

Primjena jestivih filmova s biljnim ekstraktim u proizvodnji polutvrdih sireva prema HACCP načelima

Rešetar, Ivana

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:514529>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-28**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, prosinac 2021.

Ivana Rešetar

PRIMJENA JESTIVIH FILMOVA S
BILJNIM EKSTRAKTIMA U
PROIZVODNJI POLUTVRDIH
SIREVA PREMA HACCP
NAČELIMA

Rad je izrađen u Laboratoriju za tehnologiju mlijeka i mliječnih proizvoda na Zavodu za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Irene Barukčić.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici, izv. prof. dr. sc. Ireni Barukčić na odabranoj temi i vođenju kroz cijeli diplomski rad.

Najveća zahvala ide mojoj obitelji koja je kroz cijelo moje školovanje bila puna ljubavi, bezuvjetne podrške i neizmjerne vjere u moje uspjehe.

Posebna zahvala ide mojim prijateljima, bez kojih studentski dani ne bi bili najljepši i najveseliji.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Diplomski rad

Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo
Laboratorij za tehnologiju mlijeka i mliječnih proizvoda

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

Diplomski sveučilišni studij: Prehrambeno inženjerstvo

PRIMJENA JESTIVIH FILMOVA S BILJNIM EKSTRAKTIM U PROIZVODNJI POLUTVRDIH SIREVA PREMA HACCP NAČELIMA

Ivana Rešetar, univ. bacc. ing. techn. aliment.

0058218731

Sažetak: Potrošnja sira značajno se povećala zbog značajne raznolikosti sira, raznovrsnosti proizvoda i promjena u životnim stilovima potrošača. Kvarenje polutvrđih sireva može se potaknuti njihovim razdobljem sazrijevanja i/ili dugim rokom trajanja. Stoga studije očuvanja imaju temeljnu ulogu u održavanju ili povećanju njihova roka trajanja i od velike su važnosti za mliječni sektor. Sigurnost i kvaliteta hrane kod aktivnih pakiranja ovise o kemijskim interakcijama hrane i jestivog filma. Prirodni dodaci kao ekstrakti bogati polifenolima mogu promijeniti strukturu i morfologiju jestivog filma što utječe na njihovu biodostupnost. Kombiniranjem funkcionalnih i/ili bioaktivnih svojstava može se predvidjeti funkcionalnost ovakvih jestivih filmova. Cilj ovog diplomskog rada bio prikazati najvažnije spoznaje dostupne iz područja razvoja i primjene jestivih filmova u sirarstvu te primijeniti načela *Hazard Analysis and Critical Control Point* (HACCP) standarda u generičkom modelu proizvodnje sireva s jestivim filmovima kako bi se provela analiza rizika i utvrdile potencijale kritične kontrolne točke u tom procesu.

Ključne riječi: *jestivi filmovi, biljni ekstrakti, antioksidativna svojstva, HACCP, analiza rizika*

Rad sadrži: 50 stranica, 5 slika, 14 tablica, 75 literaturnih navoda,

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u: Knjižnica Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta, Kačićeva 23, Zagreb

Mentor: izv. prof. dr. sc. Irena Barukčić

Stručno povjerenstvo za ocjenu i obranu:

1. izv. prof. dr. sc. Marina Krpan
2. izv. prof. dr. sc. Irena Barukčić
3. izv. prof. dr. sc. Mario Ščetar
4. doc. dr. sc. Katarina Lisak Jakopović

Datum obrane: 21. prosinca 2021.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Graduate Thesis

University of Zagreb
Faculty of Food Technology and Biotechnology
Department of Food Technology and Engineering
Laboratory for Technology of Milk and Milk Products

Scientific area: Biotechnical Sciences

Scientific field: Food Technology

Graduate university study programme: Food Engineering

APPLICATION OF EDIBLE COATINGS WITH PLANT EXTRACTS IN THE PRODUCTION OF
SEMI-HARD CHEESES ACCORDING TO HACCP PRINCIPLES

Ivana Rešetar, univ. bacc. ing. techn. aliment.

0058218731

Abstract: Cheese consumption has increased significantly due to significant cheese diversity, product variety and changes in consumer lifestyles. The spoilage of semi-hard cheeses may be due to their ripening period and / or long shelf life. Therefore, conservation studies have a fundamental role to play in maintaining or increasing their shelf life and are of great importance to the dairy sector. Food safety and quality in active packaging depend on the chemical interactions of food and language film. Natural additives such as extracts rich in polyphenols can change the structure and morphology of edible film, which affects their bioavailability. By combining functional and / or bioactive properties, the functionality of such edible films can be predicted. The aim of this Master's Thesis was to present the most important knowledge available in the field of development and application of edible films in cheese and apply the principles of Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) standards in a generic model of edible cheese production to conduct risk analysis and identify critical potentials. checkpoints points in the process.

Keywords: *edible coating, plant extracts, antioxidant properties, HACCP, risk analysis*

Thesis contains: 50 pages, 5 figures, 14 tables, 75 references

Original in: Croatian

Graduate Thesis in printed and electronic (pdf format) version is deposited in: Library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, Kačićeva 23, Zagreb.

Mentor: Irena Barukčić, PhD, Associate professor

Reviewers:

1. Marina Krpan, PhD, Associate professor
2. Irena Barukčić, PhD, Associate professor
3. Mario Ščetar, PhD, Associate professor
4. Katarina Lisak Jakopović, PhD, Assistant Professor

Thesis defended: December 21th, 2021

Sadržaj

1.UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	2
2.1. JESTIVI FILMOVI.....	2
2.2. FUNKCIONALNI JESTIVI FILMOVI.....	7
2.2.1. Biljni ekstrakti	10
2.3. NAČIN PRIMJENE JESTIVIH FILMOVA I PREMAZA NA SIR	12
2.4. KOMERCIJALNE PRIMJENE I BUDUĆI TRENDVI.....	13
2.5. SIGURNOST HRANE I HACCP SUSTAV	14
3. EKSPERIMENTALNI DIO	16
4.REZULTATI I RASPRAVA	22
4.1. FORMIRANJE HACCP TIMA	23
4.2. OPIS PROIZVODA	24
4.3. IZRADA I POTVRDA DIJAGRAMA TOKA.....	26
4.4. PRIMJENA NAČELA HACCP SUSTAVA	28
4.4.1 Analiza rizika i definiranje KKT	28
4.4.2. Utvrđivanje kritičnih granica na kritičnim kontrolnim točkama	34
4.4.3. Uspostava sustava za nadzor kritičnih točaka i korektivne mjere	35
4.4.4. Verifikacija i validacija	36
4.4.5. Dokumentacija.....	38
ZAKLJUČCI	41
LITERATURA	44

1.UVOD

Sir kao drevni prehrambeni proizvod često je dio svakodnevnice prehrane ljudi, pogotovo zbog prisutnosti visokovrijednih proteina, kalcija, minerala i vitamina. Proizvodnja i potrošnja sira kontinuirano se povećava i posljedično, industrija sira napredovala je u globalno poslovanje gdje istraživanje ima važnu ulogu za produljenje roka trajanja i promicanje kvalitete i sigurnosti proizvoda od sira. Suvremeni potrošači sve su više educirani o važnosti hrane u očuvanju zdravlja te sve više teže minimalno procesiranim proizvodima koji sadrže poglavito prirodne sastojke. U skladu s time, odavno su već na tržište plasirani sirevi sa začinima. Dodatak začina u sirarstvu pridonosi poboljšanju senzorskih karakteristika, povećanju stabilnosti i roka trajanja sira te povećanju nutritivne vrijednosti sira. Međutim, glavni gubici u proizvodnji sira događaju se tijekom skladištenja, gdje često može doći do kontaminacije sira bakterijama, plijesni i kvascima, što rezultira smanjenjem kvalitete sira, uglavnom ako se čuva bez adekvatne ambalaže. Važno je spomenuti kako veliki gubitak vlage u nekim vrstama sira može biti problem jer se povećava njihova tvrdoća i dolazi do neželjenih organoleptičkih svojstava.

Postoje različiti sustavi pakiranja kako bi se riješili ovi problemi, uključujući vakuum i pakiranje u modificiranoj atmosferi, što je dosad primijenjeno u nekoliko vrsta sira. Premazi su također korišteni u konzerviranju i pakiranju sira. Oni mogu djelovati kao pojedinačni materijal za pakiranje, ali i kao dodatna zaštita ako se koriste u kombinaciji s drugim materijalima za pakiranje. Uz premaze, danas se sve češće istražuje i primjena jestivih filmova koji mogu djelovati kao nositelji antimikrobnih sredstava i imaju nekoliko prednosti u odnosu na konvencionalne premaze, kao što su bolje širenje, difuzivnost i topljivost.

Međutim, prije nego primjena jestivih filmova u potpunosti zaživi, potrebno je između ostalog sa stajališta sigurnosti hrane procijeniti i rizike koje bi takva modifikacija u procesu proizvodnje sira podrazumijevala. Stoga je cilj ovog diplomskog rada bio prikazati najvažnije spoznaje dostupne iz područja razvoja i primjene jestivih filmova u sirarstvu te primijeniti načela *Hazard Analysis and Critical Control Point* (HACCP) standarda u generičkom modelu proizvodnje sireva s jestivim filmovima kako bi se provela analiza rizika i utvrdile potencijale kritične kontrolne točke u tom procesu.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. JESTIVI FILMOVI

Jestivi filmovi i premazi mogu se koristiti za poboljšanje kvalitete hrane i sigurnosti, uglavnom kroz produljenje roka trajanja, ali i održavanje okusa, boje i hranjive vrijednosti sira. Najveća prednost jestivih filmova u usporedbi sa sintetičkima je ta što se jestivi filmovi mogu jesti zajedno sa proizvodom te na taj način smanjiti zagađenje okoliša. Njihova osnovna funkcija je da interakciju proizvoda sa vanjskom sredinom svedu na najmanju moguću mjeru. Pri tom se prvenstveno misli na upijanje ili otpuštanje vlage, transport plinova, migraciju lipida, te kontaminaciju od strane mikroorganizama. Jestivi filmovi mogu biti na bazi polisaharida (npr. kitozan i galaktomanan), animalnih ili biljnih proteina i lipida (Skurtys i sur., 2010).

Osim toga, jestivi filmovi često se kombiniraju s aditivima, kao što su antioksidansi i antimikrobni agensi, koji osiguravaju dodatnu zaštitu proizvoda i očuvanje nutritivno vrijednih sastojaka (Rodriguez-Aguiler i Oliveira, 2009). Filmovi s antimikrobnim komponentama kao što su filmovi s kitozan-lizozimom izazvali su veliku zanimaciju jer njihovom primjenom dolazi do smanjenja mikrobne kontaminacije na siru tipa Mozzarella, što je produljilo trajnost ovog sira. Korištenjem jestivih filmova na bazi polisaharida galaktomanana značajno je smanjena respiracija kisika i ugljičnog dioksida, za razliku od sireva iste vrste na koje nije nanesen film, na čijoj je površini primijećen razvoj plijesni (Karaman i sur., 2015). Jestivi filmovi osiguravaju dodatnu zaštitu proizvoda, ali ne mogu u potpunosti zamijeniti tradicionalnu ambalažu (Patel i sur., 2015; Karaman i sur., 2015; Jalilzadeh i sur., 2015). Također je važno napomenuti da korišteni filmovi moraju biti neutralni s obzirom na senzorska svojstva kako ne bi utjecali na karakteristike sira. Filmovi trebaju biti prozirni, bez mirisa, okusa i sjajni.

Jedna od koristi jestivih filmova je i smanjenje cijene samog proizvoda zbog manjih troškova ambalažnog materijala. Također, ekološka prihvatljivost jestivih filmova zbog njihove biorazgradivosti i sigurnosti za okoliš čine ih poželjnijim za upotrebu. Prednost upotrebe biofilmova s prirodnim konzervansima, poput bakteriocina, nekih proteina i peptida koje sintetiziraju neke bakterije je netoksičnost za ljude i ne zahtijevanje dodavanje sintetičkih komponenti u hranu, ali nedostatak je to što mogu sadržavati neke alergene, kao što su gluten, proteini sirutke ili kikiriki, zbog toga svi dodaci koji se koriste u jestivim filmovima moraju biti prikladno deklarirani (Santonicola i sur., 2017; Karaman i sur., 2015;).

Tablica 1. Materijali za izradu jestivih filmova na različitim vrstama sira (Silva Ramos i sur., 2015; Galić, 2009)

Funkcionalni sastav	Materijali	Jestiva komponenta	Tip sira
Materijali za izradu filmova	Proteini	Kolagen, želatina, kazein, proteini sirutke, zein, pšenični gluten, proteini bjelanjaka	Mozarella Kashar Cheddar Ricotta
	Polisaharidi	Kitozan, škrob, modificirani škrob, modificirana celuloza (metil-celuloza, karboksimetil celuloza, hidroksi propil celuloza, hidroksipropilmetil-celuloza), alginat, pektin, gelan guma, ksantan guma	
	Voskovi, lipidi	Voskovi (pčelinji vosak, parafin, karnauba vosak), smole (šelak), acetoliceridi	
	Kompoziti Polisaharidi + proteini Proteini + lipidi Polisaharidi + lipidi	Kitozan + lizozim Lizozim + zein Kitozan + natrijev kazeinat Kitozan + protein sirutke	
Plastifikatori (omekšavala)	Glicerin, propilen glikol, sorbitol, saharoza, polietilen glikol, kukuruzni sirup, voda		
Funkcionalni aditivi	Antioksidansi, antimikrobne tvari, nutrijenti, nutraceutici, tvari okusa i boje	Karvkarol + škrob Timol + škrob Ekstrakt lista masline + metil-celuloza	Cheddar Kashar
Ostali aditivi	Emulgatori (lecitin), tekuće emulzije (jestivi voskovi, masne kiseline)		

Materijal za film nužno je odabrati prema vrsti sira, uvjetima skladištenja te načinu primjene jestivih filmova na sir o kojima će kasnije biti riječ (Martins i sur., 2012). Kako je vidljivo iz Tablice 1., proteini, polisaharidi i lipidi se najčešće koriste kao materijali u razvoju jestivih filmova (Al-Hassan i Norziah, 2012). Glavna prednost polisaharida i proteina je topljivost u vodi, dok za lipide i voskove treba koristiti organsko otapalo.

Kitozan je zbog svojih antimikrobnih svojstava naspram bakterija, plijesni i kvasaca vrlo atraktivan materijal za uporabu (Rabea i sur., 2003). Filmovi na bazi kitozana testirani su na nekoliko tipova sireva u cilju smanjenja rasta mikroorganizama i produljenje roka trajanja sira. Santonicola i sur. (2017) u svom istraživanju uspoređivali su primjenu aktivnih filmova na bazi kitozana i metilceluloze obogaćenih natamicinom. Zbog svog antimikrobnog djelovanja kitozan ima prednost kao materijal za pakiranje hrane pred nekim drugim polimerima izgrađenim od biomolekula. Metilceluloza je kemijski spoj dobiven iz celuloze, koji poput celuloze, nije probavljiv, nije toksičan i nije alergen. Otapa se u hladnoj vodi i tvori viskoznu otopinu ili gel. Coma i sur. (2002) pokazali su da su filmovi s kitozansom djelotvorni za sprječavanje rasta bakterija iz roda *Listeria* u siru, iako im antimikrobno djelovanje opada s vremenom (López-Rubio i sur., 2004). Han (2000) je također ispitivao učinkovitost filma s kitozansom i pokazao je da su filmovi s kitozansom djelotvorni za sprječavanje rasta bakterija iz roda *Pseudomonas* u siru Emmentaler. Vrijeme decimalne redukcije smanjilo se za više od dvije log jedinice (López-Rubio i sur., 2004).

