukupnih fenola kod uzorka broj 2.2. u iznosu od 1303,17 μg GAE/g (sir sa dodatkom 1% origana). Najveću vrijednost u prvoj seriji je imao uzorak broj 1.2. sa 0,50 % origana (990,89 μg GAE/g).

Tabela 5.21. Sadržaj ukupnih fenola u ispitivanim uzorcima sira

Serija 1		Serija 2	
Uzorak	Ukupni fenoli (μg GAE/g)	Uzorak	Ukupni fenoli (μg GAE/g)
1.1.	485,22 ^a ±0,28	2.1.	511,69 ^a ±8,68
1.2.	990,89 ^e ±8,99	2.2.	1303,17 ^d ±9,28
1.3.	593,50 ^c ±3,41	2.3.	886,08 ^b ±9,98
1.4.	591,22 ^c ±6,72	2.4.	992,73 ^c ±4,09
1.5.	662,85 ^d ±0,98	2.5.	1003,28 ^c ±9,06
1.6.	555,64 ^b ±7,14	2.6.	874,66 ^b ±7,91

^{a-e} srednje vrijednosti sa različitim slovima u istoj koloni se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće ($p < 0,05$)

Todorović i sar. (2018) su ispitivali antioksidativnu aktivnost odabranih začinskih biljaka sa područja Srbije. Istraživanja su pokazala da najveći sadržaj ukupnih fenola ima cimet (61,3 mg GAE/g), slijede ruzmarin (30,2 mg GAE/g) i origano (21,0 mg GAE/g), dok je najmanji sadržaj bio prisutan u uzorku vlasca (4,3 mg GAE/g). Prema istraživanjima Josipović i sar. (2015) sadržaj ukupnih fenola u svježem siru (Cottage) je iznosila od 2,1±0,6 mg GAE/100 g (21 $\mu\text{g/g}$), u siru sa dodatkom 0,5 % suvog peršuna sadržaj ukupnih fenola je iznosio 28,4 mg GAE/100 g (284 $\mu\text{g/g}$), a u siru sa dodatkom 1% suvog ruzmarina sadržaj ukupnih fenola je iznosio 34,5 mg GAE/100 g (345 $\mu\text{g/g}$).

5.3.2. Sadržaj neflavonoida i flavonoida

Rezultati ispitivanja sadržaja neflavonoida obje serije ispitivanih uzoraka sireva su predstavljeni u Tabeli 5.22. gdje se uočava da dodatak začinskih biljaka statistički značajno utiče ($p < 0,05$) na dobijene rezultate. Najmanju vrijednost, očekivano, imali su kontrolni uzorci obje serije, dok je najveći sadržaj neflavonoida u obje serije, kao i kod ukupnih fenola, pokazao uzorak broj 2.2. ($994,49 \mu\text{g GAE/g}$). Posmatrajući samo prvu seriju, najveća vrijedost se uočava kod uzorka broj 1.2. (takođe kao i kod ukupnih fenola), u iznosu od $714,54 \mu\text{g GAE/g}$.

Tabela 5.22. Sadržaj neflavonoida u ispitivanim uzorcima sira

Serija 1		Serija 2	
Uzorak	Neflavonoidi ($\mu\text{g GAE/g}$)	Uzorak	Neflavonoidi ($\mu\text{g GAE/g}$)
1.1.	$342,93^a \pm 3,01$	2.1.	$359,29^a \pm 4,00$
1.2.	$714,54^e \pm 5,68$	2.2.	$994,49^f \pm 6,05$
1.3.	$399,67^b \pm 2,59$	2.3.	$689,78^c \pm 63,46$
1.4.	$429,07^c \pm 2,17$	2.4.	$761,04^d \pm 6,27$
1.5.	$472,31^d \pm 6,80$	2.5.	$838,60^e \pm 5,64$
1.6.	$427,31^c \pm 4,43$	2.6.	$672,60^b \pm 5,72$

^{a-f} srednje vrijednosti sa različitim slovima u istoj koloni se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće ($p < 0,05$)

Rezultati ispitivanja sadržaja flavonoida uzoraka sira iz obje serije predstavljeni su u Tabeli 5.23.

Tabela 5.23. Sadržaja flavonoida u ispitivanim uzorcima sira

Serija 1		Serija 2	
Uzorak	Flavonoidi ($\mu\text{g GAE/g}$)	Uzorak	Flavonoidi ($\mu\text{g GAE/g}$)
1.1.	$142,29^b \pm 3,29$	2.1.	$152,40^a \pm 4,68$
1.2.	$276,36^e \pm 8,97$	2.2.	$308,68^e \pm 3,24$
1.3.	$193,83^d \pm 0,82$	2.3.	$196,30^c \pm 3,51$
1.4.	$162,15^c \pm 4,55$	2.4.	$231,70^d \pm 2,18$
1.5.	$190,53^d \pm 5,82$	2.5.	$164,68^b \pm 3,42$
1.6.	$128,33^a \pm 3,09$	2.6.	$202,06^c \pm 2,19$

^{a-e} srednje vrijednosti sa različitim slovima u istoj koloni se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće ($p < 0,05$)

Iz rezultata se vidi da je kod druge serije uzoraka najmanja vrijednost za flavonoide, očekivano, kod kontrolnog uzorka. Kod prve serije uzoraka vidi se malo odstupanje od očekivanog rezultata, te uzorak broj 1.6. ima nešto nižu vrijednost za flavonoide ($128,33 \mu\text{g GAE/g}$) od kontrolnog uzorka ($142,29 \mu\text{g GAE/g}$). Kao i kod ukupnih fenola i neflavonoida, sadržaj

flavonoida je bio najveći u uzorku broj 2.2. (308,68 µg GAE/g), dok je u prvoj seriji najveća vrijednost kod uzorka broj 1.2. (276,36 µg GAE/g). Rezultati su pokazali statistički značajan uticaj ($p < 0,05$) dodatka začinskih biljaka na sadržaj flavonoida u ispitivanim sirevima.

U začinskim biljkama predominantno su prisutni flavonoidi (flavoni i flavonoli) i fenolne kiseline. Iako se koriste u relativno malim količinama, začini mogu značajno doprinijeti ukupnom unosu antioksidanasa, naročito polifenolnih jedinjenja. Ipak, prilikom ispitivanja njihove biološke aktivnosti, treba uzeti u obzir različite nivoe unosa, zatim uticaj pripreme, uticaj metaboličkih procesa kojima začinske biljke podliježu u organizmu, kao i uticaj drugih namirnica s obzirom da se rijetko konzumiraju samostalno. Posljednjih godina posebna pažnja je usmjerena na proučavanje sadržaja polifenolnih jedinjenja i njihovih antioksidativnih svojstava, što može biti značajno ne samo sa aspekta produženja roka upotrebe naročito upakovanih namirnica, već i u smislu upotrebe začinskog bilja kao funkcionalnih sastojaka hrane (Todorović i sar., 2018).

5.3.3. Antioksidativna aktivnost– FRAP test

Rezultati postignuti sprovođenjem FRAP metode predstavljeni su u Tabeli 5.24.

Tabela 5.24. Rezultati FRAP testa za ispitivane uzorke sira

Serija 1		Serija 2	
Uzorak	FRAP ($\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$)	Uzorak	FRAP ($\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$)
1.1.	0,36 ^a ±0,00	2.1.	0,31 ^a ±0,01
1.2.	2,10 ^e ±0,02	2.2.	2,96 ^e ±0,04
1.3.	0,65 ^c ±0,02	2.3.	1,45 ^c ±0,01
1.4.	0,52 ^b ±0,01	2.4.	0,95 ^b ±0,08
1.5.	1,51 ^d ±0,06	2.5.	1,94 ^d ±0,08
1.6.	0,48 ^b ±0,08	2.6.	0,96 ^b ±0,08

^{a-e} srednje vrijednosti sa različitim slovima u istoj koloni se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće ($p < 0,05$)

Iz rezultata se uočava da je najveću antioksidativnu vrijednost imao uzorak broj 2.2. (2,96 $\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$), dok je najmanja vrijednost bila kod kontrolnih uzoraka obje serije (0,36 i 0,31 $\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$). Uzorak broj 2.2. je i ovdje imao najveću vrijednost, kao i kod ukupnih fenola, neflavonoida i flavonoida, dok je u prvoj seriji najveća vrijednost i ovdje je zabilježena kod uzorka broj 1.2. (2,10 $\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$). Iz rezultata se vidi statistički značajan uticaj ($p < 0,05$) dodatka začinskih biljaka na antioksidativnu aktivnost ispitivanih sireva.

