

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

Leonarda Valentina Mrkoci

**Aromatski profil, teksturna i senzorska svojstva kravljeg, kozjeg i ovčjeg
maslaca iz slatkog i fermentiranog vrhnja**

Zagreb, 2024.

Ovaj rad izrađen je u Praktikumu Zavoda za mljekarstvo, Referentnom laboratoriju za mlijeko i mliječne proizvode Zavoda za mljekarstvo i Laboratoriju za senzorske analize poljoprivredno-prehrambenih proizvoda, Sveučilište u Zagrebu Agronomskom fakultetu, pod vodstvom doc. dr. sc. Darije Bendelja Ljoljić i prof. dr. sc. Ivice Kosa te je predan na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2023./2024.

Sadržaj

1. UVOD	1
2. HIPOTEZA, OPĆI I SPECIFIČNI CILJEVI RADA.....	4
3. MATERIJALI I METODE RADA.....	5
3.1. PROIZVODNJA MASLACA	5
3.2. ANALIZE MASLACA.....	8
3.2.1. Kemijski sastav	8
3.2.2. Boja	8
3.2.3. Tekstura.....	9
3.2.4. Hlapljivi aromatski spojevi	10
3.2.5. Senzorska analiza.....	11
3.2.6. Statistička obrada podataka.....	13
4. REZULTATI.....	14
4.1. KEMIJSKI SASTAV	14
4.2. BOJA.....	15
4.3. TEKSTURA.....	17
4.4. HLAPLJIVI AROMATSKI SPOJEVI	18
4.5. SENZORSKA SVOJSTVA	19
4.6. ANALIZA GLAVNIH KOMPONENTI	24
5. RASPRAVA	27
6. ZAKLJUČCI.....	42
7. ZAHVALE	44
8. POPIS LITERATURE	45
9. SAŽETAK	50
10. SUMMARY	51
11. ŽIVOTOPIS	52
12. PRILOZI	53

1. UVOD

Maslac je jedan od najstarijih oblika konzerviranja mliječne masti. Prema Codex alimentarius (2011.), maslac je emulzija vode u ulju pri čemu se kapljice vode raspršuju i kristaliziraju u masnu fazu. Sadrži najmanje 80% mliječne masti, najviše 16% vode i do 2% suhe tvari bez masti, što ga čini prikladnim medijem za rast mikroorganizama (El-Aidie, 2018; Lee, 2020). Konzumiranje mliječne masti smatra se faktorom rizika za zdravlje ljudi zbog visokog udjela zasićenih i nižeg udjela polinezasićenih masnih kiselina, što je rezultiralo smanjenjem potrošnje proizvoda poput maslaca (Bobe i sur., 2007). Iako se maslac zbog njegove najveće dostupnosti najčešće proizvodi od kravljeg mlijeka, može se proizvesti i iz drugih vrsta mlijeka, poput kozjeg, ovčjeg ili bivoljeg (Deosarkar i sur., 2016; Vioque-Amor i sur., 2023). Vrsta mlijeka korištena u proizvodnji maslaca znatno utječe na senzorska, fizikalno-kemijska i nutritivna svojstva dobivenog proizvoda (Vioque-Amor i sur., 2023). U industriji mliječnih proizvoda, kozje se mlijeko uglavnom koristi za proizvodnju različitih vrsta sira i jogurta dok se samo manje količine kozjeg mlijeka koriste za proizvodnju drugih mliječnih proizvoda poput maslaca. Ovčji i kozji maslac rijetko se spominju u literaturi, iako se uobičajeno proizvode u nekim mediteranskim zemljama, na Bliskom istoku i u Africi. Podataka o njegovom sastavu i karakteristikama izrazito je malo i samo se nekoliko radova odnosi na utvrđivanje fizikalno-kemijskih i mikrobioloških svojstava kozjeg i ovčjeg maslaca (Lee, 2020; Silva i sur., 2023; Vioque-Amor i sur., 2023).

Razlike u kemijskom sastavu (udio suhe tvari, vode, proteina, masti i masnih kiselina, laktoze, vitamina i minerala) pojedinih vrsta mlijeka odražavaju se i na kemijski sastav vrhnja, a time posljedično i samog maslaca. Na kemijski sastav proizvoda značajan utjecaj mogu imati i sami tehnološki procesi. Primjerice, nepotpunim obiranjem, a što rezultira nedovoljnom količinom mliječne masti u vrhnju neće biti moguće postići minimalnu količinu mliječne masti u maslacu (80%) propisanu pravilnikom. Tijekom procesa bućkanja vrhnja dolazi do destabilizacije membrana mliječne masti čime se formiraju zrna maslaca, a izdvaja mlaćenica. Nepravilnim provođenjem bućkanja može doći do zaostajanja mlaćenice u maslacu i posljedičnog smanjenja konačnog udjela masti, dok se udio zaostale vode i u njoj topljive laktoze povećava. Takvi su uvjeti idealni za rast mikroorganizama, što nerijetko dovodi do kvarenja proizvoda, odražavajući se i na teksturu maslaca čineći ga mekšim i manje stabilnim. Dodatak soli u maslac osim što produžuje rok trajnosti proizvoda, pozitivno utječe i na njegova organoleptička svojstva (Lane, 1988).

Za proizvodnju maslaca može se koristiti slatko vrhnje, dobiveno obiranjem mlijeka bez fermentacije ili kiselo fermentirano vrhnje, dobiveno djelovanjem maslarske mlijebarske kulture (Mallia, 2008), a samim time se i njihove senzorske karakteristike razlikuju (izgled, miris, tekstura, okus, i aroma). Povrh toga, njihovoj različitosti doprinose i tehnološki postupci u proizvodnji maslaca, poput postupka zrenja vrhnja. U proizvodnji maslaca, fizikalno zrenje vrhnja obavezan je tehnološki korak radi poboljšanja fizikalnih karakteristika maslaca. Preskakanje ovog procesa može rezultirati neželjenim svojstvima maslaca, primjerice moguće je izdvajanje masti iz maslaca. Takav maslac može biti ili prečvrst ili premekan, što može rezultirati povećanim gubitkom masti u mlaćenici i izravno utjecati na udio vode u konačnom proizvodu (Deosarkar i sur., 2016). Iako biokemijsko zrenje vrhnja, za razliku od fizikalnog zrenja, nije obavezno provoditi, ono osigurava stvaranje aromatskih spojeva koji su ključni za formiranje željenog okusa maslaca (Fearon, 2011). Biokemijsko zrenje vrhnja rezultat je djelovanja mezofilne maslarske kulture koju čine sojevi bakterija mliječne kiseline *Lactococcus* i *Leuconostoc* čija je uloga stvaranje željene koncentracije mliječne kiseline i aromatskih tvari u vrhnju, koje će osigurati maslacu željene senzorske karakteristike.

Do sada je u maslacu identificirano preko 200 hlapljivih spojeva, no tek se mali udio smatra nositeljima njegovih aromatskih karakteristika (Mallia i sur., 2008). Maslac dobiven preradom slatkog vrhnja u najvećoj mjeri sadrži aromatske komponente iz skupine laktone (voćne i kremaste note) te sumpornih spojeva, dok je maslac dobiven iz fermentiranog vrhnja uz ove spojeve, bogat i spojevima poput diacetila, maslačne kiseline i δ -dekalaktone koji su karakteristični za maslac kao posljedica fermentacije s bakterijama mliječne kiseline (Mallia i sur., 2008). Osim fermentacije, utjecaj na aromu maslaca imaju hranidba životinja, vrsta mlijeka, sezona laktacije, proizvodni proces i uvjeti skladištenja (Mallia i sur., 2008). Kravlje mlijeko sadrži veći udio zasićenih masnih kiselina srednjeg i dugog lanca koje mu daju slatku i blagu aromu, dok su u mlijeku ovaca i koza zastupljenije masne kiseline kratkog lanca poput kapronske, kaprinske i kaprilne kiseline koje maslacima daju aromatičniji i pikantan okus „po kozi“ (Lee, 2020).

Boja maslaca je karakteristika koja u značajnoj mjeri ovisi o vrsti korištenog mlijeka, no unutar iste vrste na boju može utjecati i režim hranidbe muzne životinje. Žutu boju kravljem maslacu daju pigmenti iz skupine karotenoida, primarno prekursor vitamina A, beta-karoten (Vioque-Amor i sur., 2023). Ovim provitaminom osobito je bogata zelena paša (Buldo i Wiking, 2016), stoga je maslac proizveden od mlijeka goveda uzgajanih pašnim načinom držanja žući u usporedbi s onim

dobivenim od mlijeka krava hranjenih potpunim krmnim obrocima (O'Callaghan i sur., 2016). Zbog vrlo specifičnog metabolizma u malih preživača (ovaca i koza), beta-karoten unesen hranom ne akumulira se u mlijeku već se vrlo brzo pretvara u gotovo bezbojan vitamin A. Ovčje i kozje mlijeko kao i ostali mliječni proizvodi proizvedeni od tih vrsta mlijeka, poput maslaca, zbog nedostatne količine karotenoida izrazito su bijele boje (Lee, 2020; Silva i sur., 2023). Utjecaj na boju maslaca imaju, između ostaloga i veličina masnih globula vrhnja koje se koristi u proizvodnji maslaca (Vioque-Amor i sur., 2023). Ovčje i kozje mlijeko sadrži veći broj masnih globula, ali manjeg promjera od onih u kravljem mlijeku.

Tekstura maslaca obuhvaća niz svojstava poput mekoće, plastičnosti, konzistencije i topljivosti, no najbitnija proizvođačima, kao i samim potrošačima kada biraju proizvod koji žele konzumirati su upravo njegova čvrstoća i mazivost (Lis i sur., 2021). Na teksturu maslaca u velikoj mjeri utječu veličina masnih globula, udio mliječne masti i sastav masnih kiselina, koji mogu varirati obzirom na vrstu muzne životinje ili hranidbeni režim (Vioque-Amor i sur., 2023). Naime, kravlje je mlijeko bogatije zasićenim masnim kiselinama srednjeg i dugog lanca (palmitinska, laurinska, miristinska) što ga čini čvršćim (Lapčiková i sur., 2022), dok je maslac od kozjeg i ovčjeg mlijeka zbog prisustva više nezasićenih (oleinska) masnih kiselina i onih kratkog lanca (kaprinska, kapronska i kaprilna) mekše teksture (Lee, 2020). Osim toga, tekstura maslaca mijenja se zavisno o proizvodnim postupcima. Naime, trajanje pojedinog koraka i različiti temperaturni režimi tijekom procesa proizvodnje maslaca imaju utjecaj na oblik i veličinu masnih globula, strukturu mliječne masti, formiranje kristala mliječne masti kao i na njihovo povezivanje u čvrste kristalne strukture. Manji kristali nastali sporim hlađenjem vrhnja tijekom fizikalnog zrenja omogućuju glatku i kremastu teksturu, dok veći kristali nastali brzim hlađenjem mogu uzrokovati pojavu zrnatosti maslaca (Lis i sur., 2021).

U konačnici, uspoređivanje aromatskih spojeva, teksturnih i senzorskih svojstava kravljeg, kozjeg i ovčjeg maslaca pruža uvid u kompleksnost i raznolikost ovog tradicionalnog mliječnog proizvoda objašnjavajući utjecaj različitih izvora varijabilnosti na konačni proizvod. Osim toga, namjera je ovog istraživanja potaknuti svijest proizvođača o uvođenju takvih proizvoda na tržište kao i potrošača na njihovu konzumaciju.

2. HIPOTEZA, OPĆI I SPECIFIČNI CILJEVI RADA

Na osnovu analize dosadašnjih istraživanja, pretpostavka je ovog istraživanja da vrsta mlijeka kao i vrsta vrhnja, ovisno o stupnju fermentacije, mijenjaju kemijski sastav, teksturu, boju, aromatski profil i senzorska svojstva maslaca.

Cilj rada je ispitati utjecaj vrste mlijeka (kozje, kravlje, ovčje) kao i vrste vrhnja (slatko, fermentirano) na kemijski sastav, boju, aromatski profil, teksturna i senzorska svojstva maslaca.

Specifični ciljevi ovog istraživanja su:

- odrediti kemijski sastav maslaca (sadržaj vode, suhe tvari, mliječne masti, proteina, laktoze),
- odrediti boju maslaca (L^* , a^* i b^* vrijednost),
- odrediti instrumentalnu čvrstoću i rad pri rezanju kao mjere teksture maslaca,
- odrediti hlapljive aromatske spojeve kozjeg, kravljeg i ovčjeg maslaca proizvedenih od slatkog i fermentiranog vrhnja,
- odrediti senzorska svojstva maslaca primjenom deskriptivne kvantitativne analize,
- usporediti kemijski sastav, svojstva teksture i boje, hlapljive aromatske spojeve i senzorska svojstva maslaca proizvedenih od 3 vrste mlijeka (kozje, kravlje, ovčje) i 2 vrste vrhnja (slatko i fermentirano).

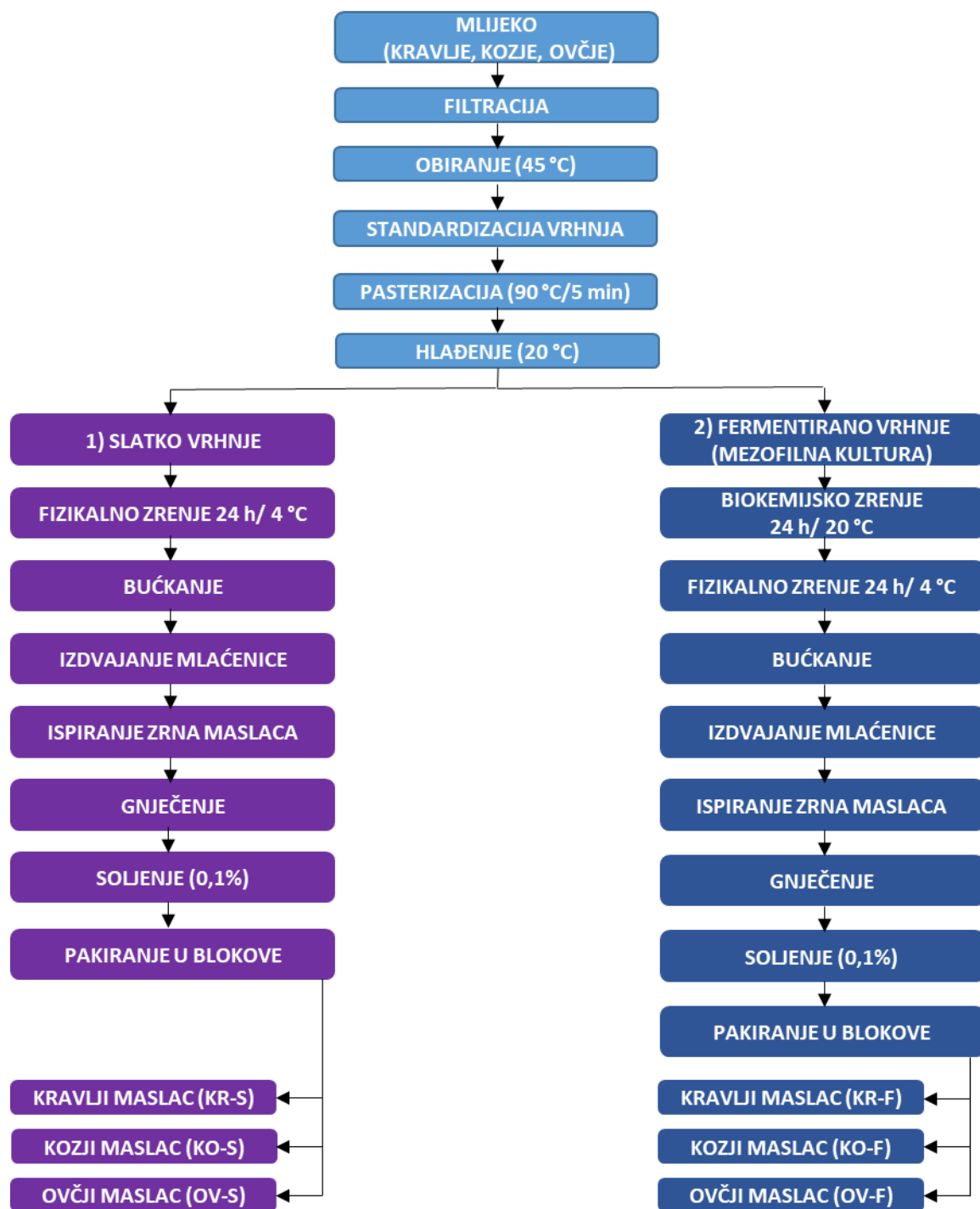
3. MATERIJALI I METODE RADA

3.1. PROIZVODNJA MASLACA

U okviru istraživanja u praktikumu Zavoda za mljekarstvo proizveden je maslac od kravljeg (80 kg), kozjeg (80 kg) i ovčjeg (50 kg) mlijeka nakon obiranja mliječne masti (vrhnja). Proces proizvodnje maslaca (slika 1) započeo je zagrijavanjem mlijeka na 45 °C te obiranjem vrhnja pomoću separatora (Elecrem 1, elecrem SAS, Francuska) kapaciteta 125 L pri čemu je izdvojeno 7 kg standardiziranog kozjeg, 6,7 kg kravljeg i 7,8 kg ovčjeg vrhnja sa 36% mliječne masti. Svaka vrsta vrhnja potom je pasterizirana na 90 °C u trajanju od 5 min te ravnomjerno podijeljena na 2 dijela ili prije bućkanja podvrgnuta sljedećim uvjetima:

- Slatko vrhnje podvrgnuto je fizikalnom zrenju na temperaturi 4 °C/48 h (KO-S: kozji maslac; KR-S: kravljji maslac; OV-S: ovčji maslac)
- Fermentirano vrhnje inokulirano je s mezofilnom mikrobnom kulturom (DVS, Sacco MW 030 R) u čijem je sastavu *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* i *Leuconostoc mesenteroides* i držano na biokemijskom zrenju na temperaturi 20 °C/24 h, a potom 24 h na fizikalnom zrenju na temperaturi 4 °C (KO-F: kozji maslac; KR-F: kravljji maslac; OV-F: ovčji maslac)

Uzorci maslaca proizvedeni su u bućkalici za maslac kapaciteta 5 L (Milky, Francuska). Zrna maslaca isprana su hladnom (4 °C) vodom u koju je neposredno prije gnječenja zrna maslaca dodana sol (0,1%). Završni korak u izradi maslaca bilo je gnječenje zrnca maslaca kako bi se uklonila zaostala mlaćenica i voda (slika 2). Na kraju, uzorci maslaca oblikovani su u blokove, pakirani u mast-nepropusan papir i pohranjeni na 4 °C do provedbe analiza.