Jestivi filmovi na bazi natrijeva alginata smanjuju dehidraciju proizvoda i daju bolja svojstva u pogledu mehaničkih svojstava (Wang i sur., 2007). Mastromatteo i sur. (2014) u svom istraživanju pokazali su da se trajnost sira Mozzarella produljila i do 160 dana pri 4 °C kad se na sir nanosio filmovima od natrijeva alginata u kombinaciji s MAP jer su se navedeni filmovi pokazali djelotvornima u sprječavanju dehidracije površine sira Mozzarella, a povoljan sastav plinova u ambalaži osigurao je dodatno produljenje trajnosti (Ramos i sur., 2012).

Ramos i sur. (2012) ispitali su i druge premaze na bazi WPI -a obogaćene kitoooligosaharidima (COS) i mliječnom kiselinom. Nanijali su premaz na polutvrđi sir i uočili veći antimikrobni učinak protiv bakterija i manji učinak protiv kvasaca i plijesni u usporedbi s komercijalnim premazom (polivinil acetat s 2,5 g L⁻¹ natamicina). U drugom djelu istraživanja pokazalo se da premazi na bazi WPI s dodatkom 3 % eteričnog uljem mente primijenjen na skuti (50 g) smanjuju rast mikroorganizama nakon 15 dana skladištenja na 4 °C. Poboljšanje kvalitete i sigurnosti sira potpunom izostanku (0 log CFU g⁻¹) rasta sojeva očitovale se *S. aureus*, *L.*

monocitogenes, plijesni i kvasca, te u smanjenom rastu soja *E. coli* (2,01 log CFU g⁻¹), u usporedbi s kontrolnim uzorkom (7,9, 7,71, 7,87 i 7,93 log CFU g⁻¹). U istom radu uočen je potpuni baktericidni i antimikrobni učinak kod korištenja 4 % eteričnog ulja mente, od prvog dana do kraja pokusa, odnosno 15 dana kasnije, na 4 ° C (Kavas i Kavas, 2014).

Konformacijska denaturacija, elektrostatski naboj i amfifilna priroda su najznačajnije karakteristike proteina u odnosu na druge materijale koji stvaraju film (Han i Gennadios, 2005). Mnogi faktori mogu utjecati na konformaciju proteina, kao što su gustoća naboja i hidrofilna-hidrofobna ravnoteža (Han i Gennadios, 2005). Fizikalna i mehanička svojstva jestivih filmova kontrolirana su ovim čimbenicima. Pri proizvodnji proteinskih filmova također je neophodna upotreba plastifikatora. Proteini su topivi u vodi, etanolu i mnogim drugim otapalima. Činjenica da proteini nisu potpuno hidrofobni i sadrže pretežno hidrofilni aminokiselinski ostatak koji ograničava njihova barijerna svojstva za vlagu. Primjena proteinskih ograničena je zbog loše zaštite od vodene pare i slabijih mehaničkih svojstava, ali filmovi na bazi proteina imaju bolja mehanička svojstva od onih baziranih na lipidima i polisaharidima, također zbog mogućnosti povećanja nutritivne vrijednosti prehrambenog proizvoda, interes za primjenom proteinskih filmova raste.

Lipidi se posljednjih godina uglavnom koriste u kombinaciji s drugim materijalima s ciljem povećanja hidrofobnosti premaza (Galus i Kadzińska, 2015). Kad je riječ o voskovima, samo je nekoliko studija pokazalo njihovu potencijalnu upotrebu na siru, pri čemu se posebno ističe pčelinji vosak. Jedna od mogućnosti ugradnje lipida i voskova u jestive filmove je stvaranje emulzije, gdje se lipidna faza miješa s drugim materijalom (obično polisaharidnom ili proteinskom otopinom) i homogenizira pomoću mehaničkog smicanja. Ramos i sur. (2012) koristili su mješavinu suncokretovog ulja i izolata proteina sirutke i Cerqueira i sur. (2010) galaktomanan s kukuruznim uljem za formiranje emulgiranih jestivih obloga za ugradnju lipida u film. Tako dobiveni emulgirani film nanosio se na polutvrđi sir potapanjem. Premazani sir pokazao je značajno smanjenje potrošnje kisika i smanjenje stope proizvodnje CO₂ nakon skladištenja na 20 °C u usporedbi s neobloženim sirom. Također, uočen je manji kalo u usporedbi s neobloženim sirom. Korištenje emulgiranih jestivih filmova zanimljiva je strategija da se jestivi film lako nanese, a istovremeno ima hidrofobni dio.

Međutim, osim odabranog materijala od kojeg će se jestivi film proizvesti, na trajnost i biološka svojstva prehrambenog proizvoda utječe debljina jestivih filmova koja ovisi o koncentraciji čvrste faze te količini otapala. Debljina filma ovisit će o tehnici primjene i viskoznosti otopine.

Samim tim, ako je tekućina visoko viskozna, teže će se razlijevati pa će jestivi film biti deblji. Preporučene vrijednosti debljine filma kreću se do 0,25 mm (Liu, 2005). Osim debljine, vrlo su važna i mehanička svojstva filmova. Polisaharidi i proteini formiraju jake međumolekulske veze pa zbog toga najčešće tvore filmove dobrih mehaničkih svojstava. Međutim, u usporedbi sa sintetičkim filmovima, jestivi filmovi imaju značajno slabija mehanička svojstva (Han i sur., 2005). Djelotvornost jestivih filmova u velikoj mjeri ovisi o njihovima barijernim svojstvima. Njihova funkcija je štititi od utjecaja poput plinova, aroma, ulja i para, te na taj način produljuju rok valjanosti proizvoda.

Barijerna svojstva ovise o kemijskom sastavu i strukturi polimera upotrijebljenih za proizvodnju filma, karakteristikama proizvoda i uvjetima skladištenja (Singh i Singh, 2005).

Fizikalna struktura barijere utječu na difuziju plinova kroz fleksibilni materijal jestivih filmova. Tri su koraka transporta plinova kroz jestivi film: adsorpcija plina na površinu filma, difuzija čestica od jedne do druge strane filma te desorpcija čestica plina iz jestivog filma.

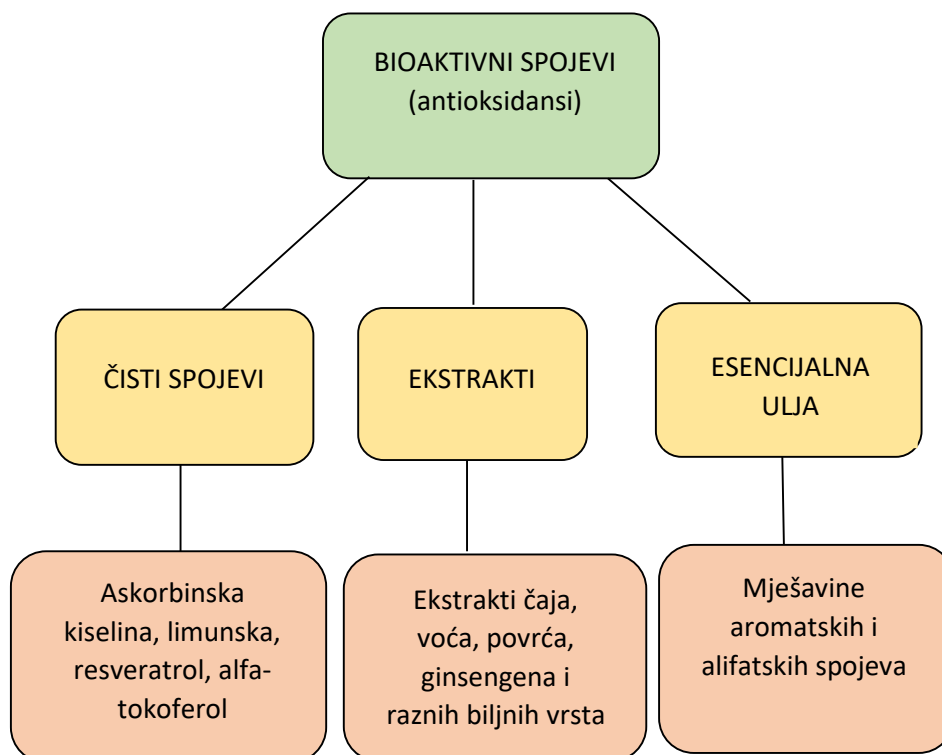
Propusnost vodene pare filma odlučujući je faktor u kontroli promjene količine vlage i aktivitetu vode u pakiranom proizvodu kod zapakiranih namirnica (Singh i Singh, 2005). Temperatura utječe na propusnost vodene pare, kada se temperatura smanji tada se smanjuje i propusnost vodene pare ali se može ponovno povećati pri vrlo niskim temperaturama (Singh i Singh, 2005).

Vizualni dojam proizvoda je prvo što potrošač uočava, tako da su optička svojstva vrlo važni parametri. Vanjski faktori (temperatura i relativna vlažnost), postupci izrade filma i sastav filma utječu na njegova optička svojstva (Rhim i Shellhammer, 2005). Sjaj jestivog filma je visoko poželjan i važan, a na njega utječe vrsta i količina surfaktanta, raspodjela i veličina promjera čestica disperzne faze, relativna vlažnost, vrijeme skladištenja, hrapavost površine i dr. (Skurtys i sur., 2010). Uz sjaj u optička svojstva ubrajamo i boju filma i prozirnost. Kada govorimo o mutnoći, to se odnosi na težnju jestivog filma da rasprši svjetlost.

2.2. FUNKCIONALNI JESTIVI FILMOVI

Kako bi jestivi filmovi imali funkcionalna svojstva moraju biti nosioci bioaktivnih spojeva. Bioaktivni spojevi najčešće su antioksidansi koji se u jestive filmove dodaju u obliku esencijalnih ulja, kao ekstrakti ili kao čisti spojevi. Smatraju se dodatnim prehrabnim sastojcima koji se u hrani pojavljuju u malim količinama. U ovu kategoriju dodataka ubrajaju se primjerice askorbinska kiselina, limunska kiselina, resveratrol, tokoferol, glukozinolati, prehrambena vlakna, fitosteroli i monoterpeni (Eça i sur., 2014).

Upravo zbog činjenice da imaju pozitivan učinak na zdravlje ljudi sve više su u fokusu brojnih istraživanja, a uz to funkcionalni jestivi filmovi s dodanim čistim antioksidansima produljuju rok trajanja hrane. Međutim, sve se češće jestivim filmovima dodaju i različiti biljni ekstrakti te esencijalna ulja, budući da također imaju antioksidativna i antimikrobna svojstva, te utječu na aromu. Zbog svoje hidrofobne prirode, esencijalna ulja omogućuju bolju zaštitu od propusnosti vodene pare.



Slika 1. Bioaktivni spojevi korišteni u proizvodnji funkcionalnih filmova (prema Eça i sur., 2014)

Fenolni spojevi u najvećoj mjeri su zaslužni za antioksidativnu aktivnost začina, no kao sekundarni biljni metaboliti prisutni su u značajnijim količinama u velikom broju biljaka (Wojdylo i sur., Dudonné i sur., 2009; Shan i sur., 2005).

Tablica 2., sadrži pregled najznačajnijih fenolnih spojeva u različitim vrstama začina. Međutim, koncentracije spojeva nisu navedene jer se značajno razlikuju zbog različitih metoda izolacije koje se primjenjuju, metoda kojima su određeni (ukupni fenolni spojevi ili pojedine komponente) te ovisno o dijelu biljke koji je analiziran, genetičkoj podvrsti, klimatskim uvjetima i sl. čimbenicima (Beato i sur., 2011; Kratchanova i sur., 2010; Suhaj, 2006).

Tablica 2. Fenolni spojevi u različitim vrstama začina (Shan i sur., 2005)

ZAČINI	GLAVNI FENOLNI SPOJEVI
Ružmarin <i>Rosmarinus officianalis</i>	Fenolne kiseline: ružmarinska, kava, ferulinska; fenolni diterpeni: karnozolna kiselina, karnozol; karvakrol; flavonoidi: luteolin, apigenin, naringinin; urosolna kiselina
Kadulja (žalfija) <i>Salvia officinalis</i>	Fenolne kiseline: ružmarinska, kava, ferulinska, klorogena, p-kumarinska kiselina; fenolni diterpeni: karnozolna kiselina, flavonoidi: kvercetin, luteolin, apigenin, katehin
Origano <i>Origanum vulgare</i>	Fenolne kiseline: kava, klorogena, p-kumarinska, ružmarinska; flavonoidi: apigenin, luteolin, kvercetin, miricetin
Mažuran <i>Origanum majorana</i>	Fenolne kiseline: kava, sinapinska, kumarinska, siringinska, vanilinska, ferulinska, p-hidroksibenzojeva; flavonoidi: apigenin, luteolin
Timijan <i>Thymus vulgaris</i>	Fenolne kiseline: kava, ferulinska, galna, ružmarinska; flavonoidi: luteolin
Bosiljak <i>Ocimum basilicum</i>	Fenolne kiseline: ružmarinska, p-kumarinska; fenolni diterpeni; flavonoidi: apigenin, kamferol, kvercetin, rutin, katehin
Metvica <i>Mentha spicata</i>	Fenolne kiseline: kava, ružmarinska, klorogena; mentol; flavonoidi: apigenin, luteolin, rutin
Peršin <i>Petroselinum crispum</i>	Flavonoidi: apigenin, luteolin, kamferol, miricetin, kvercetin; Fenolne kiseline: kava, galna, p-kumarinska, vanilinska, p-hidroksibenzojeva
Kim <i>Carum carvi</i>	Flavonoidi: kamferol, kvercetin, izokvercetin; kumarini; fenolne kiseline

Tablica 2. Fenolni spojevi u različitim vrstama začina (Shan i sur., 2005) - *nastavak*

Kumin <i>Cuminum cyminum</i>	Flavonoidi: kamferol, kvercetin, luteolin; fenolne kiseline: kava, p-kumarinska, klorogena, galna, ferulinska
Komorač <i>Foeniculum vulgare</i>	Flavonoidi: kvercetin, izoramnetin, kamferol, rutin, miristicin; fenolne kiseline: kava, cimetna, ferulinska, p-kumarinska, o-kumarinska, 2-hidroksibenzojeva, vanilinska
Kopar <i>Anethum graveolens</i>	Flavonoidi: kvercetin, izoramnetin, kamferol, miristicin, katehin; fenolne kiseline: vanilinska
Krasuljica <i>Anthriscus nemorosa</i>	Flavonoidi: luteolin
Paprika <i>Capsicum annuum</i>	Flavonoidi: kvercetin, luteolin, kapsaicin
Crni papar <i>Piper nigrum</i>	Piperin, piperidin, izokvercetin
Gorušica <i>Brassica sinapis alba</i>	Flavonoidi: izoramnetin, kamferol
Klinčić <i>Eugenia aromatica</i>	Flavonoidi; fenolne kiseline: galna
Piskavica <i>Trigonella foenum graecum</i>	Flavonoidi: apigenin, luteolin
Vlasac <i>Allium schoenoprasum</i>	Flavonoidi: kvercetin, izoramnetin, kamferol; fenolne kiseline: galna, ferulinska, kumarinska
Češnjak <i>Allium sativum</i>	fenolne kiseline: kava, ferulinska, p-kumarinska, vanilinska, vanillic, p-hidroksibenzojeva

Općenito, ako se analizira koncentracija ukupnih fenola i antioksidativna aktivnost začina po njihovim obiteljima, biljne vrste iz porodice *Lamiaceae* predstavljaju značajan izvor prirodnih antioksidanata (Shan i sur., 2005). U ovu porodicu ubrajaju se ružmarin, origano, bosiljak, metvica, kadulja, mažuran, timijan i majčina dušica. Zajednička karakteristika navedenih biljnih vrsta su dokazana antioksidativna i antimikrobna svojstva. Ružmarinska kiselina u ružmarinu, žalfiji i origanu te karnosol i karnosolna kiselina u ružmarinu i žalfiji fenolni spojevi koji najviše doprinose antioksidativnom kapacitetu *Lamiaceae* ekstrakata. Raznim istraživanjima je potvrđeno da rast gram-negativnih i gram-pozitivnih bakterija te kvasaca može biti inhibiran češnjakom, crvenim lukom, kaduljom, majčinom dušicom, timijanom, cimetom i drugim začinicima (Witkowska i sur., 2013; Shan i sur., 2007). Osim fenolnih spojeva,

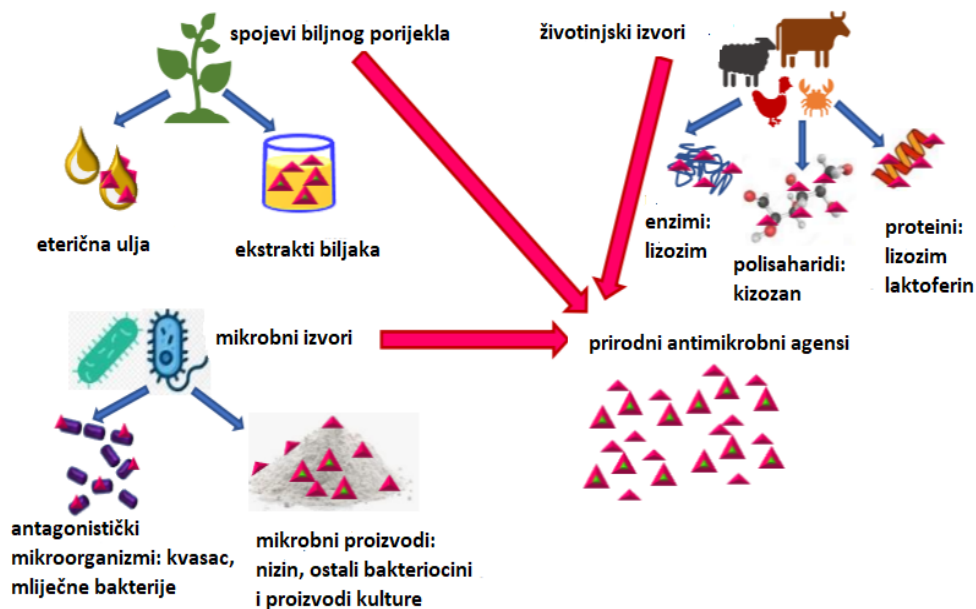
začinsko i ljekovito bilje sadrži i značajne količine eteričnih ulja koja također djeluju antimikrobno uslijed velikog broja različitih reaktivnih skupina (Skandamis i sur., 2006).