5.3.4. Antioksidativna aktivnost - DPPH test

Rezultati mjerenja DPPH metodom predstavljeni su u Tabeli 5.25., te su pokazali statistički značajan uticaj ($p < 0,05$) dodatka začinskih biljaka na antioksidativnu aktivnost ispitivanih sireva, mjeremu DPPH testom. Rezultati pokazuju očekivano najmanje vrijednosti za kontrolne uzorke obje serije i najveće vrijednosti za uzorke sa origanom, i to kod uzorka 2.2., sa 1,00 % origana ($703,59 \mu\text{MTE/g}$) i kod uzorka 1.2. sa 0,50 % origana ($436,19 \mu\text{MTE/g}$).

Tabela 5.25. Rezultati DPPH testa za ispitivane uzorke sira

Serija 1		Serija 2	
Uzorak	DPPH ($\mu\text{MTE/g}$)	Uzorak	DPPH ($\mu\text{MTE/g}$)
1.1.	$70,92^a \pm 5,20$	2.1.	$77,44^a \pm 4,41$
1.2.	$436,19^e \pm 8,94$	2.2.	$703,59^f \pm 7,78$
1.3.	$101,31^c \pm 5,83$	2.3.	$275,53^d \pm 6,77$
1.4.	$94,83^{b,c} \pm 2,90$	2.4.	$245,85^c \pm 7,34$
1.5.	$373,63^d \pm 8,74$	2.5.	$553,98^e \pm 2,81$
1.6.	$83,62^b \pm 2,23$	2.6.	$224,41^b \pm 2,03$

^{a-f} srednje vrijednosti sa različitim slovima u istoj koloni se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće ($p < 0,05$)

Todorović i sar. (2018) su u istraživanjima za antioksidativnu aktivnost - DPPH testom dosli do sljedećih vrijednosti: ruzmarin $107 \pm 0,2 \mu\text{mol TE/g}$, origano $106,7 \pm 0,3 \mu\text{mol TE/g}$, peršun $14,70 \pm 2,8 \mu\text{mol TE/g}$, bosiljak $103,1 \pm 0,2 \mu\text{mol TE/g}$ i vlasac $4,4 \pm 0,6 \mu\text{mol TE/g}$. Isti autori su ustanovili vrijednosti za ABTS: ruzmarin $283,8 \pm 0,8 \mu\text{mol TE/g}$, origano $286,4 \pm 1,1 \mu\text{mol TE/g}$, peršun $132,3 \pm 0,9 \mu\text{mol TE/g}$, bosiljak $138,5 \pm 0,8 \mu\text{mol TE/g}$ i vlasac $58,0 \pm 0,3 \mu\text{mol TE/g}$.

5.3.5. Antioksidativna aktivnost – ABTS test

ABTS test sproveden na ispitivanim uzorcima Janjskog sira obje serije pokazao je vrijednosti date u Tabeli 5.26. Najmanja vrijednost je, kao i kod prethodnih mjerenja u okviru ispitivanja antioksidativnih karakteristika kod kontrolnih uzoraka obje serije, a najveća vrijednost kod uzoraka broj 1.2. i 2.2. Takođe se uočava statistički značajan uticaj ($p < 0,05$) dodatka začinskih biljaka na dobijene rezultate.

Tabela 5.26. Rezultati ABTS testa za ispitivane uzorke sira

Serija 1		Serija 2	
Uzorak	ABTS (μ MTE/g)	Uzorak	ABTS (μ MTE/g)
1.1.	185,53 ^a ±9,62	2.1.	193,40 ^a ±9,17
1.2.	1181,03 ^e ±5,60	2.2.	1704,98 ^e ±9,02
1.3.	451,56 ^c ±5,56	2.3.	577,12 ^c ±8,60
1.4.	411,65 ^b ±8,39	2.4.	525,98 ^b ±9,74
1.5.	708,93 ^d ±3,45	2.5.	988,52 ^d ±6,58
1.6.	441,50 ^c ±3,34	2.6.	534,78 ^b ±5,89

^{a-e} srednje vrijednosti sa različitim slovima u istoj koloni se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće ($p < 0,05$)

Na osnovu dobijenih rezultata antioksidativne analize je uočljivo da dodatak začina utiče na povećanje antioksidativne aktivnosti ispitivanih uzoraka sireva. Uzorci koji su proizvedeni uz dodatak veće količine začina imali su očekivano i veću antioksidativnu sposobnost od uzoraka koji su imali istu vrstu začina u manjoj koncentraciji. Najmanje vrijednosti imali su, očekivano, kontrolni uzorci, bez dodataka začina. Rezultati su pokazali da su začini imali izuzetno pozitivan antioksidativni uticaj na ispitivane uzorke sira, te zahvaljujući i pozitivnom uticaju na senzorne osobine, preporučuje se njihova uoptreba u daljoj proizvodnji ove vrste sira.

6. ZAKLJUČAK

Prikazani rezultati koji su dobijeni na osnovu fizičko - hemijskih, senzornih i antioksidativnih analiza sprovedenih na ispitivanim uzorcima Janjskog sira sa dodatkom začinskih biljaka (origano, bosiljak, peršun, ruzmarin i vlasac) u koncentraciji od 0,50% u prvoj i 1,00% u drugoj seriji dovode do sljedećih zaključaka:

1. Dodatak različitih vrsta začinskih biljaka statistički značajno utiče ($p>0,05$) na fizičko-hemijske karakteristike Janjskog sira.
- Najmanji sadržaj vode u prvoj seriji je imao uzorak 1.5. (53,39%), a najveći uzorak 1.1. (57,72%). U drugoj seriji, najmanji sadržaj vode je bio kod uzorka 2.5. (48,96%) a najveći kod uzorka 2.3. (51,31%). Sadržaj vode u uzorcima druge serije je bio dosta manji od uzoraka iz prve serije, pa je tako kontrolni uzorak druge serije, bez dodatka začina, imao manji sadržaj vode od svih uzoraka sa dodatkom začina iz prve serije kao i od pojedinih uzoraka druge serije. Sadržaj vode u bezmasnoj materiji sira u prvoj seriji se kretao od 65,11 % (uzorak 1.5.) do 70,38 % (uzorak 1.1.), a u drugoj seriji od 63,17 % (uzorak 2.1.) do 65,79 % (uzorak 2.3.);
- Sadržaj ukupne masti u uzorcima prve serije je iznosio 18,00% a u drugoj seriji se kretao od 22,00 do 22,50%. Sadržaj masti u bezmasnoj materiji sira prve serije se kretao od 38,62 % (uzorak 1.5.) do 42,57 % (uzorak 1.1.), dok su se kod druge serije vrijednosti kretale od 43,37 % (uzorak 2.1.) do 45,18% (uzorak 2.3.);
- Od zasićenih masnih kiselina najzastupljenije u obje serije uzoraka su bile palmitinska, stearinska i miristinska;
- Od mononezasićenih masnih kiselina, najzastupljenija u obje serije uzoraka je bila oleinska, a od polinezasićenih linolna, α -linoleinska i eikozadienična;
- Srednje vrijednosti sadržaja proteina u ispitivanim uzorcima sira prve serije kretale su se od 18,12 % (uzorak 1.1.) do 25,05 % (uzorak 1.5.), dok su se vrijednosti za drugu seriju kretale od 21,04 % (uzorak 2.3.) do 23,95 % (uzorak 2.2.);
- Najmanji sadržaj pepela u prvoj seriji od 1,85 % bio je u uzorku 1.1. a najveći (2,89 %) uzorku 1.2. Vrijednosti u drugoj seriji su se kretale od 2,34 % (uzorak 2.3.) do 3,00 % (uzorak 2.1.);
- Najmanji sadržaj hlorida u prvoj seriji (0,60%) je imao uzorak 1.5. a najveći (1,62%) uzorak 1.2., dok su se u drugoj seriji vrijednosti kretale od 0,75% (uzorak 2.5.) do 1,61% (uzorak 2.1.);

