

Priprema vrhnja za proizvodnju maslaca

Štokovac, Roberto

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:929313>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-17**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



Priprema vrhnja za proizvodnju maslaca

DIPLOMSKI RAD

Roberto Štokovac

Zagreb, rujan, 2021.



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



Diplomski studij:

Proizvodnja i prerada mlijeka

Priprema vrhnja za proizvodnju maslaca

DIPLOMSKI RAD

Roberto Štokovac

Mentor:

Doc. dr. sc. Iva Dolenčić Špehar

Zagreb, rujan, 2021.



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



IZJAVA STUDENTA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Roberto Štokovac**, JMBAG 0178105090, rođen 23. srpnja 1996. u Rijeci, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

Priprema vrhnja za proizvodnju maslaca

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta **Roberta Štokovca**, JMBAG 0178105090, naslova

Priprema vrhnja za proizvodnju maslaca

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. Doc.dr.sc. Iva Dolenčić Špehar mentor
2. Prof.dr.sc. Dubravka Samaržija član
3. Doc.dr.sc. Milna Tudor Kalit član

Zahvala

Ovime zahvaljujem mentorici doc.dr.sc. Ivi Dolenčić Špehar bez čije pomoći i stručnosti ovaj rad danas ne bi postojao, zahvaljujem joj na svoj pruženoj pomoći i podršci prilikom pisanja ovog rada.

Zahvaljujem se svim djelatnicima Agronomskog fakulteta koji su sudjelovali u mom sveučilišnom životu, a posebno zahvaljujem svim djelatnicima Zavoda za mljekarstvo koji su svojom stručnošću dio svog znanja i ljubavi prema ovoj struci prenijeli i na mene.

Zahvaljujem svim prijateljima i kolegama koji su ovaj studij učinili lakšim, uz koje je uvijek bilo smijeha i zabave, bez kojih ovo razdoblje mog života ne bi bilo isto.

Zahvaljujem Lani, koja je uvijek bila uz mene u najljepšim, ali i u najtežim trenucima.

Na kraju, najviše zahvaljujem svojim roditeljima bez kojih ništa od ovog ne bi bilo moguće, hvala što ste mi olakšali obrazovanje najviše što ste mogli!

Hvala svima od srca!!!!

Sadržaj

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Pregled dosadašnjih istraživanja	2
2.1. Povijest maslaca	2
2.2. Maslac	3
3. Priprema vrhnja za proizvodnju maslaca	5
3.1. Tehnologija proizvodnje vrhnja	5
4. Postupak proizvodnje maslaca	16
4.1. Diskontinuirani postupak	17
4.2. Kontinuirani postupak	18
4.3. NIZO postupak	19
5. Senzorne karakteristike maslaca	20
6. Zaključak	24
7. Literatura	25

Sažetak

Diplomskog rada studenta **Roberta Štokovca**, naslova

Priprema vrhnja za proizvodnju maslaca

Maslac je mliječni proizvod velike prehrambene vrijednosti s udjelom mliječne masti >80% koja određuje njegovu karakterističnu aromu. Za proizvodnju maslaca ključna je tehnološka operacija pripreme vrhnja koja uključuje njegovo fizikalno i/ili biokemijsko zrenje. U proizvodnji maslaca od slatkog vrhnja fizikalno zrenje obavezan je postupak zbog kristalizacije mliječne masti koja ima izravan utjecaj na konzistenciju i aromu maslaca. U proizvodnji maslaca od kiselog vrhnja radi razvitka specifične arome uz fizikalno, provodi se i biokemijsko zrenje vrhnja. Nepravilan tijek zrenja vrhnja ima negativan utjecaj na senzorne karakteristike i raspoređenost udjela vode i masnih kiselina u maslacu.

Ključne riječi: vrhnje, maslac, zrenje vrhnja, svojstva maslaca

Summary

Of the master's thesis – student **Roberto Štokovac**, entitled

Cream preparation for butter production

Butter is a dairy product with great nutritional value which milk fat content (>80%) determines its characteristic aroma. For the butter production, the stage of cream preparation which includes both physical and biochemical ripening is very important. For production of sweet cream butter, physical ripening is mandatory process due to the crystallization of milk fat, which has direct impact on the consistency and flavor of the butter. For production of sour cream butter, in order to develop a specific aroma, in addition to the physical, biochemical ripening of the cream is also taking a part in butter production process. Improperly conducted ripening of the cream is leading to negative impact on the sensory properties of the butter as well as distribution of water and fatty acids in butter.

Keywords: cream, butter, ripening, butter properties

1. Uvod

Maslac je mliječni proizvod dobiven procesom bućkanja vrhnja i formiranja maslenih zrna. O njegovoj popularnosti govori podatak da se u Europi godišnje proizvede oko 150 milijuna litara mlijeka od kojeg se 29,4% (46 milijuna litara) iskoristi za proizvodnju maslaca. Time se, nakon sira, na proizvodnju maslaca „troši“ najveća količina mlijeka (Cook, 2018). Prema dostupnim podacima najveći proizvođači maslaca u svijetu su Indija, EU-27, SAD, Novi Zeland i Rusija (www.statista.com).

Maslac je prema Codex alimentarius-u (2011) mliječni proizvod dobiven isključivo iz mlijeka i/ili proizvoda od mlijeka, u obliku emulzije vode u ulju. Pri tome, maslac mora sadržavati minimalno 80% mliječne masti, do 16% vode i do 2% suhe tvari bez masti. Za proizvodnju maslaca može se koristiti slatko vrhnje koje je dobiveno izdvajanjem iz mlijeka bez fermentacije, kiselog vrhnja dobivenog fermentacijom korištenjem mikrobne mljekarske (maslarske) kulture te zakiseljenog slatkog vrhnja dobivenog od slatkog vrhnja u koje je naknadno dodana mliječna kiselina (Mallia, 2008). U tom smislu, njihove senzorne karakteristike se razlikuju. Tome doprinose i tehnološki postupci u proizvodnji maslaca. Primjerice, senzornim karakteristikama doprinosi tehnološki postupak zrenja pri čemu razlikujemo fizikalno i biokemijsko zrenje vrhnja. Fizikalno zrenje odvija se na različitim temperaturama ovisno o vrsti mlijeka (kravlje, ovčje, kozje, bivolje) koje se koristi u proizvodnji i ovisno o tome kakav se maslac želi proizvesti. Biokemijsko zrenje vrhnja nije obavezno provoditi, međutim biokemijsko zrenje vrhnja osigurava stvaranje aromatskih spojeva koji su ključni za osiguravanje željenog okusa maslaca.

Cilj ovog diplomskog rada je na temelju provedenih istraživanja vezanih za optimizaciju fizikalnog i biokemijskog zrenja vrhnja objediniti značajne rezultate važne za fizikalnu i senzornu kvalitetu maslaca.

2. Pregled dosadašnjih istraživanja

2.1. Povijest proizvodnje maslaca

Proizvodnja maslaca jedan je o najstarijih načina konzerviranja nutritivno najvrjednijih sastojaka mlijeka, ponajprije mliječne masti. Maslac se može proizvoditi od mlijeka različitih životinja kao što su deve, bivoli, koze i ovce, ali u komercijalnom smislu kravlje mlijeko je najznačajnija sirovina u proizvodnji maslaca (Mortensen, 2011). Najraniji dokazi o proizvodnji maslaca, prema arheolozima, datiraju iz 2000. godine prije nove ere. Način na koji je proizveden prvi maslac nije poznat, međutim smatra se kako je do toga došlo slučajno. Naime, pretpostavlja se da se mlijeko pohranjivalo u vreće od ovčje kože koje su nomadi nosili za potrebe svojih dugotrajnih putovanja. Mlijeko se tijekom puta neprestano miješalo i došlo je do stvaranja kremaste strukture slične maslacu. Maslac je bio popularna hrana u državama sjeverne Europe, koju su stanovnici Mediterana nazivali „barbarskom hranom“ dok se u starom Rimu maslac koristio kao lijek za povrede i liječenje kože. Oko 400. godine prije nove ere na području današnje Irske pronađen je maslac te se smatra kako su Kelti nastojali sačuvati taj proizvod u slučaju nedostatka hrane (Slika 1.). U Srednjem vijeku proizvodnja maslaca se intenzivirala, a maslac je postao popularan i kod bogatih i kod siromašnih ljudi. Komercijalna proizvodnja maslaca započinje polovicom 19.st., a važnost primjene postupaka hlađenja, toplinske obrade i izdvajanja vrhnja proizvođači su uvidjeli krajem 19.st. (<https://milkyday.com/blog/2019/09/04/history-of-butter/>).



Slika 1. Prikaz maslaca pronađenog 400. godine prije nove ere na području današnje Irske (<https://milkyday.com/blog/2019/09/04/history-of-butter/>)

2.2. Maslac

Kako propisuje Codex Alimentarius (2011) maslac je mliječni proizvod koji u svom sastavu mora imati najmanje 80% mliječne masti, do 16% vode i 4% suhe tvari. Međutim, Hettinga i sur. (2020) navodi kako ovisno o području proizvodnje, zakonski propisan sastav maslaca može se razlikovati. Tako se u tropskim krajevima proizvodi ghee, maslac bez vodene faze kako bi se smanjila mogućnost kontaminacije. Po proizvodnji takvog maslaca prednjače države Bliskog istoka i Indije.