2.2.1. Biljni ekstrakti

Uzimajući u obzir zahtjeve suvremenih potrošača za minimalno procesiranom hranom koja sadrži samo prirodne sastojke sve se više ispituje primjena biljnih ekstrakta i eteričnih ulja kao prirodne konzervanse za produljenje roka trajanja mliječnih proizvoda. Pri tom se ispituje njihova primjena i kao samostalnih dodataka, ali i kao sastavnih dijelova jestivih filmova.

Biljni ekstrakti definiraju se kao spoj i/ili smjesa spojeva dobiveni različitim postupcima ekstrakcije iz svježih ili osušenih biljaka ili dijelova biljaka kao što su list, cvijet, sjemenke, korijen ili kora. Aktivni sastojci dobiveni su zajedno sa ostalim materijalom prisutnim u biljnoj masi (Vinatoru, 2001). Takvi proizvodi dobiveni iz biljaka su relativno složene smjese metabolita, u polukrutom ili praškastom stanju (nakon uklanjanja otapala) namijenjeni samo za oralnu ili vanjsku upotrebu. Biljni ekstrakti se dovode u kontakt sa otapalom za ekstrakciju u odgovarajućem uređaju (ekstraktor). U sljedećoj fazi procesa nastaje međuproizvod („miscella“, „eluat“) koji se odvaja od ostatka smjese. Ako se u procesu ekstrakcije koriste tekuća otapala (etanol ili smjesa etanola i vode, masna ulja i sl.) nakon filtracije se dobiva tekući ekstrakt. Kao rezultat procesa ekstrakcije može se dobiti i suhi ekstrakt, ako se od faze „miscelle“ nastavi proces uparivanja u vakuum uparivaču nastaje gusti ekstrakt od koga se daljnjim procesom sušenja na odgovarajući način dobiva suhi ekstrakt (Savić, 2014). Ekstrakti se vrlo često pripremaju od ulja cimeta, timijana ili bergamonta s njihovima izolatima kao što su cimet aldehid, karvakrol, timol, eugenol, mentol itd. (dos Santos Gouvea i dr., 2017; Brasil i sur., 2012; Sanla-Ead i sur., 2012). Vrlo često se istraživala primjena cimeta aldehida u filmovima i različitim matriksima nosača kao što su pektin (Brasil i sur., 2012; Ravishankar i sur., 2012), škrob (Kechichian i sur., 2010; Arfa i sur., 2007), kitozan (Brasil i sur., 2012.; Ouattara i sur., 2000), parafin od voska (Rodriguez-Lafuente i sur., 2010), celuloza (Sanla-Ead i sur., 2012) i protein soje (Gamage i sur., 2009; Arfa i sur., 2007). Kavas i Kavas (2016) proučavali su učinak filma na bazi bjelanjka obogaćenog eteričnim uljima žalfije i matičnjaka u različitim koncentracijama na vrsti sira Lor. Autori su dokazali da ulje žalfije ima jako antibakterijsko svojstvo, dok eterično ulje matičnjaka ima jače antifungalno djelovanje. Moro i sur. (2013) ocijenili su upotrebu 12 eteričnih ulja dobivenih iz određenih aromatičnih biljaka kao prirodnih pokrivača sira za sprječavanje rasta *P. verrucosum*. Najdjelotvornija eterična ulja dobivena su iz vrsta (*Anethum graveolens*, *Hyssopus officinalis* i *Chamaemelum nobile*).

Eterična ulja imaju intenzivnu aromu koja može dovesti do problema kada intenzitet arome prelazi prihvatljivi prag potrošaču (Hyldgaard i sur., 2012). Ekstrakti biljaka i eterična ulja, kao takvi, ugrađeni u polimerne matrice, pored antioksidacijske uloge, utječu i na odgađanje oksidacije lipida i denaturacije proteina (Da Silva i sur., 2016). Rast bakterija kontrolira se dodatkom odabranih organskih kiselina ili eteričnog ulja u jestive filmove i premaze. Način korištenja eteričnih ulja je nanošenje na jestivi film ili inkapsuliranje u jestive i biorazgradive polimere ili vrećice. Uz to eterična ulja mogu se inkapsulirati u nanoemulziju čime se sprječava interakcija eteričnih ulja s hranjivim matricama. Ugrađivanje aktivnih komponenti kao što su antibakterijske, antifungalne i antioksidativne, mogu uzrokovati promjene u fizičko-kemijskim svojstvima proizvoda (Hyldgaard i sur., 2012).



Slika 2. Izvori antimikrobnih sastojaka u razvoju jestivih filmova (prema Rizzo i Muratore, 2020)

2.3. NAČIN PRIMJENE JESTIVIH FILMOVA I PREMAZA NA SIR

Jedan od važnih aspekata korištenja premaza je način na koji se nanosi, a izbor ovisi o vrsti i veličini sira na koji će se nanositi premaz. Ovaj izbor će utjecati na cijenu i učinkovitost premaza i treba ga prilagoditi proizvodnom procesu (na kraju proizvodnje, prije ili nakon koraka sazrijevanja). Primjena jestive ambalaže na prehrambeni proizvod može se provesti potapanjem, prskanjem, nanošenje nožem, elektrostatičkim prskanjem i četkanjem u slučaju premaza ili pojedinačno omatanje kad je riječ o filmu (Zhong i sur., 2014; Ollé Resa i sur., 2012). Najprikladniji način primjene bit će onaj koji jamči potpuno prekrivanje sira i time doprinosi produljenju roka trajanja. Također je važno uzeti u obzir vrstu sira i razmjere proizvodnog procesa gdje će se primjenjivati, nakon što se njihove specifikacije odrede, može se definirati metoda primjene koja će se koristiti. Primjerice u industrijskim pogonima manjeg kapaciteta može se koristiti metoda četkanja kako bi se izbjeglo korištenje ogromnih spremnika za uranjanje ili skupih strojeva za prskanje, dok bi suprotno vrijedilo za velike industrijske objekte.

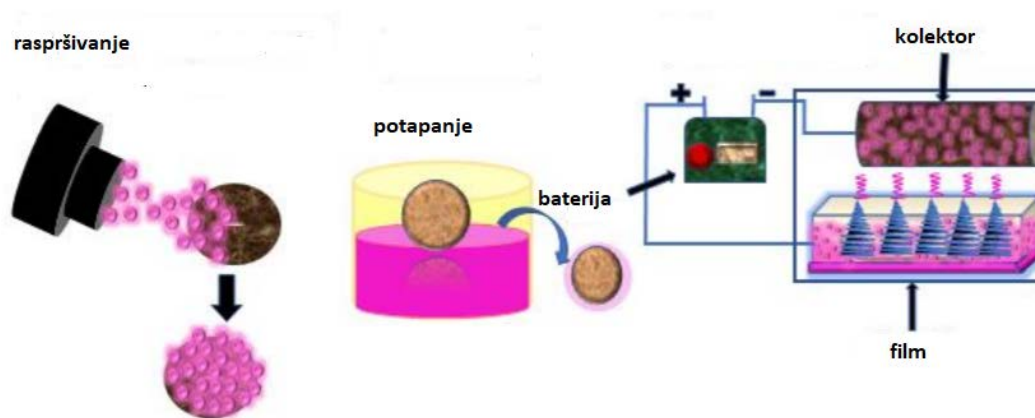
Metoda potapanja sira često je prvi izbor zbog same jednostavnosti korištenja. Jestivi film kod ove metode nastaje kada se namirnica uroni 5-30 sekundi u jestivu otopinu, a svojstva nastalog premaza ovise o gustoći i površinskoj napetosti pripremljene otopine, kao i brzini izvlačenja namirnice iz otopine. Čimbenici poput nepravilne površine, troškova i jednostavnosti čine metodu potapanja sira prvim izborom u industriji sira, jer se omogućuje pokrivanje svih površina potapanjem, a višak se uklanja dreniranjem ili korištenjem sušilice (Mastromatteo i sur., 2015; Yangilar i Oğuzhan Yıldız, 2015).

S druge strane ako je cilj dobiti jednoliki film s minimalnom količinom vode, raspršivanje je učinkovitije (Zhong i sur., 2014). Učinkovitost procesa može se povećati ako je elektrostatičko raspršivanje korišteno. Ova metodologija se prilagođava prehrambenoj industriji i omogućuje visoku učinkovitost izbjegavajući gubitak filma, što je glavni nedostatak metode potapanja (Zhong i sur., 2014). Prskanje je pogodno za otopine filmova male viskoznosti kojom će nastati tanki sloj filma i za proizvode koji imaju veliku površinu.

Ponekad se primjenjuje i metoda nanošenja nožem gdje se uz pomoć fiksnog noža pažljivo nanosi sloj materijala koji stvara film preko glatke površine proizvoda. Barijerna svojstva tako formiranog filma uglavnom su određena karakteristikama mokrog filma. Višak vlažnog materijala zadržava se u bazenu koji se nalazi iza noža. Širina filma može se podesiti

kontrolama koje utječu na visinu noža iznad glatke površine proizvoda. Ova tehnika stvaranja filma optimizirana je uzimajući u obzir parametre kao što su viskozitet, sadržaj čvrste tvari, vlage, debljine vlažne formulacije, sastojaka i temperature (McHugh, 2015)

Razvoj, prilagodba ili poboljšanje metoda pakiranja (npr. elektrostatičko premazivanje) donose optimizaciju i prednosti neviđene prije u pakiranju i kvaliteti hrane. Tako se danas istražuju i nove metode za nanošenje premaza kao što su elektrosprej i vibracijska atomizacija koje se mogu smatrati novim pristupima poboljšanju učinkovitosti premaza.



Slika 3. Načini primjene jestivih filmova (Suhag i sur., 2021)

2.4. KOMERCIJALNE PRIMJENE I BUDUĆI TRENDOVI

Na tržištu već postoje neke tvrtke koje razvijaju jestive obloge i folije za sir. Imajući u vidu njihov potencijal i kako se mogu koristiti za produljenje roka trajanja sira, ove tvrtke razvijaju premaze i filmove po mjeri za različite vrste sireva. Improveat (Braga, Portugal) proizvodi nekoliko premaza biološkog porijekla, BecorBarbanza (A Coruña, Španjolska) predstavlja u svom portfelju nekoliko vrsta premaza uključujući jestive premaze za sireve i Vink chemicals GmbH & Co (Kakenstorf, Njemačka) ima nekoliko premaza među kojima ima prirodnih premaza za sir.

Činjenica da tvrtke iz različitih zemalja već komercijaliziraju ovu tehnologiju je znak da jestivi premazi i filmovi obećavaju produljenje roka trajanja sira, te da ih treba više iskorištavati kako

bi postali dostupni za sve vrste sireva. Upotreba jestivih premaza i filmova u prehrambenoj industriji, uglavnom u proizvodnji sireva, još uvijek predstavlja neke izazove. Glavni izazovi su ispatiti njihov utjecaj na boju i okus sira koji može biti neprivlačan potrošaču (nemaju svi premazi i filmovi ovaj nedostatak, ali neki imaju), poteškoće u dobivanju homogenog pokrivača površine hrane, potreba za većom količinom prirodnih aktivnih spojeva za razvoj učinkovitih aktivnih premaza i filmova u usporedbi s umjetnim i cijena nekih od upotrijebljenih materijala povećava cijenu primjene ove vrste tehnologije u proizvodnji sira.

Ova pitanja su neki od problema identificiranih posljednjih godina, koji se pokušavaju prevladati pomoću novih tehnologija. Jedna mogućnost je korištenje nanotehnologije, gdje kontrola svojstava materijala na nano-razini omogućuje istraživanje novih funkcionalnosti. Neke od prednosti korištenja nanotehnologije kod jestivih premaza i filmova je da imaju sposobnost poboljšanja topljivosti spojeva, maskiraju okuse, štite funkcionalne spojeve od kemijske razgradnje i kontrolirano otpuštanje aktivnih spojeva. Zapravo, korištenje nanostrukturiranih sustava za kapsuliranje aktivnih spojeva je već poznato u jestivim premazima i filmovima, a nekoliko autora pokazalo je mogućnost korištenja nanočestica ili aktivno opterećenih nanostrukture za poboljšanje njihovih izvedbi (Fuciños i sur., 2017; Zambrano-Zaragoza i sur., 2013). Ipak, korištenje nanotehnologije u prehrambenim proizvodima treba pažljivo procijeniti zbog sigurnosnih razloga (tj. treba testirati upotrebu nanomaterijala u hrani (Znanstveni odbor Europske agencije za sigurnost hrane, 2011)).

2.5. SIGURNOST HRANE I HACCP SUSTAV

Kako bi se povećalo povjerenje u hranu koju potrošači konzumiraju uvodi se pojam sigurnost hrane (Bažok i sur., 2014). Pojam sigurnost hrane od strane svjetske zdravstvene organizacije definiran je kao pojam koji osigurava da hrana neće naškoditi potrošaču ako je pripremljena i konzumirana na pravilan način. Važno je kontrolirati opasnosti koje narušavaju sigurnost hrane zbog velikog broja slučajeva trovanja hranom. Potrebno je primijeniti procjenu rizika, upravljanje rizikom te komunikaciju o riziku prilikom same analize rizika. Industrijalizacija, rast svjetske populacije, globalne razmjene, znanstvenih dostignuća, dostupnosti hrane i mikrobiološke adaptacije predstavljaju nove izazove na području sigurnosti hrane (Bertolatti i Theobald, 2019). Subjekti u poslovanju s hranom su primarno odgovorni za hranu u svim fazama koje su pod njihovom kontrolom i njihova je zakonska obveza uvođenje sustava

samokontrole utemeljene na načelima sustava analize rizika i kritičnih kontrolnih točaka (HACCP), te obveza primjene dobre higijenske prakse.