Slika 1. Shematski prikaz tehnološkog procesa proizvodnje maslaca za potrebe istraživanja



a)



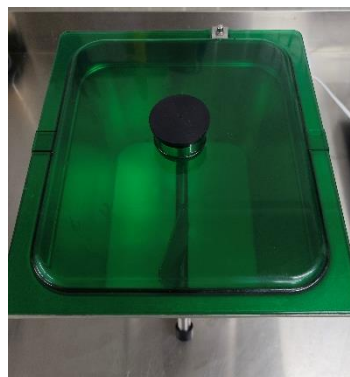
b)



c)



d)



e)



f)



g)



h)



i)

Slika 2. Postupak proizvodnje maslaca a) filtriranje i zagrijavanje mlijeka u sirarskom kotlu b) obiranje vrhnja c) toplinska obrada vrhnja d) fermentirano vrhnje nakon provedenog biokemijskog i fizikalnog zrenja e) bučkalica za izradu maslaca f) izdvajanje zrna maslaca mlaćenice g) ispiranje zrna maslaca h) gnječenje maslaca odnosno istiskivanje zaostale vode i) pakiranje maslaca u blokove (vlastiti izvor)

3.2. ANALIZE MASLACA

3.2.1. Kemijski sastav

U uzorcima maslaca 24 h nakon izrade i skladištenja na temperaturi 4°C određen je udio suhe tvari, vode, mliječne masti, proteina, laktoze i pH vrijednost. Sve analize provedene su u triplikatu primjenom metoda kako slijedi:

- i) Voda – referentnom metodom određivanja sadržaja vode, nemasnih krutina i masti prema normi HRN EN ISO 3727-1:2003.
- ii) Suha tvar – referentnom metodom određivanja sadržaja nemasnih krutina primjenom norme HRN EN ISO 3727-2:2003.
- iii) Mliječna mast – gravimetrijskom metodom prema međunarodnoj normi HRN EN ISO 17189:2008.
- iv) Protein – metodom po Kjeldahlu izračunavanjem sirovih proteina prema normi HRN EN ISO 8968-1:2014.
- v) Laktoza – modificiranom enzimskom metodom uz korištenje Enzytec Liquid Lactose/D-Glucose i Enzytec Liquid D-Glucose seta proizvođača R-Biopharm AG, Darmstadt, Njemačka, a temeljenoj na normi HRN ISO 5765-1:2003.

3.2.2. Boja

Mjerenja boje provedena su na površini bloka maslaca drugi dan nakon izrade. Na nasumičnim mjestima na površini maslaca izvršena su tri ponavljanja mjerenja pokazatelja boje L* (svjetlina), a* (crveno-zelena boja) i b* (žuto-plava boja) koristeći Minolta Chroma-Meter CR-410 (slika 3) sa 50 mm dijametarskim područjem mjerenja definiranim od strane Međunarodne komisije za iluminaciju (CIE, 1976.). CIELAB je univerzalno prihvaćen standard za specifikaciju boje, a sadrži tri temeljna aspekta:

- L* – svjetlina (sjaj) maslaca, koja može biti tamne do svijetle nijanse (*engl. lightness*)
- a* – spektar od zelene do crvene nijanse odnosno crvenilo (*engl. redness*)
- b* – spektar od plave do žute nijanse odnosno žutilo (*engl. yellowness*)

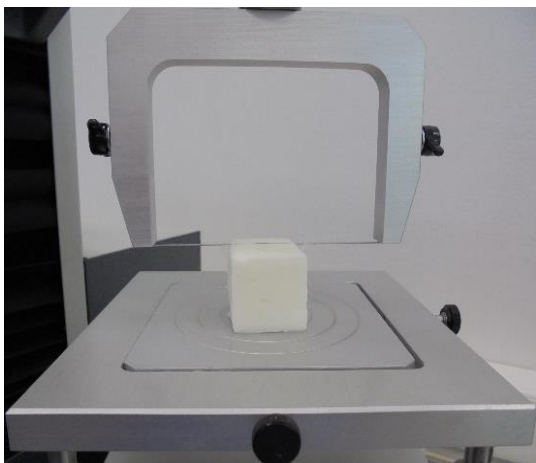


Slika 3. Minolta Chroma-Meter CR-410 uređaj za određivanje boje

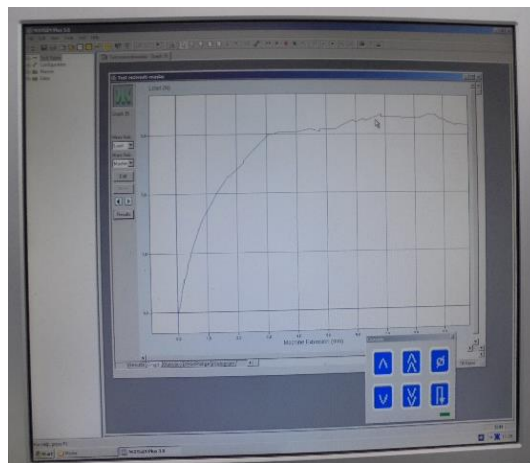
3.2.3. Tekstura

Za provođenje testa rezivosti maslaca korišten je teksturni analizator (TA Plus Lloyd Instruments, UK) opremljen s mjernom stanicom od 500 N (model XLC - 500-A1) u Institutu za jadranske kulture i melioraciju krša u Splitu. Maslac je nakon dostave u laboratorij bio pohranjen u rashladnoj vitrini na temperaturi od 10 °C tijekom 24 sata. Uzorci za mjerenje uzimani su s gornje strane maslaca cijelom dubinom pomoću svrdla kvadratnog profila zaoštrenog na vrhu kako bi se dobili uzorci kockastog oblika. Uzorci dobiveni cijelom dubinom, pomoću naprave za rezanje s tankom napetom čeličnom niti rezani su na dva manja uzorka oblika kocke dimenzije 28 x 28 x 28 mm. Nakon rezanja, uzorci su stavljeni u manje plastične kutije s poklopcem i ponovo vraćani na hlađenje u rashladnu vitrinu na temperaturu od 10°C tijekom sljedeća 24 sata.

Test rezivosti izvršen je pomoću alata s pravokutnim metalnim okvirom s napetom čeličnom niti na njegovom donjem dijelu (wire cutter probe; slika 4a) prema sljedećim softverskim postavkama: vrijednost pretestne sile okidača - 0,001 N, brzina kretanja alata – 0,5 mm/s i ekstenzija alata - 20 mm. Tijek kretanja alata je vidljiv u obliku krivulje (slika 4b) na grafikonu, a pomoću softvera Nexygen izračunati su rad pri rezanju i čvrstoća. Rad pri rezanju izražen u Nmm predstavlja ukupno izračunat rad tijekom testa (rezanja uzorka do dubine od 20 mm). Čvrstoća izražena u N predstavlja najveću vrijednost sile koja je postignuta tijekom testa.



a)



b)

Slika 4. a) Alat s pravokutnim metalnim okvirom i napetom čeličnom niti za provođenje testa rezivosti; b) oblik krivulje kao pokazatelj tijeka kretanja alata (vlastiti izvor)

3.2.4. Hlapljivi aromatski spojevi

3.2.4.1. Ekstrakcija hlapljivih spojeva pomoću HS-SPME

Analiza aromatskog profila maslaca provedena je korištenjem mikroekstrakcije čvrste faze i identificirane pomoću masene plinske kromatografije (HS-SPME/GC-MS) prema metodologiji Nogueira i sur. (2005.) uz manje prilagodbe. Na dan analize, uzorci su izvađeni iz hladnjaka te otopljeni na sobnoj temperaturi tijekom 30 minuta. Zatim je od svakog uzorka precizno odmjeren 1,00 g mase i stavljen u staklenu bočicu zapremine 15 ml. Bočice su postavljene na magnetsku miješalicu i uravnotežene pod sljedećim uvjetima: temperatura 60 °C, brzina miješanja 200 okretaja/min kroz 20 minuta. Nakon postizanja ravnoteže, provedena je ekstrakcija hlapljivih tvari korištenjem komercijalnog seta SPME vlakana s divinilbenzen/karboksen/polidimetilsiloksanom (DVB/CAR/PDMS 50/30 µm, Supelco), koji je bio pričvršćen na držač SPME vlakana (Supelco). Prije svake analize, vlakna su termički očišćena i kondicionirana u otvoru za ubrizgavanje GC, opremljenom odgovarajućim oblogom dizajniranim za upotrebu SPME (0,75 mm ID Straight/SPME Inlet Liner, Shimadzu), na temperaturi od 250 °C tijekom 30 minuta. Hlapljivi spojevi su ekstrahirani tijekom 45 minuta na temperaturi od 60 °C, s vlaknima uronjenim 1 cm iznad uzoraka i kontinuirano miješani brzinom od 200 okretaja u minuti.

3.2.4.2. GC-MS analiza

Vlakno s ekstrahiranim hlapljivim tvarima ručno je ubrizgano odmah nakon ekstrakcije u otvor za ubrizgavanje GC na temperaturi od 250 °C, koristeći način rada bez cijepanja (GC-MS QP2020 NX, Shimadzu). Hlapljivi spojevi su apsorbirani tijekom 10 minuta. Odvajanje je izvršeno na koloni Agilent DB-WAX (60 x 0,32 x 0,25) primjenom 57-minutnog temperaturnog programa kako slijedi: početna temperatura od 40 °C zadržana je 2 minute, nakon čega je postupno povećavana na 240 °C brzinom od 4 °C po minuti, te zadržana na 240 °C tijekom 5 minuta. Plin nosač korišten u koloni bio je helij s protokom od 1,0 ml/min. Radni uvjeti MS-a bili su sljedeći: ionizacija elektrona pri energetskej razini od 70 eV, temperatura izvora iona postavljena je na 200 °C, a temperatura sučelja na 250 °C. Ukupni ionski kromatogram je zabilježen u rasponu m/z 33,00 – 330,00.

Kvalitativna analiza hlapljivih spojeva temeljila se na: i) analizi njihovih spektara masa i retencijskog vremena, ii) redoslijedu ispiranja korištenjem literaturnih podataka te iii) usporedbi spektara mase sa spektrima izvornih standarda. Odgovarajući standardi razrijeđeni su u 96%-tnom etanolu i uzorci maslaca dodani su prije HS-SPME. Sadržaj svake identificirane hlapljive tvari izražen je kao omjer površine njenog vrha prema ukupnoj površini svih hlapljivih spojeva.

3.2.5. Senzorska analiza

Senzorske analiza uzoraka maslaca provedena je trećeg dana nakon proizvodnje maslaca primjenom modificirane kvantitativne opisne analize (QDA) pomoću 6 stručnih ocjenjivača (znanstveno-nastavno osoblje: 4 žene, 2 muškarca; dobi od 38 do 55 godina) odabranih i obučeni prema ISO 22935-1:2023. Pored toga, tijekom faze razvoja terminologije (8 h), ocjenjivači u panelu su se složili ocijeniti 5 grupa atributa: izgled, miris, teksturu, okus i aromu. Nakon faze razvoja terminologije, ocjenjivači su poučeni o kvantifikaciji odabranih pojmova i unutar-panelnoj kalibraciji kako bi se poboljšala dosljednost i ponovljivost koristeći određene opisne pojmove za izražavanje senzorskih svojstava. Senzorska analiza provedena je u Laboratoriju za senzorske analize poljoprivredno-prehrambenih proizvoda Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (slika 5a) opremljenom prema HRN ISO standardu 8589:2007 (tehnički uvjeti vezani za prostoriju: relativna vlažnost 50-55%, temperatura 20-22 °C, osvjetljenje od 4000 K i 500 luxa na radnom stolu). Sva svojstva su ocjenjivana pomoću Compusense softvera koristeći digitalni upitnik na

numeričkoj i unipolarnoj skali intenziteta od 0 do 9 za procjenu intenziteta ocjenjivanog svojstva, gdje nula znači "nije prisutno/nije izraženo", a 9 znači "izrazito prisutno/izrazito izraženo". Prije senzorske analize, istraživanje je odobrilo Etičko povjerenstvo Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu za senzorske analize poljoprivredno-prehrambenih proizvoda, a ocjenjivači su na početku ocjenjivanja prihvatili informirani pristanak.

U provedbi senzorske analize su pojedinačno kodirani uzorci troznamenkastom šifrom posluženi na sobnoj temperaturi u senzorskim kabinama. Uzorci maslaca su prezentirani u prozirnim plastičnim posudicama volumena 50 ml, a količina uzorka iznosila je oko 10 grama (dimenzije 2 x 2 x 2 cm). Uzorci su prezentirani u nasumičnom redoslijedu i uzet je u obzir prekid od 5 minuta između uzoraka i 30 minuta između dvije sesije. Ocjenjivači su koristili vodu, kruh i jabuke kao neutralizatore (slika 5b). Ukupno su održana tri zasjedanja, svako sa dvije sesije, a unutar svake sesije ocijenjena su dva uzorka maslaca iste vrste mlijeka i različite vrste vrhnja i jedan ponovljeni uzorak. Provjera učinkovitosti rada ocjenjivača uključivala je procjenu ponovljivosti (temeljenu na apsolutnim razlikama između ocjena dodijeljenih različitim svojstvima originalnog i ponovljenog uzorka), točnosti (temeljenu na apsolutnim razlikama između ocjena koje je svaki ocjenjivač dodijelio različitim svojstvima u usporedbi s medijanom ocjena panela) i preciznosti (sposobnosti izražavanja razlika među uzorcima).



a)



b)

Slika 5. a) Prostorija za senzorsko ocjenjivanje; b) Pripremljena radna jedinica za provedbu senzorske analize

3.2.6. Statistička obrada podataka

Statistička obrada podataka izvršena je korištenjem statističkog paketa SAS Studio 3.81 (SAS Institute, 2022). Procedura PROC MEANS je korištena u izračunu opisne statistike. Razlika u fizikalno-kemijskom sastavu (voda, suha tvar, mliječna mast, protein, laktoza, pH), boji (L^* , a^* , b^*) i teksturi (čvrstoća i rad pri rezanju) te aromatski profil u maslacu utvrđena je primjenom analize varijance s dva promjenjiva faktora pomoću procedure PROC GLM s Tukey post-hoc testom. Fiksni utjecaji bili su vrsta mlijeka (kozje, kravlje, ovčje) i vrsta vrhnja s obzirom na fermentaciju (slatko, fermentirano). Procedura PROC MIXED s Tukey post-hoc testom je korištena u analizi rezultata senzorske analize s vrstom mlijeka i vrstom vrhnja kao fiksnim utjecajima te ocjenjivačem kao slučajnim utjecajem. Procedura PROC PRINCOMP je korištena u provedi analize glavnih komponenti (PCA) na korelacijskoj matrici uz primjenu ortogonalne VARIMAX rotacije za redistribuciju varijance.

4. REZULTATI

4.1. KEMIJSKI SASTAV

U tablici 1 prikazane su vrijednosti kemijskog sastava maslaca ovisno o vrsti mlijeka (kozje, kravlje, ovčje) i vrsti vrhnja (slatko, fermentirano) od kojeg su maslaci proizvedeni.