Zbog marketinškog pritiska industrije margarina maslac je do nedavno smatran za zdravlje lošim proizvodom zbog visokog udjela zasićenih masnih kiselina i kolesterola koji se često povezuje kao glavni uzrok pojave kardiovaskularnih bolesti kao što su srčani udar, arterioskleroza i druge (Schäffer i sur., 2001). Prema podacima USDA (Ministarstvo poljoprivrede SAD-a) jedna žličica (14 g) maslaca sadrži 420 kJ energije, 11 g masti od kojih 7 g zasićenih masnih kiselina i 30 mg kolesterola (Deosarkar i sur., 2016). Krause i sur. (2008) navode kako većina ljudi preferira margarin zbog toga što ne sadrži kolesterol i cjenovno je prihvatljiviji u odnosu na maslac. Isti autor navodi da su to mogući razlozi veće potrošnje margarina (2,4 kg po stanovniku) u odnosu na maslac (2,1 kg po stanovniku). Međutim, s obzirom da je maslac bogat masnim kiselinama kratkog i srednjeg lanca, dokazan je njegov pozitivan učinak na zdravlje (Deosarkar i sur., 2016). Neke od masnih kiselina sadržanih u maslacu kao što je maslačna, može uzrokovati užegli okus maslaca no njena antikancerogena svojstva imaju povoljan učinak na ljudsko zdravlje. Također, stearinska kiselina primjerice snižava koncentraciju LDL kolesterola u krvi. Osim masnih kiselina maslac je bogat drugim spojevima kao što su peptidi, vitamini, minerali i lipidi koji smanjuju mogućnost pojave dijabetesa i Alzheimerove bolesti, multiple skleroze te različitih vrsta raka (rak dojke, rak debelog crijeva) (Kwak i sur., 2013).

Mortensen (2011) navodi kako su za dobivanje maslaca različitih karakteristika zaslužna četiri načina proizvodnje:

1. maslac od slatkog vrhnja bez dodatka soli – proizvodi se širom svijeta, a najčešće se koristi u pekarskoj i slastičarskoj industriji. Podložan je mikrobiološkom kvarenju.
2. maslac od slatkog vrhnja s dodatkom soli – vrlo popularan maslac na području SAD-a, Ujedinjenoj Kraljevstva, Kanade i Novog Zelanda.

Karakterizira ga sadržaj soli u količini od 2g/100g koja produljuje njegov vijek trajanja.

3. maslac od fermentiranog vrhnja bez dodatka soli – najviše se proizvodi na području Njemačke, Francuske i Nizozemske. Karakterizira ga niža pH vrijednost između 4,6 i 5,2 koja inhibira uzročnike kvarenja, a maslacu daje poželjan okus.
4. maslac od fermentiranog vrhnja s dodatkom soli – ovaj tip maslaca najviše se proizvodi u Skandinavskim zemljama. Nije poželjno da količina soli bude veća od 1g/100g maslaca.

Osim 4 glavna načina proizvodnje maslaca na globalnom se tržištu također mogu pronaći različite varijante maslaca: I) maslac bez zrenja kojeg karakterizira blagi okus, II) svježi maslac koji nije pohranjen u hladnim uvjetima, trajnosti do 3 tjedna, III) hladno pohranjeni maslac trajnosti 1 do 6 mjeseci na temperaturi od -18 °C i IV) „dairy butter“ popularan u SAD-u gdje se proizvodi u mljekarama na farmi od nepasteriziranog fermentiranog vrhnja, a karakterizira ga izrazita kiselost (Deosarkar i sur., 2016).

3. Priprema vrhnja za proizvodnju maslaca

3.1. Tehnologija proizvodnje vrhnja

Vrhnje standardizirano na 38-40% mliječne masti osnovna je sirovina u proizvodnji maslaca, a dobiva se separacijom mliječne masti iz mlijeka. Uobičajeni tehnološki postupci u proizvodnji vrhnja koje se koristi za proizvodnju maslaca jesu:

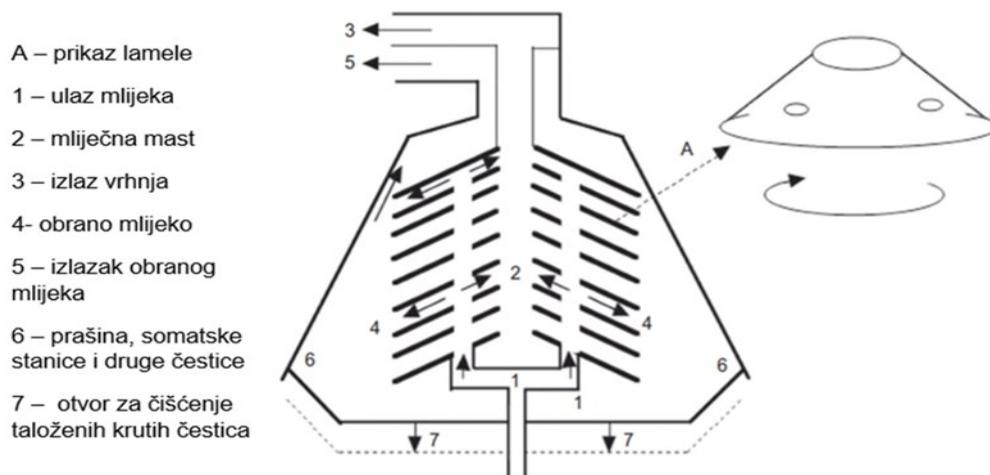
- obiranje i standardizacija,
- toplinska obrada,
- hlađenje,
- deaeracija
- zrenje vrhnja

3.1.1. Obiranje i standardizacija

Obiranje ili separacija mlijeka je postupak izdvajanja mliječne masti iz mlijeka i prvi je korak u proizvodnji vrhnja. Mlijeko većim dijelom čini voda s udjelom oko 88%, a mliječna mast 4% dok su ostali sastojci dispergirani (kazein) ili otopljeni (laktoza, proteini sirutke) u vodenoj fazi. Obiranjem mlijeka dobiva se vodena faza bogata masnom fazom (vrhnje) i vodena faza sa smanjenim udjelom masti (obrano mlijeko). Osim postupka obiranja, separatori mogu vršiti i klarifikaciju, odnosno uklanjanje čvrstih tvari iz mlijeka (prašina, slama, epitelne stanice vimena i dr.), ali i automatsko čišćenje što omogućava kontinuirani protok i obiranje mlijeka (Goff, 2013). Obiranje mliječne masti provodi se na temperaturama od 38°C do 62°C. Primjena različitih temperatura ima prednosti i nedostatke, naime pri temperaturi nižoj od 35°C mliječna mast će se teže obirati zbog veće viskoznosti mliječnog seruma pri nižoj temperaturi dok obiranje na 60°C do 65°C ima loš utjecaj na viskoznost vrhnja, ali pogoduje njegovoj boljoj mikrobiološkoj kvaliteti. Obiranje na temperaturama nižim od 45°C pogoduje aktivaciji lipaza prirodno prisutnih u mlijeku koje mogu dovesti do užeglosti vrhnja (Ali i Fischer, 2005). Temperature od 45°C do 55°C pogoduju rastu i razmnožavanju termofilnih bakterija stoga se u praksi najčešće koristi temperatura oko 55°C pri kojoj dolazi do denaturacije lipaza u mlijeku (Samaržija, 2011). Temperatura iznad 60°C dovodi do pretjeranog taloženja denaturiranih

proteina na lamele separatora što može smanjiti učinkovitost obiranja što će rezultirati većim udjelom masti u obranom mlijeku (Hoffmann, 2011).

Obiranje se provodi u separatoru (slika 3.1.) koji radi na principu stvaranja centrifugalne sile pri čemu dolazi do izdvajanja mliječne masti od ostalih sastojaka. Naime, djelovanjem centrifugalne sile pri osi vrtnje separatora zbog niže gustoće kretat će se masna faza, dok će se prema obodu kretati ostali sastojci, odnosno vodena faza (Božanić, 2012). Separator radi na principu Stokes-ovog zakona pri čemu sila otpora ovisi o dimenzijama i obliku tijela, brzini gibanja kroz fluid, koeficijentu viskoznosti i gustoći fluida, odnosno brzina obiranja vrhnja povećava se s povećanjem brzine rotacije, povećanjem razlike u gustoći kontinuirane (voda) i dispergirane (mast) faze te smanjenjem viskoznosti kontinuirane faze (Goff, 2013).



Slika 3.1. Prikaz rada separatora (Izvor: Goff, 2013)

Izdvojeno vrhnje potom se standardizira odnosno naravnava na željeni udio mliječne masti ovisno o tome kakav se proizvod želi proizvesti. Manji pogoni često ne koriste moderni sustav obiranja pa se standardizacija vrhnja provodi nakon analize kojom je utvrđen udio mliječne masti koji je potom potrebno naravnati do željenog udjela dodavanjem obranog ili sirovog mlijeka (Samaržija, 2011).