HACCP je engleska kratica za *Hazard Analysis and Critical Control Point*. HACCP je sustav koji služi za identifikaciju, procjenu i uspostavu kontrole koji obuhvaća cijeli niz preventivnih postupaka nad kemijskim, fizičkim i biološkim opasnostima koje su važne za sigurnost hrane s krajnjim ciljem osiguranja zdravstveno ispravne hrane (Codex Alimentarius Commission, 2020).

U skladu s načelima sustava HACCP-a svaki subjekt u poslovanju s hranom, osim na razini primarne proizvodnje, dužan je uspostaviti i provoditi redovite kontrole higijenskih uvjeta proizvodnje u svakom objektu pod svojom kontrolom (analiza rizika i kontrola kritičnih točaka) (Zakon, 2013; Codex Alimentarius Commission, 2020). Najvažnije je predvidjeti što bi se moglo dogoditi u pojedinoj fazi proizvodnje, te spriječiti da potencijalno opasan proizvod ne stigne do potrošača, tako da je glavni cilj HACCP-a je prevencija razvoja opasnosti (Bažok i sur., 2014). Potrebno je uspostaviti preduvjetne programe kako bi se omogućila implementacija HACCP plana u praksi (Bažok i sur., 2014). Za funkcioniranje HACCP-a, osim o hrani, treba voditi računa o čišćenju i dezinfekciji, opremi, higijeni i edukaciji zaposlenika te kontroli štetočina. Ako se ovi preduvjetni programi realiziraju, rezultat će biti zdravstveno ispravna hrana. Preduvjetne programe čine segmenti kao dobra proizvođačka praksa (DPP), dobra higijenska praksa (DHP), sljedivost, standardni sanitacijski operativni postupci (SSOP) i standardni operativni postupci (SOP). Standardni sanitacijski operativni postupci podrazumijevaju korake i način sanitacije s obzirom na mogućnost izravne kontaminacije proizvoda tijekom proizvodnje, a odnose se na čistoću opreme, pribora i površina prije početka i tijekom proizvodnje, higijenu radnika te manipulaciju sirovinom, poluproizvodom ili gotovim proizvodom (Havranek i sur., 2014). Standardni operativni postupci definiraju: ŠTO točno treba napraviti; KAKO se to radi; KADA se to radi (učestalost navedenih radnji, granične vrijednosti, popravne radnje); TKO mora nešto napraviti; ZAŠTO se to radi; GDJE se to radi. Svaki preduvjetni program čini zaseban sustav, ne povezuje se s određenim procesom i primjenjiv je na sve proizvodne procese u određenoj tvrtki (Wallace i Williams, 2001). Preduvjetni programi se mogu upotrijebiti u svakom proizvodnom procesu. HACCP priručnik je dokument u kojem se nalaze sve potrebne informacije za implementaciju HACCP sustava, a sastoji se od dijagrama tijeka i kontrolne tablice (HACCP plan) (Bažok i sur., 2014).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

Pri implementaciji HACCP sustava, prvo je potrebno provesti pet uvodnih radnji, a to su osnivanje HACCP tima, izrada opisa proizvoda, određivanje namjene proizvoda, izrada i potvrda dijagrama tijeka, a nakon ovoga slijedi provedba sedam HACCP načela definiranih standardom Codex Alimentarius Recommended International Code of Practice - General Principles of Food Hygiene, CAC RCP 1-1969, rev. 5-2020.

KORAK 1: Uspostaviti HACCP tim – odabrati HACCP koordinatora, odnosno voditelja tima, koji mora biti educiran i imat iskustva u provođenju HACCP sustava. Veličina tima ovisi o veličini djelokruga gdje se HACCP sustav provodi a poželjno je da to bude tim od najviše 6 stručnjaka različitih područja djelovanja, a članovi tima mogu biti zaposlenici tvrtke, ali i vanjski suradnici, koji moraju biti imenovani i dokumentirani.

KORAK 2: Opisati proizvod – izraditi opis proizvoda odnosno opisati one karakteristike proizvoda koje mogu utjecati na njegovu sigurnost prema sljedećim uputama: kemijski sastav, fizikalna svojstva, način obrade, mikrobiološka kvaliteta, senzorska svojstva, metode prerade, rok trajanja, uvjeti skladištenja, metoda distribucije, ambalaža, prisutnost alergena, tekst deklaracije, upute za korištenje. Bitno je i navesti sirovinu kao i sve dodatke koji se koriste u proizvodnji, proizvod se mora prilagoditi djeci, starijima, trudnicama i osobama koje imaju alergije na određene supstance, pa to također mora biti označeno na deklaraciji.

KORAK 3: Utvrditi namjenu proizvoda i potrošačku skupinu – važno je navesti skupine ljudi koji će konzumirati proizvod i uzeti u obzir osjetljive grupe poput djece, starijih osoba, trudnica, osoba s imunološkim bolestima te ako osjetljive grupe ne smiju konzumirati određeni proizvod to se mora naznačiti na deklaraciji. Također, ako se radi o polugotovom proizvodu, potrebno je opisati postupke pripreme kojima će se namirnica pripremiti do faze u kojoj će biti spremna i sigurna za konzumaciju.

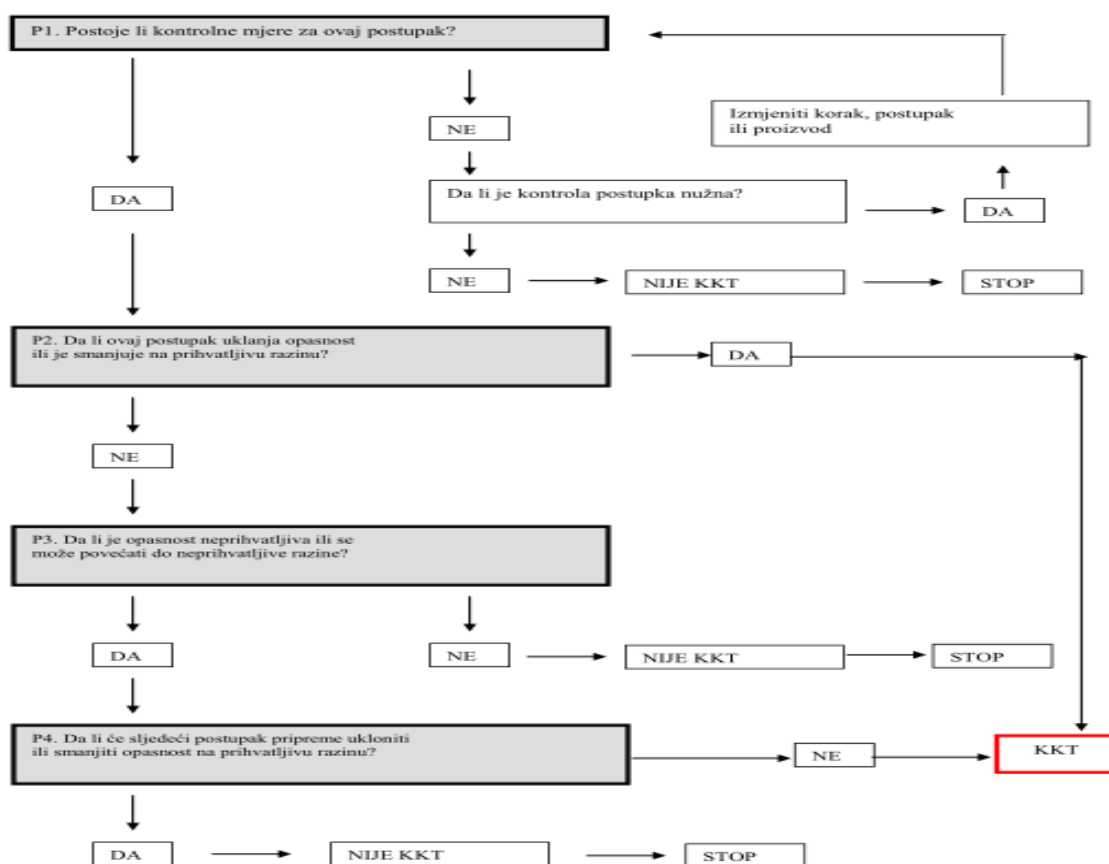
KORAK 4: Napraviti dijagram tijeka – dijagram tijeka je ključan za provođenje HACCP plana. U dijagramu tijeka moraju biti navedene sve faze proizvodnje uključujući preuzimanje sirovine, preko skladištenja i proizvodnje pa do gotovog proizvoda te na kraju posluživanja i distribuiranja. Potrebno je navesti i dodatne podatke kao što su podaci o sirovini, fazama proizvodnje te podaci o uvjetima skladištenja i distribucije gotovog proizvoda.

KORAK 5: Potvrditi dijagram tijeka (na mjestu proizvodnje) – HACCP tim mora na mjestu proizvodnje potvrditi dijagram tijeka, provjeriti je li u skladu sa stvarnim tijekom procesa proizvodnje ili ga izmijeniti u slučaju da dijagram nije kompletan (Codex Alimentarius Commission, 2020).

Nakon pet uvodnih radnji slijedi implementacija 7 načela HACCP sustava.

KORACI 6 i 7 (Načelo 1 i 2):

Prvo načelo HACCP sustava podrazumijeva analizu opasnosti svakog pojedinog procesnog koraka prema dijagramu tijeka. Analiza opasnosti označava moguće opasnosti povezane s hranom kao i načine kojima su ove opasnosti identificirane. Na temelju analize potencijalnih opasnosti određuje se koje su opasnosti KT, a koje KKT. Kritične kontrolne točke su točke u procesu u kojima se moraju kontrolirati značajne opasnosti s ciljem sprječavanja ili uklanjanja istih. Kako bi se lakše identificirale KKT koristi se stablo odlučivanja kao model logičnog zaključivanja definiran Codex Alimentarius standardom (2020).



Slika 4. Shematski prikaz dijagrama odluke (prema Bažok, 2014)

Za analizu rizika osim stabla odlučivanja koristi se i jedan od dostupnih numeričkih modela analize rizika. U procjeni se koristi umnožak učestalosti pojave opasnosti i ozbiljnosti posljedica određene opasnosti, njihov umnožak ukazuje je li neki korak u proizvodnji kritična kontrolna točka ili ne. Vjerojatnost pojave opisuje koja je vjerojatnost da će se opasnost pojaviti ukoliko proces bude nesukladan, te je podijeljena u 5 razina, od gotovo nemoguće 1 do izvjesno 5 prema opisu prikazanom u tablici 3.

Tablica 3. Učestalost pojave opasnosti (Manning i Soon, 2013)

Vjerojatnost da će se opasnost pojaviti ukoliko proces bude nesukladan	Učestalost pojave opasnosti	Množitelj
Gotovo nemoguće	Manje od jednom godišnje, nema podataka o pojavi u prošlosti	1
Malo vjerojatno	Vrlo rijetko, poznato je da se može pojaviti	2
Nizak rizik pojave	Izolirani slučajevi pojave uglavnom nakon nepropisnog rukovanja/postupanja	3
Vjerojatno	Čimbenici vezani uz proizvod ili tehnološku operaciju čiji je prisutnost/pojava očekivana	4
Izvjesno	Čimbenici vezani uz proizvod ili tehnološku operaciju koji se moraju uvriježeno kontrolirati	5

Također, ozbiljnost odnosno težina posljedica ukoliko nastupi opasnost su podijeljene u razine 1-6, te su definirane u tablici 4. Najmanja šteta uslijed pojave opasnosti ocijenjena je brojem 1 i težina posljedica opisuje se kao blaže razočaranje kod kupaca bez zdravstvenih posljedica. Brojevima 5 i 6 ocjenjuju se one opasnosti koje nakon svoje pojave uzrokuju ozbiljne bolesti i na posljetku katastrofu.

Tablica 4. Ozbiljnost posljedica ukoliko nastupi opasnost (Manning i Soon, 2013)

Ozbiljnost posljedica kod izostanka kontrole	Težina posljedica ukoliko nastupi opasnost	Množitelj
Mala šteta	Blaže razočaranje kod potrošača, može uzrokovati njihove žalbe, neznatne posljedice	1
Štetno	Vrlo blage medicinske intervencije (npr. okrhnut zub), potrošači razočarani i vjerojatno će se žaliti proizvođaču	2
Ozbiljna šteta	Oboljeli kod kuće, nije nužan medicinski tretman, potrošači razočarani i vjerojatno će se žaliti nadležnom (inspekcijskom) tijelu	3
Vrlo ozbiljna šteta	Oboljeli kod kuće, nužan medicinski tretman, potrošači vrlo razočarani, značajan rizik tužbe	4
Pogubno, ozbiljna bolest	Oboljeli hospitaliziran, značajan rizik tužbe, popraćeno medijski, intervencija službe za upravljanje kriznim situacijama, oštećen ugled brand-a	5
Katastrofa	Smrt, najviša razina intervencije službe za upravljanje kriznim situacijama, izvjestan rizik tužbe, uništenje brand-a	6

Množenjem ozbiljnosti i učestalosti pojave dobivaju se rezultati od 1 do 30, prikazani u tablici 5. Umnožak između 1 i 5 predstavlja da se koraci nadziru putem načela dobre proizvođačke prakse (DPP) te je sugestija da se priroda problema provjeri u okviru preduvjetnih programa. Umnožak između 6 i 9 ukazuje na opasnost koja predstavlja manji rizik za sigurnost potrošača, nužna je kontrola putem načela dobre proizvođačke prakse jer može biti kontrolna točka. Umnožak 10 do 16 je najčešće kontrolna točka te je potrebno koristiti stablo odluke te sastaviti proceduru za korektivne mjere. Rezultati veći od 16 označavaju opasnost koja je sigurno kritična kontrolna točka i čiji nedovoljan nadzor može rezultirati trovanjem potrošača (Manning i Soon, 2013).

Tablica 5. Matrica procjene rizika (Manning i Soon, 2013)

	VJEROJATNOST POJAVE				
OZBILJNOST POSLJEDICA	Gotovo nemoguće (1)	Malo vjerojatno (2)	Nizak rizik (3)	Vjerojatno (4)	Izvjesno (5)
Mala šteta (1)	1	2	3	4	5
Štetno (2)	2	4	6	8	10
Ozbiljna šteta (3)	3	6	9	12	15
Vrlo ozbiljna šteta (4)	4	8	12	16	20
Pogubno (5)	5	10	15	20	25
Katastrofalno (6)	6	12	18	24	30

Nakon procjene rizika nužno je definirati kontrolne mjere, odnosno radnje koje će eliminirati , spriječiti pojavu ili smanjiti opasnost na prihvatljivu razinu. Jednom kontrolnom mjerom može biti kontrolirano više opasnosti, kao što za kontrolu pojedine opasnosti može biti korišteno više kontrolnih mjera.

KORAK 8. (načelo 3.) Načelo 3 HACCP sustava podrazumijeva postavljanje kritičnih granica za svaku kritičnu kontrolnu točku kako bi se spriječile ili smanjile opasnosti na prihvatljivu razinu. Kritična granica je kriterij za odvajanje prihvatljivog od neprihvatljivog, to je maksimalna i/ili minimalna vrijednost prema kojoj biološki, kemijski ili fizički parametar mora biti kontroliran u CCP da spriječi, odstrani ili smanji na prihvatljivu razinu nastajanje opasnosti za sigurnost hrane, kritična granica je obično mjera poput vremena, temperature, aktiviteta vode, pH, ili neka druga, utemeljena na znanstvenoj literaturi ili zakonskim propisima.

KORAK 9. (načelo 4.) Uspostavljanje postupaka praćenja kritičnih kontrolnih točaka- postupci nadzora mjerenja kritičnih vrijednosti u svakoj CCP da bi se ustanovilo kada su prekoračene kritične granice i kada je povećana opasnost da proizvod ugrozi zdravlje potrošača, postupci opisuju kako se vrši mjerenje, kada se vrši, tko je odgovoran za mjerenje, kako često se vrši mjerenje tijekom proizvodnje.