Tablica 1. Utjecaj vrste mlijeka i vrhnja na kemijska svojstva maslaca

Svojstvo (g/100 g)	Vrsta mlijeka	Tretman / Vrsta vrhnja		Značajnost
		Slatko LSM $\pm$ SD	Fermentirano LSM $\pm$ SD	
Voda	Kozje	17,85 $\pm$ 1,27 ^a	13,87 $\pm$ 0,89 ^c	***
	Kravlje	17,86 $\pm$ 1,05 ^a	17,55 $\pm$ 0,88 ^a	NS
	Ovčje	13,16 $\pm$ 0,16 ^b	16,07 $\pm$ 1,19 ^b	***
Suha tvar	Kozje	82,15 $\pm$ 1,27 ^b	86,13 $\pm$ 0,89 ^a	***
	Kravlje	82,14 $\pm$ 1,05 ^b	82,45 $\pm$ 0,88 ^c	NS
	Ovčje	86,84 $\pm$ 0,16 ^a	83,93 $\pm$ 1,19 ^b	***
Mliječna mast	Kozje	80,88 $\pm$ 0,06 ^b	83,17 $\pm$ 0,23 ^a	***
	Kravlje	79,76 $\pm$ 0,03 ^c	79,76 $\pm$ 0,09 ^c	NS
	Ovčje	85,27 $\pm$ 0,06 ^a	81,14 $\pm$ 0,06 ^b	***
Protein	Kozje	0,36 $\pm$ 0,01 ^c	0,83 $\pm$ 0,10 ^c	***
	Kravlje	0,59 $\pm$ 0,04 ^a	1,29 $\pm$ 0,06 ^a	***
	Ovčje	0,48 $\pm$ 0,04 ^b	1,13 $\pm$ 0,12 ^b	***
Laktoza	Kozje	0,24 $\pm$ 0,001 ^b	0,35 $\pm$ 0,001 ^b	***
	Kravlje	0,48 $\pm$ 0,01 ^a	0,37 $\pm$ 0,004 ^a	***
	Ovčje	0,24 $\pm$ 0,001 ^b	0,15 $\pm$ 0,004 ^c	***

^{abc} vrijednosti svojstva unutar tretmana označena različitim slovima označavaju značajnu razliku između vrste mlijeka (P<0,05)

*** vrijednosti unutar reda označavaju značajnu razliku između tretmana (***P<0,001); NS – nije značajno

Utvrđen je značajan utjecaj vrste mlijeka (P<0,05) i vrste vrhnja (P<0,001) na kemijski sastav maslaca. Maslac proizveden od ovčjeg slatkog vrhnja ima značajno (P<0,05) manji udio vode u usporedbi s maslacima proizvedenim od kravljeg ili kozjeg slatkog vrhnja. Također, isti maslac

sadrži značajno ($P<0,05$) veći udio mliječne masti u usporedbi s preostalim vrstama maslaca. Nasuprot tome, kozji maslaci od fermentiranog vrhnja imali su veći udio suhe tvari i mliječne masti u usporedbi s kravljim i ovčjim maslacima. Udio proteina u maslacu varirao je ovisno o vrsti mlijeka, pri čemu su maslaci proizvedeni od kravljeg mlijeka imali najveći udio proteina. Povrh toga, za sve 3 vrste maslaca utvrđen je značajno veći udio proteina u onih proizvedenih od fermentiranog vrhnja u usporedbi s onima proizvedenih od slatkog vrhnja. Općenito, neovisno o vrsti mlijeka od kojeg je proizveden, maslac je proizvod sa smanjenim udjelom laktoze ($<1,00$ g/100 g). Pritom, kravljji je maslac sadržavao značajno veći ($P<0,05$) udio laktoze u usporedbi s kozjim i ovčjim, bez obzira na vrstu vrhnja.

Vrsta vrhnja korištena u proizvodnji maslaca značajno ($P<0,001$) je utjecala na njegov kemijski sastav. Korištenjem različitih vrsta vrhnja, vrijednosti udjela vode, suhe tvari i mliječne masti značajno su se razlikovale kod maslaca proizvedenih od kozjeg i ovčjeg mlijeka, dok kod maslaca proizvedenih od kravljeg mlijeka nisu utvrđene značajne razlike. Ovčji maslac od fermentiranog mlijeka, za razliku od kozjeg i kravljeg maslaca, sadržavao je veći udio vode te manji udio suhe tvari i mliječne masti nego maslac proizveden od slatkog vrhnja. Vrijednosti udjela proteina i laktoze ovisno o vrsti vrhnja značajno su se razlikovale između svih vrsta mlijeka. Maslaci proizvedeni od fermentiranog mlijeka pokazali su veće vrijednosti udjela proteina (0,83 do 1,29 g/100g) u odnosu na one proizvedene od slatkog vrhnja (0,36 do 0,59 g/100g). Maslaci proizvedeni od slatkog vrhnja sadržavali su veći udio laktoze (0,24 do 0,48 g/100g) u usporedbi s maslacima proizvedenim od fermentiranog vrhnja (0,15 do 0,37 g/100g), uz iznimku kozjeg maslaca (0,24 g/100g u maslacu proizvedenom od slatkog vrhnja te 0,35 g/100g u maslacu od fermentiranog vrhnja).

4.2. BOJA

U tablici 2 prikazane su vrijednosti svjetline ili sjaja (L^* vrijednost) maslaca, crvenila (a^* vrijednost) i žutila (b^* vrijednost) maslaca zavisno o vrsti mlijeka (kozje, kravlje, ovčje) i vrsti vrhnja (slatko, fermentirano) od kojeg su maslaci proizvedeni.

Tablica 2. Utjecaj vrste mlijeka i vrhnja na pokazatelje boje maslaca

Pokazatelj boje	Vrsta mlijeka	Tretman / Vrsta vrhnja		Značajnost
		Slatko LSM $\pm$ SD	Fermentirano LSM $\pm$ SD	
L*	Kozje	96,91 $\pm$ 0,44 ^a	96,82 $\pm$ 0,67 ^a	NS
	Kravlje	94,99 $\pm$ 0,31 ^b	94,16 $\pm$ 0,59 ^c	NS
	Ovčje	97,27 $\pm$ 0,40 ^a	95,32 $\pm$ 0,54 ^b	***
a*	Kozje	-5,71 $\pm$ 0,06 ^c	-5,16 $\pm$ 0,02 ^c	***
	Kravlje	-2,84 $\pm$ 0,05 ^a	-2,70 $\pm$ 0,03 ^a	***
	Ovčje	-3,59 $\pm$ 0,04 ^b	-3,80 $\pm$ 0,07 ^b	***
b*	Kozje	18,35 $\pm$ 0,21 ^b	16,86 $\pm$ 0,10 ^b	***
	Kravlje	24,85 $\pm$ 0,55 ^a	24,93 $\pm$ 0,42 ^a	NS
	Ovčje	10,84 $\pm$ 0,55 ^c	11,97 $\pm$ 0,22 ^c	***

^{abc} vrijednosti svojstva unutar tretmana označena različitim slovima označavaju značajnu razliku između vrste mlijeka (P<0,05)

*** vrijednosti unutar reda označavaju značajnu razliku između tretmana (***P<0,001); NS – nije značajno

Svjetlina (L*) maslaca se značajno razlikovala između vrsta mlijeka pri čemu se ističe značajno svjetlija boja maslaca od kozjeg i ovčjeg mlijeka u odnosu na kravlje. Nadalje, vrsta mlijeka imala je značajan (P<0,05) utjecaj na vrijednosti crvenila (a*) i žutila (b*) bez obzira na vrstu vrhnja. Naime, najcrveniji su bili uzorci maslaca proizvedeni od kravljeg mlijeka (a* = -2,84 maslaca od slatkog vrhnja do -2,70 u fermentiranom maslacu). Kozji je maslac pak pokazao najmanji intenzitet crvene boje budući da je vrijednost a* iznosila od -5,16 do -5,71. Najveća vrijednost b* odnosno intenzitet žute boje utvrđen je u uzorcima kravljih maslaca dok je najmanja vrijednost utvrđena za ovčje maslance. Vrsta vrhnja imala je značajan (P<0,001) utjecaj na L* vrijednosti kod ovčjeg mlijeka, a* vrijednosti kod sva tri vrsta mlijeka i b* vrijednosti kod kozjeg i ovčjeg mlijeka. Pritom su maslaci proizvedeni od ovčjeg slatkog vrhnja bili svjetliji i manje žuti u odnosu na maslance iz fermentiranog vrhnja. Za razliku od tog, kozji maslaci od slatkog vrhnja bili su žući u odnosu na maslance iz fermentiranog vrhnja.

4.3. TEKSTURA

U tablici 3 prikazane su vrijednosti čvrstoće i rada pri rezanju maslaca instrumentalno određene kao mjere teksture zavisno o vrsti mlijeka (kozje, kravlje, ovčje) i vrsti vrhnja (slatko, fermentirano) od kojeg je maslac proizveden.

Tablica 3. Utjecaj vrste mlijeka i vrhnja na svojstva teksture maslaca

Svojstvo	Vrsta mlijeka	Tretman / Vrsta vrhnja		Značajnost
		Slatko LSM $\pm$ SD	Fermentirano LSM $\pm$ SD	
Čvrstoća	Kozje	2,58 $\pm$ 0,56 ^c	2,58 $\pm$ 0,50 ^c	NS
	Kravlje	7,21 $\pm$ 1,91 ^a	7,74 $\pm$ 1,60 ^a	NS
	Ovčje	4,63 $\pm$ 0,43 ^b	4,42 $\pm$ 0,27 ^b	NS
Rad pri rezanju	Kozje	41,15 $\pm$ 11,32 ^c	40,60 $\pm$ 6,88 ^c	NS
	Kravlje	110,62 $\pm$ 25,76 ^a	103,39 $\pm$ 46,20 ^a	NS
	Ovčje	77,41 $\pm$ 4,42 ^b	73,79 $\pm$ 6,90 ^b	NS

^{abc} vrijednosti svojstva unutar tretmana označena različitim slovima označavaju značajnu razliku između vrste mlijeka (P<0,05); NS – nije značajno

Utvrđene vrijednosti čvrstoće i rada pri rezanju maslaca ukazuju na značajne razlike između vrsta mlijeka (kozje, kravlje, ovčje) s razinom značajnosti P<0,05, bez obzira na vrstu vrhnja. Čvrstoća kozjeg maslaca iznosi 2,58 N, ovčjeg 4,63 N, dok je za kravlju iznosila 7,21 N kada se u proizvodnji koristilo slatko vrhnje. Slične vrijednosti utvrđene su za maslace izrađene od fermentiranog mlijeka. Navedeni rezultati pokazuju da je najčvršći kravljji maslac, dok je najmekši kozji maslac. Isti trend uočava se i za vrijednosti rada pri rezanju, gdje su najveće vrijednosti (103,39 - 110,62 Nmm) izmjerene za kravljji maslac, dok maslac proizveden od kozjeg mlijeka pokazuje najniže vrijednosti (40,60 - 41,15 Nmm). Vrsta fermentacije nije imala značajan utjecaj na instrumentalne pokazatelje teksture maslaca.

4.4. HLAPLJIVI AROMATSKI SPOJEVI

Tablica 4 prikazuje rezultate analize hlapljivih aromatskih spojeva u uzorcima maslaca. Identificirano je ukupno 183 hlapljiva aromatska spoja podijeljenih u 12 skupina kako slijedi: ketoni (14), terpeni (8), kiseline (23), alifatski ugljikovodici (22), alkoholi (24), aldehidi (9), laktoni (9), aromatski ugljikovodici (11), esteri (26), eteri (5), amidi (8), ostali aromatski spojevi (23).

Tablica 4. Prosječni udio (%) distribucije kemijskih skupina aromatskih spojeva u uzorcima maslaca

Skupina aromatskih spojeva	Tretman					
	KO-S	KO-F	KR-S	KR-F	OV-S	OV-F
Ketoni (14)	15,50 ^{A,a}	1,82 ^{Z,b}	4,94 ^B	4,81 ^Y	6,24 ^{B,b}	13,53 ^{X,a}
Terpeni (8)	0,46	0,28	0,44	0,00	0,04	0,30
Kiseline (23)	42,78 ^{B,b}	63,21 ^{X,a}	52,97 ^{A,a}	38,52 ^{Y,b}	35,50 ^{C,b}	39,49 ^{Y,a}
Alifatski ugljikovodici (22)	5,11 ^B	4,88 ^X	4,87 ^{B,b}	11,43 ^{Y,a}	13,56 ^{A,a}	6,90 ^{X,b}
Alkoholi (24)	13,57 ^{B,a}	4,45 ^{Z,b}	4,62 ^{C,b}	15,98 ^{X,a}	18,61 ^{A,a}	9,80 ^{Y,b}
Aldehidi (9)	0,62	0,33	0,83	0,79	1,76	1,54
Laktoni (9)	9,43 ^B	9,28 ^Y	23,6 ^{A,a}	15,59 ^{X,b}	8,85 ^{B,a}	4,42 ^{Z,b}
Aromatski ugljikovodici (11)	3,61	2,08	2,66	3,36	3,31	3,17
Esteri (26)	5,18 ^{B,b}	8,11 ^{X,a}	0,82 ^C	2,97 ^Y	11,58 ^{A,a}	8,61 ^{X,b}
Eteri (5)	1,82	0,00	0,00	0,08	0,19	0,53
Amidi (8)	0,67	0,53	0,94	0,91	0,00	0,69
Ostali spojevi (23)	1,23 ^{AB,b}	5,23 ^{Y,a}	3,29 ^A	5,42 ^Y	0,36 ^{B,b}	11,02 ^{X,a}

KO-S – uzorci kozjeg maslaca od slatkog vrhnja; KO-F – uzorci kozjeg maslaca od fermentiranog vrhnja; KR-S – uzorci kravljeg maslaca od slatkog vrhnja; KR-F – uzorci kravljeg maslaca od fermentiranog vrhnja; OV-S – uzorci ovčjeg maslaca od slatkog vrhnja; OV-F – uzorci ovčjeg maslaca od fermentiranog vrhnja; nd - nije detektiran; ^{ABC} – vrijednosti svojstva unutar tretmana maslaca od slatkog vrhnja (KO-S, KR-S, OV-S) označena različitim slovima označavaju značajnu razliku između vrste mlijeka ($P < 0,05$); ^{XYZ} – vrijednosti svojstva unutar tretmana maslaca od fermentiranog vrhnja (KO-F, KR-F, OV-F) označena različitim slovima označavaju značajnu razliku između vrste mlijeka ($P < 0,05$); ^{a,b} – vrijednosti svojstva unutar iste vrste mlijeka označavaju značajnu razliku između vrsta vrhnja ($P < 0,05$)

Najbogatiji sastav hlapljivih spojeva utvrđen je u uzorcima KR-F s ukupno 62 spoja, dok je najmanje hlapljivih aromatskih spojeva, njih 46, utvrđeno u OV-S uzorcima. Skupina kiselina činila je najveći udio hlapljivih aromatskih spojeva u svim analiziranim uzorcima maslaca (35,5 -

63,21%). Uzorci KOZ-S sadržavali su visoke udjele ketona (15,5%), alkohola (13,57%) i laktone (9,43%), dok je uzorak KOZ-F imao najviše laktone (9,28%) i estera (8,11%). U uzorcima KR-S i KR-F utvrđen je najveći udio laktone (23,6%; 15,59%), dok su u uzorcima KR-F detektirani visoki udjeli alkohola (15,98%) i alifatskih ugljikovodika (11,43%). Uzorci OV-S osim kiseline sadržavali su visoke udjele aldehida (18,61%), alkohola (13,56%) i estera (11,58%), dok su u OV-F uzorcima uz kiseline, ketone (13,53%) i aldehide (9,80%) otkrivene najveće količine aromatskih spojeva svrstanih u ostale spojeve (11,02%).