U industrijskim uvjetima standardizacija se provodi automatski nakon obiranja mlijeka tako što se otpuštanjem ili stezanjem ventila kalibrira udio masti u vrhnju, a sustavom cijevi se tijekom obiranja odvajaju vrhnje i obrano mlijeko. Osim brzine i efikasnosti, kontinuirana standardizacija omogućava i analizu masti u vrhnju (Goff, 2013). Standardizirano vrhnje se

pasterizira, dok se homogenizacija ne provodi kod vrhnja namijenjenog za proizvodnju maslaca, kako bi lakše došlo do aglomeracije masti prilikom zrenja maslaca (Samaržija, 2011).

3.1.2. Toplinska obrada

Toplinska obrada vrhnja obično se provodi u cilju osiguravanja mikrobiološke kvalitete i sigurnosti proizvoda za konzumaciju na način da se unište vegetativne stanice patogenih bakterija i ostalih mikroorganizama (plijesni i kvasci) koji mogu negativno utjecati na daljnju proizvodnju, uzrokovati kvarenje i skratiti rok trajanja maslaca (Ali i Fischer, 2005). Pritom treba voditi računa da se postupkom pasterizacije ne uništavaju spore koje se nakon pasterizacije mogu aktivirati s obzirom da su termostabilne. Narvhus i sur. (2019) navode kako je za inaktivaciju patogenih mikroorganizama u mlijeku dovoljna toplinska obrada na temperaturi od 63°C tijekom 30 minuta, dok Ali (2005) navodi da je potrebna viša temperatura od 72°C u trajanju od 15 sekundi. Stoga se uobičajeno vrhnje pasterizira pri 85-110°C/10-30 s. Toplinsku obradu potrebno je provesti i radi inaktivacije prirodnih enzima, ponajprije lipoproteinskih lipaza prisutnih u mlijeku koje mogu imati negativan utjecaj na okus maslaca primjerice pojava užeglog okusa (Samaržija, 2011).

3.1.3. Hlađenje

Hlađenje vrhnja nakon toplinske obrade provodi se radi osiguravanja mikrobiološke kvalitete. Nakon toplinske obrade vrhnje se brzo hladi na temperaturu od 30°C, a zatim se hladi postepeno do 5°C. U slučaju prebrzog hlađenja može doći do oštećenja globula mliječne masti (Samaržija, 2011).

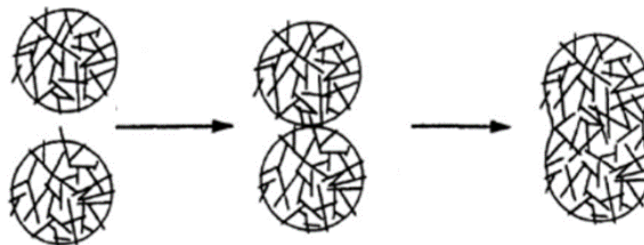
3.1.4. Deaeracija

Deaeracija je postupak uklanjanja kisika i ostalih nepoželjnih plinova iz vrhnja zbog utjecaja loše hranidbe ili higijenski neispravne pohrane sirovog mlijeka (Samaržija, 2011), a provodi se nakon toplinske obrade. Tvari okusa i arome u maslacu potječu od vrhnja odnosno mlijeka, a osim poželjnih aroma (diacetil, acetoin) iz vrhnja u maslacu se manifestiraju i one nepoželjne poput pojave užeglog okusa. U maslacu su nepoželjni i karbonilni spojevi koji nastaju

razgradnjom peroksida kao rezultat reakcije nezasićenih masnih kiselina sa prisutnim kisikom (Hettinga i sur., 2020). Međutim, treba uzeti u obzir kako se osim štetnih tvari, deaeracijom uklanjaju i one korisne za aromu i okus maslaca, stoga deaeracija nije obavezna prilikom pripreme vrhnja (Samaržija, 2011).

3.1.5. Zrenje

Zrenje vrhnja ima značajnu ulogu u definiranju kvalitete maslaca bilo da se radi o okusu ili konzistenciji (Boode i Walstra, 1993). Naime, zrenje ima utjecaj na količinu aromatskih spojeva u maslacu, prvenstveno diacetila i acetoina (Samaržija, 2011). Tijekom zrenja vrhnja dolazi do kristalizacije mliječne masti. Kristalizacija je proces prilikom kojega dolazi do formiranja kristala na površini masne globule te prodiranja kristala i spajanje dviju globula mliječne masti (slika 3.2.). Prilikom prodiranja kristala u globulu mliječne masti dolazi do ispuštanja tekućih masti iz globule što rezultira formiranjem mreže masnih globula povezana kristalima i obložena tekućim mastima (van Boekel i Walstra, 1981; Boode and Walstra, 1993; Buldo 2013).



Slika 3.2. Prikaz stvaranja agregata između dviju globula mliječne masti (Izvor: Akoh, 2008)

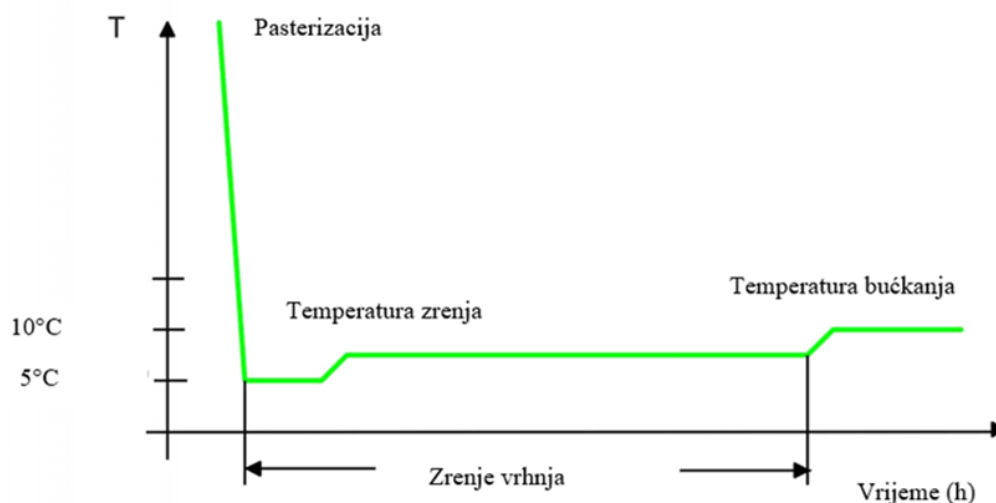
Stvaranje aglomerata odvija se u dvije faze, a to su agregacija i fuzija, odnosno stapanje. U trenutku kada se dvije globule masti približe jedna drugoj, kristalizirane masti koje se nalaze na površini globule probiju membranu druge masne globule (agregacija) prilikom čega tekuće masti iz globule okruže kristale koji su penetrirali u globulu i posljedično tome uvjetuju njihovo stapanje ili fuziju (Akoh, 2008). Povoljan udio kristaliziranih i tekućih masti omogućava stvaranje aglomerata masti. Povećanjem udjela čvrstih masti (kaprinska, laurinska, miristinska, palmitinska, stearinska kiselina) aglomeracija je izvjesnija, ali isto tako kod

previsokog ili preniskog udjela čvrstih masti smanjuje se mogućnost stvaranja aglomerata zbog nedostatka tekućih masti (maslačna, kapronska, kaprilna, oleinska, linolna, linolenska i arahidonska kiselina) koje bi povezale globule, odnosno nedostatka kristala koji mogu penetrirati u drugu globulu (Buldo i sur., 2013). Stvoreni kristali u korelaciji su sa sastavom i strukturom maslaca, što ima utjecaj na fizikalne osobine maslaca kao što su tvrdoća i mazivost, ali i na senzorne karakteristike poput izgleda i okusa. Velik broj masnih kiselina različitih fizikalnih svojstava, ponajprije tališta uvjetuju stvaranje kristala različitih oblika i veličina. Primjerice polimorfizam kristala nastalih tijekom kristalizacije ima utjecaj na krajnji okus i senzorna svojstva maslaca (Ceylan i Ozcan, 2020).

U proizvodnji maslaca provodi se fizikalno i biokemijsko zrenje vrhnja pri čemu je fizikalno zrenje obavezno, dok se biokemijsko provodi u kombinaciji s fizikalnim zrenjem samo u proizvodnji maslaca od kiselog (fermentiranog) vrhnja. Fizikalno zrenje vrhnja je kod proizvodnje maslaca obavezan postupak radi poboljšavanja fizikalnih svojstava maslaca (slika 3.3.). Izostanak procesa fizikalnog zrenja može dovesti do pojave neželjenih svojstava maslaca. Primjerice, zbog širokog spektra masti različitog tališta, a koje se nalaze u sastavu mliječne masti može doći do izlaska masti iz maslaca. Takav maslac može biti prečvrst ili premekan, uz pojavu povećanog gubitka masti mlaćenicom što izravno utječe na udjel vode u proizvedenom maslacu (Deosarkar i sur., 2016).