- Rezultati sadržaja minerala su pokazali najveći procenat kalcijuma. Sadržaj kalcijuma u ispitivanim sirevima prve serije se kreće od 310,72 mg/100g u uzorku 1.1. do 437,66 mg/100g u uzorku 1.3. U drugoj seriji vrijednosti su se kretale od 455,83 mg/100g u uzorku 2.3. do 507,67mg/100g kod uzorka 2.2. U većoj koncentraciji prisutni su još natrijum, fosfor, kalijum i magnezijum, dok su ostali minerali prisutni u manjoj količini;
 - Najmanju pH vrijednost u prvoj seriji od 5,00 je imao uzorak 1.6., a najveću vrijednost od 5,26 uzorak 1.2. U drugoj seriji vrijednosti su se kretale od 5,06 (uzorak 2.5.) do 5,51 (uzorak 2.1.);
 - Iz rezultata se vidi da je vrijednost titracione kiselosti prve serije uzoraka značajno veća od vrijednosti druge serije uzoraka. Najmanju vrijednost za kiselost prve serije je imao uzorak 1.6. (47,20°SH), a najveću uzorak 1.1. (53,60°SH). Najmanju kiselost druge serije je imao uzorak 2.2. i to 28,00°SH, a najveću (34,20°SH) uzorak 2.5.;
 - Najmanju vrijednost za aktivitet vode (a_w) u prvoj seriji je imao uzorak 1.2. (0,9175), a najveću uzorak 1.1. (0,9320). U drugoj seriji vrijednosti su se kretale od 0,9010 kod uzorka 2.6. do 0,9155 kod uzorka 2.2.;
2. Dodatak različitih vrsta začinskih biljaka ima statistički značajan uticaj ($p < 0,05$) na izmjerene parametre boje (svjetloća (L^*), udio crvene boje (a^*) i udio žute boje (b^*)).
- Na spoljašnjoj površini ispitivanih sireva prve serije najmanja L^* vrijednost (88,88) izmjerena je kod uzorka 1.2., dok je najveću L^* vrijednost (92,30) imao uzorak 1.1. Uzorci druge serije su imali vrijednosti koje su se kretale od 85,75 (uzorak 2.5.) do 88,93 (uzorak 2.2.). Srednje vrijednosti parametra a^* u prvoj seriji su se kretale od -1,12 (uzorak 1.5.) do -0,84 (uzorak 1.1.), a u drugoj seriji od -0,54 (uzorak 2.1.) do -0,12 (uzorak 2.2. i 2.4.). Negativna a^* vrijednost ukazuje da na spoljašnjoj površini ispitivanih uzoraka sira ima zelene nijanse boje, koja može da potiče i od dodatka različitih vrsta začinskih biljaka. Srednje vrijednosti parametra b^* izmjerene na spoljašnjoj površini ispitivanih sireva prve serije su se kretale od 13,68 kod uzorka 1.1. do 17,01 kod uzorka 1.2., a kod druge serije od 17,83 kod uzorka 2.3. do 18,71 kod uzorka 2.2.
 - Iz rezultata za boju presjeka se vidi da je najmanja L^* vrijednost prve serije bila kod uzorka 1.2. (80,76), dok je najveću L^* vrijednost prve serije (90,91) imao uzorak 1.1. Najmanju L^* vrijednost u drugoj seriji je imao uzorak 2.4. (73,71), dok je najveću L^* vrijednost imao uzorak 2.1. (87,98). Na osnovu navedenih rezultata zaključuje se da uzorci sira proizvedeni bez dodatka začina imaju veću vrijednost L^* u odnosu na

vrijednosti koje imaju uzorci sireva koji su proizvedeni sa dodatkom različitih začina. Srednje vrijednosti parametra a^* izmjerene na površini poprečnog presjeka ispitivanih sireva prve serije su se kretale od -1,27 kod uzorka 1.6. do -0,12 kod uzorka 1.2., dok su se kod druge serije vrijednosti kretale od -1,15 (uzorak 2.4.) do -0,002 kod uzorka 2.1. Srednje vrijednosti parametra b^* izmjerene na površini presjeka ispitivanih sireva prve serije su se kretale od 13,46 kod uzorka 1.1. do 16,26 kod uzorka 1.2., dok su se za drugu seriju izmjerene vrijednosti kretale od 15,62 kod uzorka 2.4. do 19,09 kod uzorka 2.1.

3. Na osnovu dobijenih rezultata za tvrdoću ispitivanih uzoraka sira ustanovljena je statistički značajna razlika ($p < 0,05$) između uzoraka. Instrumentalno najmanja vrijednost za tvrdoću u prvoj seriji od 0,1794 kg je izmjerena kod uzorka 1.1. (uzorak je očekivano imao najveći procenat vode kao i najmanji sadržaj proteina od ostalih uzoraka), a najveću tvrdoću u ovoj seriji od 0,3938 kg imao je uzorak 1.5. Vrijednosti u drugoj seriji su se kretale od 0,3733 (uzorak 2.3.) do 0,5686 kg koliko je imao uzorak 2.4. koji je bio među uzorcima sa najmanjim sadržajem vode.
4. Dodatak začina ima statistički značajan uticaj ($p < 0,05$) na sezorne karakteristike ispitivanih uzoraka sira. Na osnovu ukupne senzorne ocjene, proizvodnja ove vrste sira se preporučuje sa dodatkom vlasca i origana.
5. Na osnovu antioksidativne analize dolazi se do sljedećih zaključaka:
 - Najveća vrijednost sadržaja ukupnih fenola je bila kod uzorka broj 2.2. u iznosu od 1303,17 $\mu\text{g GAE/g}$, dok je najveću vrijednost u prvoj seriji je imao uzorak broj 1.2. sa (990,89 $\mu\text{g GAE/g}$);
 - Najmanju vrijednost neflavonoida, očekivano, imali su kontrolni uzorci obje serije, dok je najveći sadržaj neflavonoida u obje serije, kao i kod ukupnih fenola, pokazao uzorak broj 2.2. (994,49 $\mu\text{g GAE/g}$). Posmatrajući samo prvu seriju, najveća vrijednost od 714,54 $\mu\text{g GAE/g}$ se uočava kod uzorka broj 1.2. (takođe kao i kod ukupnih fenola);
 - Iz rezultata za sadržaj flavonoida se vidi da je kod druge serije uzoraka najmanja vrijednost, očekivano, kod kontrolnog uzorka. Kod prve serije uzoraka vidi se malo odstupanje od očekivanog rezultata, te uzorak broj 1.6. ima nešto nižu vrijednost za flavonoide (128,33 $\mu\text{g GAE/g}$) od kontrolnog uzorka (142,29 $\mu\text{g GAE/g}$). Kao i kod ukupnih fenola i neflavonoida, sadržaj flavonoida je bio najveći u uzorku broj 2.2. (308,68 $\mu\text{g GAE/g}$), dok je u prvoj seriji najveća vrijednost kod uzorka broj 1.2. (276,36 $\mu\text{g GAE/g}$);

- Iz rezultata postignutim sprovođenjem FRAP metode se uočava da je najveću antioksidativnu vrijednost imao uzorak broj 2.2. ($2,96 \mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$), dok je najmanja vrijednost bila kod kontrolnih uzoraka obje serije ($0,36$ i $0,31 \mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$). Uzorak broj 2.2. je i ovdje imao najveću vrijednost, kao i kod ukupnih fenola, neflavonoida i flavonoida, dok je u prvoj seriji najveća vrijednost i ovdje kod uzorka broj 1.2. ($2,10 \mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$);
- Rezultati mjerenja DPPH metodom pokazuju očekivano najmanje vrijednosti za kontrolne uzorke obje serije i najveće vrijednosti za uzorke sa origanom, i to kod uzorka 2.2. ($703,59 \mu\text{MTE}/\text{g}$) i kod uzorka 1.2. ($436,19 \mu\text{MTE}/\text{g}$);
- ABTS test sproveden na ispitivanim uzorcima Janjskog sira obje serije pokazao je najmanju vrijednost, kod kontrolnih uzoraka obje serije, kao i kod prethodnih mjerenja u okviru ispitivanja antioksidativnih karakteristika, a najveća vrijednost kod uzoraka broj 1.2. ($1181,03 \mu\text{MTE}/\text{g}$) i 2.2. ($1704,98 \mu\text{MTE}/\text{g}$).
- Rezultati antioksidativne analize su pokazali da su začini imali izuzetno pozitivan antioksidativni uticaj na ispitivane uzorke sira, te je ustanovljena statistički značajna razlika ($p < 0,05$) između uzoraka, što dovodi do preporuke njihove upotrebe u daljoj proizvodnji ove vrste sira.