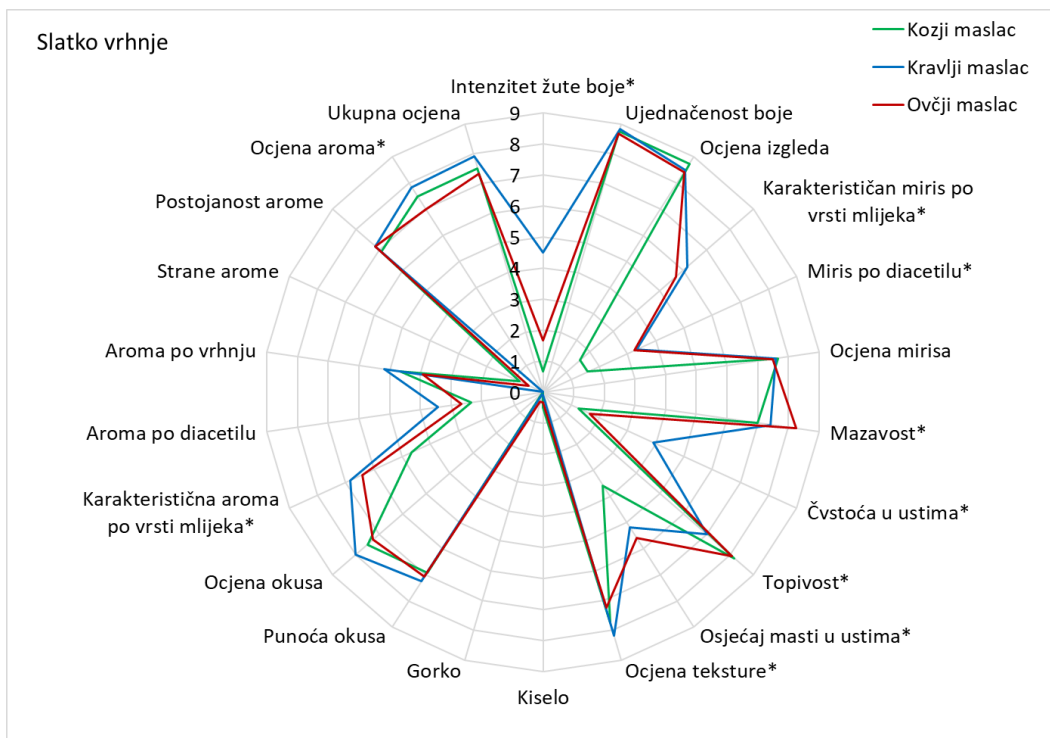
U provedenom istraživanju su utvrđene značajne razlike ($P < 0,05$) u udjelima ketona, kiseline, alifatskih ugljikovodika, alkohola, laktone, estera i spojeva svrstanih u skupinu ostalih aromatskih spojeva ovisno o vrsti mlijeka (kozje, kravljje, ovčje) i vrsti vrhnja (slatko, fermentirano) korištenih u proizvodnji maslaca. Analize nisu pokazale značajne razlike u udjelima terpena, aldehida, aromatskih ugljikovodika, etera i amida među uzorcima maslaca.

4.5. SENZORSKA SVOJSTVA

Primjenom kvantitativne deskriptivne analize s 16 opisnih svojstava i 6 ocjena kvalitete provedena je senzorska analiza kozjih, kravljih i ovčjih maslaca proizvedenih iz slatkog i fermentiranog vrhnja. Brojčani podaci senzorske analize izraženi tablično nalaze se u Prilogu 13 i 14, dok su vizualni rezultati prikazani u obliku radarskih grafikona. Dodatno su na grafikonima zvjezdicama označena svojstva i ocjene kvalitete koji se statistički značajno razlikuju s obzirom na vrstu mlijeka.

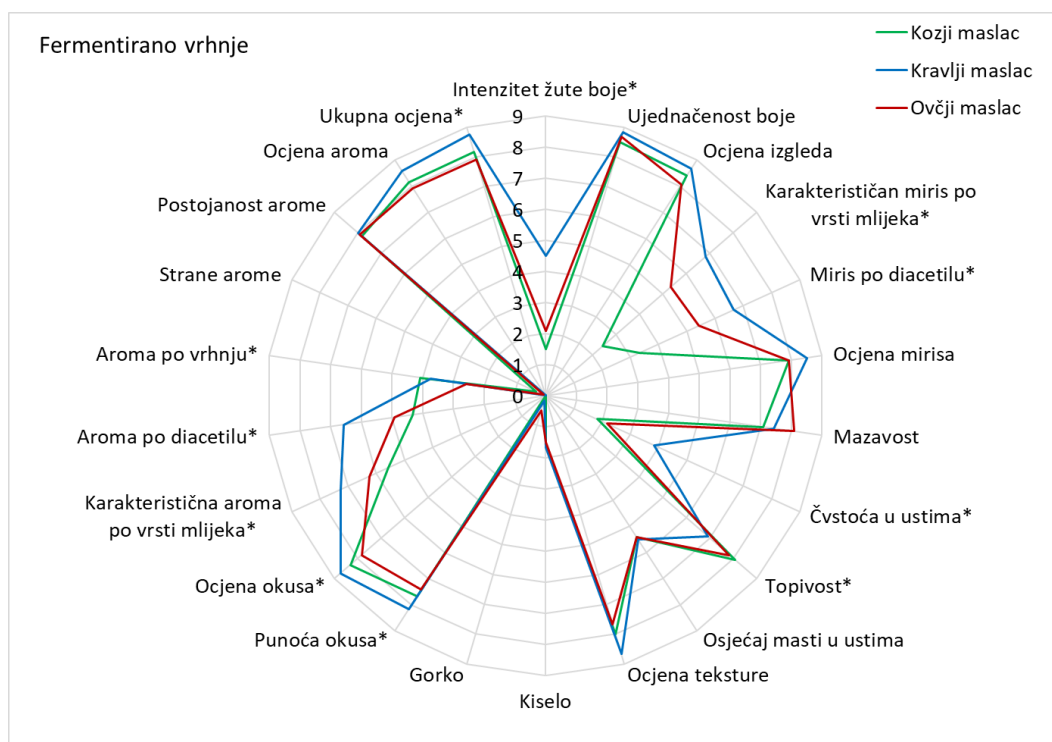
Na slici 6 prikazan je radarski grafikon rezultata senzorske analize kozjeg (zeleni linija), kravljeg (plava linija) i ovčjeg maslaca (crvena linija) napravljenih od slatkog vrhnja. Utvrđene su statistički značajne razlike ($p < 0,05$) između vrsta mlijeka u 8 opisnih svojstava i dva svojstva kvalitete. Pritom se ističe značajno veći intenzitet žute boje i čvrstoća u ustima kravljeg maslaca u odnosu na kozji i ovčji maslac, dok je topivost bila značajno manja. Karakterističan miris i aroma po vrsti mlijeka, miris po diacetilu i osjećaj masti u ustima bili su značajno manji kod kozjeg maslaca u odnosu na kravljji i ovčji maslac. Ovčji maslac je bio okarakteriziran sa značajno većom mazavosti u odnosu na kozji maslac, ali ne i u odnosu na kravljji. Gledajući ocjene kvalitete, jedino su ocjena teksture i ocjena aroma bile značajno veće kod kravljeg u odnosu na ovčji maslac, dok se druge ocjene kvalitete nisu značajno razlikovale između maslaca. Na slici 6 je vidljivo da su

najveće vrijednosti dodijeljene kravljem maslacu za punoću okusa i ocjenu okusa, izraženost arome po diacetilu i vrhnju kao i za ukupnu ocjenu, ali navedena razlika nije bila statistički značajna ($p>0,05$).



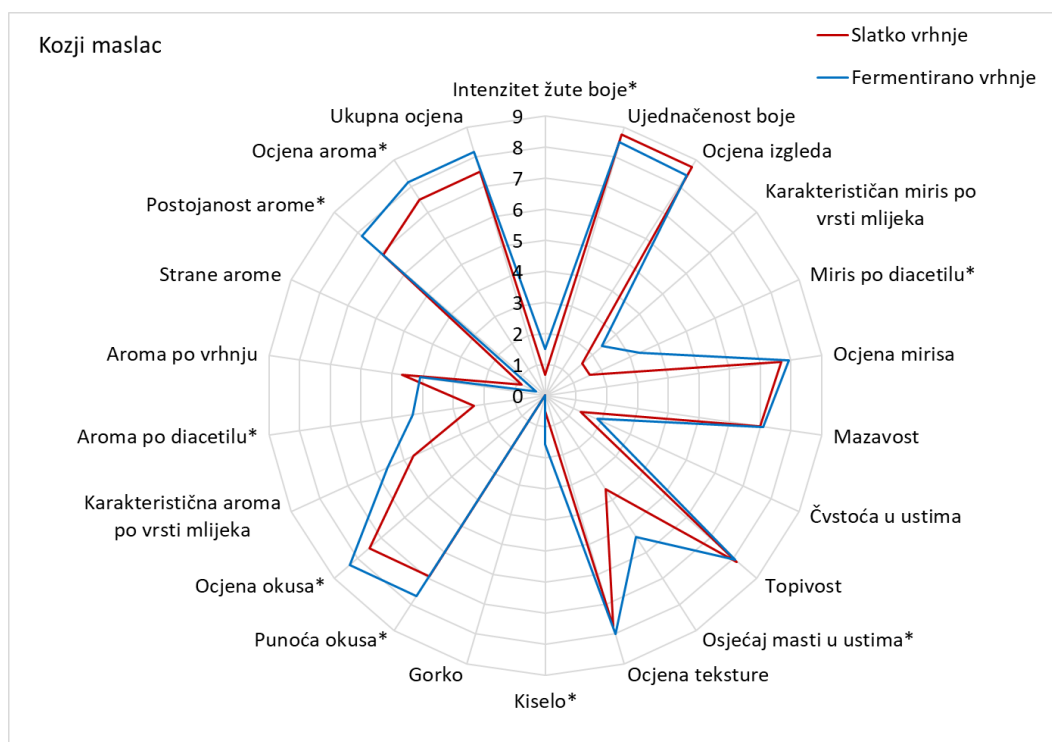
Slika 6. Grafički prikaz senzorskih svojstava kozjeg, kravljeg i ovčjeg maslaca proizvedenih iz slatkog vrhnja

Na slici 7 prikazan je radarski grafikon rezultata senzorske analize kozjeg (zelena linija), kravljeg (plava linija) i ovčjeg maslaca (crvena linija) napravljenih od fermentiranog vrhnja. Istraživanjem su utvrđene statistički značajne razlike ($p<0,05$) između vrsta mlijeka u 9 opisnih svojstava i dva svojstva kvalitete. Kao i kod maslaca iz slatkog vrhnja, kravljji maslac iz fermentiranog vrhnja ima je znatno veći intenzitet boje i čvrstoće u ustima u odnosu na kozji i ovčji maslac, dok je karakteristična aroma po vrsti mlijeka i aroma po diacetilu bila značajno veća samo u odnosu na kozji maslac. Karakterističan miris za vrstu mlijeka i miris po diacetilu bili su značajno manji kod kozjeg maslaca u odnosu na kravljji i ovčji. Topivost kravljeg maslaca bila je značajno manja u odnosu na kozji, dok je kozji maslac imao izraženiju aromu po vrhnju u odnosu na ovčji maslac. Naposljetku, punoća okusa, ocjena okusa i ukupna ocjena bili su značajno veći kod kravljeg maslaca u odnosu na ovčji.



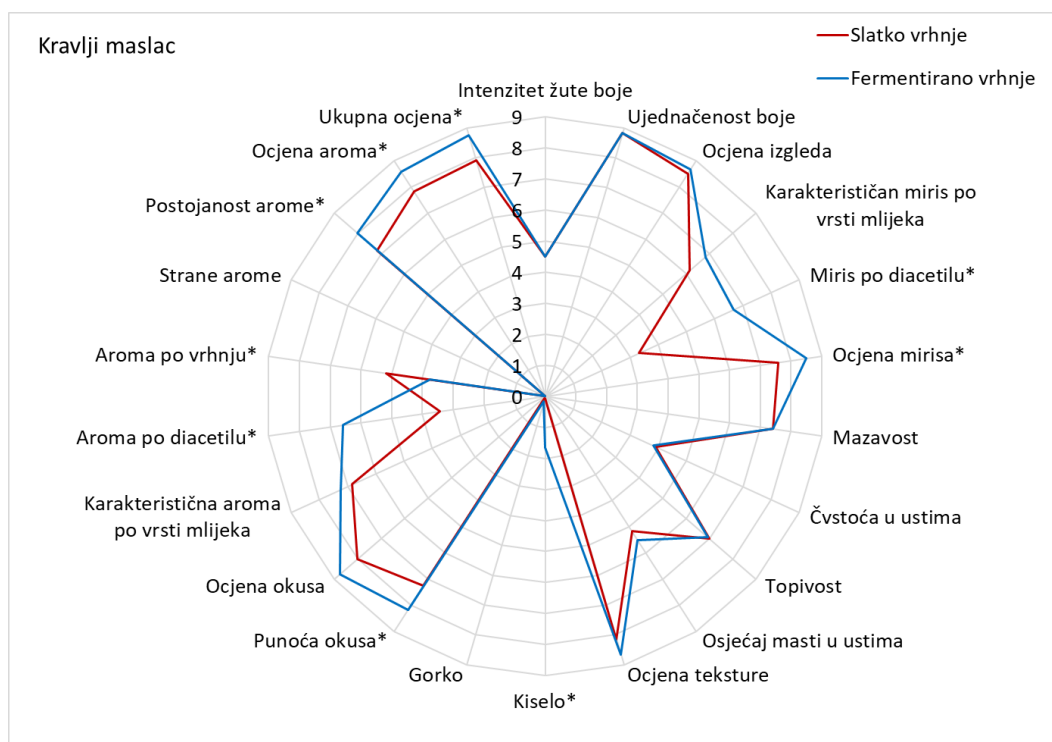
Slika 7. Grafički prikaz senzorskih svojstava kozjeg, kravljeg i ovčjeg maslaca proizvedenih iz fermentiranog vrhnja

Na slici 8 prikazan je radarski grafikon rezultata senzorske analize kozjeg maslaca napravljenog od slatkog (crvena linija) i fermentiranog vrhnja (plava linija). Statističkom obradom je utvrđeno da je kozji maslac od fermentiranog vrhnja imao je značajno veći intenzitet žute boje, miris i arome po diacetilu, izraženiji osjećaj masti u ustima, veću kiselost i punoću okusa, kao i veću postojanost arome ($p < 0,05$). Promatrajući ocjene kvalitete, kozji maslac od fermentiranog vrhnja imao je značajno veću ocjenu okusa i ocjenu arome ($p < 0,05$), dok se ostale ocjene nisu značajno razlikovale između vrsta vrhnja.



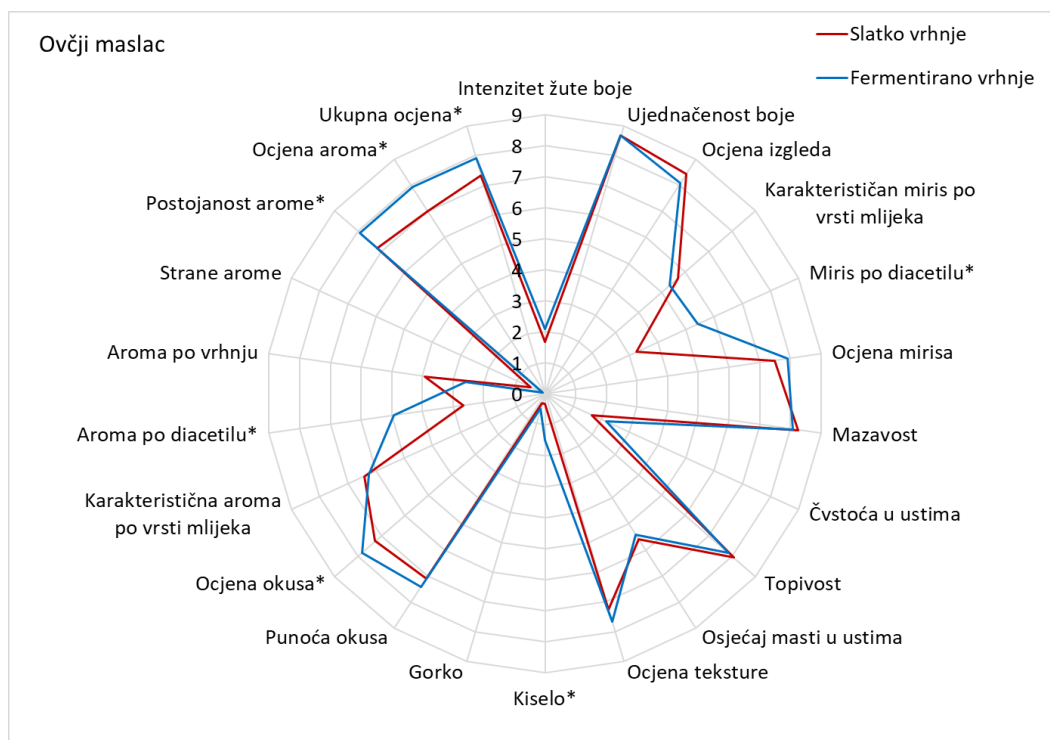
Slika 8. Grafički prikaz senzorskih svojstava kozjeg maslaca proizvedenog iz slatkog i fermentiranog vrhnja

Na slici 9 prikazan je radarski grafikon rezultata senzorske analize kravljeg maslaca napravljenog od slatkog (crvena linija) i fermentiranog vrhnja (plava linija). Obradom podataka je utvrđeno da su miris i aroma po diacetilu, kiselost i punoća okusa te postojanost arome bili značajno izraženiji kod fermentiranog vrhnja ($p < 0,05$), dok je jedino aroma po vrhnju bila značajno izraženija kod slatkog vrhnja. Pored toga, ocjena mirisa i arome kao i ukupna ocjena bili su značajno veći ($p < 0,05$) kod maslaca od fermentiranog vrhnja. Iako su dodijeljene veće ocjene izgleda, teksture i okusa nisu utvrđene statistički značajne razlike između vrsta vrhnja ($p > 0,05$).