KORAK 10 (načelo 5.) Uspostavljanje korektivnih radnji koje trebaju biti poduzete kada je praćenje pokazalo da kritične točke nisu osigurane na adekvatan način. Tim utvrđuje korake koji će spriječiti potencijalnu opasnost i korake koji će ispraviti proces što uključuje i korake koji će osigurati da se problem više ne pojavi. Korektivne mjere trebale bi uključivati sljedeće segmente: odrediti i ispraviti uzrok neusklađenosti; odrediti raspolaganje nesukladnim proizvodima i zabilježiti poduzete korektivne mjere.

KORAK 11. (načelo 6.) Proces verifikacije podrazumijeva provjeru učinkovitosti HACCP sustava u pogonu. Potrebno je provesti postupke procjene i nadzora, kao i uzimanje uzoraka za analizu kako bi se ocijenila ispravnost i učinkovitost HACCP-a. Učestalost provjera trebala bi biti dovoljna za potvrdu radi li HACCP sustav učinkovito. Postoje dvije različite vrste provedbe postupka verifikacija, a to su validacija i provjera definirana Codexom (2009a). Provjeru obavlja osoba koja je odgovorna za provođenje nadzornih mjera i korektivnih radnji. Primjeri aktivnosti provjere su: pregled sustava i HACCP plana, te njegove evidencije, pregled odstupanja i raspolaganja proizvodima, potvrda da se kritične kontrolne točke drže pod kontrolom, itd.

KORAK 12. (načelo 7.) Uspostavljanje učinkovitog vođenja evidencije prema dokumentima HACCP sustava- ovaj korak uključuje uspostavu zapisa o opasnosti i metodama za njihovu kontrolu, praćenje sigurnosnih zahtjeva i poduzete radnje kako bi se ispravili mogući nastali problemi. Dokumentacija i zapisi trebaju uključivati HACCP plan i informacije o HACCP timu, opis proizvoda, dijagram toka, analizu opasnosti, identifikaciji CCP-a, kritičnim granicama, sustavu nadzora, popravnim radnjama, postupcima zapisa i verifikacije.

4.REZULTATI I RASPRAVA

Uspostava HACCP sustava provodi se u 12 koraka, koji se sastoje od preliminarnih, prvih 5 koraka, nakon kojih slijedi uspostava 7 načela. Korištena su dva modela, numerički model i stablo odlučivanja u analizi rizika.

Cilj ovog diplomskog rada bio je pružiti uvid u trenutno dostupne nove metode pakiranja mliječnih proizvoda odnosno prikazati najvažnije spoznaje dostupne iz područja razvoja i primjene jestivih filmova u sirarstvu te primijeniti načela HACCP standarda u generičkom modelu proizvodnje sireva s jestivim filmovima kako bi se provela analiza rizika i utvrdile potencijale kritične kontrolne točke u tom procesu.

4.1. FORMIRANJE HACCP TIMA

Da bi se HACCP plan mogao provesti prvi korak je uspostava HACCP tima, osim članova HACCP tima potrebno je utvrditi i voditelje i zamjenike te opisati njihova zaduženja odnosno ulogu tijekom izvedbe HACCP plana, te su definirani u tablici 6.

Tablica 6. Primjer sastava članova HACCP tima u proizvodnji polutvrdog sira s jestivim filmom

Funkcija	Radno mjesto	Odgovornosti
Voditelj HACCP tima	Voditelj proizvodnje	<ul style="list-style-type: none"> • definiranje područja primjene (npr. proizvodnja polutvrdog sira, od nabavke sirovine i ambalaže do isporuke gotovog proizvoda, uključujući i rok trajanja) i svrhe (osiguranje proizvoda po najvišim standardima, sigurnih za korištenje) HACCP sistema; • upravljanje razvojem i primjenom HACCP sistema; <ul style="list-style-type: none"> • koordinaciju rada HACCP tima i predsjedavanje sastancima tima; • utvrđivanje ispunjavanja zahtjeva zakonskih propisa, kodeksa, direktiva itd.; • utvrđivanje efektivnosti HACCP sistema i izvještavanje najvišeg rukovodstva; • održavanje zapisa i cjelokupne dokumentacije HACCP sistema; • provođenje planiranih internih provjera i održavanje odgovarajuće dokumentacije
Zamjenici voditelja HACCP	Zamjenik voditelja proizvodnje	
Članovi HACCP tima	Inženjer strojarstva, laborant, menadžer, voditelj nabave	<ul style="list-style-type: none"> • organiziraju i dokumentiraju HACCP sistem • u svakodnevnom radu provode aktivnosti propisane HACCP planom; • sprovođenje internih provjera u okviru HACCP sistema i njegovo održavanje; • komuniciranje o primjeni i održavanju HACCP sistema; <ul style="list-style-type: none"> • sudjeluju u auditu sistema.

HACCP tim sastoji se od pojedinaca koji imaju specifično znanje i stručnost primjerenu proizvodu i procesu. Za učinkovitost cijelog HACCP tima, svi članovi tima moraju razumjeti primjenu načela HACCP-a. Za najbolje rezultate cijeli bi tim trebao biti obučen koristeći praktičnu obuku koja obuhvaća teoriju i primjenu HACCP-a. Važno je da proces proučavanja HACCP-a vode članovi tima s najboljim poznavanjem HACCP načela, zbog toga što nije moguće da svi članovi tima imaju istu razinu obuke u načelima HACCP-a. To može značiti da se jednoj ili dvjema osobama s dobrim HACCP znanjem odredi zadatak da osiguraju učinkovito odvijanje HACCP plana, dok se preostali članovi tima usredotočuju na svoj funkcionalni doprinos raspravama tima.

4.2. OPIS PROIZVODA

Nakon određivanja HACCP tim slijedi izrada opisa proizvoda. Kod ovog koraka analiziraju se informacije o proizvodu i procesu te se na taj način pomaže članovima HACCP tima da shvate pozadinu operacija koje će proučavati.

Opis proizvoda mora sadržavati informacije kao što su: sastojci koje se koriste, glavni procesi, postupke pripreme i prerade, proizvodni okoliš i raspored opreme, vrste opasnosti koje treba razmotriti, ključne kontrolne mjere, pakiranje, odnosno način konzerviranja, fizikalna i kemijska struktura, rok trajanja proizvoda i uvjete skladištenja i način distribucije (Pravilnik 2015).

Izrađen je opis za polutvrđi sir u jestivom filmu s dodatkom biljnih ekstrakta prema svim zahtjevima o uključivanju značajnih informacija vezanim za sigurnost proizvoda, prikazan u tablici 7.

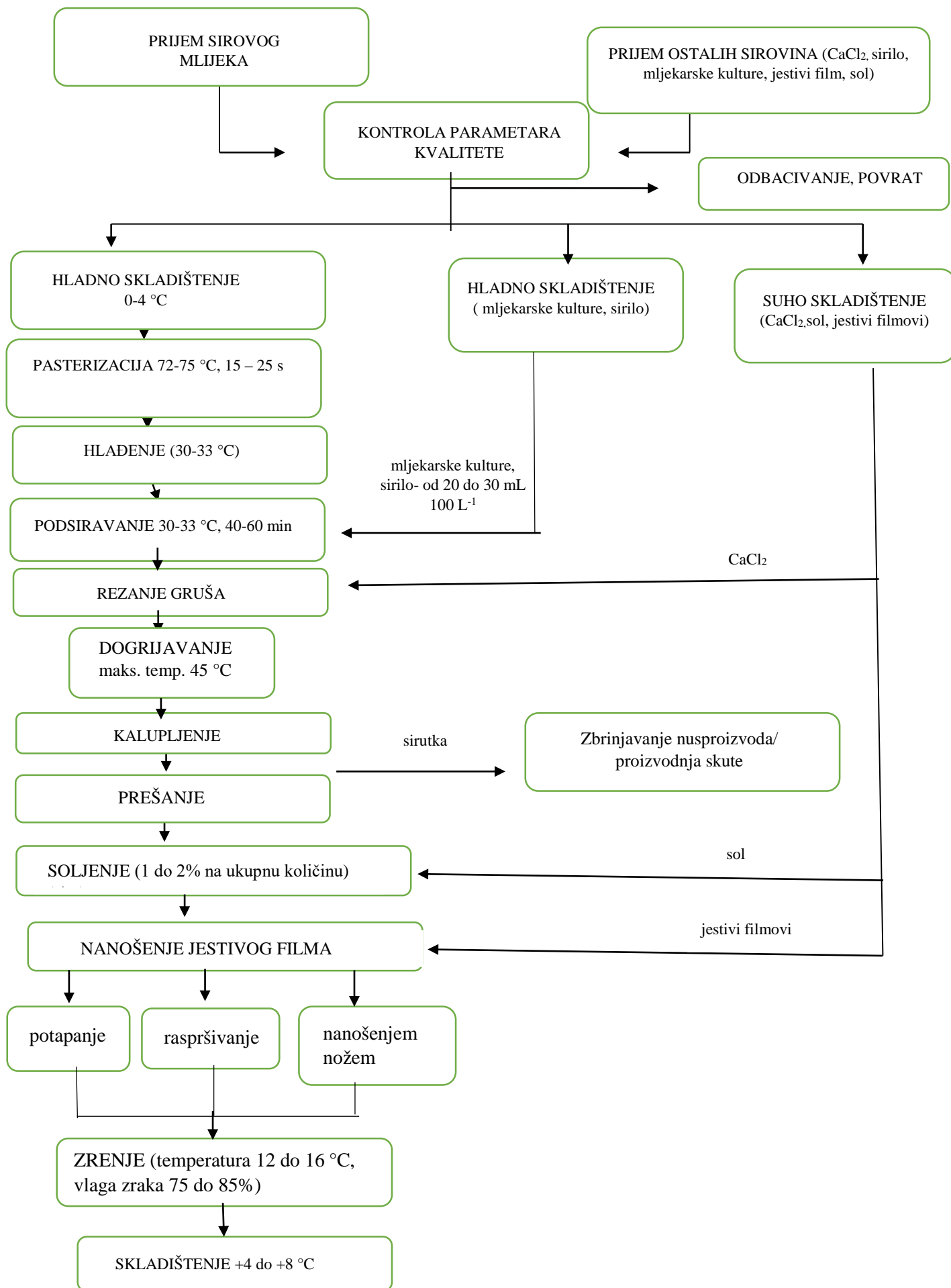
Tablica 7. Primjer opisa proizvoda polutvrđi sir s jestivim filmom obogaćenim biljnim ekstraktom i definiranje kupaca (KORAK 2 i 3)

VRSTA	Polutvrđi sir u jestivom filmu s dodatkom biljnih ekstrakata
SASTOJCI	Kravlje/kozje/ovčje mlijeko, mljekarske kulture, sirilo, biljni ekstrakti
FIZIKALNO-KEMIJSKA SVOJSTVA	Udio vode u bezmasnoj tvari sira: 54 - 69 %
MIKROBIOLOŠKA SVOJSTVA	<p>Proizvod mora udovoljavati odredbama Zakona o hrani (NN 81/13), Zakona o higijeni hrane i mikrobiološkim kriterijima za hranu (NN 81/13) i uredbi komisije (EZ) br. 2073/2005 od 15. studenoga 2005.</p> <p>o mikrobiološkim kriterijima za hranu:</p> <p><i>Salmonella spp.</i> M=0 cfu 25g⁻¹</p> <p><i>Escherichia coli</i> M=1000 cfu g⁻¹</p> <p>Koagulaza pozitivni <i>stafilokoki</i> M=1000 cfu g⁻¹</p> <p>* M= granična dopuštena vrijednost iznad koje se rezultati ne smatraju zadovoljavajućim</p>
METODE OBRADE	Pasterizacija, sirenje, rezanje gruša, prešanje, salamurenje, primjena jestivog filma s biljnim ekstraktima, zrenje i pakiranje
MANIPULACIJA	Trajanje zrenja oko mjesec dana, transport, skladištenje i čuvanje na temperaturi od +4 do +8 °C
ROK TRAJANJA	Ovisno o načinu pakiranja, produljen uz primjenu jestivih filmova s biljnim ekstraktima
PRISUTNOST ALERGENA	Mlijeko, alergeni ovisno o vrsti dodanog ekstrakta
AMBALAŽA/NAČIN PAKIRANJA	Primjena jestivih filmova s biljnim ekstraktima
NAMJENA	Široka skupina potrošača osim osoba alergičnih na mlijeko ili neki sastojak mlijeka, proteine mlijeka i sl.

4.3. IZRADA I POTVRDA DIJAGRAMA TOKA

Dijagram tijeka proizvodnje polutvrdog sira u jestivom filmu s dodatkom biljnih ekstrakata prikazan je na slici 3. Izrađeni dijagram tijeka prikazuje slijed koraka od ulaza sirovine, svih proizvodnih procesa, njihova interakcija i parametri. Također su naznačeni i dodatci kao što su sirilo, sol, mikrobiološke kulture i biljni ekstrakti. Osim dodataka, na dijagramu tijeka vidljivo je i odvajanje sirutke koja se dalje prerađuje. Najvažniji je izbor mlijeka koje mora zadovoljiti parametre kvalitete da bi se proces proizvodnje mogao provoditi.

Prije početka provedbe analize opasnosti provodi se potvrda dijagrama tijeka na mjestu proizvodnje. HACCP tim u pogonu proizvodnje provjerava je li dijagram tijeka kompletan, odnosno je li u skladu sa stvarnim tijekom procesa proizvodnje te unosi eventualne izmjene (Bažok i sur., 2014; Codex Alimentarius, 2020).



Slika 5. Dijagram tijeka proizvodnje polutvrdog sira u jestivom filmu s biljnim ekstraktima

4.4. PRIMJENA NAČELA HACCP SUSTAVA

4.4.1 Analiza rizika i definiranje KKT

Provođenjem analize opasnosti identificiraju se sve opasnosti koje moraju biti spriječene, uklonjene ili smanjene na prihvatljivu razinu. Opasnosti mogu biti biološke, kemijske ili fizikalni agensi koji može uzrokovati štetan učinak na zdravlje.

Biološke opasnosti uključuju mikroorganizme (virusi, bakterija, kvasci, plijesni) ili parazite koju su vezani uz ljude i sirovine koje ulaze u proizvodni objekt. Ako ove opasnosti nisu kontrolirane mogu izazvati ozbiljne posljedice po zdravlje potrošača, stoga predstavljaju kategoriju najvećih opasnosti po sigurnost hrane. Virusni prenosivi namirnicama su Hepatitis A i E te Rotavirus. *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*, *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *Listeria Monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Campylobacter spp.*, *Staphylococcus aureus* i *Brucella spp.* su bakterije koje se najčešće prenose hranom. Paraziti prenosivi hranom su *Trichinella Spiralis*, protozoe, cestode i trematode. Komadići kostiju, kamenčići, komadići/dijelovi insekata, metal, ostaci mehanički skupljenih plodova, žetve i sl. predstavljaju fizičke opasnosti u hrani. Fizičke nečistoće kao što su nečistoće koje nastaju tijekom procesa dozrijevanja i skladištenja ili naknadna onečišćenja u procesu prerade uklanjaju se tehnološkim postupcima obrade do prihvatljive granice. Tehnološkim postupcima pranja i čišćenja, standardizacijom nečistoća u namirnicama te laboratorijskim metodama možemo izvršiti kontrolu ovih nečistoća. Mikotoksini, toksini iz gljiva, pesticidi, fungicidi, umjetna gnojiva, antibiotici, insekticidi, hormoni rasta, poliklorirani bifenili (PCB), vinil klorid, zabranjene tvari za prehranu, cink, arsen, živa, omekšivači, maziva, boje, detergentski, rashladna sredstva, toksične kemikalije su kemijske opasnosti, koje mogu biti prirodno prisutne u hrani ili mogu biti dodane u vrijeme procesa prerade.