Na osnovu rezultata dobijenih ispitivanjem kvaliteta proizvedenih sireva potvrđene su prethodno postavljene hipoteze i dokazano je da je autohtoni Janjski sir moguće proizvesti sa dodatkom različitih začinskih biljaka, da različite vrste začinskih biljaka utiču na svojstva Janjskog sira i da različita koncentracija začinskih biljaka utiče na svojstva Janjskog sira.

7. LITERATURA

1. Alberto, M., Rinsdahl Canavosio, M., Manca de Nadra, M. (2006). Antimicrobial effect of polyphenols from apple skins on human bacterial pathogens. *Electronic Journal of Biotechnology*, 3 (9), 205-209.
2. Alijagić, A. H., Dizdarević, T. A., Biber, L. M., Sarić, Z. O. (2009). Proizvodnja i kvalitet mliječnog namaza sa dodatkom začina. *Prehrambena industrija*, 1-2 (20), 87-90.
3. BAS EN ISO 5534:2006. Određivanje sadržaja ukupne suhe tvari - (Referentna metoda)- sir i topljeni sirevi.
4. BAS EN ISO 8968-1:2015. Milk and milk products - Determination of nitrogen content - Part 1: Kjeldahl principle and crude protein calculation.
5. BAS ISO 11870:2012. Milk and milk products - Determination of fat content - General guidance on the use of butyrometric methods.
6. BAS ISO 19662:2019. Mlijeko – Određivanje sadržaja masti – Acido-butirometrijska (Gerberova metoda).
7. BAS ISO 22935-2:2011. Milk and milk products - Sensory analysis - Part 2: Recommended methods for sensory evaluation.
8. BAS ISO 22935-3:2011. Milk and milk products - Sensory analysis - Part 3: Guidance on a method for evaluation of compliance with product specifications for sensory properties by scoring.
9. Bauer, V. (2013). Začinsko bilje: odabir, uporaba i čuvanje. Rijeka: Dušević i Kršovnik d.o.o.
10. Beecher, G. R. (2003). Overview of dietary flavonoids: Nomenclature, occurrence and intake. *Journal of Nutrition*, 10 (133), 3248-3254.
11. Bendini, A., Toschi, T.G., Lercker, G. (2002). Antioxidant activity of oregano (*Origanum vulgare* L.) leaves. *Italian Journal of Food Science*, 1 (14), 17-24.
12. Benzie, I.F.F., Strain, J.J. (1996). Ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 1 (239), 70-76.
13. Berg, G., de Koning, P. J., Escher, J. T. M., Bovenhuis, H. (1990). Genetische varianten van melkeiwitten en de eigenschappen van koemelk. *Voedingsmiddelentechnologie*, 20 (23), 13-17.
14. Bijeljac, S., Sarić, Z. (2005). Autohtoni mliječni proizvodi sa osnovama sirarstva. Sarajevo: Poljoprivredni fakultet.

15. Bilandžić, N., Sedak, M., Đokić, M., Božić, Đ., Vebić, A. (2014). Koncentracija esencijalnih elemenata u pet vrsta sira s hrvatskog tržišta. *Veterinarska stanica*, 1 (45), 5-11.
16. Bors, W., Michel, C., Saran, M. (1984). Inhibition of the bleaching of the carotenoid crocin: A rapid test for quantifying antioxidant activity. *Biochemica et Biophysica Acta (BBA) – Lipids and Lipid Metabolism*, 3 (796), 312-319.
17. Božanić R., Jeličić I., Bilušić T. (2012). Analiza mlijeka i mliječnih proizvoda. Zagreb: Hrvatska Plejada doo.
18. Božanić, R. (2015). Vrste sireva i značaj u prehrani ljudi. In: Matijević, B. *Sirarstvo u teoriji i praksi*, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, Hrvatska, (str. 47 – 58).
19. Budimir, J., Marić, S., Kubiček, R., Spaho, N. (2004). Senzorska analiza. Tuzla: Tehnološki fakultet Univerziteta u Tuzli.
20. Burt, S.A., Reinders, R.D. (2003). Anti-bacterial activity of selected plant essential oils against *Escherichia coli* O157:H7. *Letters in applied microbiology*, 3 (36), 162–167.
21. Bylund G. (1995). Dairy Processing Handbook. Lund, Sweden: Tetra Pak Processing Systems AB.
22. Bylund, G. (2003). Dairy Processing Handbook, 2. izd. Lund, Sweden: Tetra Pak Processing System AB.
23. Carević-Stanko, K. (2013). Bosiljak hrana i lijek. Zagreb: Masmedia.
24. Carić, M. (1987). Mediterranean Cheese Varieties: Ripened Cheese Varieties Native to the Balkan Countries, in Cheese. *Chemistry, Physics and Microbiology*, In: Fox, P.F. Eds. *Elsevier Applied Science Publishers Ltd*. 257.
25. Carić, M., Milanović, S., Vucelja, D. (2000). Standardne metode analize mlijeka i mliječnih proizvoda. Novi Sad: Prometej.
26. Cervato, G., Carabelli, M., Gervasio, S., Cittera, A., Cazzola, R., Cestaro, B. (2000). Antioxidant properties of oregano (*Origanum vulgare*) leaf extracts. *Journal of Food Biochemistry*, 6 (24), 453-465.
27. Chapman, H. R., Sharpe, M. E. Reprinted (1985). Dairy Microbiology, The Microbiology of Milk Products, In: Robinson, R. K. Eds. *Elsevier Applied Science Publishers*, London. 157-244.
28. Charles, D.J. (2013). Antioxidant Properties of Spices, Herbs and Other Sources. Springer, New York, USA.
29. Chishti S., Kaloo Z.A., Sultan P. (2013). Medicinal importance of genus *Origanum*: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy*, 10 (5), 170-177.

30. Chow, C.K. (2008). Fatty acids in food and their Health implications. *CRC Press*, 109-127.
31. Cichoseki, A. J., Valduga E., Valduga A. T., Tornadijo M. E., Fresno J. M. (2002). Characterization of Prato cheese, a Brazilian semi-hard cow variety: Evolution of physico-chemical parameters and mineral composition during ripening. *Food Control*, 4-5 (13), 329–336.
32. Čučković F. (2017). Učinak ekstrakata ružmarina i maslačka na promjenu adhezije mikroflore i patogena za epitelne stanice jezika. Zagreb: Prehrambeno-biotehnološki fakultet.
33. Dai J., Mumper R.J. (2010). Plantphenolics: extraction, analysis and the antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 10 (15), 7313-7352.
34. Dilanjan Z. H. (1967). Syrodelie. Moskva: Piščevaja promišlenost.
35. Đorđević J. (1974). Dinamika topivih dušičnih tvari u toku izrade kačkavalja. *Mljekarstvo*, 3 (24), 54-61.
36. Dozet N., Adžić N., Stanišić M., Živić N. (1996). Autohtoni mliječni proizvodi. Beograd: Poljoprivredni institut Podgorica i Silmir Beograd.
37. Dozet N., Stanišić M., Bijeljac S. (1978). Standardizacija mlijeka u proizvodnji sira. *Mljekarstvo*, 7 (28), 156-162.
38. Dozet N., Stanišić, M., Sumenić, S., Parijez, S. (1974). Tendencija u proizvodnji autohtonih mlječnih proizvoda u Bosni i Hercegovini. *Mljekarstvo*, 8 (24), 176-187.
39. Dozet, N. (2004). Travničko-Vlašićki sir, sirevi u salamuri. Srpsko Sarajevo: Poljoprivradni fakultet Univerziteta u Srpskom Sarajevu.
40. Dozet, N., Maćej, O. (2006). Autohtoni beli sirevi u salamuri. Monografija. Beograd: Univerzitet u Bogradu, Poljoprivredni fakultet.
41. Dozet, N., Stanisić M., Bijeljac Š., Medan N. (1980). Mogućnost iskorištavanja mlijeka na brdsko-planinskom području Hercegovine. *Mljekarstvo*, 3 (30), 67-72.
42. Duvnjak, J., (2018). Vlasac (*Allium Schoenoprasum* L.) kao potencijalni hiperakumulator olova, nikla i bakra. Diplomski rad. Split: Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet.
43. Eddouks M., Maghrani M., Lemhadri A., Ouahidi M.L., Jouad H. (2002). Ethnopharmacological survey of medicinal plants used for the treatment of diabetes mellitus, hypertension and cardiac diseases in the south-east region of Morocco (Tafilalet). *J Ethnopharmacol*, 2-3 (82), 97–103.