Slika 9. Grafički prikaz senzorskih svojstava kravljeg maslaca proizvedenog iz slatkog i fermentiranog vrhnja

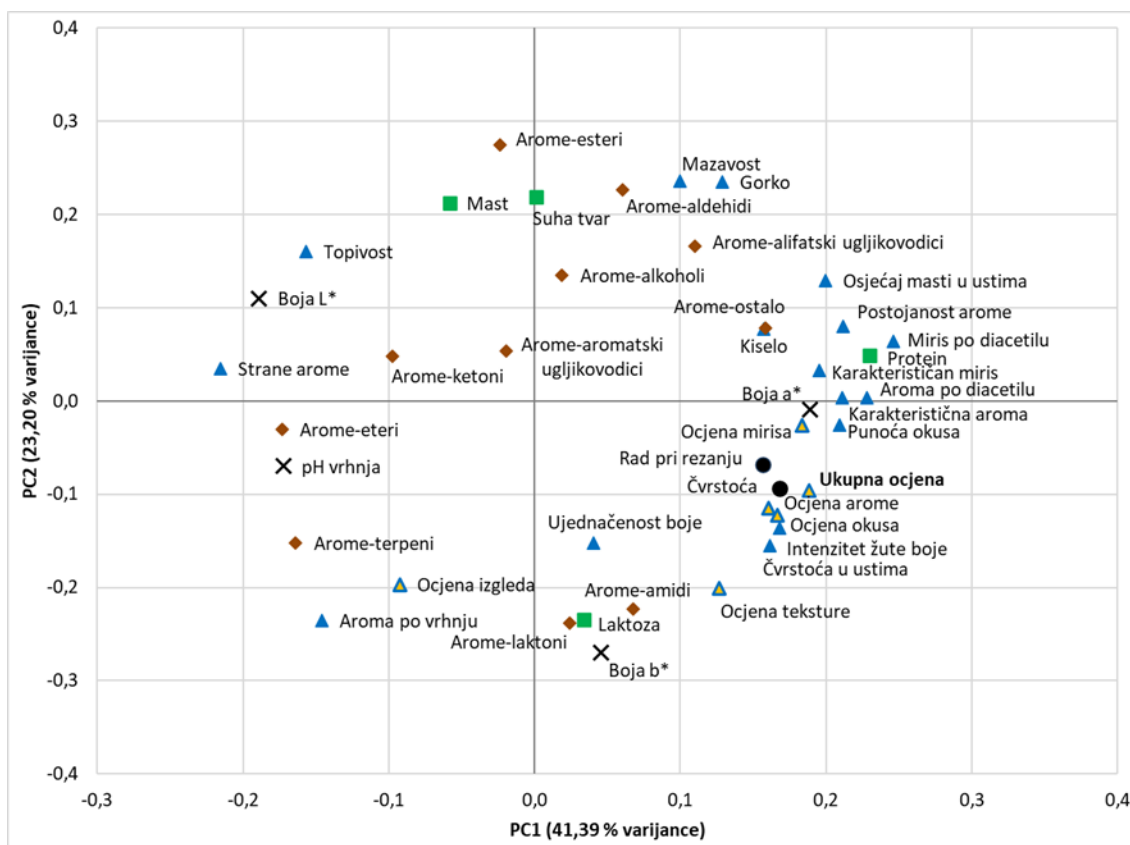
Na slici 10 prikazan je radarski grafikon rezultata senzorske analize ovčjeg maslaca napravljenog od slatkog (crvena linija) i fermentiranog vrhnja (plava linija). Značajno veće vrijednosti mirisa i arome po diacetilu, kiselosti i postojanosti arome utvrđene su kod maslaca iz fermentiranog vrhnja ($p < 0,05$), a zbog čega su ocjene okusa i arome kao i ukupna ocjena bile veće nego kod maslaca iz slatkog vrhnja ($p < 0,05$). Istraživanjem su utvrđena vrlo ujednačena svojstva izgleda i teksture kod ovčjih maslaca iz obje vrste vrhnja, te se jedino ističe veća vrijednost arome po vrhnju kod maslaca iz slatkog vrhnja, ali dobivena razlika nije bila statistički značajna ($p > 0,05$).



Slika 10. Grafički prikaz senzorskih svojstava ovčjeg maslaca proizvedenog iz slatkog i fermentiranog vrhnja

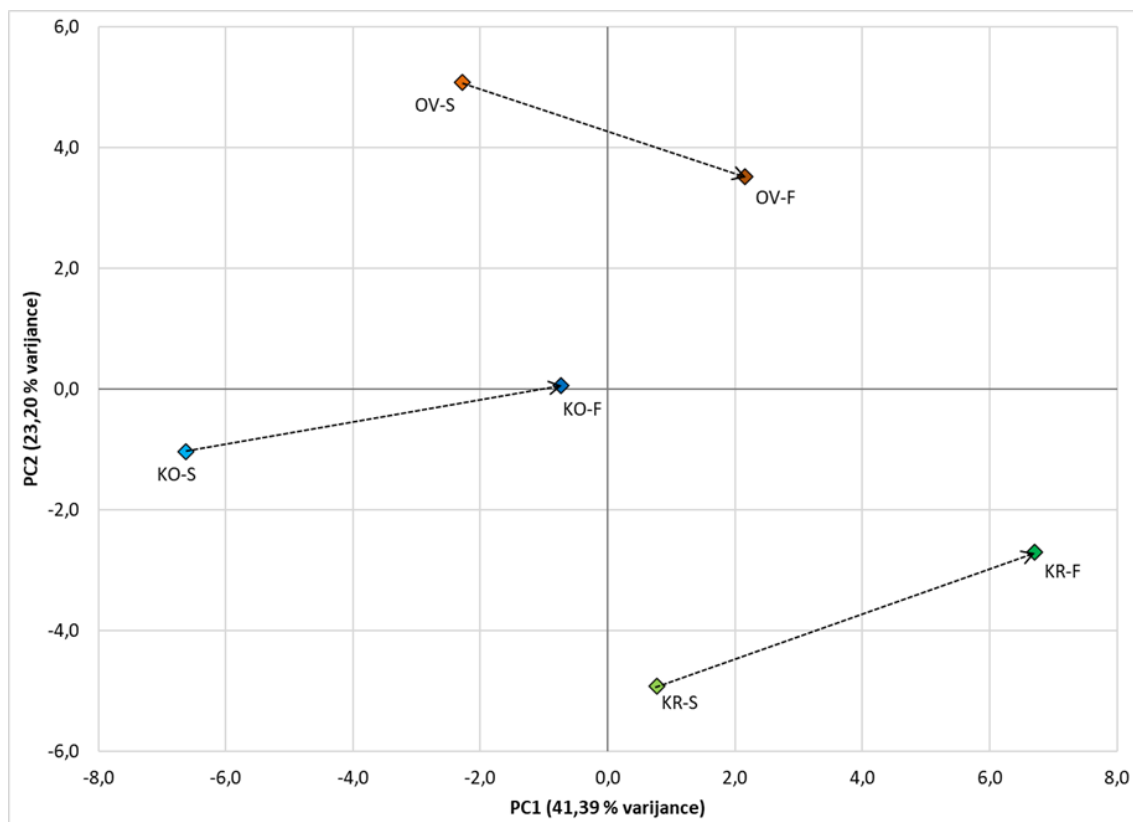
4.6. ANALIZA GLAVNIH KOMPONENTI

Na slici 11 prikazani je projekcija pojedinih originalnih varijabli prema rezultatima analize glavnih komponenti (PCA) u novostvorenoj prvoj (PC1) i drugoj (PC2) glavnoj komponenti. Pritom je utvrđeno da su prve dvije glavne komponente objasnile 64,59 % varijance (PC1 = 41,39 %, PC2 = 23,20 %). Najveći doprinos u definiranju pozitivnog dijela PC1 imala su svojstva: miris po diacetilu, sadržaj proteina, aroma po diacetilu, postojanost arome, karakterističan miris i aroma te punoća okusa. Nasuprot tome, najveći negativan doprinos na PC1 imala su svojstva: strane arome, svjetlina L*, pH vrijednost vrhnja, sadržaj aromatskih spojeva etera i terpena. Druga glavna komponenta (PC2) bila je najviše određena s pozitivnim doprinosom sadržaja aromatskih spojeva estera i aldehida, sadržajem suhe tvari i masti, ali i mazavosti maslaca i gorkog okusa (slika 11). Najveći negativni doprinos PC2 komponenti imali su žutilo maslaca b*, sadržaj aromatskih spojeva laktona i amida, sadržaj laktoze, ali i senzorski određena aroma vrhnja.



Slika 11. Projekcija varijabli kemijskog sastava, svojstava boje i teksture, grupiranih skupina aromatskih spojeva i senzorskih svojstava u ravnini definiranoj s prve dvije glavne komponente (PC1 i PC2)

Na slici 12 prikazani su položaji kozjeg (KO), ovčjeg (OV) i kravljeg (KR) maslaca s oznakama vrste vrhnja (slatko -S i fermentirano -F). Maslaci od slatkog vrhnja bili su položeni bliže krajnjim vrijednostima glavnih komponenti (KO-S uz negativni kraj PC1, OV-S uz pozitivni kraj PC2, a KR-S uz negativni kraj PC2). Maslaci od fermentiranog kozjeg vrhnja (Ko-F) bili su smješteni bliže središtu grafikona, dok su KR-F maslaci položeni bliže krajnjim vrijednostima PC1. Položaj OV-F maslaca je bio usporedivih vrijednosti na PC2 osi kao i OV-S maslaci, ali je položaj uzduž PC1 osi pomaknut prema pozitivnim vrijednostima. Također, na slici 12 prikazani su smjerovi pomaka položaja maslaca od slatkog prema fermentiranom vrhnju unutar iste vrste mlijeka te je veća promjena utvrđena kod KR-F i KO-F maslaca u odnosu na OV-F maslac.



Slika 12. Položaji kozjeg (KO), ovčjeg (OV) i kravljeg (KR) maslaca s oznakama vrste vrhnja (slatko -S i fermentirano -F) u ravnini određenoj s prve dvije glavne komponente (PC1 i PC2) i naznakom smjera promjene položaja uslijed fermentacije vrhnja iste vrste mlijeka

5. RASPRAVA

Analiza maslaca, bilo praćenjem tehnoloških procesa ili senzorskim opisom, predstavlja ključan korak u određivanju autentičnosti različitih vrsta proizvoda i otkrivanju potencijalnih nedostataka. Rastuća potražnja potrošača za mliječnim proizvodima bogatim nutritivnim vrijednostima i koji doprinose zdravlju rezultirala je povećanom popularnošću proizvoda dobivenih od mlijeka manjih preživača. Stoga je važno intenzivirati istraživanja kako bi se otkrio puni potencijal ovih vrijednih proizvoda.

Na sadržaj vode u maslacu utječe tehnološki postupak proizvodnje koja u svom cilju ima ulogu smanjiti veličinu kapljica vode i ravnomjerno ih rasporediti, kako bi maslac dobio željenu konzistenciju i mazivost (Rønholt i sur., 2014). Također, kristalizacija masti utječe na čvrstoću nastalih kristala, koja ovisi o veličini kristaliziranih kapljica vode i količini mliječne masti. Ovisno o sadržaju vode, može doći do interakcije između kapljica vode, čime se narušava postojanost teksture i mazivosti maslaca (Rousseau i sur., 2009). Ovim istraživanjem utvrđene su značajne razlike u sadržaju vode između kravljeg, ovčjeg i kozjeg maslaca. Ovčji maslac proizveden od slatkog vrhnja imao je značajno niži ($P < 0,05$) udio vode u usporedbi s maslacima proizvedenim od kravljeg i kozjeg slatkog vrhnja, dok je među maslacima proizvedenim od fermentiranog mlijeka značajno najmanji udio vode sadržavao kozji maslac. Do tako velikih razlika vjerojatno je došlo zbog tehnološkog procesa gnječenja zrna maslaca kojim se istiskuje suvišna voda, a koji je proveden ručno. Osim toga, veličina masnih kuglica također utječe na način na koji se voda zadržava između njih, što dalje utječe na konačni udio vode i masti u maslacu. Veličina masnih kuglica razlikuje se ovisno o vrsti mlijeka (Dias i sur., 2022). Na primjer, kravlje mlijeko sadrži veće masne kuglice (promjer $4,55 \mu\text{m}$), dok su masne kuglice u kozjem ($3,50 \mu\text{m}$) i ovčjem ($3,30 \mu\text{m}$) mlijeku manje. Kozje mlijeko ističe se po tome što više od 65% njegovih masnih kuglica ima promjer manji od $3 \mu\text{m}$, u usporedbi s 45% u kravljem mlijeku (Vioque-Amor i sur., 2023). Ove strukturne razlike također doprinose reološkim svojstvima maslaca, pa je kozji maslac mekše teksture od kravljeg maslaca.

Ferreira i sur. (2020) utvrdili su 12,26% vode u maslacu od nefermentiranog vrhnja, no ta je vrijednost znatno niža od vrijednosti utvrđenih u ovom istraživanju (13,16 - 17,86%). Udio vode u maslacima proizvedenim od mlijeka različitih vrsta životinja u svom istraživanju odredili su i Vioque-Amor i sur. (2023), gdje su najveći udio vode utvrdili u ovčjem maslacu (15,89%), dok su

kravlji i kozji sadržavali nešto manje udjele (15,63% odnosno 13,55%). Njihovi se rezultati ne podudaraju s rezultatima ovog istraživanja (tablica 1) u kojem je utvrđeno da kravlji i kozji maslac od slatkog vrhnja sadrže najveći udio vode. Ipak, kravlji i kozji maslaci ne zadovoljavaju kriterije propisane Codex Alimentarius-om (2011) jer prelaze granicu dopuštenog udjela vode u maslacu (do 16%), a taj nedostatak mogao bi se pripisati nepreciznom procesu ručnog gnječenja zrna maslaca.

Suha tvar maslaca odnosi se na sve komponente maslaca koje zaostaju nakon izdvajanja vode, a obuhvaća sadržaj mliječne masti, koja čini najveći dio suhe tvari, te bezmasne suhe tvari (protein, laktoza, vitamini i minerali) (Vioque-Amor i sur., 2023). Sadržaj suhe tvari maslaca ovisi i o tehnološkom procesu proizvodnje. Što je više vode istisnuto procesom gnječenja zrna maslaca, dobiva se maslac s više suhe tvari. U ovom istraživanju utvrđene su značajne razlike ($P < 0,05$) u sadržaju suhe tvari u maslacima proizvedenim od različitih vrsta mlijeka. Kao što je vidljivo u tablici 1, najmanje vrijednosti sadržaja suhe tvari utvrđene su u kravljem maslacu te kozjem maslacu od slatkog vrhnja, što je najvjerojatnije posljedica ručno provedenog postupka gnječenja zrna maslaca kojim je prevelika količina vode zaostala u mreži masnih kristala. Ferreira i sur. (2020) te Silva i sur. (2023) u uzorcima maslaca utvrdili su visokih 87,74% odnosno 87,24% suhe tvari, što je znatno veće od vrijednosti utvrđenih ovim istraživanjem (82,14 - 86,84%), vjerojatno zbog visokih udjela zaostale vode. Prema Codex alimentarius-u (2011) maslac je mliječni proizvod koji sadrži minimalno 80% mliječne masti, do 16% vode i do 2% suhe tvari bez masti. Na temelju utvrđenih vrijednosti (tablica 1) maslaci od kravljeg slatkog i fermentiranog vrhnja kao i od kozjeg slatkog te ovčjeg fermentiranog vrhnja u slučaju prisustva na tržištu ne bi udovoljavali zahtjevima koje propisuje pravilnik.

Predmetnim istraživanjem utvrđene su značajne razlike u kemijskom sastavu između maslaca proizvedenih preradom različitih vrsta mlijeka ($P < 0,05$). Udio vode i masti u maslacu su obrnuto proporcionalni, pa su najmanje količine mliječne masti utvrđene upravo u kravljem maslacu koji je, kako je vidljivo iz tablice 1, sadržavao najviše zaostale mlaćenice nakon procesa gnječenja. Nasuprot tomu, najveći udio masti sadržavao je ovčji maslac od slatkog vrhnja, iz kojeg je gnječenjem istisnuto najviše vode. Vioque-Amor i sur. (2023) u svom istraživanju fizikalno-kemijskih svojstava maslaca od različitih vrsta mlijeka utvrdili su potpuno drugačije rezultate, pa je najveći udio mliječne masti sadržavao kozji maslac (85,61%), dok je najmanji udio masti

utvrđen u ovčjem maslacu (81,95%). Ferreira i sur. (2020) u svom su istraživanju utvrdili 83,73% mliječne masti u kravljem maslacu.