Nakon provedene analize rizika numeričkim modelom (tablica 5.) pristupa se analizi rizika pomoću stabla odlučivanja, a nakon analize opasnosti slijedi identifikacija kontrolnih mjera (tablica 8.).

Kod procesnog koraka prijema mlijeka utvrđene su biološke, kemijske i fizičke opasnosti, te su dodatno analizirane i potvrđeno je da se radi o KKT (tablica 8.). Kemijska opasnost odnosi se na prisutnost antibiotika u mlijeku koja može značajno utjecati na zdravlje ljudi. Za svaki prijem mlijeka potrebno je uraditi ulaznu provjeru mlijeka prema radnoj uputi (kontrola rezidua, temperature i kiselosti mlijeka). Analize se uvijek ponavljaju i u slučaju da se dobiju ponovno isti, neprihvatljivi rezultati, potrebno je obavijestiti dobavljača i vratiti pošiljku.

Kod prijema ostalih sirovina detektirane su potencijalne opasnosti: biološka, kemijska i fizička, koje ukazuju na potrebu definiranja ovog koraka kao KT (tablica 8.). Opasnosti se manifestiraju kao moguća prisutnost patogenih mikroorganizama u biljnim ekstraktima/jestivim filmovima, kontaminacija neželjenim mikroorganizmima, dijelovima ambalaže, dijelovima insekata itd. Kontrolne mjere zahtijevaju provjeru dobavljača i osiguranje dobrih skladišnih uvjeta kako bi se moguća opasnost smanjila. Također, važno je educirati zaposlenike o pravilnom doziranju sirila i drugih dodataka poput mljekarskih kultura i CaCl_2 (Ryser, 2011).

Korak pasterizacije mlijeka ima visoku razinu značajnosti. Cilj pasterizacije je smanjiti broj bakterija u mlijeku do razine koja ne utječe na ljudsko zdravlje. Pasterizacijom se uništavaju svi patogeni mikroorganizmi kao i većina ostalih mikroorganizama u mlijeku (Ryser, 2011). Ovaj korak definiran je kao KKT. Moguće je zaostajanje patogenih i uvjetno patogenih mikroorganizama u mlijeku zbog nedovoljno visoke temperature i vremena trajanja pasterizacije. Repasterizacija se provodi ukoliko se uspostavi kako je za vrijeme trajanja pasterizacije došlo do bilo kakvih poteškoća koje bi mogle negativno utjecati na krajnji ishod ovog tehnološkog postupka. Također, produljuje se vrijeme trajanja zrenja sira kako bi se otklonili mogući zaostali patogeni mikroorganizmi.

Kod faze podsiravanja određena je biološka opasnost uslijed koje može doći do kvarenja sirila zbog kontaminacije sirila mikroorganizmima, a kao kontrolna mjera provodi se senzorski pregled sirila te kontrola skladišnih uvjeta.

U procesnom koraku kalupljenja detektirana je kemijska opasnost zbog ostataka sredstva za pranje, a uspješno se kontrolira edukacijom djelatnika o preduvjetnim programima (SSOP) i dobroj higijenskoj praksi.

Sol daje okus i važan je čimbenik jer produljuje trajnost sira. Kod proizvodnje polutvrđog sira razlikujemo suho soljenje s grubom soli ili soljenje u salamuri. Trajanje ovisi o veličini sira i udjelu suhe tvari sira. Temperatura u prostoru, gdje se soli ili salamuri mora biti od 10 do 15°C. Međutim, mikrobiološki neispravna salamura može uzrokovati brojne mane sira, stoga se redovito kontrolira salinitet, pH i temperatura kao dio kontrolnih mjera.

Kod procesnog koraka primjene jestivog filma s biljnim ekstraktima metodom potapanja, nanošenja nožem ili raspršivanja detektirane su biološke, kemijske i fizičke opasnosti. Opasnosti se manifestiraju kao moguća kontaminacija mikroorganizmima iz okoline zbog

oštećenja ambalaže ili kontaminacija putem opreme za nanošenje filma. Međutim ovaj korak ne ubrajamo u KKT (tablica 8.).

Procesi koji se događaju tijekom zrenja su biokemijske i mikrobiološke promjene. Biokemijske promjene koje se događaju tijekom zrenja posljedica su djelovanja enzima, najvažniji enzimi u siru su sirilo i mljekarska kultura. Da bi se biokemijske promjene mogle odvijati, sir mora biti odgovarajućeg sastava, a sadržaj vode, soli i pH vrijednosti moraju biti unutar određenih granica za pojedinu vrstu. Potrebno je voditi računa o mikrobiološkim uvjetima, to se odnosi na temperaturu i sadržaj vlage. Kod ovog koraka detektirane su biološke i kemijske opasnosti, koje ukazuju na potrebu definiranja zrenja kao KT (tablica 8.), kako prema numeričkom modelu tako (tablica 5.) i prema stablu odlučivanja (slika 4.).

Kod faze skladištenja moguće su biološke i fizičke opasnosti koje se odnose na rast nepoželjnih mikroorganizama zbog neadekvatnih temperatura ili pojave štetnih glodavaca. Potrebno je provoditi dnevnu kontrolu temperaturu skladišta i održavati prostor kako bi se smanjile mogućnosti nastanka ovih opasnosti.

Tablica 8. Procjena rizika i utvrđivanje kritičnih kontrolnih točki u proizvodnji polutvrdog sira s jestivim filmom obogaćenim biljnim ekstraktom

PROCESNI KORAK: prijem mlijeka									
PROCJENA RIZIKA					STABLO ODLUČIVANJA				
IDENTIFICIRANA OPASNOST/VRSTA OPASNOSTI (B, K, F)	VJEROJATNOST POJAVE	OZBILJNOST POSLJEDICA	UMNOŽAK VJEROJATNOSTI POJAVE I OZBILJNOSTI POSLJEDICA	KKT/KT	P1	P2	P3	P4	ZAKLJUČAK
Prisutnost antibiotika (K)	4	4/5	16/20	KKT	DA	DA			KKT
KONTROLNE MJERE:			Laboratorijske analize mlijeka pri prijemu , prijem mlijeka od nadziranih i odobrenih kooperanata, redovite analize mlijeka od strane referentnog laboratorija						
Previsok broj živih mikroorganizama, previsok broj somatskih stanica (B)	4	4/5	16/20	KKT	DA	DA			KKT
KONTROLNE MJERE:			Određivanje broja živih mikroorganizama i somatskih stanica kontrola temperature, mjerenje kiselosti						
Mehaničke nečistoće (F)	3	3	9	/	DA	NE	NE		
KONTROLNE MJERE:			Kontrola čistoće stijenki cisterni, laktofriza i cijevi za ispušavanje, vizualni pregled, filtracija prije ulaska u pasteurizator						
PROCESNI KORAK: prijem ostalih sirovina (CaCl₂, sirilo, mljekarske kulture, sol, jestivi filmovi)									
Prisutnost patogenih mikroorganizama u biljnim ekstraktima/jestivim filmovima (B)	3	3	9	KT	DA	NE	NE		KT
KONTROLNE MJERE:			pregled dokumentacije dobavljača						
Porast broja mikroorganizama uslijed prekida hladnog lanca (sirilo, mljekarske kulture) (B)	2	3	6	/	DA	NE	NE		
KONTROLNE MJERE:			održavanje hladnog lanca prilikom prijema mljekarskih kultura i sirila						
Kontaminacija mikroorganizmima i kemijskim reziduama iz biljnih jestivih filmova (B, K)	3	3	9	KT	DA	NE	NE		KT
KONTROLNE MJERE:			provjera dokumentacije dobavljača (tehničke specifikacije, test za uporabu u prehrambene svrhe, analize sastava i svojstava, analize rokova trajanja – po šarži)						
Dijelovi oštećene ambalaže, insekti, pijesak, kamenčići (F)	3	2	6	/	DA	NE	NE		
KONTROLNE MJERE:			vizualni pregled						

Tablica 8. Procjena rizika i utvrđivanje kritičnih kontrolnih točki u proizvodnji polutvrdog sira s jestivim filmom obogaćenim biljnim ekstraktom - nastavak

PROCESNI KORAK: hladno skladištenje (mlijeko, mljekarske kulture, sirilo)									
Ostaci sredstava za dezinfekciju i deterdženata nakon čišćenja tanka za rashlađivanje i skladištenje (K)	2	2	4	/	NE	NE			
KONTROLNE MJERE:			Korištenje namjenskih i biorazgradivih sredstava za čišćenje i dezinfekciju, edukacija zaposlenika						
Povećanje broja mikroorganizama uslijed neadekvatne temperature skladištenja (B)	2	2	4	/	NE	NE			
KONTROLNE MJERE:			Nadzor temperature mlijeka, periodičko umjeravanje sonde u rashladnom tanku						
PROCESNI KORAK: suho skladištenje									
Glodavci, kukci (F)	2	2	4	/	NE	NE			
KONTROLNE MJERE:			Vizualna kontrola, dobra proizvođačka praksa, dezinfekcija, deratizacija, osiguranje adekvatnih uvjeta skladištenja						
PROCESNI KORAK: pasterizacija									
Preživljavanje ili povećanje broja patogenih mikroorganizama zbog neadekvatnog režima toplinske obrade (B)	4	4/5	16/20	KKT	DA	DA			KKT
KONTROLNE MJERE:			SSOP mjere, nadzor temperature pasterizacije, kontrola rada pasterizatora						
Ostaci sredstava za dezinfekciju i deterdženata nakon čišćenja opreme (K)	2	2	4	/	NE	NE			
KONTROLNE MJERE:			Korištenje namjenskih i biorazgradivih sredstava za čišćenje i dezinfekciju, edukacija zaposlenika, SSOP mjere						
Strana tijela (metalni dijelovi pasterizatora) (F)	2	3	6	/	DA	NE	NE		
KONTROLNE MJERE:			vizualna kontrola rada pasterizatora, servisiranje						
PROCESNI KORAK: hlađenje									
Nema detektiranih opasnosti	/	/	/	/					
PROCESNI KORAK: podsiravanje									
Moguća kontaminacija uslijed dodatka mikrobiološki neispravnog sirila (B)	2	4	8	/	DA	NE	NE		
KONTROLNE MJERE:			Održavati odgovarajuću temperaturu, savladati tehniku rada sa sirilom, provjeravati čvrstoću gruša						
PROCESNI KORAK: rezanje sirnog gruša									
Mogućnost kontaminacije opremom (F)	2	4	8	/	NE	NE			
KONTROLNE MJERE			Vizualna kontrola, upotrebljavanje čiste opreme						

Tablica 8. Procjena rizika i utvrđivanje kritičnih kontrolnih točki u proizvodnji polutvrdog sira s jestivim filmom obogaćenim biljnim ekstraktom - *nastavak*

PROCESNI KORAK: dogrijavanje									
Kontaminacija mikroorganizmima sa stijenki tanka u slučaju neadekvatne čistoće	3	3	9	/	DA	NE	NE		
KONTROLNE MJERE:			Upotrebljavanje čiste opreme						
PROCESNI KORAK: kalupljenje i prešanje									
Ostatci sredstava za čišćenje na kalupima i preši (K)	3	3	9	/	NE	NE			
KONTROLNE MJERE:			Vizualna kontrola, ponavljanje postupaka pranja i čišćenja opreme						
PROCESNI KORAK: salamurenje									
Kontaminacija salamurum kao mogućim izvorom neželjene mikroflore (B)	3	4	12	KT	DA	NE	NE		KT
KONTROLNE MJERE:			Mjerenje koncentracije soli, temperature i kiselosti, mikrobiološka pretraga						
Strana tijela (F)	3	2	6	/	DA	NE	NE		
KONTROLNE MJERE:			vizualna kontrola, čišćenje ili zamjena korištene opreme						
PROCESNI KORAK: nanošenje jestivog filma s biljnim ekstraktima metodom potapanja, raspršivanja, korištenjem noža									
Kontaminacija mikroorganizmima iz okoline zbog oštećenja filma (B)	3	2	6	/	DA	NE	NE		
KONTROLNE MJERE:			Nadzor pakiranja i izdvajanje nesukladnih proizvoda sa oštećenom ambalažom						
Mogućnost kontaminacije opremom, migracija u proizvod (F, K)	3	2	6	/	DA	NE	NE		
KONTROLNE MJERE:			Edukacija zaposlenika, vizualna kontrola						
PROCESNI KORAK: zrenje									
Mogućnost kontaminacije sira s neželjenim mikroorganizama iz okoline u prostoru zrionice (B)	4	4	16	KT	DA	NE	NE		KT
KONTROLNE MJERE:			Održavanje odgovarajuće temperature i relativne vlage zraka u zrionici						
PROCESNI KORAK: skladištenje									
Rekontaminacija nepoželjnim mikroorganizmima iz okoline zbog oštećenja filma, neprikladna temperatura skladištenja (B)	4	4	16	KT	DA	NE	NE		KT
KONTROLNE MJERE:			Vođenje evidencije nadzora nad pakovinama u skladištu, nadzor temperature skladištenja						
Pojava štetočina, glodavaca (F)	3	2	6	/	DA	NE	NE		
KONTROLNE MJERE:			Dobra proizvođačka praksa, dezinfekcija, deratizacija, osiguranje adekvatnih uvjeta skladištenja						

4.4.2. Utvrđivanje kritičnih granica na kritičnim kontrolnim točkama

Tablica 9. Utvrđivanje kritičnih granica za kritične kontrolne točke u proizvodnji polutvrdog sira s jestivim filmom obogaćenim s biljnim ekstraktom

Korak	Opasnost	Zaštitne radnje	Kritične granice	Ciljana vrijednost
Prijem mlijeka	-Prisutnost antibiotika -Previsok broj živih mikroorganizama -Previsok broj somatskih stanica	- Laboratorijske analize pri prijemu (test na antibiotike, određivanje broja živih mikroorganizama i somatskih stanica) - Prijem mlijeka od nadziranih i odobrenih kooperanata - Periodičke analize mlijeka od strane referentnog laboratorija	-Odsutnost antibiotika -100 000 CFU mL ⁻¹ (maksimalan broj) -400 000 somatskih stanica po mL Temperatura od 0 do 8 °C, pH vrijednost kiselost 6,5 - 6,7 jedinica, titracijska kiselost 6,0 – 6,8 °SH, negativna alkoholna proba 72 % etanolom	Negativan test na antibiotike i prisutnost manje količine mikroorganizama i somatskih stanica (vrijednosti manje od navedenih u kritičnim granicama)
Pasterizacija	Preživljavanje patogenih mikroorganizama	Provjera temperature termometrom	Min 72-75 °C, 15 -20 sec	74°C, 20 sec

Nakon utvrđenih KKT, slijedi određivanje kritičnih granica, ciljane vrijednosti te korektivne akcije za svaku KKT (tablica 9.). Kritične granice su parametri koji odvajaju prihvatljivo od neprihvatljivog. Na osnovi literaturnih podataka i na osnovi vlastitih iskustava iz proizvodne prakse uspostavljaju se kritične granice. Kad su kritične granice uspostavljene neophodno je osmisliti prikladne načine nadziranja svakog procesa. Istodobno nadzor uključuje sva planirana promatranja i mjerenja na KKT zbog potvrde je li proces pod kontrolom. Nakon uspostavljanja nadzora potrebno je utvrditi i korektivne mjere za svaku kritičnu kontrolnu točku. Kritične granice za korka prijema mlijeka utvrđene su sukladno važećem Pravilniku (2017) preventivnu mjeru hlađenja iznosi 0 do 8 °C. Ovaj temperaturni raspon mlijeka osigurava zaustavljanje rasta

mikroorganizama te sprječavanje njegovog kvarenje prije same prerade. Također, prikladnost mlijeka za preradu određuje se i pH vrijednostima čija je kritična granica 6,5. Prema tome, kiselost sirovog kravljeg mlijeka ne smije biti manja od 6,5 pH jedinica. Osim toga, druga KKT je faza pasterizacije. Pasterizacijom se u mlijeku uništavaju vegetativni oblici prisutnih mikroorganizama, uključujući i one patogene (Tratnik i Božanić, 2012). U situacijama kada temperatura i vrijeme trajanja pasterizacije nije adekvatno postoji opasnost od preživljavanja mikroorganizama, pogotovo termorezistentnijih. U proizvodnji sira se tradicionalno provodi niska dugotrajna pasterizacija pri 63-65 °C kroz 30 minuta, no u današnje vrijeme je ona zamijenjena nekim od režima srednje kratkotrajne pasterizacije koja se provodi pri min. 72 °C/15 s (Tratnik i Božanić, 2012).