44. Farkye, N. Y., Prasad, B. B., Rossi, R., Noyes, O. R. (1995). Sensory and Textural Properties of Queso Blanco-Type Cheese Influenced by Acide type. *Journal of Dairy Science*, 8 (78), 1649- 1656.
45. Fox P.F., McSweeney P.L.H. (2006). Advanced Dairy Chemistry-2. Lipids 3rd Edition. New York: Springer Publishers.
46. Fox, P.F., McSweeney P.L.H., Cogan, T.M., Guinee, T.P. (2017). Fundamentals of cheese science, 2nd Edition. New York: Springer Publishers.
47. Galloway, J. H., Crawford, R. J. M. (1985). Cheese fermentations. *Microbiology of fermented foods. Vol. 1.*, 111-165.
48. Gordon, I. (2014). Minerals and Vitamins in Milk and Dairy Products. In: Wiley, J. i sar. Eds. *Milk and Dairy Products as Functional Foods*, 1. izd., 289 - 313.
49. Gotterup, J., Olsen, K., Knochel, S., Tjener, K., Stahnke, L.H., Molle, J. K. S. (2008). Colour formation in fermented sausages by meat-associated staphylococci with different nitrite- and nitrate-reductase activities. *Meat Science*, 4 (78), 492–501.
50. Goun E., Cunningham G., Krasnykch O., Miles H. (2002). Anti-thrombin activity of some constituents from *Origanum vulgare*. *Fitoterapia*, 7-8 (73), 692–694.
51. Grujić, S. (2015). Senzorna ocjena kvaliteta i prihvatljivosti prehrambenih proizvoda. Banja Luka: Tehnološki fakultet Univerziteta u Banjoj Luci.
52. Guinee, T. P. (2004). Salting and the role of salt in cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 2-3 (57), 99-109.
53. Gursky, Z. (1978). Zlatna knjiga ljekovitog bilja. Zagreb: Nakladni zavod Matice Hrvatske.
54. Gutierrez, J., Barry-Ryan, C., Bourke, P. (2008). The antimicrobial efficacy of plant essential oil combinations and interactions with food ingredients. *International Journal of Food Microbiology*, 1 (124), 91-97.
55. Hamm, W., Hamilton, R.J., Calliau, G. (2013). Edible oil processing, 2nd Edition. *Wileyblackwell*, 16-34 (4), 251-266.
56. Harborne, J.B., Williams, C.A. (2000). Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry*, 6 (55), 481-504.
57. Havsteen, B. W. (2002). The biochemistry and medical significance of the flavonoids. *Pharmacology & Therapeutics*, 96, 67-202.
58. Ivanković, A. (2016). Proizvodnja polutvrdog i tvrdog sira. Završni rad. Hrvatska: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet.

59. Jahić, S., Makić, L., Džaferović, A. (2018). Upotreba začina u proizvodnji sira. Bihać: Univerzitet u Bihaću, Biotehnološki fakultet.
60. Jašić, M. (2009). Voda u hrani. Tuzla: Tehnološki fakultet.
61. Jensen, R. G. (2001). The composition of bovine milk lipids: January 1995 to December 2000. *J. Dairy Sci*, 85, 295–350.
62. Josipović, R., Knežević Medverec, Z., Frece, J., Markov, K., Kazaić, S., Mrvčić, J. (2015). Improved Properties and Microbiological Safety of Novel Cottage Cheese Containing Spices. *Food Technology and Biotechnology*, 4 (53), 454- 462.
63. Josipović, R., Markov, K., Frece, J., Stanzer, D., Cvitković, A., Mrvčić, J. (2016). Upotreba začina u proizvodnji tradicionalnih sireva, *Mljekarstvo*, 1 (66), 12-25.
64. Kalit, S. (2015). Opće Sirarstvo. U: Matijević, B. *Sirarstvo u teoriji i praksi*, Karlovac, Hrvatska: Veleučilište u Karlovcu, 29-45.
65. Kazazić, S. (2004). Antioksidativna i antiradikalska aktivnost flavonoida. *Arhiv za Higijenu Rada i Toksikologiju*, 4 (55), 279-290.
66. Kožev, A. (1970). Izvestija Vol 4, 137, Vidin.
67. Kralj, A., Popović - Vranješ, A., Drinić, M. (2015). Sadržaj nezasićenih masnih kiselina u mlijeku u zavisnosti od načina proizvodnje. U: XX savjetovanje o biotehnologiji, Zbornik radova. Banja Luka: Univerzitet u Banjoj Luci, Tehnološki fakultet, 455-459.
68. Kučekova, Z., Mlcek, J., Humpolicek, P., Rop, O., Valasek, P., Saha, P. (2011). Phenolic compounds from *Allium schoenoprasum*, *Tragopogon pratensis* and *Rumex acetosa* and their antiproliferative effects, *Molecules*, 11 (16), 9207-9217.
69. Kuštrak, D. (2014). Morfološka i mikroskopska analiza začina. Zagreb: Golden marketing-Tehnička knjiga.
70. Lante, A., Lomolino, G., Cagnin, M., Spettoli, P. (2006). Content and characterisation of minerals in milk and in Crescenza and Squacquerone Italian fresh cheeses by ICP – OES. *Food Control*, 3 (17), 229-233.
71. Lau, Y.K., Barbano, M.D., Rasmussen, R.R. (1991). *J. Dairy Science* 74, 727.
72. Lawless, T. H., Heymann, H. (1999). Sensory evaluation of Food, Principles and Practices, A Chapman & Hall Science Book, Gaithersburg, Maryland.
73. Lawrence, P.C., Gilles, J. (1987). Proceedings of XXII Int. Dairy Congress, The Hague, 111.
74. Lisica, P. (2016). Utjecaj uvjeta ekstrakcije na izolaciju fenolnih spojeva iz organskog otpada u proizvodnji vina. Diplomski rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet.