Na udio mliječne masti u maslacu utječe i tehnološki proces proizvodnje. Naime, modifikacija vrhnja fermentacijom može utjecati na količinu mliječne masti u maslacu, čime se posljedično mijenjaju i fizikalno-kemijska svojstva proizvoda (Rønholt i sur., 2012). Ewe i Loo (2016) ispitali su utjecaj fermentacije vrhnja inokulacijom bakterije mliječne kiseline *Lactobacillus helveticus* i utvrdili kako je maslac od fermentiranog vrhnja sadržavao značajno veći udio mliječne masti, a manji udio vode i pepela. Kao objašnjenje većeg udjela masti navode činjenicu da bakterije mliječne kiseline, koje su dio i maslarske kulture, imaju sposobnost hidrolize glicerida u sastavu mliječne masti u slobodne masne kiseline i organske kiseline, povećavajući tako udio masti (Ewe i Loo, 2016). Rezultati predmetnog istraživanja potvrđuju navedenu teoriju samo u maslacima od kozjeg mlijeka. Kod ovčjeg maslaca uočen je obrnuti trend (manji udio mliječne masti i veći udio vode u maslacu od fermentiranog vrhnja), dok kod kravljih maslaca nije uočena značajna razlika između maslaca proizvedenih od različitih vrsta vrhnja. Najvjerojatniji razlog za to su način provođenja tehnološkog postupka bućkanja i gnječenja, kao i moguća pojava lijepljenja čestica masti za stijenke bućkalice tijekom bućkanja zbog povećanog udjela nezasićenih masnih kiselina nastalih tijekom fermentacije (Silva i sur., 2023).

Sadržaj proteina u maslacu prvenstveno ovisi o vrsti korištenog mlijeka, hranidbi i stadiju laktacije. Kravlje, ovčje i kozje mlijeko značajno se razlikuju u veličini proteinskih micela i količini proteina (Balthazar i sur., 2017). Najveći udio proteina zastupljeno je u ovčjem mlijeku (5,5%), dok kozje (3,7%) i kravlje (3,4%) sadrže značajno manje količine, što su u svom istraživanju naveli i Pandya i Ghodke (2007). Gotovo 50% veći udio proteina u ovčjem mlijeku, u odnosu na kozje i kravlje mlijeko, odražava se i na same mliječne proizvode (Vioque-Amor i sur., 2023). Maslac je proizvod koji sadrži mali udio proteina (Gazu i sur., 2018; Pădureț, 2021). Prema Demirkolu i sur. (2016), maslac sadrži 0,7% proteina, dok Ashenafi (2006) navodi da tradicionalni maslac (Qibe) iz Etiopije može sadržavati i dvostruko veći udio proteina (1,3%). Silva i sur. (2023) u svom su istraživanju utvrdili značajne razlike u udjelu proteina između maslaca od slatkog i fermentiranog vrhnja. Udio proteina u maslacu od fermentiranog vrhnja bio je trostruko veći i iznosio je 1,08%, dok se udio proteina u mlaćenici od fermentiranog mlijeka smanjio. Isti trend, ali s malo većim vrijednostima (0,48% od slatkog vrhnja i 1,13% od fermentiranog vrhnja), utvrđen je i ovim istraživanjem. Ewe i Loo (2016) proučavali su učinak fermentacije vrhnja

bakterijom *L. helveticus* na mikrobiološke, fizikalno-kemijske i reološke odlike maslaca te utvrdili da je maslac od fermentiranog vrhnja sadržavao nešto veću količinu proteina (ne značajno), što ipak ukazuje da proces fermentacije povećava količinu zaostalih proteina u maslacu. Ovim istraživanjem utvrđene su značajne razlike u udjelu proteina u maslacima proizvedenim od različitih vrsta mlijeka ($P < 0,05$), kao i od različitih vrsta vrhnja ($P < 0,001$). Najveće vrijednosti sadržaja proteina utvrđene su za kravljji maslac, dok najniže vrijednosti ima maslac od kozjeg mlijeka.

Sadržaj laktoze u maslacu varira ovisno o kemijskom sastavu sirovine korištene za proizvodnju. Prema istraživanju Pandye i Ghodkea (2007), veći udio laktoze nalazi se u kravljem (4,9%) i ovčjem (4,81%) mlijeku, dok je laktoza najmanja zastupljena u kozjem mlijeku (4,27%). Sličan trend primijećen je i u istraživanju Balthazara i suradnika (2017). Stoga je razumno očekivati manje količine laktoze u kozjem maslacu. Teoretski, maslac sadrži nisku razinu laktoze (Portnoi i MacDonald, 2015), što je potvrđeno u navedenom istraživanju (tablica 1). Vrijednosti laktoze u maslacima proizvedenim od različitih vrsta mlijeka značajno se razlikuju ($P < 0,05$). Iako su najveće vrijednosti utvrđene u maslacu od kravljeg mlijeka, veća količina zaostale vode u proizvodu nakon postupka gnječenja može objasniti tu pojavu, budući da je laktoza topljiva u vodi. Manje vrijednosti laktoze u maslacima od kravljeg i ovčjeg mlijeka proizvedenih od fermentiranog vrhnja vjerojatno su rezultat metabolizma bakterija mliječne kiseline iz starter kulture koje pretvaraju preostalu laktozu u mliječnu kiselinu (Bintsis, 2018; Wang i sur., 2021). U istraživanju sadržaja laktoze i galaktoze u mliječnim mastima primjerenim za osobe s galaktozemijom, Portnoi i MacDonald (2015) su u maslacu utvrdili 0,685-0,688 mg/100g laktoze. S druge strane, Demirkol i suradnici (2016) navode da maslac može sadržavati 0,5 - 0,8% laktoze. U ovom istraživanju, utvrđeno je da je količina laktoze gotovo upola manja (0,24 - 0,48%) nego u prethodno spomenutim studijama.

Intenzitet boje i poželjan okus ključne su značajke za potrošače prilikom ocjenjivanja kvalitete maslaca (Krause i sur., 2007). Za ispitivanje promjena boje uzrokovanih korištenjem različitih vrsta mlijeka i vrhnja (tablica 2), korišten je CIELAB standard, koji se sastoji od 3 vrijednosti: i) L^* , gdje je 100 = bijela, a 0 = crna; ii) a^* , gdje pozitivne vrijednosti označavaju crvene nijanse, a negativne zelene nijanse; te iii) b^* , gdje pozitivne vrijednosti označavaju žute nijanse, a negativne plave nijanse. Vrsta mlijeka imala je značajan ($P < 0,05$) utjecaj na vrijednosti sva tri pokazatelja boje L^* , a^* i b^* . Vrijednosti L^* pokazatelja boje bili su značajno svjetliji kod kozjeg i ovčjeg

maslaca iz slatkog vrhnja u odnosu na kravljji maslac, dok su razlike između sve tri vrste maslaca utvrđene kod fermentiranog vrhnja. Dobiveni rezultati ukazuju na veću izraženost bijele boje kod maslaca malih preživača čemu razlog može biti odsutnost karotenoida u ovčjem i kozjem mlijeku (Rodríguez, 2003). Slično, Milovanović (2020) ističe da je maslac proizveden od kozjeg mlijeka svjetliji od maslaca proizvedenog od kravljeg mlijeka. Kada se usporede maslaci proizvedeni od različitih vrsta mlijeka, Vioque-Amor i suradnici (2023) navode nešto niže vrijednosti pokazatelja L^* (kravljji - 86,87; kozji - 82,97; ovčji - 89,27). Ipak, i takvi rezultati potvrđuju da je ovčji maslac svjetliji od ostalih.

Vrijednosti pokazatelja boje a^* za sve vrste maslaca bile su u negativnom području boje ukazujući na veću izraženost zelene komponente boje, s vrijednostima između -2,70 i -2,84 za kravljji, -3,59 i -3,80 za ovčji te -5,16 i -5,71 za kozji maslac. Najveća vrijednost pokazatelja boje b^* , odnosno intenziteta žute boje, utvrđena je u uzorcima kravljeg maslaca (24,85 – 24,93), dok je najmanja vrijednost utvrđena za ovčji maslac (10,84 – 11,97), što se može povezati s vrijednostima L^* pokazatelja. Drugim riječima, što je maslac svjetliji (veća vrijednost L^*), to je vrijednost b^* (žutilo) manja. Budući da kozje mlijeko, kao i ovčje, ne sadrži β -karoten poput kravljeg mlijeka, boja kozjeg i ovčjeg maslaca manje je žuta (O'Callaghan i sur., 2016; Vioque-Amor i sur., 2023).

Postoje mnogi drugi čimbenici koji utječu na parametre boje, poput razine agregacije masnih kuglica, koja, ako je previsoka, smanjuje svjetlinu (L^*) i povećava vrijednosti pokazatelja a^* i b^* (Silanikove i sur., 2010). Nadalje, sadržaj mliječne masti i veličina masnih kuglica u vrhnju također utječu na pokazatelje boje maslaca (O'Callaghan i sur., 2016). Tijekom skladištenja, boja maslaca blijedi (povećavaju se vrijednosti L^*) i mijenja se iz žute u svijetlo žutu (smanjuje se vrijednost b^*) zbog oksidacije kromofora kako navodi Kaya (2000).

Kao što je prikazano u tablici 2, vrsta vrhnja (slatko ili fermentirano) koja se koristila u proizvodnji maslaca imala je značajan ($P < 0,001$) utjecaj na vrijednosti L^* , a^* i b^* pokazatelje boje. Utvrđeno je da je ovčji maslac proizveden od slatkog vrhnja značajno svjetliji od onog proizvedenog od fermentiranog vrhnja. Usporedno s time je intenzitet žute boje fermentiranog ovčjeg maslaca bio značajno veći u usporedbi s onim proizvedenim od slatkog vrhnja. S druge strane, iako nije bilo značajne razlike u vrijednosti L^* za kozji maslac između vrsta vrhnja, kozji maslac od slatkog vrhnja bio je intenzivnije žute boje nego fermentirani. Iako su provedene mnoge studije kako bi se istražili različiti utjecaji (vrijeme skladištenja, vrsta mlijeka, dodatak soli) na boju maslaca, samo su Silva i suradnici (2023) u svom istraživanju pokušali definirati utjecaj vrste

fermentacije (slatko, mezofilna kultura, probiotička, kefirna) na boju ovčjeg maslaca, navodeći da je ovčji maslac od fermentiranog vrhnja svjetliji i žući. Predmetnim istraživanjem su takvi rezultati samo djelomično potvrđeni, jer je ovčji maslac od fermentiranog vrhnja bio tamniji (manja L* vrijednost), ali žući (veća b* vrijednost).

Teksturna svojstva mazivih proizvoda, poput maslaca, ključna su u procjeni kvalitete i prihvatljivosti proizvoda među potrošačima (Lis i sur., 2021). Na teksturu maslaca utječe velik broj čimbenika uključujući vrstu mlijeka, kemijski sastav, tehnološke postupke te uvjete skladištenja, koji međusobnom interakcijom određuju koncentraciju, veličinu, oblik i raspored strukturnih elemenata maslaca poput kristala masti, masnih kuglica, mjehurića zraka i kapljica vode (Zirano i sur., 2023). Rezultati instrumentalne analize teksture uzoraka maslaca pokazuju značajno različite vrijednosti ($P < 0,05$) čvrstoće i rada pri rezanju maslaca proizvedenih od različitih vrsta mlijeka. Kravlji maslac pokazao se najčvršćim (7,21 - 7,74 N), dok su maslaci od mlijeka malih preživača bili znatno mekši (4,42 - 4,63 N za ovčji i 2,58 N za kozji maslac), neovisno o vrsti vrhnja koje se koristilo u preradi (slatko ili fermentirano). Ova varijabilnost može biti posljedica razlike u veličini masnih globula različitih vrsta mlijeka. Naime, kozji maslac ima manje masne globule (3,50 μm) i mekšu teksturu, dok kravlji maslac s većim masnim globulama (4,55 μm) ima čvršću teksturu (Vioque-Amor i sur., 2023). Pojedine vrste mlijeka razlikuju se i u kemijskom sastavu, što također ima utjecaj na reološke i teksturne odlike finalnog proizvoda. Najveći utjecaj na teksturu maslaca ima udio mliječne masti te sastav masnih kiselina triacilglicerola mliječne masti. Brunner (1974) navodi kako se 80% varijacija u teksturi maslaca može pripisati upravo razlikama u sastavu masnih kiselina. Sastav mliječne masti je varijabilan te ovisi o vrsti mlijeka, hranidbi, stadiju laktacije i uvjetima prerade (toplinska obrada, dodatak starter kulture, trajanje i temperatura zrenja te temperatura skladištenja) (Ceylan i Ozcan, 2020).

Sastav masnih kiselina u triacilglicerolima direktno utječe na kristalizaciju mliječne masti (Lis i sur., 2021). Veličina, oblik i polimorfološka struktura kristala, određeni uvjetima prerade i kemijskim sastavom, utječu na veze između kristala, čija brojnost određuje čvrstoću proizvoda (Rønholt i sur., 2013). Zanimljivo je istaknuti i kako Vioque-Amor i sur. (2023) navode da je sastav masnih kiselina odgovoran i za temperaturu tališta maslaca, pa su maslaci bogati zasićenim i dugolančanim masnim kiselinama (poput kravljeg) čvršći od onih koji sadrže više nezasićenih i kratkolančanih masnih kiselina poput ovčjeg i kravljeg maslaca. Srednje i dugolančane zasićene masne kiseline su među najzastupljenijim komponentama mliječne masti kravljeg maslaca

(Staniweski i sur., 2021), što potvrđuje i istraživanje Pădureț (2021) u kojem je analizom masnih kiselina utvrdio da uzorak maslaca sadrži: 69,12% zasićenih masnih kiselina, 25,48% mononezasićenih masnih kiselina, te 5,3% polinezasićenih masnih kiselina.

Razlike u hranidbi životinja rezultiraju značajnim razlikama u sastavu masnih kiselina gotovih proizvoda. Varijacije u profilu masnih kiselina dovode do promjena u kristalizaciji masti i točkama tališta proizvoda, mijenjajući pritom teksturna svojstva maslaca (Bobe i sur., 2003; O'Callaghan, 2016). Tekstura mazivih masti, poput maslaca, osim kemijskim sastavom masti, određena je i omjerom vodene i masne faze proizvoda, kao i ravnotežom između tekuće i kristalične faze mliječne masti. Kod većih udjela vode u sastavu, omjer čvrste i tekuće faze pomaknut je prema tekućoj fazi, stoga manje masti prelazi u kristalnu formu i kapljice vodene faze se destabiliziraju. Rastom udjela vode u proizvodu, smanjuje se udio mliječne masti što smanjuje čvrstoću maslaca (Ziarno i sur., 2023). Naposljetku, na omjer čvrste i tekuće faze mliječne masti, kao i na reološka svojstva, može utjecati proces fizikalnog zrenja vrhnja (Rønholt i sur., 2014). Ceylan i Ozcan (2020) ističu da temperatura i vrijeme hlađenja i kristalizacije vrhnja, kao i metoda acidifikacije utječu na fizikalno-kemijske i tehnološke odlike maslaca.

Isti trend primijećen je i za vrijednost rada pri rezanju kao što je bio slučaj s vrijednostima čvrstoće. Taj parametar predstavlja rad potreban za rezanje uzorka do dubine od 20 mm. Najmanji rad pri rezanju pokazao je kozji maslac, dok je vrijednost rada pri rezanju za kravli maslac bila gotovo trostruko veća. U pregledu literature, nije pronađen nijedan izvor koji opisuje ovaj parametar, što otežava usporedbu s drugim rezultatima.

U provedenom istraživanju utvrđeno je da vrsta fermentacije nije imala značajan utjecaj na ispitane pokazatelje teksture maslaca, iako pojedina istraživanja sugeriraju da je fermentacija vrhnja s odgovarajućom starter kulturom ključna za fizikalno-kemijske i senzorske karakteristike maslaca te da značajno utječe na nutritivni sastav, teksturne karakteristike i trajnost proizvoda (Ewe i Loo, 2016; Ferreira i sur., 2022). Ceylan i Ozcan (2020) ističu da zrenje s maslarskom kulturom također utječe na kristalizaciju mliječne masti. Nadalje, Ewe i Loo (2016) su istraživali fizikalno-kemijska i reološka svojstva maslaca proizvedenog od vrhnja fermentiranog s *L. helveticus* te su utvrdili da je takav maslac bio mekši od konvencionalnog zbog povišenih koncentracija nezasićenih masnih kiselina nastalih fermentacijom. Silva i sur. (2023) su u svom istraživanju otkrili manji udio zasićenih i veći udio mononezasićenih masnih kiselina u maslacu

od fermentiranog vrhnja u usporedbi s maslacem od slatkog vrhnja, što je rezultiralo značajno nižom vrijednošću čvrstoće maslaca od fermentiranog vrhnja.