4.4.3. Uspostava sustava za nadzor kritičnih točaka i korektivne mjere

Tablica 10. Prijedlog sustava nadzora i korektivne mjere za utvrđene KKT (načelo 4 i 5)

KKT		Tko?	Što?	Kako?	Kada?	Gdje?
Prijem mlijeka	Laboratorijska analiza na prijemu	Laborant, tehnolog, kooperant, voditelj sirane	Ostaci antibiotika, određivanje kiselosti, alkoholne probe, temperature	Brzi laboratorijski test (Delvotest) na antibiotike, termometar, pH metar, određivanje titracijske kiselosti i provođenje alkoholne probe	Kod svakog prijema	U internom laboratoriju
KOREKTIVNE MJERE: Ne zaprimanje mlijeka, obavještanje nadležnih institucija						
Pasterizacija	Kontrola temperature i trajanje pasterizacije	Tehnolog	Temperatura i trajanje	Provjera temperature termometrom ili očitavanje na zaslonu uređaja	Prilikom proizvodnje, dok traje pasterizacija i na kraju pasterizacije	U dijelu pogona gdje se nalazi pasterizator
KOREKTIVNE MJERE: Zaustavljanje procesa, ponavljanje procesa, prenamjena mlijeka za drugu vrstu proizvoda, servisiranje pasterizatora						

Uspostava nadzora obuhvaća sva planirana promatranja i mjerenja na kontrolnim kritičnim točkama zbog potvrde je li proces pod kontrolom. Uspostavljanje nadzora olakšavaju odgovori na pitanja TKO? ŠTO? KADA? KAKO? GDJE? Uspostava nadzora za opisani proces prikazana je u tablici 10.

Uz sustav nadzora u HACCP planu definirane su korektivne mjere kada se pojavi koje se poduzimaju kada se pojavi odudaranje te je ponovno staviti KKT pod kontrolu i pravilno odložiti neadekvatan proizvod.

Prvi procesni korak definiran je kao KKT i određene su korektivne mjere prema načelu 5. Kad se prilikom prijema mlijeka dokaže prisutnost antibiotika, rezidua, prevelika količina mikroorganizama ili somatskih stanica, patvorenje vodom, takvo mlijeko se ne zaprima. Isporuka se vraća ili se mijenja dobavljač.

Za drugi procesni korak, pasterizaciju, koji je definiran kao KKT, također su određene korektivne mjere. Važno je osigurati adekvatne uvjete pasterizacije i pratiti proces rada. Pasterizaciju je potrebno provesti ispravno, inače se proces mora ponoviti, a ukoliko se utvrdi neispravnost pasterizatora potrebno je ukloniti kvar. Uz ponavljanje postupka pasterizacije, popravne radnje bile bi umjeravanje opreme i zrenje sira duže od 60 dana da bi se uklonili ostatci neželjenih mikroorganizama.

4.4.4. Verifikacija i validacija

Verifikacija podrazumijeva primjenu metoda, postupaka, ispitivanja i drugih provjera, uz nadziranje, za utvrđivanje sukladnosti s HACCP planom prema Codex Alimentarius-u (Codex Alimentarius Commission, 2020). Cilj verifikacije je potvrditi da se provode sva planiranja, mjerenja i ostale aktivnosti koji osiguravaju pridržavanje HACCP plana. Obično su članovi HACCP tima odgovorni za verifikaciju. Verifikacija sustava ili njegovih 35 pojedinih dijelova odvija se periodički i provodi ju ovlaštena i kompetentna osoba, za koju je bitno da nije vezana uz korak procesa koji se nadzire. Verifikacija je ključan postupak koji je vrlo bitan alat za održavanje i unaprjeđivanje postojećeg HACCP sustava. Najvažnije stavke pri provođenju verifikacije su sam proizvod i njegove karakteristike te preduvjetni programi koji izravno utječu na identificirane opasnosti, analizu opasnosti i sve ostale korake bitne za funkcioniranje HACCP sustava. Nužno je povremeno provoditi verifikaciju tih elemenata. Verifikacija kritičnih kontrolnih točaka odvija se kako je opisano u HACCP planu. Na odgovarajuće

popunjene zapise prije arhiviranja obavezno se potpisuje odgovarajući član HACCP tima čime se potvrđuje da je te zapise prekontrolirao i provjerio što je učinjeno ako je došlo do odstupanja, čime potvrđuje kako se odstupanja više nisu ponavljala.

Potrebno je verificirati sve KKT. Kod prve KKT, prijema mlijeka, verifikacija uključuje kontrolu analize internog laboratorija od strane ovlaštenog veterinarskog inspektora. Izabrana odgovorna osoba provodi internu analizu kakvoće i garantira usklađenost sa svim zahtjevima svojim potpisom. Ispravnost laktofriza verificira ovlašteni serviser, a voditelj proizvodnje verificira evidenciju nadzora temperature. Voditelj je dužan provesti verifikaciju ukoliko se provode korektivne mjere kao i provjeru ispravnog odlaganja neadekvatnog proizvoda.

Ovlaštena tehnička služba redovito servisira i verificira ispravnost pasterizatora. Kao i kod prijema mlijeka potrebno je verificirati sve preglede, zapise i korektivne mjere koje služe kao dokaz usklađenosti sa HACCP planom (Gligora i Antunac, 2007). Za potpunu verifikaciju potrebno je dopuštenje vanjskih institucija (inspeksijske i druge nadležne službe), uz potpis zaduženog osoblja unutar pogona. Umjernica je dokument koji izdaje ovlaštena institucija u svrhu dokazivanja mjerne nesigurnosti mjernog uređaja, a sadrži podatke (naziv, tip, serijski broj, proizvođač, interna oznaka) o umjerenom uređaju (npr. temperaturna sonda, termometar, vaga, sonda pH metra, itd) i vremenski period u kojem vrijedi.

Poželjno je da proizvođači nabave jedan referentni termometar koji će biti umjeravan od ovlaštene tvrtke, a prema kojem će provoditi provjeru ispravnosti ostalih rashladnih uređaja i temperaturnih sondi u svrhu smanjenja troškova. Kod ovakvog načina verifikacije potrebno je voditi prateće zapise kako je predloženo u tablici 11.

Tablica 11. Primjer evidencija verifikacije mjerne opreme (prema Rudnik, 2021)

		EVIDENCIJA INTERNE PROVJERE MJERNE OPREME		Datum odobravanja u objektu:	
				Izdanje: 01	
				Stranica: 1/1	
				Odobrio u objektu:	
Datum interne provjere	Mjerni uređaj (vrsta, tip, oznaka ili lokacija)	Postignuta temperatura na mjernom uređaju	Postignuta temperatura na referentnom mjernom uređaju	Odstupanje mjernog uređaja od referentnog mjernog uređaja	Izvođač interne provjere (ime i potpis)

Validacija uvijek prethodi implementaciji (inicijalna validacija), slijedi nakon izmjena HACCP plana (ponovna validacija) ili se provodi prema godišnjem planu verifikacije i validacije. Za provedbu validacije potrebna su teorijska i eksperimentalna znanja temeljena na znanosti (Wallace i Mortimore, 2016).

4.4.5. Dokumentacija

Dokumentacija je važan čimbenik cijelog sustava. Dokumentacija prikazuje povijest sustava, provođenje nadzora, odstupanje i korektivne akcije, te se cijela dokumentacija mora čuvati. Bitno je da sva dokumentacija bude označena na odgovarajući način, da je sva potrebna važeća dokumentacija distribuirana do odgovarajućih djelatnika koji sudjeluju u proizvodnom procesu te da su sve oznake svima pojašnjene. Dokumentaciju slijede određeni zapisi, tu se ubrajaju: aktivnost nadzora KKT-a i KT-a, zapisi o nesukladnosti, zapisi od provedenom osposobljavanju, zapisi sa sastanka HACCP tima, zapisi o provedenim internim auditima, zapisi o verifikaciji, zapisi o validaciji, zapisi o sljedivosti i zapisi o provedenim čišćenjima. Primjeri evidencija prikazani su u tablicama 12, 13 i 14.

Tablica 12. Evidencija KKT prijem mlijeka

KKT: PRIJEM MLJEKA				
Nadležan: voditelj sirane, tehnolog, laborant		Korektivne mjere: ne zaprimanje mlijeka, isporuka se vraća, kod višetrukog ponavljanja se razmatra promjena dobavljača.		
Parametar koji se nadzire: temperatura, pH, ostaci antibiotika				
Kritične granice: temperatura (4-8 °C), pH (6,5-6,8), odsutnost antibiotika				
Učestalost: prilikom svakog prijema mlijeka				
DATUM/VRIJEME	IZMJERENE VRIJEDNOSTI	POTPIS	KOREKTIVNE MJERE	POTPIS (ako su provedene korektivne mjere)

Tablica 13. Prijedlog evidencije KKT pasterizacije

KKT: PASTERIZACIJA				
Nadležan: tehnolog na dijelu za pasterizaciju, voditelj proizvodnje		Korektivne mjere: ponavljanje procesa pasterizacije, kontrola rada pasterizatora, nadzor temperature pasterizacije		
Parametar koji se nadzire: temperatura i trajanje pasterizacije				
Kritične granice: 72-75 °C, 15 -25 s				
Učestalost: tijekom svake pasterizacije				
DATUM/VRIJEME	IZMJERENE VRIJEDNOSTI	POTPIS	KOREKTIVNE MJERE	POTPIS (ako su provedene korektivne mjere)

Tablica 14. Prijedlog evidencije KT salamurenje, zrenje i skladištenje

KT: PRIJEM OSTALIH SIROVINA (jestivi filmovi, sirilo, mljekarske kulture)				
<p>Nadležan: tehnolog, laborant</p> <p>Parametri koji se nadziru: temperatura, ostaci patogenih mikroorganizama u biljnim ekstraktima/jestivim filmovima</p> <p>Kritične granice: od 20 do 30 mL 100 L⁻¹- za sirilo</p> <p>Učestalost: prilikom svakog prijema</p>		<p>KOREKTIVNE MJERE: provjera dokumentacije dobavljača (tehničke specifikacije, test za uporabu u prehrambene svrhe, analize sastava i svojstava, analize rokova trajanja – po šarži), provjera dokumentacije dobavljača</p>		
DATUM/VRIJEME	IZMJERENE VRIJEDNOSTI	POTPIS	KOREKTIVNE MJERE	POTPIS (ako su provedene korektivne mjere)
KT: SALAMURENJE				
<p>Nadležan: radnici u sirani</p> <p>Parametri koji se nadziru: SH, pH, temperatura salamure</p> <p>Kritične granice: °SH salamure 15-20 pH salamure: 4,9-5,2 T (°C) salamure: 12-16 °C</p> <p>Učestalost: svakodnevno</p>		<p>Korektivne mjere: podešavanje koncentracije soli u salamuri, izmjena salamure</p>		
DATUM/VRIJEME	IZMJERENE VRIJEDNOSTI	POTPIS	KOREKTIVNE MJERE	POTPIS (ako su provedene korektivne mjere)
KT: ZRENJE				

Tablica 14. Prijedlog evidencije KT salamurenje, zrenje i skladištenje - *nastavak*

Nadležan: radnici u pogonu		Korektivne mjere: korekcija parametara koji nisu unutar kritičnih granica, procjena ispravnosti proizvoda		
Parametar koji se nadzire: temperatura, vlažnost				
Kritične granice: 10-20 °C, vlažnost 60-90 %				
Učestalost: 2x/ dan tijekom trajanja zrenja				
DATUM/VRIJEME	IZMJERENE VRIJEDNOSTI	POTPIS	KOREKTIVNE MJERE	POTPIS (ako su provedene korektivne mjere)
KT: SKLADIŠTENJE				
Nadležan: radnici u pogonu		Korektivne mjere: provjera temperature, vođenje evidencije nadzora nad pakovinama u skladištu		
Parametar koji se nadzire: temperatura:				
Kritične granice: +4 do +8 °C				
Učestalost: 2x na dan				
DATUM/VRIJEME	IZMJERENE VRIJEDNOSTI	POTPIS	KOREKTIVNE MJERE	POTPIS (ako su provedene korektivne mjere)

ZAKLJUČCI

1. Jestivi filmovi obećavajuća su alternativa nejestivima premazima i filmovima, budući da omogućuju smanjenje gubitka težine, kontroliraju brzinu disanja i prevenciju kvarenja, te stoga mogu biti važna i održiva alternativa u očuvanju kvalitete i sigurnosti sira.
2. U pripremi jestivih filmova najčešće se koriste proteini, polisaharidi i lipidi koji se mogu koristiti pojedinačno ili kao mješavine.
3. Premazivanje sira može se izvesti potapanjem sira, četkanjem, raspršivanjem ili elektrostatičkim raspršivanjem. Potapanje sira je najčešći način zbog jednostavnosti, niske cijene i dobre sposobnosti prekrivanja neravnih površina. Metoda četkanja prikladna je za proizvodnju manjih količina sira, dok se metoda raspršivanja široko koristi jer nudi jednoliki premaz.
4. Upotreba biljnih ekstrakata kao dodataka jestivim filmovima pokazuje se obećavajućom jer njihova primjena ima antioksidacijsku ulogu te preveniraju neželjenu oksidaciju lipida i općenito povećavaju antioksidacijski kapacitet krajnjeg proizvoda. Osim toga, mnogi ekstrakti imaju izražena antimikrobna svojstva pa njihov dodatak može utjecati pozitivno na mikrobiološku kvalitetu sira.
5. Najčešće korišteni dodaci biljnog porijekla u kreiranju jestivih filmova za sireve su biljne vrste iz porodice *Lamiaceae* koje predstavljaju značajan izvor prirodnih antioksidanata. U ovu porodicu ubrajaju se ružmarin, origano, bosiljak, metvica, kadulja, mažuran, timijan i majčina dušica.
6. S aspekta sigurnosti hrane, primjena jestivih filmova s dodacima biljnih ekstrakata predstavlja potencijalnu opasnost kod koraka prijema gdje su identificirane biološka opasnost vezano za prisutnost patogenih mikroorganizama u biljnim ekstraktima te kemijska opasnost koja se odnosi na potencijalnu prisutnost teških metala, pesticida i drugih sredstava za zaštitu bilja te toksina. Primjenom numeričkog modela analize rizika kao i stabla odlučivanja navedene opasnosti u koraku prijema na generičkom dijagramu tijeku proizvodnje sireva su rangirane kao kontrolna točka. Dakle, kod primjene ovakvih filmova posebno je potrebno obratiti pažnju na navedene parametre prilikom prijema.
7. Ostale utvrđene kritične kontrolne točke u generičkom modelu proizvodnje sireva s jestivim filmovima su prijem mlijeka i pasterezacija mlijeka, dok su ostale kontrolne točke prijem ostalih sirovina, salamurenje, zrenje i skladištenje. Za svaki od navedenih

koraka su utvrđene kritične granice sukladno dostupnoj stručnoj i znanstvenoj literaturi te uspostavljeni prijedlozi pripadajućih evidencija za nadzor.