75. Liyana-Pathiranana, C.M., Shahidi, F. (2005). Antioxidant Activity of Commercial Soft and Hard Wheat (*Triticum aestivum* L.) as Affected by Gastric pH Conditions, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 7(53), 2433-2440.
76. Lucas, A., Andueza, D., Rock, E., Martin B. (2008). Prediction of dry matter, fat, pH, vitamins, minerals, carotenoids, total antioxidant capacity, and color in fresh and freeze-dried cheeses by visible-near-infrared reflectance spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 16 (56), 6801–6808.
77. Mandić, M. L., Perl, A. (2006). Osnove senzorske procjene hrane. Osijek: Prehrambeno - tehnološki fakultet.
78. Mannion, D. T., Furey A., Kilcawley K. N. (2015). Free fatty acids quantification in dairy products. *International Journal of Dairy Tehnology*, 1 (69), 1-12.
79. Marinković-Vojvodić, V., Vasilišin, L., Savić, A., Vučić, G. (2017). Priručnik za proizvodnju sira na porodičnim poljoprivrednim gazdinstvima. Banja Luka: Tehnološki fakultet Univerziteta u Banjoj Luci.
80. Martić, I. (2003). Čovjek i ljekovito bilje. Zagreb: Školska knjiga.
81. Matijević, B. (2015a). Dodaci u proizvodnji sira i njihov značaj. U: Matijević, B. *Sirarstvo u teoriji i praksi*, Karlovac: Veleučilište u Karlovcu, 103-111.
82. Matijević, B. (2015b). Sir kroz povijest. U: Matijević, B. *Sirarstvo u teoriji i praksi*, Karlovcu: Veleučilište u Karlovcima, 11-28.
83. Matutinović, S., Rako, A., Kalit, S., Havranek, J. (2007). Značaj tradicijskih sireva s posebnim osvrtom na Lečevački sir, *Mljekarstvo*. 1(57), 49-65.
84. Mc Vicar, J. (2006). Ljekovito i začinsko bilje. Rijeka: Naklada Uliks.
85. Mehia, M. A., Cheryan, M. (1983). The secondary phase of milk coagulation. Effect of calcium, pH and temperature in clotting activity. *Milchwissenschaft*, 38, 137-140.
86. Mišić, D., Petrović, D. (1974). Neke karakteristike kvaliteta sitnog sira na beogradskom tržištu. *Mljekarstvo*, 10(24), 237-242.
87. Mišković, A. (2016). Antioksidacijske metode: Metoda Orac. Diplomski rad. Split: Sveučilište u Splitu, Kemijsko-Tehnološki fakultet.
88. Nakatani, N. (2003). Phenolic antioxidants from herbs and spices. *Biofactors*, 1-4 (13), 141–146.
89. Nesvadba, P. (2008). Thermal Properties and Ice Crystal Development in Frozen Foods. In: Evans J. Eds. *Frozen Food Science and Technology*, 1-25.

90. Olmedo, R. H., Nepote, V., Grosso, N. R. (2013). Preservation of sensory and chemical properties in flavoured cheese prepared with cream cheese base using oregano and rosemary essential oils. *LWT- Food Science and Technology*, 53: 409-417.
91. Ostojić, M. (1995). Proizvodnja i primarna obrada mlijeka. U: Vujičić, I. Eds. *Ekonomika poljoprivrede*, Novi Sad: Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, 350-351.
92. Ostojić, M. (2019). Projektni zadatak – Individualni konsultant za izradu elaborata i obuku žena proizvođača u projektnom području. Banja Luka: Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede RS, Jedinica za koordinaciju poljoprivrednih projekata (APCU).
93. Park, Y. W. (2009). Bioactive Components in Goat milk. In: Park, Y. W. Eds. *Bioactive Components in Milk and Dairy Products*. Ames, Iowa, USA: Wiley-Blackwell, 43-81.
94. Pastorino, Hansen J.C., McMahon D. J. (2012). Effect of Sodium Citrate on Structure-Function Relationships of Cheddar Cheese. *Journal of Dairy Science*, 10 (86), 3113-3121.
95. Pejić, O. (1956). *Mlekarstvo II deo, tehnologija mlečnih proizvoda*. Beograd: Naučna knjiga, Beograd.
96. Pićurić-Jovanović, K., Milovanović, M. (2000). Ispitivanje antioksidativne aktivnosti različitih ekstrakta biljne vrste *Ocimum basilicum*. Jugoslavija: Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet u Beogradu, Institut za prehranenu tehnologiju i biohemiju.
97. Popović - Vranješ, A. (2015). *Specijalno sirarstvo*. Novi Sad: Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu, departman za stočarstvo.
98. Popović - Vranješ, A., Krajinović, M., Kecman, J., Trivunović, S., Pejanović, R., Krajinović, G., Mačak, G. (2010). Usporedba sastava masnih kiselina konvencionalnog i organskog mlijeka. *Mlekarstvo*, 60(1), 59 – 66.
99. Pravilnik o proizvodima od mlijeka i starter kulturama. (2011). Službeni glasnik BiH, Br. 21, 16-21.
100. Pravilnik o začinima, ekstraktima začina i mješavinama začina. (2011). Službeni glasnik BiH, Br. 51, 78-86.
101. Proestos, C., Chorianopoulos, N., Nychas, G.J.E., Komaitis, M. (2005): RP-HPLC analysis of the phenolic compounds of plant extracts. Investigation of their antioxidant capacity and antimicrobial activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 4(53), 1190–1195.
102. Radić S. (2003). *Začini i zdravlje*. Hrvatska: Graf form.

103. Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med*, 9-10 (26), 1231-1237.
104. Renner, K., Schuster, J., Kiermeier, F. (1966). Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen den Bestandteilen der Kesselmilch und des Käses. *Milchwiss*, 9 (21), 551.
105. Reykdal, O., Rabieh S., Steingrimsdottir L., Gunnlaugsdottir H. (2011). Minerals and trace elements in Icelandic dairy products and meat. *Journal of Food Composition Analysis*, 7 (24), 980–986.
106. Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., Paganga, G. (1995). Structure – antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology & Medicine*, 7 (20), 933- 956.
107. Roseg, D. (1995). Prerada mesa i mlijeka. Zagreb: Nakladni zavod Globus.
108. Sablani, S.S., Syamaladevi, R.M., Swanson, B.G. (2010). A Review of Methods, Data and Applications of State Diagrams of Food Systems. *Food Engineering Reviews*, 2, 168-203.
109. Sadiković, S. (1989). Narodno zdravlje. Sarajevo: Svjetlost.
110. Šagud, A. (2016). Sadržaj bioaktivnih i kemijskih spojeva različitih sorata peršina (*Petroselinum crispum* Mill.). Diplomski rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
111. Sanders, G. (1953). Cheese Varieties and Descriptions. Washington: Washington State Department of Agriculture.
112. Savanović, D., Velemir, A., Mandić, S., Ritan N., Savanović, J. (2020). Influence of coagulation conditions on the content of fatty acids in acid-coagulated cheeses. In: Proceedings of the XI International Scientific Agricultural Symposium “Agrosym 2020”, Virtual Conference, 8-9 October 2020, Bosnia and Herzegovina, 100-106.
113. Savanović, D. (2011). Uticaj ekstrakta ruzmarina (*Rosmarinus officinalis*) kao antioksidansa na formiranje i stabilnost boje trajnih kobasica od goveđeg mesa. Magistarski rad. Banja Luka: Univerzitet u Banjoj Luci, Tehnološki fakultet.
114. Shahnawaz, U. K., Pal, A. M., Wani, S. A., Salahuddin, M. (2014). Effect of different coagulants at varying strengths on the quality of Paneer made from reconstituted milk. *J. Food Sci. Technol.* 3 (51), 565-570.
115. Shan, B., Cai, Y.Z., Sun, M., Corke, H. (2005). Antioxidant capacity of 26 spice extracts and characterization of their phenolic constituents. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 7749-7759.