Postupak fizikalnog zrenja osmišljen je i razvijen u Skandinaviji, točnije u Švedskoj, a još je poznat i kao Alnarpova metoda. Princip fizikalnog zrenja je primjena različitih temperaturno-vremenskih režima zrenja vrhnja, npr. hladno-toplo-hladno zrenje u cilju optimizacije svojstva konzistencije maslaca. Neki od mogućih temperaturno-vremenskih rješenja fizikalnog zrenja (Samaržija, 2011):

1. hladno zrenje na temperaturi od 2-3 °C /18 sati
2. hladno zrenje na temperaturi od 3-8 °C /18 sati
3. hladno zrenje na temperaturi od 8-10 °C /8 sati
4. toplo zrenje na temperaturi od 19°C /8 sati



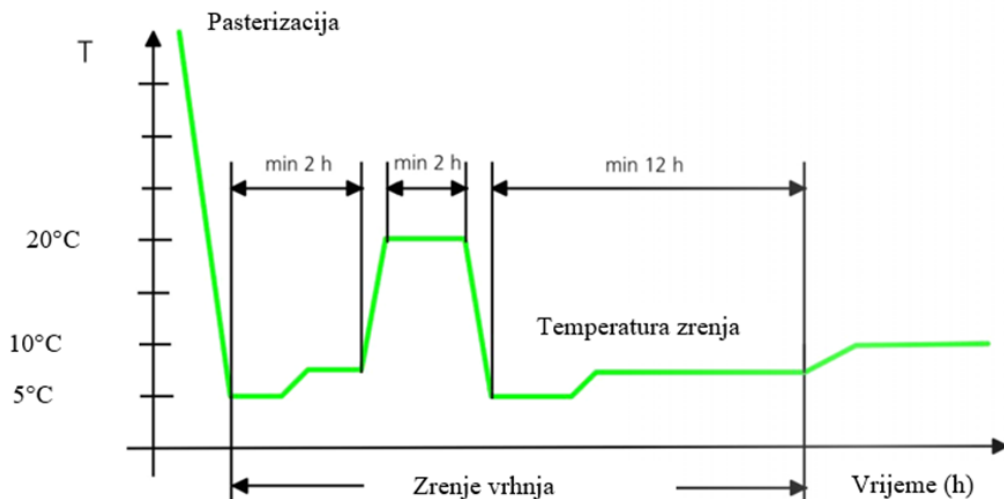
Slika 3.3. Primjer temperaturne krivulje zrenja slatkog vrhnja (Izvor: GEA, Westfalia separator)

Upravo kombinacijom nižih i viših temperatura postiže se učinkovitost fizikalnog zrenja.

Primjerice:

1. Hladno – toplo – hladno zrenje,

Ovaj postupak započinje hladnim zrenjem na temperaturi od 6°C do 8°C u trajanju od 2 do 3 sata pri čemu triacilgliceroli visokog tališta formiraju kristale na površini. Završetkom prve faze, vrhnje se miješajući postepeno zagrijava do temperature od 18°C do 23°C gdje počinje druga faza, odnosno toplo zrenje u trajanju od 2,5 sata pri čemu dolazi do omekšavanja maslaca zbog otapanja masnih kiselina niskog tališta, dok se zasićene molekule kao što su palmitinska i stearinska masna kiselina, smještaju na vanjske dijelove kristalizirane mase. Dodaje se 2-5% maslarske kulture. Treća faza je hladno zrenje na temperaturi >13°C u trajanju dužem od 8 sati pri čemu dolazi do pada pH vrijednosti 4,6 do 4,8 (Slika 3.4.)

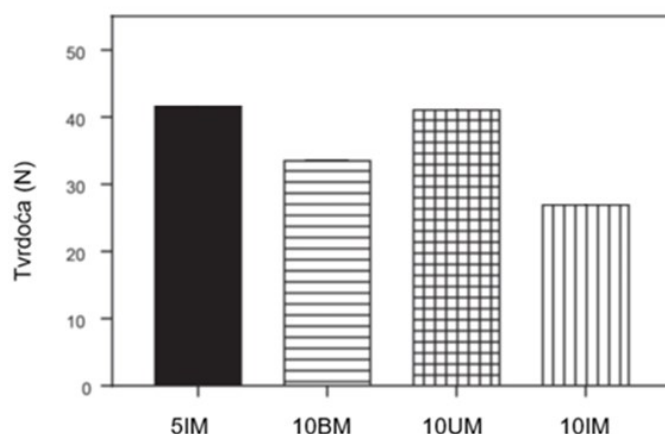


Slika 3.4. Primjer temperaturno-vremenske krivulje zrenja kiselog vrhnja (Izvor: GEA, Westfalia separator)

2. Toplo – hladno – hladno zrenje

Ovim se temperaturno-vremenskim režimom u prvoj fazi zrenje odvija na temperaturi od 20°C. Kod proizvodnje fermentiranog maslaca dodaje se maslarska kultura i traje dok se pH vrijednost ne spusti do 5,1 - 5,2 te se zatim hladi na temperaturu od 6°C do 8°C u trajanju od 2 do 3 sata. Treća faza je hladno zrenje na temperaturi od 13°C u trajanju od >8 sati za proizvodnju fermentiranog maslaca, pri čemu se pH vrijednost spušta do 4,6 - 4,8 ili na temperaturi od 8°C do 11°C u trajanju od 8 sati za proizvodnju nefermentiranog maslaca (Dolenčić Špehar, 2019).

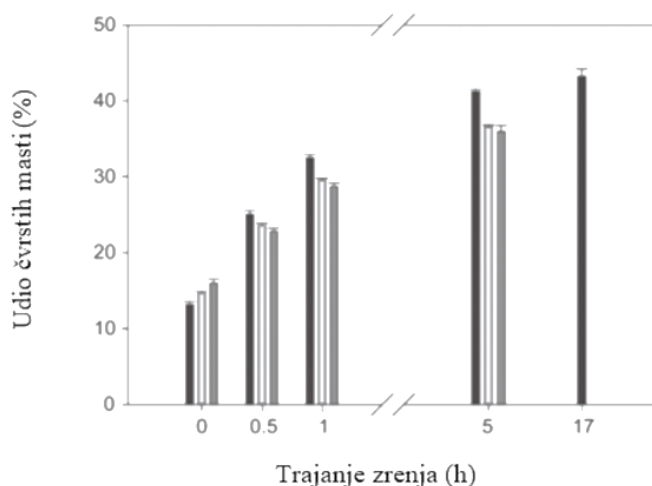
Intenzitet miješanja tijekom zrenja vrhnja skraćuje vrijeme bućkanja i utječe na tvrdoću maslaca (Slika 3.5.). Primjerice, nakon zrenja na temperaturi od 5°C s umjerenim miješanjem (UM) bućkanje vrhnja traje 15 do 15,5 minuta, a primjenom intenzivnog miješanja (IM) vrijeme bućkanja se skraćuje na 14,5 min. Nakon zrenja na 10°C, vrijednosti su 11-14 min bez miješanja (BM), 10,3 do 12,3 min uz UM i 8,5 do 10 min uz IM. Maslac najveće tvrdoće proizveden je iz vrhnja koje je zrelo na 5°C uz IM i 10°C uz UM vrhnja. Naime, brzim hlađenjem tijekom zrenja više je čvrstih masti, točnije formira se velik broj manjih kristala koji tijekom bućkanja za rezultat daju čvršći maslac. Mekši maslac dobiven je zrenjem vrhnja na temperaturi od 10°C uz IM jer sporiji pad temperature omogućava formiranje manjeg broja većih kristala, a istovremeno je udio čvrstih masti manji (Lee i Martini, 2018).



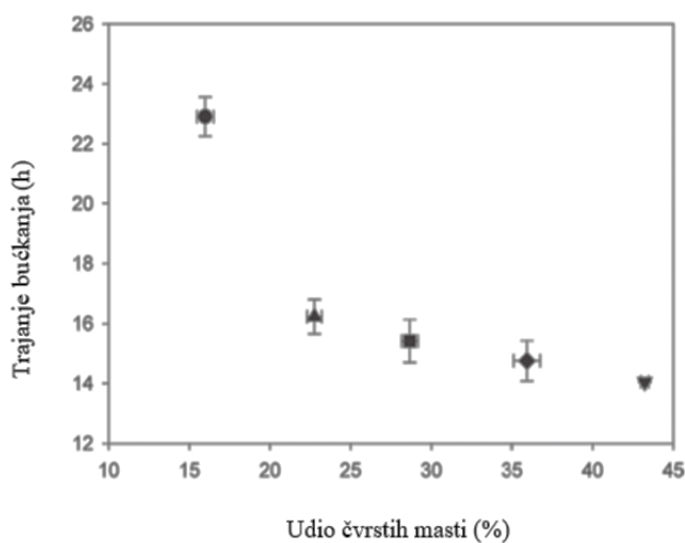
Slika 3.5. Tvrdća maslaca proizvedenog od vrhnja nakon zrenja na 5°C i 10°C bez miješanja, s umjerenim i intenzivnim miješanjem tijekom zrenja (Izvor: Lee i Martini, 2018.)