U maslacu je dosad identificirano više od 230 hlapljivih spojeva, no samo mali broj njih ima ključnu ulogu u formiranju arome maslaca (Mallia i sur., 2008). Aroma maslaca je kompleksna i ovisi o različitim vanjskim čimbenicima poput hranidbe životinja i sezone, ali i unutarnjim čimbenicima poput procesa proizvodnje, skladištenja te upotrebe starter kulture (Sengül i sur., 2024). Mallia i sur. (2008) ističu da karakteristični spojevi maslaca uglavnom potječu iz vrhnja koje se koristi za njegovu proizvodnju, a njihov sastav direktno ovisi o vrsti mlijeka i procesu proizvodnje. U ovom istraživanju je ukupno identificirano 183 hlapljiva aromatskih spojeva u šest različitih maslaca.

Ketoni su bili najbrojniji spojevi u uzorcima KR-F maslaca, no udio ketona u ukupnim hlapljivim spojevima bio je značajno najveći u uzorcima KO-S. Spojevi 2-nonanon i acetofenon pronađeni su u svim maslacima osim u KR-F, dok 2-tridekanon nije bio prisutan samo u OV-F maslacima. Među svim identificiranim ketonima, spoj 2-nonanon dominirao je udjelom u uzorcima KO-S i OV-S. Diacetil, spoj koji je odgovoran za prepoznatljiv okus maslaca (Vioque-Amor, 2023), nije pronađen u ovim istraživanjem, dok su acetoin i 2-heptanon, koji su često spominjani u literaturi (Sengül i sur., 2024), bili prisutni u manjem broju uzoraka i u relativno niskim koncentracijama.

Terpeni su dio esencijalnih biljnih ulja (Vioque-Amor, 2023) te se u mliječne proizvode najčešće unose putem voluminoznih krmiva. U analiziranim maslacima terpeni su rijetko prisutni, s najvećim brojem spojeva u uzorcima KO-S i KR-S maslaca, dok u uzorcima KR-F nisu otkriveni spojevi iz ove skupine. Najveći udio terpena pronađen je u uzorcima KO-S, a najzastupljeniji spoj bio je 1-etil-2,4-dimetilbenzen iako nisu utvrđene značajne razlike u udjelima terpena između maslaca.

Kiseline su bile najzastupljenija skupina hlapljivih aromatskih spojeva u svim uzorcima, s najvećim udjelom u KO-F (63,21%). Najzastupljenija kiselina bila je n-dekanska kiselina, zajedno s kaprnskom, oktanskom, nonanskom i dodekanskom kiselinom, koje su utvrđene u svih šest vrsta maslaca, dok butanska kiselina nije bila prisutna samo u KO-S maslacima. Butanska i heksanska kiselina često se spominju u literaturi kao glavni spojevi u frakciji kiselina hlapljivih spojeva maslaca (Mallia i sur., 2008; Peterson i Reneccius, 2003), pri čemu butanska kiselina doprinosi svježoj aromi maslaca od slatkog vrhnja (Cheng i sur., 2022). Sengül i sur. (2024)

navode da je najmanje butanske, heksanske, oktanske i benzojeve kiseline pronađeno u maslacu od slatkog vrhnja, što se, osim u slučaju butanske kiseline, poklapa s rezultatima ovog istraživanja.

Najveći broj alifatskih ugljikovodika detektiran je u KO-F maslacima, no njihov udio u ukupnim hlapljivim spojevima bio je značajno niži nego u ostalim maslacima. OV-S maslaci su imali najveći udio alifatskih ugljikovodika (13,56%), pri čemu je dodekan bio najzastupljeniji spoj. Tetradekan je utvrđen u svim uzorcima, a najveći postotak imao je u KR-F maslacima. Iako alifatski ugljikovodici ne utječu na razvoj arome mliječnih proizvoda zbog visokog praga mirisa, oni su dobri prekursori za nastanak drugih aromatskih spojeva (Vioque-Amor, 2023).

Alkoholi su, brojem spojeva i udjelom u ukupnim aromatskim spojevima, bili znatno zastupljeni u uzorcima, a najveći udjeli zabilježeni su u KO-S, OV-S i KR-F maslacima. Oktan-2-ol identificiran je u svim uzorcima, s najvećim udjelom u OV-S. U kozjim i kravljim maslacima ističe se i 2-propilheptan-1-ol, koji je s udjelom od 9,26% u KR-F najzastupljeniji spoj među alkoholima. Tahmas-Kahyaoğlu i sur. (2022) navode etanol kao ključni alkohol u svim maslacima proizvedenim od različitih vrsta mlijeka, no u ovom istraživanju utvrđen je samo u KR-F i OV-S maslacima.

Aldehidi su slabije zastupljeni, s najvećim udjelima u ovčjim maslacima (1,54 - 1,76%), dok je najviše pojedinih spojeva zabilježeno u kravljim. Aromatski aldehid, benzaldehid, utvrđen je u svim uzorcima osim u KR-S, a najveći udio zabilježen je u OV-S i OV-F maslacima. Benzaldehid mliječnim proizvodima daje aromu gorkih badema (Vioque-Amor, 2023), a u maslacu je utvrđen u brojnim literaturnim radovima (Akgul i sur., 2020; Sarhir i sur., 2021; Vioque-Amor, 2023).

Laktoni se u najvećem postotku pojavljuju u kravljim maslacima (KR-S=23,9%; KR-F=15,59%), a najmanje u ovčjem (OV-F=4,42%). δ -oktalakton i δ -dodekalakton utvrđeni su u svim maslacima osim u OV-F, dok δ -dekalakton nije detektiran samo u KO-S maslacima. Ta tri spoja pokazuju najveće udjele od svih utvrđenih laktona, a često se spominju u istraživanjima (Peterson i Reneccius, 2003; Mallia i sur., 2008). Lee (2020) navodi kako se s vremenom skladištenja količina navedenih laktona povećava. Li i sur. (2020) u svom istraživanju navode δ -dekalakton kao najvažniji aromatski spoj u maslacu, pri čemu skupinu laktona općenito smatraju vrlo bitnom za razvoj arome maslaca.

Aromatski ugljikovodici bili su slabije zastupljeni u analiziranim maslacima, bez značajnih razlika u udjelima između uzoraka. Najveći udio ove skupine spojeva utvrđen je u KO-S, s najvećim postotkom fenola, spoja detektiranog u svih šest maslaca. Spoj p-ksilen također je

pokazao veliku zastupljenost, s najvećim udjelima u OV-S i KR-S maslacima, što može biti posljedica razgradnje β -karotena u buragu ili direktnog prijenosa iz hrane (Vioque-Amor, 2023).

Najveći broj utvrđenih hlapljivih spojeva pripadao je skupini estera, a najviše ih je detektirano u KR-F maslacima. Prema udjelu estera u aromatskim spojevima, ističe se OV-S (11,58%) u kojem je triacetin bio prisutan u najvećem postotku. Uz triacetin, udjelom najzastupljeniji esteri u uzorcima bili su 2-(formiloksi)-1-feniletanon (KO-F) i 1,3-diacetin (KO-S i OV-F). U literaturi se navodi kako su esteri zaslužni za slatke, voćne i cvjetne arome u mliječnim proizvodima (Vioque-Amor, 2023).

Eteri i amidi su bili najmanje zastupljeni spojevi u analiziranim maslacima. U KR-S i KO-F maslacima nije utvrđen nijedan eter, dok je najviše etera detektirano u KO-S (1,82%), s dimetil eterom kao dominantnim spojem. Iako u vrlo malim udjelima, amide u najvećoj mjeri sadržavaju kravliji maslaci (0,91-0,94%). N,N-dimetilformamid utvrđen je u najvećem broju uzoraka (KO-F, KR-S i KR-F), s najvećim postotkom u KR-S maslacima.

Spojevi koji nisu pripadali nijednoj od prethodnih skupina svrstani su u kategoriju "ostali spojevi". Najveći broj i udio takvih spojeva (11) utvrđen je u OV-F maslacima. Literaturni izvori (Demirkol i sur., 2016; Akgül i sur., 2020; Sarhir i sur., 2021) u sastavu maslaca navode brojne spojeve poput octene, butanske, heksanske, oktanske, dekanske kiseline i benzojeve kiseline, benzaldehida, etanola, acetoina, 2-nonanona, 2-undekanona, δ -oktalaktona, δ -dekalaktona, koji su utvrđeni i ovim istraživanjem, no velik broj spojeva se ne podudara. Na razlike u utvrđenim spojevima mogla je utjecati vrsta mlijeka, proizvodni proces ili najvjerojatnije sama analiza aromatskog profila u uzorcima maslaca. Temeljem provedene analize hlapljivih aromatskih spojeva uzoraka maslaca i dobivenih rezultata utvrđeno je da vrsta mlijeka i vrhnja korištene u proizvodnji maslaca značajno ($P < 0,05$) utječu na sastav i karakteristične spojeve koji određuju aromu maslaca.

Rezultati senzorske analize kozjeg, kravljeg i ovčjeg maslaca od fermentiranog i slatkog vrhnja ukazuju na značajne razlike u senzorskim karakteristikama koje mogu utjecati na percepciju maslaca i njihove potencijalne primjene. Usporedba senzorskih profila kozjeg, kravljeg i ovčjeg maslaca proizvedenih samo iz slatkog vrhnja, kako je prikazano na slici 6., ukazuje na značajne razlike u njihovim opisnim svojstvima i ocjenama kvalitete. Pritom se jasno ističe znatno veći intenzitet žute boje i čvrstoća u ustima kod kravljeg maslaca u odnosu na ostale, što je u skladu s rezultatima Kahyaoğlu i Çakmakçı (2018). U skladu s time su i rezultati instrumentalno određene

boje i teksture prikazani u tablicama 2 i 3. S druge strane, jasno se ističe da je kozji maslac znatno manjeg intenziteta karakterističnog mirisa i arome po mlijeku, mirisa po diacetilu i osjećaja masti u ustima. Ovčji maslac se najmanje razlikovao u odnosu na kozji i kravljji, jer je utvrđeno značajno veća vrijednost samo u svojstvu mazavosti u odnosu na kozji maslac. Ovi rezultati sugeriraju da svaki tip maslaca ima jedinstvene senzorske odlike pri čemu su kravljji i ovčji međusobno sličniji, ali je kravljji izraženije boje i čvrstoće u ustima s intenzivnijim aromama i punijim okusom. Cheng i sur. (2023) u svom istraživanju navode da se ovčji i kravljji maslac uvelike razlikuju u okusu, izgledu i stabilnosti tijekom skladištenja, no ističu da je ovčji maslac superiorniji u nutritivnoj vrijednosti i lakoći probavljanja. Također, Dias i sur. (2022) ističu da maslac od ovčjeg mlijeka, za razliku od kravljeg maslaca, karakteriziraju masna i oštra aroma te veći intenzitet gorčine. S druge strane, kozji maslac je sličan ovčjem maslacu u intenzitetu boje i čvrstoći u ustima, ali je znatno manjeg intenziteta mirisa i aroma te laganije teksture u ustima. Cheng i sur. (2023) navode da jedinstven sastav slobodnih masnih kiselina u ovčjem mlijeku daje karakterističnu aromu koja se prenosi i na njegove proizvode, čiji je okus, u usporedbi s proizvodima od kozjeg mlijeka, znatno snažniji. Usprkos utvrđenim razlikama između maslaca, vrijedno je istaknuti da su ocjene kvalitete vrlo slične s tek marginalnim razlikama što naglašava specifičnost senzorskih odlika i upotrebljivost pojedine vrste maslaca.

Kao i kod maslaca iz slatkog vrhnja, utvrđene su statistički značajne razlike ($p < 0,05$) između vrsta maslaca proizvedenih iz fermentiranog vrhnja u 9 opisnih svojstava i dva svojstva kvalitete kako je prikazano na slici 7. Pritom su slične senzorske odlike po kojima se maslaci od različite vrste mlijeka međusobno razlikuju, kao što je znatno veći intenzitet žute boje i čvrstoća u ustima kod kravljeg maslaca u odnosu na ostale. Slično tome, rezultati senzorske analize kozjeg maslaca pokazuju da su karakterističan miris za vrstu mlijeka i miris po diacetilu bili značajno manji u odnosu na kravljji i ovčji. Fermentacija vrhnja dovela je do većih odstupanja između kravljeg i ovčjeg maslaca, što je vidljivo iz slike 7, a potvrđeno statistički značajnim razlikama u punoći okusa, ocjeni okusa i ukupnoj ocjeni koji su bili značajno veći kod kravljeg maslaca u odnosu na ovčji. Senel i sur. (2011) u svom su radu uspoređivali tradicionalni turski maslac „Yayik“ proizveden od kravljeg, ovčjeg ili kozjeg jogurta i utvrdili da je kozji maslac imao najprihvatljivije organoleptičke karakteristike, no navedeni rezultati su potencijalno povezani sa specifičnim preferencijama i navikama ocjenjivača

Promatrajući svaki maslac prema vrsti mlijeka zasebno, kozji maslac od fermentiranog vrhnja imao je izraženiji intenzitet žute boje, bogatiji profil arome i okusa te veću ukupnu ocjenu u odnosu na kozji maslac od slatkog vrhnja, što upućuje na zaključak da fermentacija dovodi do razvoja složenijih aromatičnih spojeva, poput diacetila, koji doprinose punini okusa i specifičnim karakteristikama mirisa kako je prethodno utvrđeno (Schieberle i sur., 1993; Jinjark i sur., 2006). S druge strane, kozji maslac od slatkog vrhnja imao je izraženiju ujednačenost i ocjenu izgleda kao i izraženije arome po vrhnju, ali nije utvrđena statistički značajna razlika u odnosu na fermentirano vrhnje. Temeljem iznesenog može se zaključiti da je kozji maslac od slatkog vrhnja svjetlije boje, blažeg mirisa i okusa te laganije teksture za razliku od izraženijeg i kompleksnijeg kozjeg maslaca od fermentiranog vrhnja. Vrlo je malo istraživanja provedenih s ciljem utvrđivanja senzornih karakteristika maslaca stoga ih je poželjno u budućnosti intenzivirati.

Slični rezultati dobiveni su za kravlje maslance od slatkog i fermentiranog vrhnja. Iako su obje vrste vrhnja imale slične vrijednosti svojstava izgleda, poput intenziteta žute boje i ujednačenosti boje, senzorska svojstva povezana s okusom i mirisom pokazuju jasnu izraženost utjecaja fermentiranog vrhnja (Jinjark i sur., 2006). Veće vrijednosti fermentiranog maslaca u svojstvima poput karakterističnog mirisa i arome po vrsti mlijeka, mirisa i arome po diacetilu kao i veće ocjene mirisa i arome upućuju na to da fermentacija značajno doprinosi razvoju kompleksnijih i olfaktorno intenzivnijih spojeva (Sengul i sur., 2024). Slično se odnosi i na komponente okusa koje su bile kiselije i punije kod fermentiranog vrhnja u odnosu na slatko vrhnje kako je utvrđeno u prethodnim istraživanjima (Schieberle i sur. 1993; Krause i sur., 2007). Teksturna svojstva kravljih maslaca imala su gotovo identične vrijednosti, za razliku od kozjeg maslaca kod kojeg je osjećaj masti u ustima bio znatno veći kod fermentiranog vrhnja. Ipak, Jinjark i sur. (2006) u svom su istraživanju utvrdili razlike u tekturnim svojstvima kravljih maslaca, pri čemu su zabilježili značajno veći osjećaj masti u ustima i mazavosti, te statistički značajno manje vrijednosti tvrdoće kod maslaca od fermentiranog vrhnja.

Za razliku od kozjeg i kravljeg maslaca kod kojih su razlike između vrsta vrhnja utvrđene u 9 opisnih svojstva i ocjena kvalitete, ovčji maslaci su se razlikovali u samo 7 opisnih svojstava i ocjena kvalitete. Pored toga, ovčji maslaci od slatkog i fermentiranog vrhnja su imali gotovo identične vrijednosti za opisna svojstva i ocjene kvalitete izgleda i teksture, te je izostala razlika u karakterističnom mirisu i aromi po vrsti mlijeka. Iz navedenog se može zaključiti da se uslijed fermentacije ovčjeg vrhnja najmanje mijenjaju senzorske karakteristike maslaca. Silva i sur.

(2023) su, suprotno navedenome, provođenjem senzorne analize ovčjih maslaca od slatkog i fermentiranog vrhnja, utvrdili privlačniju aromu, okus i teksturu kod maslaca od slatkog vrhnja. Ipak, u ukupnoj ocjeni dominirao je fermentirani maslac.