116. Šilješ, I., Grozdanić, Đ., Grgesina, I. (1992). Poznavanje, uzgoj i prerada ljekovitog bilja. Zagreb: Školska knjiga.
117. Škevin, D. (2016). Kemija i tehnologija ulja i masti. Interna skripta. Zagreb: Prehrambeno-biotehnološki fakultet.
118. Slavonec, T. (1972). Standardizacija mlijeka za proizvodnju sira. *Mljekarstvo*, 10 (22), 224-227.
119. Stelkić, R. (1968). Metode određivanja kiselosti mleka. Novi Sad: Zavod za tehnologiju mleka.
120. Stojanović, L., Katić, V. (1997). Higijena mleka. Srbija: Veterinarska komora Srbije.
121. Strahija, I. (1983). Rezultati mjerenja pH vrijednosti u sirarstvu. *Mljekarstvo*, 12 (33), 377-380.
122. Suhaj, M., N. Koreňovská (2008). Correlation and distribution of elemental markers of origin in the production of Bryndza sheep cheese. *Food Chem*, 1 (107), 551–557.
123. Tajkarimi, M.M., Ibrahim, S.A., Cliver, D.O. (2010). Antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food Control*, 9 (21), 1199-1218.
124. Tamime, A. J. (1986). Modern Cheese-making: Hard Cheeses. In: Robinson, R.K. Eds. *Modern Dairy Technology, vol. 2 Advances in Milk Products, Elsevier Applied Science Publishers*, London and New York. 35-159.
125. Tarakçi, Z. (2004). The influence of helis (*Prangos sp.*) on characteristics of vacuum-packed Van herby cheese during ripening. *Milchwissenschaft*, 11 (59), 619-623.
126. Tarakçi, Z., Kucukoner, E. (2006). Note: Effect of Different Cultures on Psychico-chemical and Sensory Properties of low-fat Herby Cheese. *Food Sci. Tech. Int.*, 5 (12), 423-428.
127. Todorović, V., Dančetočić, A., Dabetić, N., Šobajić, S., Vidović, B. (2018). Antioksidativna aktivnost odabranih začina sa tržišta Srbije. *Hrana i ishrana*, 2 (59), 74-79.
128. Trajković, J., Baras, J., Mirić, M., Šiler S. (1983). Analiza životnih namirnica. Beograd: Tehnološko-metaluški fakultet Univeriteta u Beogradu .
129. Tratnik, Lj., Božanić, R. (2012). Mlijeko i mliječni proizvodi. Zagreb: Hrvatska mljekarska udruga.
130. Tratnik, Lj., Božanić, R., Drgalić, I. (2002). Svojstva i prihvatljivost svježeg sira proizvedenog korištenjem mješovite probiotičke kulture. *Mljekarstvo*, 3 (52), 239-257.
131. Van Slyke, L.L., Price, W.V. (1952). Cheese. *Orange Judd Publ. Co.*, 476.

132. Vilišić M., Milanović S., Jukić-Grbavac M. (2008). Sastav masnih kiselina i sadržaj kolesterola u svježem siru tipa Quarg. *Preh.ind.*, 1-2 (19), 28-31.
133. Vučić, G., Velemir, A., Vasilišin, L. (2017). Kvalitet kiselih krastavaca različitih proizvođača deklariranih kao „delikates“. U: XXII savetovanje o biotehnologiji, Zbornik radova. Kragujevac: Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, 603-610.
134. Wolfe K., Wu X., Liu R.H., (2003). Antioxidant Activity of Apple Peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 3 (51), 609-614.
135. Zdanovski, N. (1947). Ovčje mljekarstvo. Zagreb.
136. Žilić, I. (2014). Udžbenik za sakupljanje samoniklog bilja. Glina: Poljoprivredna zadruga Glinska Banovina.
137. Živko, T. (2012). Određivanje antioksidativnog učinka, ukupnih fenola i tanina u plodu rogača. Diplomski rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
138. Živković, Ž. (1957). Njega mekih i tvrdih sireva tijekom zrenja. *Mljekarstvo*, 7 (12), 274-276.

Biografija

Biografija

- **Opšti podaci:**

Ime:	Vesna
Prezime:	Muždeka
Datum i mjesto rođenja:	Jajce, 25.07.1988. godine
Adresa:	Vidovdanska 24, Šipovo
Telefon:	066/213-379
E-mail:	vsavicic88@gmail.com

- **Obrazovanje:**

2007 – 2012	Univerzitet u Banjoj Luci, Tehnološki fakultet Studijski program: Biotehnološko prehrambeni, smjer - KKHIN Zvanje: Diplomirani inženjer prehrambene tehnologije
-------------	---

2003 – 2007	Gimnazija- opšti smijer
-------------	-------------------------

- **Radno iskustvo:**

2017-2018:	Administrativna služba opštine Šipovo
Radno mjesto:	Pripravnik u odsjeku za inspekcijske poslove
2018- danas:	JU Turistička organizacija opštine Šipovo
Radno mjesto:	Direktor

UNIVERZITET U BANJOJ LUCI
PODACI O AUTORU ODBRANJENOG MASTER RADA

Ime i prezime autora master rada: Vesna Muždeka

Datum, mjesto i država rođenja autora: 25.07.1988. godine, Jajce, BiH

Naziv završenog fakulteta autora i godina diplomiranja: Univerzitet u Banjoj Luci, Tehnološki fakultet, 2012 godina.

Datum odbrane završnog/diplomskog rada autora: 31.05.2012.

Naslov završnog/diplomskog rada autora: „Kvalitet pasterizovanog mlijeka sa tržišta Banja Luka”

Akademsko zvanje koje je autor stekao odbranom završnog/diplomskog rada: Diplomirani inženjer prehrambene tehnologije

Naziv fakulteta u kojem je master rad odbranjen: Univerzitet u Banjoj Luci, Tehnološki fakultet

Naslov master rada i datum odbrane: „Uticaj dodatka začinskih biljaka na svojstva Janjskog sira izrađenog autohtonom tehnologijom“, 29.09.2023. godine

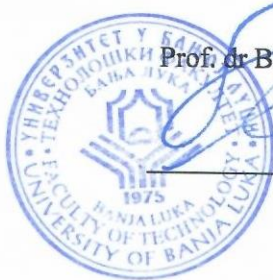
Naučna oblast master rada prema CERIF šifarniku: T 430 – Tehnologija hrane i pića

Imena mentora i članova Komisije za odbranu master rada:

- Dr Danica Savanović, vanredni profesor, mentor
- Dr Snježana Mandić, vanredni profesor, predsjednik
- Dr Aleksandar Savić, vanredni profesor, član

U Banjoj Luci, 29.09.2023. godine

Prof. dr Borislav Malinović, dekan



**NAUČNO - NASTAVNOM VIJEĆU
TEHNOLOŠKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U BANJOJ LUCI**

UNIVERZITET U BANJOJ LUCI
TEHNOLOŠKI FAKULTET
BANJA LUKA

Primljeno: 19.09.2023.			PRILOGA:
ORG. JED.	BROJ	ARI. SIFRA	
15/1	1726	23	VRJEDNOST:

PREDMET: Izvještaj Komisije o ocjeni urađenog završnog (master) rada kandidata Vesne Muždeka, dipl. inž. prehrambene tehnologije

Odlukom Naučno-nastavnog vijeća Tehnološkog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci broj 15/3.1614-15/23 od 07.09.2023. godine imenovani smo u Komisiju za ocjenu i javnu odbranu završnog (master) rada kandidata Vesne Muždeka, diplomiranog inženjera prehrambene tehnologije, pod naslovom „Uticaj dodatka začinskih biljaka na svojstva Janjskog sira izrađenog autohtonom tehnologijom“.

Komisija u sastavu:

1. Dr Snježana Mandić, vanredni profesor Tehnološkog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci, uža naučna oblast Prehrambene tehnologije namirnica životinjskog porijekla, predsjednik
2. Dr Danica Savanović, vanredni profesor Tehnološkog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci, uža naučna oblast Prehrambene tehnologije namirnica životinjskog porijekla, mentor i
3. Dr Aleksandar Savić, vanredni profesor Tehnološkog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci, uža naučna oblast Biohemijsko inženjerstvo, član,

pregledala je dostavljeni završni (master) rad i Naučno-nastavnom vijeću Tehnološkog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci podnosi sljedeći

IZVJEŠTAJ

Master rad kandidata Vesne Muždeka, dipl. inž. prehrambene tehnologije, napisan je na 92 stranice teksta i sadrži 9 slika i 36 tabela. U radu je korišteno 138 literaturnih navoda. Master rad je pregledno napisan i sadrži: Sažetak na srpskom i engleskom jeziku, Uvod, Teoretski dio, Hipoteze i cilj rada, Materijal i metode rada, Rezultate i diskusiju, Zaključak i Literaturu.

UVOD I TEORIJSKI DIO

U ovim poglavljima kandidat, koristeći dostupne literaturne izvore, navodi definiciju, hemijski sastav i klasifikaciju sireva. U nastavku kandidat navodi svojstva i obilježja tradicionalne proizvodnje Janjskog sira. Dalje, kandidat navodi opšte karakteristike začina (origano, bosiljak, peršun, ruzmarin i vlasac) i mogućnost njihove upotrebe u mljekarskoj industriji, kao i uticaj različitih začina, kao dodataka, na svojstva kvaliteta proizvoda od mlijeka.