Buldo i sur. (2013) navode da trajanje zrenja ima utjecaj na trajanje bućkanja te svojstva vrhnja i maslaca. Točnije, trajanje bućkanja obrnuto je proporcionalno trajanju zrenja. Mjerenjem viskoznosti u trenutku inverzije faza pokazalo je kako se ona povećava porastom trajanja zrenja. Stvaranje kristala unutar globula mliječne masti nema utjecaj na viskoznost iz razloga što ne mijenja volumen dispergirane faze. Nagli porast viskoznosti rezultat je stvaranja većih aglomerata masti, a naknadno i maslenih zrna. Trajanje zrenja utječe na udio čvrstih masti u vrhnju, a samim time i na trajanje bućkanja. Tako duže trajanje zrenja vrhnja rezultira većim udjelom čvrstih masti, a posljedično tome je i trajanje bućkanja kraće (Buldo i sur., 2013). Postupak miješanja tijekom zrenja omogućava bolji prijenos topline što pospješuje kristalizaciju masti. Lee i Martini (2018) navode kako miješanje tijekom zrenja također ima utjecaj na udio čvrstih masti u vrhnju. Na nižim temperaturama zrenja od 5°C i 10°C, udio čvrstih masti je veći od udjela masti kada se zrenje odvija na temperaturi od 15°C. Intenzitet hlađenja vrhnja uz miješanje ima utjecaj na kristalizaciju tijekom zrenja vrhnja. Naime, sporo hlađenje vrhnja rezultira većim udjelom čvrstih masti uz stvaranje većih kristala masti koji lakše aglomeriraju, dok brzo hlađenje često rezultira stvaranjem manjih i užih kristala masti kod kojih se aglomeracija odvija teže.

Tijekom zrenja, pod utjecajem različitih temperatura dolazi do stvaranja maslenih zrna različitih veličina zbog čega je moguće pratiti utjecaj zrenja na veličinu aglomeriranih čestica i maslenih zrna (slike 3.6. i 3.7.). Duže trajanje zrenja omogućava stvaranje većih maslenih zrna pri čemu se veličina masnih globula značajno ne mijenja (Buldo i sur., 2013).



Slika 3.6. Utjecaj trajanja zrenja vrhnja na udio čvrstih masti (crno), nakon 7 minuta bućkanja (svijetlosivo) i neposredno prije formiranja maslenih zrna (tamnosivo) (Izvor: Buldo i sur., 2013.)



Slika 3.7. Utjecaj udjela čvrstih masti na vrijeme bućkanja vrhnja (Izvor: Buldo i sur., 2013.)

Biokemijsko zrenje vrhnja rezultat je djelovanja mezofilne maslarske kulture koju čine sojevi bakterija mliječne kiseline *Lactococcus* i *Leuconostoc*.

Bakterije koje se koriste kao maslarska mikrobna kultura su *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* i *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*. Pritom su primarni „proizvođači“ aromatskih spojeva *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis* i *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris* (Fearon, 2011). Njihova je uloga stvaranje željene

koncentracije mliječne kiseline i aromatskih tvari u vrhnju, koje će osigurati maslacu željene senzorne karakteristike, ovisno o pH vrijednosti i prisutnosti aromatskih tvari, prvenstveno diacetila i acetoina. Za proizvodnju aromatičnog maslaca zrenje se prekida kada pH dostigne razinu od pH 4,5, a blago aromatičnog maslaca prekida se pri pH 5,0-5,3 (Samaržija, 2011).

Ovisno o hranidbi, mlijeko odnosno vrhnje za proizvodnju maslaca drukčijeg je sastava te se prema tome mora odrediti optimalno vrijeme i temperatura na kojoj će se zrenje odvijati. Sukladno tome razlikujemo „zimsko“ i „ljetno“ vrhnje. U hladnijem dijelu godine većinu hranidbe čine sijeno i koncentrirana krmiva stoga tzv. „zimsko vrhnje“ sadrži veći udio kratkolančanih i zasićenih masnih kiselina. S druge strane, hranidbom zelenom krmom, tzv. „ljetno“ vrhnje sadrži veći udio dugolančanih i nezasićenih masnih kiselina (tablica 3.1.) (Samaržija, 2011). Sukladno tome, u proizvodnji „zimskog“ maslaca primjenjuje se hladno-toplo-hladno zrenje vrhnja kako bi maslac bio maziviji, odnosno toplo-hladno-hladno zrenje vrhnja kako bi se postigla čvršća konzistencija „ljetnog“ maslaca (Schäffer i sur., 2001).

Tablica 3.1. Udjel pojedinim masnih kiselina u „zimskom“ i „ljetnom“ vrhnju“

Masna kiselina	Formula masne kiseline	Zimsko vrhnje (%)	Ljetno vrhnje (%)	Talište (°C)
Zasićene masne kiseline				
Maslačna	C4:0	2,9	2,2	-7,9
Kaprnske	C6:0	1,7	1,7	-1,5
Kaprilna	C8:0	1,3	9,6	16,5
Kaprinska	C10:0	2,9	2,0	31,4
Laurinska	C12:0	3,3	2,4	43,6
Miristinska	C14:0	11,5	9,7	53,8
Palmitinska	C16:0	33,0	26,6	62,6
Stearinska	C18:0	11,0	12,6	69,3
Nezasićene masne kiseline				
Miristoleinska	C14:1	1,4	1,2	-4,0
Palmitoleinska	C16:1	1,9	1,7	-0,1
Oleinska	C18:1	2,2	3,6	14,0
Linolna	C18:2	0,5	1,6	-5,0
Linolenska	C18:3	0,8	1,4	-5,0

Izvor: Knothe i Dunn (2009) i Fearon, (2011)

4. Postupak proizvodnje maslaca

Proizvodnja maslaca započinje bućkanjem prethodno pripremljenog vrhnja. Vrhnje koje se koristi može biti slatko ili kiselo ovisno o tome je li provedeno samo fizikalno ili je uz fizikalno provedeno i biokemijsko zrenje vrhnja, prema tome nusproizvod proizvodnje maslaca će biti slatka odnosno kisela mlaćenica. Tijekom bućkanja mogu se dodati boje, najčešće se dodaje β -karoten u količini 250 g/100kg maslaca.

Maslac se može proizvesti na nekoliko načina, a najčešća su 4 postupka proizvodnje:

1. Diskontinuiran (tradicionalni) postupak gdje se proces bućkanja vrhnja s 25% do 35% mliječne masti odvija u serijskim (šaržnim) mješalicama
2. Kontinuirani postupak u kojem se vrhnje s 30% do 50% mliječne masti bućka kontinuirano
3. Postupak koncentracije mliječne masti na 82% mliječne masti obiranjem vrhnja s 35% mliječne masti pri temperaturi od 55°C prilikom čega dolazi do inverzije faza bez otpuštanja mlaćenice
4. Postupak sličan proizvodnji margarina u kojem se u bezvodnu mliječnu mast emulgiraju voda, sol i suha tvar bez masti

(<https://www.uoguelph.ca/foodscience/book/export/html/1687>)

Neovisno o načinu proizvodnje i vrsti, proizvodnja maslaca podrazumijeva postupak bućkanja. Postupkom bućkanja dolazi do destabilizacije vrhnja, a posljedično tome stvaraju se složene mrežaste strukture u kojoj se nalaze međusobno povezane kristalizirane i tekuće masti (Samaržija, 2011). Tijekom bućkanja dolazi do aglomeracije (nakupljanja) mliječne masti kao posljedica djelovanja mehaničke sile. Naime, lopatice smještene unutar bućkalice svojim mehaničkim djelovanjem stvaraju pjenu, membrane globule mliječne masti se oštećuju zbog čega mast koja se nije kristalizirala izlazi iz globule i stvara hidrofobni sloj prema vodenoj fazi. Temperatura bućkanja proporcionalna je količini tekućih masti koje izlaze iz globule što znači da što je viša temperatura bućkanja to će tekućih masti biti više. Kapljice tekućih masti se povezuju s mjehurićima pjene (Božanić, 2012). Stvaranjem pjene smanjuje se površinska napetost masne globule zbog čega dolazi do njena oštećenja što omogućuje njihovu aglomeraciju. U aglomeratima se nalaze inkorporirani mjehurići zraka zajedno s proteinima zajedno čineći stabilnu mrežu odnosno matriks. Daljnjim se miješanjem matriks pri 35

obrtaja/min destabilizira, a posljedično tome mjehurići zraka izlaze iz matriksa uslijed čega dolazi do stvaranja zrna maslaca, uz izdvajanje mlaćenice (seruma) i inverzije faza, odnosno prelaska iz emulzije masti u vodi u emulziju vode u masti (Samaržija, 2011). Maslena zrna se zatim ispiru higijenski ispravnom vodom pri čemu temperatura vode mora biti za 1°C niža od temperature zrna kako bi se izbjeglo otapanje maslaca. Ispiranjem se iz maslaca otklanjaju zaostala mlaćenica i suha tvar, ponajprije laktoza, a samim time se smanjuje opasnost od kontaminacije uzročnicima kvarenja (Božanić, 2012). Samaržija (2011) navodi kako se predugim ispiranjem zrna mogu isprati i aromatske tvari poželjne u maslacu. Nakon ispiranja odnosno formiranja zrna maslaca slijedi faza gnjetenja (gnječenja) maslaca kako bi se zrna maslaca povezala u homogenu masu i kako bi se preostala voda dispergirala u masu maslaca u obliku finih kapljica na veličinu od 7-11 µm. Osim toga, prilikom gnjetenja u maslac se mogu, ukoliko je potrebno, dodati sol, aromatske tvari ili drugi dodaci.