LITERATURA

Arfa BA, Preziosi-Belloy L, Chalier P, Gontard N (2007) Antimicrobial paper based on a soy protein isolate or modified starch coating including carvacrol and cinnamaldehyde. *J. Agric. Food Chem.* **55**, 2155-2162. <https://doi.org/10.1021/jf0626009>

Artiga-Artigas M, Acevedo-Fani A, Martín-Belloso O (2017) Improving the shelf life of low-fat cut cheese using nanoemulsion-based edible coatings containing oregano essential oil and mandarin fiber. *Food Contr.* **76**, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.01.001>

Bažok R, Đugum J, Grbeša D, Hadžiosmanović M, Havranek J, Ivanković A, Jakopović I, Orešković S, Rupiće V, Samaržija D (2014) Sigurnost hrane – od polja do stola, 1.izd., M.E.P. d.o.o., Zagreb.

Bertolatti D, Theobald C (2019) Food Safety and Risk Analysis. U: Nriagu J (ured.) Encyclopedia of Environmental Health, 2. izd., Elsevier, Amsterdam, str. 57-67.

Brasil I, Gomes C, Puerta-Gomez A, Castell-Perez M, Moreira R (2012) Polysaccharide-based multilayered antimicrobial edible coating enhances quality of fresh-cut papaya. *LWT-Food Sci. Techn.* **47**, 39-45. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.01.005>

Cerqueira MA, Sousa-Gallagher MJ, Macedo I, Rodriguez-Aguilera R, Souza BWS, Teixeira JA, Vicente AA (2010) Use of galactomannan edible coating application and storage temperature for prolonging shelf-life of “regional” cheese. *J. Food Eng.* **97**, 87–94. <https://doi.org/10.21597/jist.741326>

Cerqueira MA, Souza BWS, Teixeira JA, Vicente AA (2012) Effect of glycerol and corn oil on physicochemical properties of polysaccharide films – A comparative study. *Food Hydrocoll.* **27**, 175–184. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.07.007>

Coma V, Martial-Gros A, Garreau S, Copinet A, Salin F, Deschamps A (2002) Edible antimicrobial films based on chitosan matrix. *Food Microb. and Safety* **67**, 1162–1169. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb09470.x>

Cui HY, Wu J, Li CZ, Lin L (2016) Anti-listeria effects of chitosan-coated nisinsilica liposome on cheddar cheese. *J. Dairy Sci.* **99**, 8598–8606. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11658>

Di Pierro P, Sorrentino A, Mariniello L, Giosafatto CVL, Porta R (2011) Chitosan/whey protein film as active coating to extend ricotta cheese shelf-life. *LWT - Food Sci. Techn.* **44**, 2324–2327. <https://doi.org/10.1021/bm050661u>

Debeaufort F, Quezada-Gallo JA, Voilley A (1998) Edible Films and Coatings: Tomorrow's Packagings: A Review. *Crit. Rev. Food Sci.* **38**, 299-313. <https://doi.org/10.1080/10408699891274219>

Delves-Broughton J, Thomas L (2005) Nisin. U: J. N. S. A. L. B. P, & M. Davidson (ured.) *Antimicrobials in food*, 3. izd., Boca-Raton, str. 237–274.

Eça KS, Sartori T, Menegalli FC (2014) Films and edible coatings containing antioxidants - a review. *Braz. J. Food Technol.* **17**, 98-112.

Fajardo P, Martins JT, Fuciños C, Pastrana L, Teixeira JA, Vicente AA (2010) Evaluation of a chitosan-based edible film as carrier of natamycin to improve the storability of Saloio cheese. *J. Food Eng.* **101**, 349–356.

Galić K (2009) Jestiva ambalaža u prehrambenoj industriji. *Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam*, **4**, 23-3.

Galus S, Kadzińska J (2015) Food applications of emulsion-based edible films and coatings. *Trends in Food Sci. & Techn.* **45**, 273–283. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.07.011>

Garcia E, Barret DM (2002) Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables. U: In O. Lamikanra (ured.) *Fresh-cut fruits and vegetables science*, 1.izd., Boca Raton, str. 267-304.

Gligora Š, Antunac N (2007) Primjena HACCP sustava u proizvodnji paškog sira. *Mljekarstvo* **57**, 127-152.

Han, J. H., Gennadios, A. (2005) Edible films and coatings: a review. U: Han, J. H., (ured.), *Innovations in Food Packaging*, Elsevier Science & Technology Books, London, str. 239-259.

Hyldgaard M, Mygind T, Meyer, RL (2012) Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. *Front. Microbiol.* **3**, 1-12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2012.00012>

Jalilzadeh A, Tunçtürk Y, Hesari J (2015) Extension Shelf life of cheese: A review. *Int. J. Dairy Sci.* **10**, 44-60. <https://scialert.net/abstract/?doi=ijds.2015.44.60>

Jeličić I, Božanić R, Krčmar N (2009) Primjena HACCP sustava u proizvodnji UHT steriliziranog mlijeka. *Mljekarstvo* **59**, 155-175.

Karaman AD, Özer B, Pascall MA, Alvarez V (2015) Recent Advances in Dairy Packaging. *Food Rev. Int.* **31**, 307-313. <https://doi.org/10.1080/87559129.2015.1015138>

Kavas G, Kavas N (2014) The effects of mint (*Mentha spicata*) essential oil fortified edible films on the physical, chemical and microbiological characteristics of lor cheese. *J. Food, Agri. Envir.* **12**, 40–45. <https://doi.org/10.1234/4.2014.5353>

Kavas N, Kavas G, Saygili D (2016) Use of ginger essential oil-fortified edible coatings in Kashar cheese and its effects on *Escherichia coli* O157:H7 and *Staphylococcus aureus*. *CyTA – J. Food* **14**, 317–323. <https://doi.org/10.1080/19476337.2015.1109001>

Krochta JM (2002) Proteins as raw materials for films and coatings: definitions, current status, and opportunities. U: Gennadios A (ured.) *Proteins-based Films and Coatings*, 1.izd., CRC-Press, Boca Raton, str. 1-41.

Lacroix M, Cooksey K (2005) Edible films and coatings from animal-origin proteins. U: Han JH (ured.) *Innovations in Food Packaging*, 2.izd., Elsevier Science & Technology Books, London, str. 301-312.

Lacroix M, Tien CL (2005) Edible films and coating from non.starch polysaccharides. U: Han JH (ured.) *Innovations in Food Packaging*, 1.izd., Elsevier Science & Technology Books, London, str. 338-355.

Liu Z (2005) Edible films and coatings from starches. U: Han JH (ured.) *Innovations in Food Packaging*, 2.izd., Elsevier Science & Technology Books, London, str. 318-332.

López-Rubio A, Almenar E, Hernandez-Muñoz P, Lagarón, Catalá R, Gavara R (2004) Overview of Active Polymer-Based Packaging Technologies for Food Applications. *Food Rev. Int.* **20**, 357-387. <https://doi.org/10.1081/FRI-200033462>

Lucera A, Mastromatteo M, Conte A, Zambrini AV, Faccia M, Del Nobile MA (2014) Effect of active coating on microbiological and sensory properties of fresh mozzarella cheese. *Food Pack. and Shelf Life* **1**, 25–29. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2013.10.002>

- McHugh TH, Krochta JM (1994) Water vapor permeability properties of edible whey protein-lipid emulsion films. *J. of the Amer. Oil Chem. Soc.* **71**, 307–312. <https://doi.org/10.1007/BF02638058>
- McHugh T (2015) Producing Edible Films. *Food Technol.* **69**, 120–122.
- Manning L, Soon JM (2013) Mechanisms for assessing food safety risk. *Brit. Food J.* **115**, 460–484. <https://doi.org/10.1108/00070701311314255>
- Martins JT, Cerqueira MA, Souza BWS, Avides MC, Vicente AA (2010) Shelf-life extension of Ricotta cheese using coatings of galactomannans from nonconventional sources incorporating nisin against *Listeria monocytogenes*. *J. Agri. Food Chem.* **58**, 1884–1891. <https://doi.org/10.1021/jf902774z>
- Martins JT, Cerqueira MA, Vicente AA (2012) Influence of α -tocopherol on physicochemical properties of chitosan-based films. *Food Hydrocoll.* **27**, 220–227. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.06.011>
- Moreira MR, Pereda M, Marcovich NE, Roura SI (2011) Antimicrobial effectiveness of bioactive packaging materials from edible chitosan and casein polymers: Assessment on carrot, cheese, and salami. *J. Food Sci.* **76**, 54–63. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01910.x>
- Moro A, Berruga MI, Zalacain A, Carmona M (2013) Mycotoxicogenic fungal inhibition by innovative cheese cover with aromatic plants. *J. Sci. Food Agri.* **93**, 1112–1118. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5859>
- Nieto MB (2009) Structure and Function of Polysaccharide Gum-Based Edible Films and Coatings. U: Huber K, Embuscado M (ured.) *Edible Films and Coatings for Food Applications*, Springer, New York, str. 57–112.
- Oliveira T, Soares N, Pereira R, Fraga K (2007) Development and evaluation of antimicrobial natamycin-incorporated film in gorgonzola cheese conservation. *Packaging Tech. and Sci.* **20**, 147–153. <https://doi.org/10.1002/pts.756>
- Ollé Resa CP, Jagus RJ, Gerschenson LN (2014) Effect of natamycin, nisin and glycerol on the physicochemical properties, roughness and hydrophobicity of tapioca starch edible films. *Materials Science & Engineering. C, Mat. for Bio. App.* **40**, 281–287. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2014.04.005>

Pravilnik o pravilima uspostave sustava i postupaka temeljenih na načelima HACCP sustava (2015) Narodne novine 68, Zagreb. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_06_68_1307.html Pristupljeno: 2. prosinca 2021.

Pravilnik o utvrđivanju sastava svježeg sirovog mlijeka (2017) Narodne novine 27, Zagreb. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_03_27_613.html Pristupljeno: 2. prosinca 2021.

Rabea EI, Badawy ME-T, Stevens CV, Smagghe G, Steurbaut W (2003) Chitosan as antimicrobial agent: Applications and mode of action. *Biomacromol.* **4**, 1457–1465. <https://doi.org/10.1021/bm034130m>

Ramos ÓL, Pereira JO, Silva SI, Fernandes JC, Franco MI, Lopes-da-Silva JA i sur. (2012) Evaluation of antimicrobial edible coatings from a whey protein isolate base to improve the shelf life of cheese. *J. Dairy Sci.* **95**, 6282–6292. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5478>

Ramos ÓL, Santos AC, Leão MV, Pereira, JO, Silva SI, Fernandes JC i sur. (2012) Antimicrobial activity of edible coatings prepared from whey protein isolate and formulated with various antimicrobial agents. *Int. Dairy J.* **25**, 132–141. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5478>

Rhim JW, Shellhammer TH (2005) Lipid-based edible films and coatings. U: Han JH (ured.) *Innovations in Food Packaging*, Elsevier Science & Technology Books, London, str. 362–380.

Rizzo V, Muratore G (2020) The Application of Essential Oils in Edible Coating: Case of Study on Two Fresh Cut Products. *Int. J. Clin. Nutr. Diet.* **6**, 149. <https://doi.org/10.1007/s12393-020-09245-w>

Robertson GL (2006). *Packaging of dairy products*. U: Robertson GL (ured.) *Food Packaging: Principles and Practice*, Boca Raton: CRC press., str. 524–525.

Robertson GL (2013). *Edible, biobased and biodegradable food packaging materials*. U: Robertson GL (ured.) *Food packaging - Principles and practice*, Boca Raton: CRC press., str. 49–90.

Rodriguez-Lafuente A, Nerin C, Batlle R (2010) Active paraffinbased paper packaging for extending the shelf life of cherry tomatoes. *J. Agri. Food Chem.* **58**, 6780–6786. <https://doi.org/10.1021/jf100728n>

Ryser ET (2011) Pasteurization of Liquid Milk Products: Principles, Public Health Aspects U: Fuquay JW (ured.) Encyclopaedia od Dairy Science, 2.izd., Elsevier, London, 310-316.

Sanla-Ead N, Jangchud A, Chonhenchob V, Suppakul P (2012) Antimicrobial activity of cinnamaldehyde and eugenol and their activity after incorporation into cellulose-based packaging films. *Packaging Techn. Sci.* **25**, 7-17. <http://dx.doi.org/10.1002/pts.952>

Santonicola S, Garcíá Ibarra V, Sendón R, Mercogliano R, Rodríguez-Bernaldo de Quirós (2017) Antimicrobial Films Based on Chitosan and Methylcellulose Containing Natamycin for Active Packaging Applications. *Coatings* **7**, 1-8. <http://doi.org/10.5455/javar.2021.h485>

Savić Lj (2014) Metode ekstrakcije biljnih materijala: usporedna analiza cirkulatorne ekstrakcije i ekstrakcije primenom superkritičnog ugljen-dioksida. *Lek. Sirov.* **34**, 93-103.

Shan B, Cai YZ, Brooks JD, Corke H (2011) Potential application of spice and herb extracts as natural preservatives in cheese. *J. Med. Food* **14**, 284-290. <https://doi.org/10.1089/jmf.2010.0009>

Singh R, Singh N (2005) Quality of packaged foods. U: Han JH (ured.) Inovations in Food Packaging, Elsevier Science & Technology Books, London, str. 24-40.

Skurtys O, Acevedo C, Pedreschi F, Enrione J, Osorio F, Aguilera JM (2010) Food hydrocolloid edible films and coatings. U: Hollingworth CS (ured.) Food Hydrocolloids: Characteristics, Properties and Structures, Nova Science Publishers, Inc., New York, str. 41-80.

Suhag R, Kumar N, Petkoska AT, Upadhyay A (2020) Film formation and deposition methods of edible coating on food products: A review. *Food Res. Int.* **136**, 109-582. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109582>

Suhaj M (2006) Spice antioxidants isolation and their antiradical activity: a review. *J. of Food Comp. and Anal.* **19**, 531-537. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2004.11.005>

Tajkarimi MM, Ibrahim SA, Cliver DO (2010) Antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food Control* **21**, 1199-1218. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.02.003>

Tratnik LJ, Božanić R (2012) Mlijeko i mliječni proizvodi, Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb.

Vinatoru M (2001) An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs. *Ultrason. Sonochem.* **8**, 303-313. [https://doi.org/10.1016/S1350-4177\(01\)00071-2](https://doi.org/10.1016/S1350-4177(01)00071-2)

Wallace CA, Mortimore SE (2016) *HACCP. Handbook of Hygiene Control in the Food Industry*, U: Lelieveld HLM, Mostert MA, Holah J. (ured.) Food Science and Technology, 2. izd., Woodhead Publishing, Sawstone, str. 46-62.

Wang LZ, Holmes J, Liu L, Kerry JF, Kerry JP (2007) Assessment of filmforming potential and properties of protein and polysaccharide-based biopolymer films. *Int. J. Food Sci. Techn.* **42**, 1128–1138. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01440.x>

Witkowska AM, Hickey DK, Alonso-Gomez M, Wilkinson M (2013) Evaluation of antimicrobial activities of commercial herb and spice extracts against selected food-borne bacteria. *J. Food Research* **2**, 37-54. <https://doi.org/10.5539/jfr.v2n4p37>

Zakon o higijeni hrane i mikrobiološkim kriterijima za hranu (2013) Narodne novine 81, Zagreb. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_06_81_1700.html Pristupljeno; 1. prosinca 2021.

Zakon o hrani (2013) Narodne novine 81, Zagreb. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_06_81_1699.html Pristupljeno: 1. prosinca 2021.

Zakon o službenim kontrolama koje se provode sukladno propisima o hrani, hrani za životinje, o zdravlju i dobrobiti životinja (2013) Narodne novine, 81, Zagreb. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_06_81_1701.html Pristupljeno 1. prosinca 2021.

Zakon o informiranju potrošača o hrani (2013) Narodne novine 56, Zagreb. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_05_56_1136.html Pristupljeno 1. prosinca 2021.

Zhong Y, Cavender G, Zhao Y (2014) Investigation of different coating application methods on the performance of edible coatings on mozzarella cheese. *LWT - Food Sci. and Tech.* **56**, 84–92. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.11.006>

IZJAVA O IZVORNOSTI

Ja Ivana Rešetar izjavljujem da je ovaj diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio/la drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.

Vlastoručni potpis