HIPOTEZE I CILJ RADA

U okviru ovog rada postavljene su sledeće hipoteze:

H1: Autohtoni Janjski sir je moguće proizvesti sa dodatkom različitih začinskih biljaka.

H2: Različite vrste začinskih biljaka utiču na svojstva Janjskog sira.

H3: Različita koncentracija začinskih biljaka utiče na svojstva Janjskog sira.

S obzirom na to da je Janjski sir tradicionalni proizvod, osnovni cilj ovog rada je bio da se proizvedu različite vrste ovog sira i da se ispita uticaj dodatka različitih začinskih biljaka na kvalitet proizvedenih sireva, kao i davanje preporuka za upotrebu određene začinske biljke u odgovarajućim koncentracijama za dalju proizvodnju Janjskog sira.

MATERIJALI I METODE RADA

Ispitivani uzorci sira su proizvedeni u jednom seoskom domaćinstvu koje se već godinama bavi proizvodnjom mlijeka, Janjskog kajmaka i Janjskog sira, u selu Lipovača, kod Šipova.

Za potrebe ovog rada proizvedeno je dvanaest uzoraka sira, u dvije serije po šest uzoraka, od kojih je u svakoj seriji proizveden po jedan kontrolni uzorak, bez dodatka začina, i pet uzoraka sa dodatkom začina: origana, bosiljka, peršuna, ruzmarina i vlasca. U prvoj seriji začini su dodati u koncentraciji od 0,50 %, a u drugoj seriji u koncentraciji od 1,00 % u odnosu na količinu sira.

Analize proizvedenih sireva su vršene u Laboratoriji za prehrambene tehnologije i analizu namirnica i Laboratoriji za instrumentalne analize na Tehnološkom fakultetu Univerziteta u Banjoj Luci.

Navedene su metode i opisane analize koje su vršene u cilju ispitivanja uticaja dodatka začinskih biljaka na svojstva Janjskog sira izrađenog autohtonom tehnologijom: određivanje sadržaja vode i suve materije, određivanje sadržaja ukupnog pepela, određivanje sadržaja proteina, određivanje sadržaja masti, određivanje sadržaja hlorida, određivanje stepena kiselosti, mjerenje pH vrijednosti, mjerenje aktivnosti vode, mjerenje boje i teksture, određivanje mineralnog sastava, određivanje kvalitativnog i kvantitativnog sastava masnih kiselina, senzorna ocjena odabranih pokazatelja kvaliteta proizvoda i određivanje antioksidativne aktivnosti sira (sadržaj ukupnih fenola, flavonoida i neflavonoida, DPPH metoda, ABTS metoda i FRAP metoda). U ovom poglavlju naveden je način statističke obrade dobijenih rezultata.

REZULTATI I DISKUSIJA

U ovom dijelu rada kandidat je izložio dobijene rezultate istraživanja. Predstavljani su rezultati fizičko-hemijskih analiza ispitivanih sireva: sadržaj vode i suve materije, sadržaj masti, sadržaj

masnih kiselina, sadržaj proteina, sadržaj pepela, sadržaj hloriga, mineralni sastav, pH vrijednost, titraciona kiselost, aktivitet vode, instrumentalno izmjereni parametri boje i teksture sira, rezultati senzorne ocjene odabranih pokazatelja kvaliteta proizvoda i rezultati antioksidativne aktivnosti ispitivanih sireva (sadržaj ukupnih fenola, ne flavonoida i flavonoida, kao i rezultati FRAP testa, DPPH testa i ABTS testa).

Rezultati dobijeni u toku realizacije ovog master rada su statistički obrađeni i predstavljeni pravilno, pregledno i jasno. Diskusijom dobijenih rezultata, kandidat je na jasan način protumačio dobijene rezultate i potvrdio unaprijed postavljene hipoteze rada.

Na osnovu predočenih rezultata istraživanja vidi se da je kandidat došao do pouzdanih i originalnih zaključaka, koji su proizašli iz eksperimenata sprovedenih tokom ispitivanja uticaja dodatka različitih začinskih biljaka na svojstva Janjskog sira izrađenog autohtonom tehnologijom, što je i navedeno u poglavlju **Zaključak**.

Na osnovu dobijenih rezultata kandidat zaključuje da su potvrđene prethodno postavljene hipoteze i dokazano je da je autohtoni Janjski sir moguće proizvesti sa dodatkom različitih začinskih biljaka, da različite vrste začinskih biljaka utiču na svojstva Janjskog sira i da različita koncentracija začinskih biljaka utiče na svojstva Janjskog sira.

ZAKLJUČAK I PRIJEDLOG KOMISIJE

Imajući u vidu sve navedeno, Komisija je jednoglasno dala svoje pozitivno mišljenje o master radu kandidata Vesne Muždeka, diplomiranog inženjera prehrambene tehnologije, pod naslovom „Uticaj dodatka začinskih biljaka na svojstva Janjskog sira izrađenog autohtonom tehnologijom“ i predlaže Naučno-nastavnom vijeću Tehnološkog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci da odobri javnu odbranu rada.

U Banjoj Luci, 19.09.2023. godine

Članovi Komisije:

1. Dr Snježana Mandić, vanredni profesor, predsjednik

.....

2. Dr Danica Savanović, vanredni profesor, mentor

.....

3. Dr Aleksandar Savić, vanredni profesor, član

.....

IZJAVA O AUTORSTVU

Izjavljujem da je
master rad

Naslov rada Uticaj dodatka začinskih biljaka na svojstva Janjskog sira izrađenog autohtonom tehnologijom

Naslov rada na engleskom jeziku The influence of the addition of herbs on the properties of Janj cheese made with indigenous technology

- ☐ rezultat sopstvenog istraživačkog rada,
- ☐ da master/magistarski rad, u cjelini ili u dijelovima, nije bio predložen za dobijanje bilo koje diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova,
- ☐ da su rezultati korektno navedeni i
- ☐ da nisam kršio/la autorska prava i koristio intelektualnu svojinu drugih lica.

U Banjoj Luci 22.09.2023.

Potpis kandidata

Vesna Muždera

Izjava 2

Izjava kojom se ovlašćuje Tehnološki fakultet Univerziteta u Banjoj Luci da master/magistarski rad učini javno dostupnim

Ovlašćujem Tehnološki fakultet Univerziteta u Banjoj Luci da moj master/magistarski rad, pod naslovom "Uticaj dodatka začinskih biljaka na svojstva Janjskog sira izrađenog autohtonom tehnologijom", koji je moje autorsko djelo, učini javno dostupnim.

Master/magistarski rad sa svim prilogima predao/la sam u elektronskom formatu, pogodnom za trajno arhiviranje.

Moj master/magistarski rad, pohranjen u digitalni repozitorijum Univerziteta u Banjoj Luci, mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (*Creative Commons*), za koju sam se odlučio/la.

1. Autorstvo
2. Autorstvo - nekomercijalno
3. Autorstvo - nekomercijalno - bez prerade
4. Autorstvo - nekomercijalno - dijeliti pod istim uslovima
5. Autorstvo - bez prerade
6. Autorstvo - dijeliti pod istim uslovima

(Molimo da zaokružite samo jednu od šest ponuđenih licenci, kratak opis licenci dat je na poledini lista).

U Banjoj Luci 22. 09. 2023

Potpis kandidata

Vesna Muždeka

Izjava 3

Izjava o identičnosti štampane i elektronske verzije master/magistarskog rada

Ime i prezime autora: Vesna Muždeka

Naslov rada: "Uticaj dodatka začinskih biljaka na svojstva Janjskog sira izrađenog autohtonom tehnologijom"

Mentor: prof. dr Danica Savanović

Izjavljujem da je štampana verzija mog master/magistarskog rada identična elektronskoj verziji koju sam predao/la za digitalni repozitorijum Univerziteta u Banjoj Luci.

U Banjoj Luci 22.09.2023.

Potpis kandidata

Vesna Muždeka