Nakon bućkanja slijedi ispiranje maslenih zrna. Ispire se vodom temperature bućkanja ili 1-2°C niže od temperature bućkanja, a ispiranje služi kako bi se isprali ostaci kiseline i pepela. Ukoliko je potrebno nakon ispiranja mogu se dodati sol (najviše 3%) i voda (najviše 16%). Slijedi izrada maslaca tijekom koje se dodana sol i voda inkorporiraju u maslac, dolazi do dodatnog izdvajanja mlaćenice i oblikovanja maslaca i poprimanja konačnog oblika prije pakiranja nakon čega se maslac pakira i pohranjuje u kontroliranim uvjetima na temperaturu do 8°C do (Dolenčić Špehar, 2019).

Proces proizvodnje maslaca danas se najčešće provodi diskontinuiranim, kontinuiranim i NIZO postupkom proizvodnje maslaca.

4.1. Diskontinuirani postupak

Ovakav način proizvodnje naziva se još serijska ili šaržna proizvodnja maslaca. Bućkalica se puni do 45% svoje zapremnine jer se prilikom faze bućkanja udvostručuje volumen zbog stvaranja pjene (slika 4.1.). Temperatura bućkanja je 10 do 15°C, a bućkanje traje do 45 minuta pri 20 do 30 okretaja/minuti ovisno o udjelu mliječne masti, a optimalan udio masti je 28 do 36%. Pri većem udjelu masti viskoznost će biti veća, a samim time i proces bućkanja će biti otežan, dok će kod manjeg udjela masti doći do prekomjernog izdvajanja

mliječne masti mlaćenicom (Božanić, 2012). Diskontinuirani način proizvodnje provodi se u pogonima manjeg proizvodnog kapaciteta.

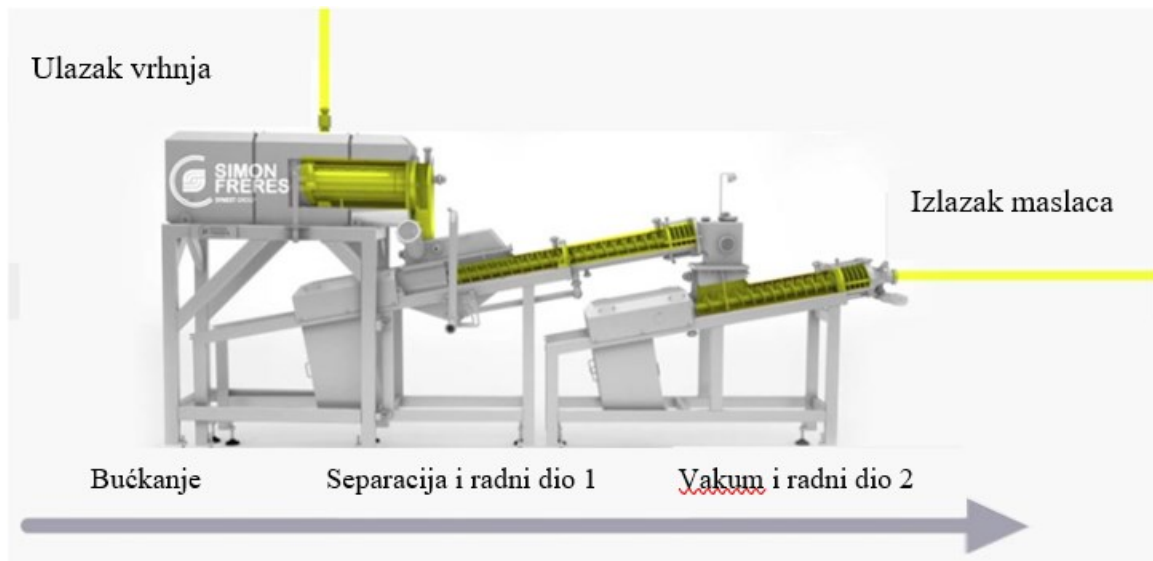


Slika 4.1. Prikaz bučkalice za diskontinuiranu proizvodnju maslaca (Izvor: Fearon, 2011.)

4.2. Kontinuirani postupak

Ovakav način proizvodnje naziva se još i Fritsov postupak proizvodnje maslaca. Prednost nad diskontinuiranim postupkom proizvodnje je bolja mikrobiološka kvaliteta maslaca (Cant i sur., 2017). U bučkalici dolazi do bućkanja vrhnja nakon zrenja pri temperaturi od 9°C uz brzo okretanje miješalica (2000 okretaja/minuti) pri čemu dolazi do trenutnog nastajanja zrna maslaca (slika 4.2.) (Božanić, 2012). Zbog intenzivnog miješanja vrhnja tijekom bućkanja uz prisutnost zraka dolazi do pucanja membrana masti. Masti iz unutrašnjosti globule otpuštaju se i povezuju s ostalim globulama masti pri čemu dolazi do formiranja maslenih zrna (Cant i sur., 2017). Nakon bućkanja maslena zrna ulaze u dio za separaciju. U tom se dijelu nalaze lopatice koje nastavljaju bućkati smjesu maslenih zrna i mlaćenice koja se potom izdvaja. Nakon separacije u radnom dijelu 1 se aglomerirana maslena zrna svrdlima prenose dalje prema radnom dijelu 2 istovremeno miješajući i režući maslac što omogućava dodatno izdvajanje mlaćenice, ispiranje te ako je potrebno dodatak soli. Na prijelazu iz radnog dijela 1 u radni dio 2 nalazi se vakuum koji omogućava istiskivanje suvišnog zraka iz maslaca do udjela od 0,5%. Na istom mjestu je smještena stjenka s otvorima kroz koje maslac prolazi radi

dobivanja homogene smjese. Radni dio 2 sastoji se također od svrdla čija je uloga da se voda i dodani aditivi umiješaju u maslac te izlazak maslaca prema stroju za pakiranje (Fearon, 2011).



Slika 4.2. Prikaz bučkalice za proizvodnju maslaca kontinuiranim načinom (Izvor: Fearon, 2011.)

4.3. NIZO postupak

NIZO postupak je razvijen u Nizozemskoj 70-ih godina 20. stoljeća u kojem se za proizvodnju maslaca koristi isključivo slatko vrhnje uz dodavanje visoke koncentracije permeata mliječne kiseline i aromatske mikrobne kulture. Permeat je dobiven fermentacijom sirutke s smanjenim udjelom laktoze bakterijama mliječne kiseline, nakon fermentacije provodi se ultrafiltracija sirutke koja se koncentrira na 16% mliječne kiseline. Fermentacija aromatske kulture provodi se u kontroliranim uvjetima nakon dodavanja mikrobne kulture u ugušćeno mlijeko. Tako dobiveni koncentri se ubrizgavaju u maslac nakon otjecanja mlaćenice. Nusproizvod je slatka mlaćenica pogodnija za daljnju upotrebu, za razliku od mlaćenice dobivene proizvodnjom maslaca od kiselog vrhnja (Božanić, 2012). Dodavanjem kultura *Lactococcus lactis* subsp. *lactis biovar. diacetylactis* koja oksidira acetoin u diacetil te *Leuconostoc mesenteroides* postiže se dobivanje poželjne mikroflore u maslacu, međutim samo starter kulturom nije moguće postići pH vrijednost maslaca nižu od 5,3. Zbog toga se dodaje mliječna kiselina dobivena fermentacijom sirutke pomoću *Lactobacillus helveticus*. Kako bi se dobio maslac poželjnih karakteristika ovim načinom se u maslena zrna ukupno dodaje 2% starter kulture i 0,7% mliječne kiseline (Wilbey, 2005).

5. Senzorne karakteristike maslaca

Senzorne karakteristike maslaca osim izgleda, boje okusa i mirisa uključuju konzistenciju te izradu. Maslac bi trebao biti mat izgleda, bez sjaja ili masnog odsjaja (Kashaninejad i sur., 2016). Karakterizira ga blijedo žuta do žuta boja i plastična tekstura (slaba mazivost na temperaturi hladnjaka). Prisutnost aromatskih tvari ovisi prije svega o tome koristi li se za proizvodnju maslaca slatko (okus po voću) ili kiselo vrhnje (diacetil). Intenzitet žute boje maslaca ovisi o udjelu karotenoida u mlijeku bilo da se radi o karotenoidima prirodno prisutnim u mlijeku ili se radi o dodanim bojama. Boja je opisana CIELAB sustavom koji se sastoji od 3 parametra:

L* - svjetlina; od 0 (crno) do 100 (bijelo)

a* - položaj između zelene (negativna vrijednost) i crvene (pozitivna vrijednost)

b* - položaj između plave (negativna vrijednost) i žute (pozitivna vrijednost)

Maslac karakteristične boje ima vrijednosti L* (90,53), a* (1,29) i b* (18,03). Na boju maslaca u najvećoj mjeri utječe mliječna mast, točnije veličina globula mliječne masti, vrsta ambalaže, način i vrijeme pohrane (Chudy i sur., 2020) te temperatura. Naime, pohrana na temperaturi od 20°C tijekom 10 tjedana rezultira tamnijom nijansom maslaca (manja L* vrijednost). Uočena je razlika u boji maslaca ovisno o temperaturi pohrane u trajanju od 10 tjedana. Maslac pohranjen na 5°C ima nižu a* vrijednost (više zeleno) i višu b* vrijednost (više žuto) od maslaca pohranjenog na -18°C (Krause i sur., 2008). Na boju maslaca također ima utjecaj i manipulacija prilikom proizvodnje. Intenzivnom obradom, odnosno mehaničkom manipulacijom dolazi do stvaranja manjih kapljica vode koje uvjetuju blijedu boju maslaca (Kashaninejad i sur., 2016). Hranidba životinja ima utjecaj na formiranje okusa i arome maslaca. Masne kiseline koje nastaju hidrolizom triacilglicerida, ponajprije masne kiseline kratkog lanca, utječu na okus maslaca. Osim toga, masne kiseline uvjetuju stvaranje spojeva kao što su metil ketoni, laktoni i esteri koji također sudjeluju u formiranju okusa i arome (Ceylan i Ozcan, 2020). Tako primjerice, karakteristične arome maslaca proizvedenog od slatkog vrhnja stvaraju laktoni koji maslacu daju voćnu aromu i kremoznost te sumporni spojevi koji daju arome slične češnjaku i kukuruzu. Maslacu proizvedenom od kiselog vrhnja karakteristične arome daju spojevi nastali djelovanjem bakterija mliječne kiseline, a to su: diacetil (okus po maslacu), maslačna kiselina

(okus po siru) i δ -dekalakton (voćni okus po breskvi). Osim tih glavnih spojeva u formiranju arome također sudjeluju: octena i mliječna kiselina, sumporovodik, dimetil-sulfid te δ -dodekalakton, δ -dekalakton i γ -dekalakton (Mallia i sur., 2008).

Kvaliteta maslaca tijekom pohrane se smanjuje jer dolazi do gubitka u maslacu prisutnih aroma (okusa). Ovisno o uvjetima pohrane u vidu temperature (zamrzavanje ili hlađenje u hladnjaku), trajanju pohrane i načinu pakiranja može brže ili sporije doći do smanjenja kvalitete u većoj ili manjoj mjeri. Maslac pohranjen u hladnjaku ima kraći rok trajanja i brže gubi na kvaliteti od onog zamrznutog. Tako na primjer kod maslaca dolazi do razvoja ustajalog okusa nakon pohrane u hladnjaku na temperaturi od 5°C nakon 6 mjeseci pohrane za manja pakiranja maslaca (25 g), odnosno 9 mjeseci pohrane za veća pakiranja maslaca (25 kg). Pohranom u zamrzivaču maslac ne pokazuje znakove kvarenja i stvaranja nepoželjnih okusa i mirisa ni nakon 12, odnosno 18 mjeseci pohrane na temperaturi od -20°C (Krause i sur., 2008). Maslac se može pakirati u blokove od 25 kg ili direktno za prodaju u pakiranjima različitih veličina te zamrznuti na temperaturi od -18 do -25°C (Fearon, 2011).

Nepoželjne arome mogu biti rezultat lipolize, oksidacije masti, mikrobne aktivnosti te djelovanja svjetlosti. Nepoželjni okusi nastali oksidacijom masti najčešće se karakteriziraju metalnim okusom ili okusom po kartonu, a oksidacija se događa kada nezasićene masne kiseline reagiraju s kisikom pri čemu nastaje hidroperoksid masne kiseline s kojom reagira kisik. Tako nastali hidroperoksidi reagiraju s drugim molekulama masti i tvore stabilnije spojeve poput ketona ili aldehida koje karakteriziraju intenzivni mirisi i u većim koncentracijama uzrokuju nepoželjan okus maslaca (sekundarna oksidacija) (Mallia i sur., 2008). Nepoželjan okus maslaca može biti uzrokovan i lipolizom. Djelovanjem lipoproteinskih lipaza dolazi do hidrolize mliječne masti i stvaranja slobodnih masnih kiselina koje utječu na stvaranje nepoželjnog okusa. Ukoliko je lipoliza nastala djelovanjem u mlijeku prirodno prisutnih lipaza, maslac će biti gorak i imati okus po sapunu, dok termostabilne bakterijske lipaze dovode do stvaranja oštrog maslačnog okusa (Deeth, 2016). Užegao okus tijekom pohrane uzrokuju slobodne masne kiseline nastale od masnih kiselina kratkog lanca (C4 – C10) (Ceylan i Ozcan, 2020).

Nepoželjni okus uzrokovan djelovanjem svjetlosti najčešće se karakterizira metalnim okusom ili okusom po kartonu ako se radi o foto oksidaciji masti te okusom po spaljenom ili okusu po gljivama ako se radi o fotorazgradnji proteina, najčešće aminokiseline metionina prilikom čega dolazi do stvaranja metionala (Mallia i sur., 2008).

Maslac poželjnih fizikalnih karakteristika i teksture mora zadovoljiti određene parametre. Fizikalna svojstva maslaca određena su udjelom, te veličinom i oblikom tekućih, odnosno čvrstih masti u vrhnju. Nakon pasterizacije masti se nalaze u tekućem stanju, no svaka masna kiselina prisutna u vrhnju, a do sada ih je poznato 450, ima različitu temperaturu tališta u rasponu od -40°C do 40°C . Prilikom fizikalnog zrenja vrhnja dolazi do kristalizacije masti, odnosno nastajanja raznih oblika kristala povezivanjem masnih kiselina. Zbog nastajanja kristala različitih gustoća i struktura prije fizikalnog zrenja poželjno je utvrditi profil masnih kiselina u vrhnju, točnije utvrditi udio nezasićenih i zasićenih masnih kiselina i njihove sposobnosti očvršćivanja i topivosti kako bi se mogli odrediti temperatura i vrijeme fizikalnog zrenja koja će kao rezultat dati kvalitetan maslac optimalnog okusa (Samaržija, 2011). U tu svrhu najčešće se pristupa utvrđivanju jednog broja (broj grama joda potrebnih za zasićenje nezasićenih veza masnih kiselina) koji je u izravnoj korelaciji s udjelom oleinske kiseline. Jodni broj maslaca optimalne konzistencije iznosi 32-37 (Božanić, 2012).

Općenito, tvrdoća i mazivost su najvažnije fizikalne karakteristike maslaca te je dokazana visoka korelacija između njih. Najvažniji čimbenici koji utječu na te dvije fizikalne karakteristike jesu udio masti u vidu omjera između čvrstih i tekućih masti, podrijetlo masti i temperatura (Glibowski i sur., 2008). Kod maslaca je poželjna glatka i blago čvrsta te plastična tekstura, također poželjno je da maslac pruža otpor pri rezanju. Osim samog zrenja na tvrdoću maslaca utječe i količina masti i to na način da je tvrdoća veća što je udio masti u maslacu veći (Ceylan i Ozcan, 2020).

Osim tvrdoće, najvažnija karakteristika maslaca je mazivost. Pasterizacijom mlijeka za proizvodnju vrhnja odnosno maslaca utvrđena je njegova lošija mazivost od mazivosti maslaca proizvedenog od sirovog mlijeka (Sert i Mercan, 2020). Mazivost maslaca može se poboljšati temperaturnim režimima tijekom zrenja vrhnja ovisno o vrsti mlijeka koje se koristi u proizvodnji maslaca, ali i obogaćivanjem vrhnja masnim kiselinama niskog tališta, uglavnom nezasićenim masnim kiselinama (Schäffer i sur., 2001). Naime, tijekom zrenja dolazi do kristalizacije mliječne masti te ovisno o veličini i načinu povezivanja stvorenih kristala mijenja se tvrdoća maslaca. Osim u globulama masti, kristali se stvaraju i u kontinuiranoj fazi, tako povećanjem broja kristala izvan globula mliječne masti rezultira maslacem čvršće teksture. Međutim, tako netaknute globule mliječne masti će rezultirati boljom mazivosti. Prema udjelu inkorporiranog zraka u maslacu se može utvrditi tvrdoća istog, na način da manjak inkorporiranog zraka dovodi do zbijene strukture, a samim time i do veće tvrdoće maslaca. S

druge strane, veća količina zraka čini maslac mekšim (Buldo, 2016). Na tvrdoću maslaca tijekom zrenja utječe intenzitet hlađenja. Naime, intenzitet hlađenja prilikom zrenja vrhnja utječe na kristalizaciju mliječne masti, a samim time i na tvrdoću. Sporim hlađenjem stvaraju se veći kristali masti i više je kontaktnih točaka između kristala, dok brzim hlađenjem dolazi do stvaranja manjih kristala koji su raspršeni u tekućoj fazi. Temperatura i trajanje toplinske obrade vrhnja utječu na mazivost, a povećanjem temperature i vremena tvrdoća maslaca se smanjuje (Rønholt, 2012). Na mazivost u najvećoj mjeri utječe omjer između čvrstih i tekućih masti. Prema tome, veći udio krutih masti u maslacu dovodi do slabije mazivosti. Uz omjer čvrstih i tekućih masti na mazivost također utječe i sastav masti. S obzirom na sastav masti dokazana je pozitivna korelacija s udjelom nezasićenih masnih kiselina mliječne masti (Ceylan i Ozcan, 2020). Hurtaud i Peyraud (2007) utvrdili su da se hranidbom mliječnih krava sjemenkama ili pogačom biljke sjetveni podlanak (*Camelina sativa L.*) povećava udio nezasićenih masnih kiselina te povećava udio trans masnih kiselina u mlijeku, a udio masnih kiselina kratkog lanca se smanjuje. Posljedično tome proizveden maslac manje je tvrdoće i bolje mazivosti (tablica 5.1.).

Tablica 5.1. Utjecaj hranidbe mliječnih krava sjetvenim podlankom (*Camelina sativa L.*) u obliku sjemenki i pogače na sastav masnih kiselina (MK) u maslacu

Masne kiseline (%)	Kontrolni maslac	Sjemenke	Pogača
Zasićene MK, %	72,7	66,6	57,4
Nezasićene MK, %	27,3	33,4	42,6
Mononezasićene MK, %	25,1	30,7	39,7
Polinezasićene MK, %	2,16	2,7	2,92

Izvor: Hurtaud i Peyraud, 2007.

6. Zaključak

Za proizvodnju kvalitetnog maslaca osim kvalitetne sirovine od iznimne je važnosti voditi računa o svim fazama proizvodnje maslaca. To se prije svega odnosi na proces zrenja, a sve u cilju dobivanja proizvoda vrhunske kvalitete i poželjnih senzornih karakteristika. Naime, tijekom faze zrenja dolazi do formiranja kristala mliječne masti koji imaju presudnu ulogu u proizvodnji maslaca poželjne konzistencije i senzornih karakteristika. Osim kristalizacije, tijekom zrenja stvaraju se aromatski spojevi koji maslacu daju karakterističan miris i okus.

7. Literatura

1. Akoh, C.C. (2008). Lipid-Based Emulsions and Emulsifiers. U: Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology, Third Edition (ur. Akoh, C.C., Min, D.B.). CRC Press, Boca Raton, Florida, SAD. 90-91.
2. Ali, A.A., Fischer, R.M. (2005). Implementation of HACCP to Bulk Cream and Butter Production Line. Food Reviews International, 21(2), 189–210.
3. Boode, K., Walstra, P. (1993). Partial coalescence in oil-in-water emulsions 1. Nature of the aggregation. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 81, 121–137.
4. Božanić, R. (2012). Maslac. U: Mlijeko i mliječni proizvodi (ur. Tratnik, Lj., Božanić, R.). Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb. 425-438.
5. Buldo, P. (2016). Butter: Properties and Analysis. U: Encyclopedia of Food and Health (ur. Cabaallero, B., Finglas, P.M. & Toldra). Elsevier, Oxford, Ujedinjeno Kraljevstvo. 535-540.
6. Buldo, P., Kirkensgaard, J.J.K., Wiking, L. (2013). Crystallization mechanisms in cream during ripening and initial butter churning. Journal of Dairy Science, 96 (11), 6782–6791.
7. Ceylan, O., Ozcan, T. (2020). Effect of the cream cooling temperature and acidification method on the crystallization and textural properties of butter. LWT, 109806.
8. Chudy, S., Bilska, A., Kowalski, R., Teichert, J. (2020). Colour of milk and milk products in CIE L*a*b* space. Med. Weter. 76 (2), 77-81.
9. Codex Alimentarius (2011). Codex Standard for Butter, Codex Standard 279-1971, Milk and Milk Products. World Health Organization and Food and Agriculture. Organizacija Ujedinjenih Naroda, Rim. 36-37.
10. Cook, E. (2018). Farm production, Milk. U: Agriculture, forestry and fishery statistics (ur. Cook, E.). Eurostat, 62-63.
11. Deeth, H.C. (2011). Milk Lipids: Lipolysis and Hydrolytic Rancidity. Encyclopedia of Dairy Sciences, 721–726.
12. Deosarkar, S.S., Khedkar, C.D., Kalyankar, S.D. (2016). Butter: manufacture. U: Encyclopedia of Food and Health (ur. Cabaallero B., Finglas P.M., Toldra F.). Elsevier, Oxford, Ujedinjeno Kraljevstvo. 529-534.

13. Fearon, A. M. (2011). Butter and Butter Products. U: Dairy Ingredients for Food Processing (ur. Fearon, R. C., Kilara, A.). Blackwell Publishing Ltd. 199-225.
14. Glibowski, P., Zarzycki, P., Krzepkowska, M. (2008). The Rheological and Instrumental Textural Properties of Selected Table Fats. *International Journal of Food Properties*, 11:3, 678-686.
15. Goff, H.D. (2013). Dairy Product Processing Equipment. U: Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery Engineering, 199–221.
16. Hettinga, D., Nguyen, L., Shahidi, F. (2020). Butter. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, 1–55.
17. Hoffmann, W. (2011). Cream: Manufacture. U: Encyclopedia of Dairy Sciences (ur. Fuquay, J.W., Fox, P.F., McSweeney, P.L.H.). Elsevier, London, Ujedinjeno Kraljevstvo. 912-919.
18. Hurtaud, C., Peyraud, J.L. (2007). Effects of Feeding Camelina (Seeds or Meal) on Milk Fatty Acid Composition and Butter Spreadability. *Journal of Dairy Science*, 90(11), 5134–5145
19. International Dairy Federation (2019). Consumption. U: The world dairy situation in 2019, International Dairy Federation 501/2019, Bruxelles, Belgija. 31.
20. Kashaninejad, M., Razavi, S.M.A., Mazaheri Tehrani, M., Kashaninejad, M. (2016). Effect of extrusion conditions and storage temperature on texture, colour and acidity of butter. *International Journal of Dairy Technology*, 70 (1), 102–109.
21. Knothe, G., Dunn, R.O. (2009). A Comprehensive Evaluation of the Melting Points of Fatty Acids and Esters Determined by Differential Scanning Calorimetry. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86:843–856.
22. Krause, A.J., Miracle, R.E., Sanders, T.H., Dean, L.L., Drake, M.A. (2008). The Effect of Refrigerated and Frozen Storage on Butter Flavor and Texture. *Journal of Dairy Science*, 91(2), 455–465.
23. Kwak, H.S., Ganesan, P., Mijan, A.M. (2013). Butter, Ghee, and Cream Products. *Milk and Dairy Products in Human Nutrition: Production, Composition and Health*, 390-411.
24. Lee, J., Martini, S. (2018). Effect of cream aging temperature and agitation on butter properties. *Journal of Dairy Science*, 101:1-12.
25. Mallia, S., Escher, F., Schlichtherle-Cerny, H. (2008). Aroma-active compounds of butter: a review. *European Food Research and Technology*. 226:315–325.

26. Mortensen, B.H. (2011). Butter and other milk fat products, The production and its manufacture. U: Encyclopedia of Dairy Sciences (ur. Fuquay, J.W., Fox, P.F., McSweeney, P.L.H.), Elsevier, London, Ujedinjeno Kraljevstvo 492-499.
27. Narvhus, J.A., Østby, N., Abrahamsen, R.K. (2019). Science and technology of cultured cream products: A review. *International Dairy Journal*, 93, 57-71.
28. Rønholt, S., Kirkensgaard, J.J.K, Pedersen, T.B., Mortensen, K., Knudsen, J.C. (2012). Polymorphism, microstructure and rheology of butter. Effects of cream heat treatment. *Food Chemistry*, 135: 1730–1739.
29. Samaržija, D. (2011). Fermentirana mlijeka, vrhnje i maslac, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
30. Schäffer, B., Szakály, S., Lőrinczy, D., Schäffer, B. (2001). Melting properties of butter fat and the consistency of butter. Effect of modification of cream ripening and fatty acid composition. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 64 (2), 659–669.
31. Sert, D., Mercan, E. (2020). Characterisation of physicochemical, microbiological, thermal, oxidation properties and fatty acid composition of butter produced from thermosonicated cream. *International Dairy Journal*, 104777.
32. Van Boekel, M.A.J.S., Walstra, P. (1981). Effect of Couette flow on stability of oil-in-water emulsions. *Colloids and Surfaces*, 3(2), 99–107.
33. Wilbey, R.A. (2005). Microbiology of cream and butter. U: Dairy Microbiology Handbook: The Microbiology of Milk and Milk Products, 3rd Edition (ur. Robinson, R.K.). School of Food Biosciences, The University of Reading, Reading, Engleska. 165-166.

Internetski izvori

1. Cant, P.A.E., Palfreyman, K.R., Boston, G.D., MacGibbon, A.K.H. (2017). Milkfat products. New Zealand Dairy Research Institute. <https://nzic.org.nz/app/uploads/2017/10/3B.pdf> (Pristupljeno: 9.7.2021.)
2. GEA Westfalia separator. <https://www.yumpu.com/s/zMPz1kreycYyvoXT> (pristupljeno 25.5.2020.)
3. Major butter producing countries worldwide in 2019. <https://www.statista.com/statistics/195805/butter-production-in-selected-countries/> (pristupljeno: 29.6.2020.)

4. Production of butter
<https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tag00038/default/table?lang=en>
(pristupljeno: 30.6.2020.)
5. Simon Feres Synext Group. <https://www.simon-sas.com/continuous-butter-making-machines-contimab.php> (pristupljeno 30.5.2020.)
6. <https://www.uoguelph.ca/foodscience/book/export/html/1687> (Pristupljeno: 15.7.2021.)
7. Tehnologija proizvodnje maslaca, prezentacija, Dolenčić Špehar, 2019.
8. The history of butter. Link: <https://milkyday.com/blog/2019/09/04/history-of-butter/>
(pristupljeno: 16.6.2021)