Kao što je utvrđeno kod kozjih i kravljih maslaca, ovčji maslac iz fermentiranog vrhnja je također okarakteriziran s izraženijim mirisom i aromom po diacetilu, kao i punijim okusom i postojanijom aromom. Temeljem sveg navedenog može se zaključiti da fermentirano vrhnje, bez obzira na vrstu mlijeka, dosljedno pokazuje izraženiji intenzitet aroma i bogatiji okus, što se može pripisati procesu fermentacije. Fermentacija potiče stvaranje složenijih aromatičnih spojeva, poput diacetila, koji pridonose punijem i složenijem senzorskom profilu (Voidarou i sur., 2021; Zhang i sur., 2023; Şengül, 2024). Nadalje, dobiveni rezultati senzorske analize kozjih, kravljih i ovčjih maslaca iz slatkog i fermentiranog vrhnja upućuju na zaključak da metode proizvodnje vrhnja imaju značajan utjecaj na senzorska svojstva maslaca bez obzira na vrstu mlijeka. Navedena mogućnost izbora i usmjeravanja senzorskog profila može biti iskorištena u proizvodnji za specifične tržišne niše i za posebne kulinarske upotrebe maslaca.

Iako su rezultati senzorskih analiza prikazanih na slikama 8.-10. utvrdili izraženiji i privlačniji miris i aromu, puniji i naglašeniji okus te veće ocjene kvaliteta maslaca nastalih uslijed fermentacijskih procesa, a u skladu s istraživanjem Jinjark i sur. (2006), ukupni dobiveni rezultati ukazuju na zaključak da je utjecaj vrste mlijeka izraženiji od utjecaja fermentacije vrhnja. Razlog tome može biti specifičan kemijski sastav pojedinih vrsta mlijeka kao što je prikazano u prethodnim istraživanjima (Pandya i Ghodke, 2007; Sabahelkhier i sur., 2012; Rafiq i sur., 2016; Stobiecka i sur., 2021), a koji je osnova za promjene koje se odvijaju u naknadnim fermentacijskim procesima.

Osnovna svrha analize glavnih komponenti (PCA) je transformacija originalnih varijabli u manji broj neovisnih varijabli koje nazivamo glavnim komponentama. Pritom prva glavna komponenta (PC1) je ona koja objašnjava najveći dio varijacije u podacima, dok svaka sljedeća komponenta (PC2, PC3, itd.) objašnjavaju preostalu varijaciju, ali na način da je neovisna o prethodnim komponentama. U tumačenju rezultata uglavnom se u obzir uzimaju prve dvije glavne komponente koje su u predmetnom istraživanju objasnile 64,59 % varijance što se smatra dovoljnim za vjerodostojnu detaljniju analizu.

Glavne komponente su određene s originalnim varijablama koje mogu imati različiti doprinos u njihovom definiranju. Kako je vidljivo na slici 11 najveći pozitivan doprinos u definiranju PC1

imala su hedonistička senzorska svojstva i instrumentalno određeni teksturni pokazatelji. Nasuprot tome, najveći doprinos na negativnom dijelu PC1 imala su svojstva većih vrijednosti stranih aroma, svjetline maslaca i pH vrijednosti uz specifične aromatske spojeve. Zbog toga PC1 možemo tumačiti kao varijablu koja označava ukupnu senzorsku kvalitetu, na kojoj će veće vrijednosti označavati bogatiji, poželjniji i kompletniji senzorski profil. Druga glavna komponenta (PC2) bila je najviše određena s aromatskim spojevima na pozitivnom i negativnom dijelu, kemijskim sastavom, žutilom b^* te s malo senzorskih svojstava. Zbog toga PC2 možemo tumačiti kao varijablu koja označava kemijsku osnovu senzorskog profila i teksturu s naznakom izraženosti boje. Zaključno možemo tumačiti da novostvorene glavne komponente pružaju sveobuhvatan pregled maslaca, pri čemu će maslaci s visokim vrijednostima PC1 komponente biti označeni s bogatim i punim okusnim profilom, dok će pozicija maslaca duž PC2 komponente pokazivati specifičnosti kemijskog sastava, teksture i izraženosti boje.

Odnosi između pojedinih opažanja i glavnih komponenti tumačeni su prema korelacijama među njima. Tako su opažanja koja su bila međusobno blizu ili blizu glavnoj komponenti smatrana pozitivno korelirana, dok su opažanja razdvojena za 180° smatrana negativno korelirana, a za 90° međusobno neovisno korelirana. Prema tome, može se uočiti da su svi maslaci napravljeni od slatkog vrhnja bili položeni blizu glavnih komponenti s jasnim međusobnim razlikama kako je prikazano na slici 12. Tako su maslaci od kozjeg slatkog vrhnja (KO-S) okarakterizirani s izrazito malim PC1 vrijednostima što može upućivati na manjak izraženosti opisnih i hedonističkih senzorskih svojstava. S obzirom da su KO-S maslaci položeni blizu sredine PC2 može se tumačiti da su umjerenog kemijskog sastava i blažih teksturnih svojstava kao i izraženosti boje.

Maslaci od ovčjeg (OV-S) i kravljeg slatkog vrhnja (KR-S) se razlikuju dominantno uzduž PC2 glavne komponente. Zbog toga se može zaključiti da su OV-S maslaci dominantno okarakterizirani s većim udjelima aromatskih spojeva estera i aldehida, sadržajem suhe tvari i masti, ali i većom mazavosti i gorkim okusom. Nasuprot tome, KR-S maslaci su okarakterizirani s izraženim žutilom b^* , sadržajem aromatskih spojeva laktona i amida kao i laktoze, uz izražene arome vrhnja. Prema položaju uzduž PC1 glavne komponente može se tumačiti da su KR-S maslaci imali najizraženija senzorska opisna i hedonistička svojstva zbog pozitivne PC1 vrijednosti u odnosu na OV-S maslance s blago negativnim vrijednostima, a pogotovo u odnosu na KO-S maslance s izraženim negativnim PC1 vrijednostima.

Istaknuti smjerovi pomaka položaja maslaca od slatkog prema fermentiranom vrhnju unutar iste vrste mlijeka koji su prikazani na slici 12. pokazuju da se uslijed fermentacije kravljeg i kozjeg slatkog vrhnja odvijaju značajnije promjene nego kod fermentacije ovčjeg slatkog vrhnja. Pored toga, svi pomaci usmjereni su prema pozitivnom dijelu PC1 koji je određen s velikim doprinosom mirisa i arome po diacetil, sadržaja proteina, postojanosti arome, karakterističnim mirisom i arome na vrstu mlijeka te punoćom okusa (slika 11.). Zbog toga se može zaključiti da su maslaci od fermentiranog vrhnja imali veću ukupnu senzorsku kvalitetu, s bogatijim i kompletnijim senzorskim profilima u odnosu na maslace od slatkog vrhnja. Usprkos tome, zadržale su se razlike između vrsta maslaca koje su posljedica ishodišnih odlika pojedine vrste mlijeka te je uočen samo pomak kod svih maslaca u istom smjeru. Naposljetku su KO-F maslaci okarakterizirani kao vrlo neutralni dok su OV-F maslaci okarakterizirani s većom raznolikošću aromatskih spojeva, osjećajem masti u ustima, postojanosti arome i kiselim okusom. KR-F maslaci su opisani sa većim hedonističkim ocjenama dopadljivosti, većom čvrstoćom i intenzitetom žute boje. Dobiveni rezultati su u skladu s prethodno tumačenim razlikama u kemijskom sastavu, boji, teksturi, aromatskom profilu i senzorskim svojstvima maslaca, ali se primjenom PCA analize pruža sveobuhvatan pregled koji naglašava kako vrsta mlijeka i proces fermentacije oblikuju opći profil maslaca.

6. ZAKLJUČCI

Polazeći od pretpostavke da vrsta mlijeka i vrsta vrhnja utječu na kemijski sastav, teksturu, boju, aromatski profil i senzorska svojstva maslaca moguće je donijeti sljedeće zaključke:

- Vrsta mlijeka (kozje, kravlje, ovčje) i vrsta vrhnja (slatko, fermentirano) značajno su utjecali na kemijski sastav maslaca ($P < 0,05$). Maslac od ovčjeg slatkog vrhnja imao je značajno manji udio vode i veći udio mliječne masti u usporedbi s kravljim i kozjim maslacem. Nasuprot tome, maslaci od fermentiranog kozjeg vrhnja imali su veći udio suhe tvari i mliječne masti. Razlike između maslaca u suhoj tvari mogu biti posljedica ručnog gnječenja prilikom izrade čime je više mlaćenice zaostalo unutar mreže masne faze maslaca. Maslaci od kravljeg mlijeka imali su veći udio proteina, a svi maslaci od fermentiranog vrhnja sadržavali su više proteina nego oni od slatkog vrhnja.
- Vrsta mlijeka imala je značajan ($P < 0,05$) utjecaj na sve pokazatelje boje (L^* , a^* i b^*) maslaca. Kozji i ovčji maslaci bili su svjetlije boje s izraženijom crvenom komponentom u odnosu na kravlje maslace koji su bili žućliji vjerojatno uslijed većih masnih globula i prisutnosti β -karotena u kravljem mlijeku. Pokazatelji boje značajno ($P < 0,001$) su se razlikovali prema vrsti korištenog vrhnja (slatko, fermentirano), pa su maslaci proizvedeni od slatkog vrhnja uglavnom bili svjetliji (veća L^* vrijednost), a od fermentiranog vrhnja uglavnom žućliji (veća b^* vrijednost).
- Vrsta mlijeka značajno ($P < 0,05$) je utjecala na teksturu maslaca. Kravlji maslaci su bili najtvrdi, dok su kozji bili najmekši, što je u skladu s kemijskim sastavom vrhnja, posebno udjelom mliječne masti. Razlike u teksturi uzrokovane vrstom vrhnja (slatko, fermentirano) su bile manje izražene i nisu bile statistički značajne.
- Vrsta mlijeka i vrsta vrhnja imali su značajan utjecaj ($P < 0,05$) na aromatski profil maslaca s utvrđenim razlikama u udjelima ketona, kiselina, alifatskih ugljikovodika, alkohola, laktona, estera i utvrđenih spojeva svrstanih u skupinu ostalih spojeva. Karakteristični spojevi arome maslaca primarno proizlaze iz vrhnja korištenog za njegovu proizvodnju.
- Senzorska analiza maslaca pokazala je da fermentacija vrhnja značajno utječe na senzorske karakteristike maslaca, neovisno o vrsti mlijeka. Maslac iz fermentiranog vrhnja općenito ima izraženiji intenzitet aroma, bogatiji okus te puniji i složeniji senzorski profil, što se

pripisuje razvoju aromatičnih spojeva tijekom fermentacije. Promjene u senzorskim svojstvima uslijed fermentacije vrhnja izraženije su kod kozjeg i kravljeg maslaca.

- Kravlji maslaci isticali su se izraženijim intenzitetom žute boje, čvrstoćom u ustima i bogatijim okusom, dok su kozji maslaci imali blaži miris i okus te laganiju teksturu, neovisno o vrsti vrhnja. Ovčji maslaci imali su sličnija senzorska svojstva kravljim maslacima. Ovi rezultati ukazuju na to da vrsta mlijeka ima izražen utjecaj na konačni senzorski profil maslaca, čime se otvara mogućnost prilagodbe proizvoda specifičnim potrošačkim preferencijama i tržišnim potrebama.
- Rezultati analize glavnih komponenti uvažavajući kemijski sastav, pokazatelje boje i teksture, aromatski profil te senzorska svojstva podupiru zaključke o utjecaju vrste mlijeka i vrste vrhnja na svojstva maslaca. Utvrđeno je jasno razdvajanje uzoraka maslaca pri čemu su kravljji imali najizraženija hedonistička senzorska svojstva, s dominantnim žutilom b^* i arome po vrhnju. Ovčji maslaci su se istaknuli većom raznolikošću aromatskih spojeva, udjelom mliječne masti te mazavošću, dok su kozji maslaci pokazali neutralnije senzorske karakteristike s blažim okusima i aromama. Fermentacija vrhnja je kod svih vrsta mlijeka povećala ukupnu senzorsku kvalitetu maslaca, pomičući maslace prema bogatijem i potpunijem senzorskom profilu, posebno kod kravljih i kozjih maslaca.

7. ZAHVALE

Prije svega, željela bih zahvaliti svojim mentorima doc. dr. sc. Dariji Bendelja Ljoljić i prof. dr. sc. Ivici Kosu na vodstvu, strpljenju, posvećenom vremenu, pruženom znanju te brojnim savjetima kojim su mi pomogli u pisanju ovog rada i pozitivno utjecali na moj osobni i profesionalni razvoj.

Velika hvala svim članovima Referentnog laboratorija za mlijeko i mliječne proizvode Zavoda za mljekarstvo i članovima panela za senzorsko ocjenjivanje Laboratorija za senzorske analize poljoprivredno-prehrambenih proizvoda, Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta oko provođenja kemijskih i senzorskih analiza potrebnih za ovaj rad. Također, zahvalnost želim izraziti i višoj stručnoj suradnici u bioanalitičkom laboratoriju BIOCentra, dipl. ing. Jasni Jakovljević kao i dr. sc. Anti Raki, djelatniku Instituta za jadranske kulture i melioraciju krša u Splitu na pomoći u provedbi analiza aromatskih spojeva i teksture maslaca.

Zahvaljujem se kolegici Arijani Klindić te kolegama Luki Marinkoviću i Luki Tušek u pruženoj pomoći u provođenju pokusa, kao i svojoj obitelji na velikoj podršci tijekom pisanja ovog rada i mog cjelokupnog školovanja.

8. POPIS LITERATURE

Akgül, F.Y., Ceylan, H.G., Atasoy, A.F. (2020). Determination of fatty acids profiles and volatile compounds of cows' and goats' butters. *International Journal of Agriculture Environment and Food Science*, 4 (1), 7-13.

Ashenafi, M. (2006). A review on the microbiology of indigenous fermented foods and beverages of Ethiopia. *Ethiopian Journal of Biological Sciences*, 5(2), 189-245.

Balthazar, C.F., Pimentel, T.C., Ferrão, L.L., Almada, C.N., Santillo, A., Albenzio, M., Mollakhalili, N., Mortazavian, A.M., Nascimento, J.S., Silva, M.C., Freitas, M.Q., Sant' Ana, A.S., Granato, D., Cruz, A.G. (2017). Sheep Milk: Physicochemical Characteristics and Relevance for Functional Food Development. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(2), 247-262.

Bintsis, T. (2018). Lactic acid bacteria as starter cultures: An update in their metabolism and genetics. *AIMS Microbiology*, 4(4), 665-684.

Bobe, G., Hammond, E.G., Freeman, A.E., Lindberg, G.L., Beitz, D.C. (2003). Texture of Butter from Cows with Different Milk Fatty Acid Compositions. *Journal of Dairy Science*, 86, 3122-3127.

Bobe, G., Zimmerman, S., Hammond, E. G., Freeman, A. E., Porter, P. A., Luhmam, C. M., Beitz, D. C. (2007). Butter Composition and Texture from Cows with Different Milk Fatty Acid Compositions Fed Fish Oil or Roasted Soybeans. *Journal of Dairy Science*, 90, 2596-2603.

Brunner, J.B. (1974). Physical equilibria in milk: The lipid phase. In *Fundamentals of Dairy Chemistry*, 2nd ed.; Webb, B.H., Johnson, A.H., Alford, J.A., Eds.; AVI:Westport, CT, USA, 447-602.

Buldo, P., Wiking, L. (2016). Butter: Properties and Analysis. U: *Encyclopedia of Food and Health* (ur. Cabaallero, B., Finglas, P.M. & Toldra). Elsevier, Oxford, Ujedinjeno Kraljevstvo, 535-540.

CIE (1978). Recommendations on uniform color spaces, color difference equations, psychometric color terms (Supplement n°. 2 of publication Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) n°. 15 (E-1.3.1). Paris, FR: Bureau Central de la CIE.

Ceylan, O., Ozcan, T. (2020). Effect of the cream cooling temperature and acidification method on the crystallization and textural properties of butter. *LWT - Food Science and Technology*, 132, 109806.

Cheng, S., Li, W., Wu, S., Ge, Y., Wang, C., Xie, S., Wu, J., Chen, X., Cheong, L.-Z. (2023). Functional butter for reduction of consumption risk and improvement of nutrition. *Grain & Oil Science and Technology*, 6, 172-184.

Cheng, Z., O'Sullivan, G.M., Miao, S., Kerry, J.J., Kilcawley, K.N. (2022). Sensorial, cultural and volatile properties of milk, dairy powders, yoghurt and butter: A review. *International Journal of Dairy Technology* 75. doi: 10.1111/1471-0307.12898

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.

Demirkol, A., Guneser, O., Karagul Yuceer, Y. (2016). Volatile compounds, chemical and sensory properties of butters sold in Çanakkale. *Journal of Agricultural Sciences*, 22, 99-108.

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.

Dias, R.S., Balthazar, C.F., Cavalcanti, R.N., Sobral, L.A., Rodrigues, J.F., Neto, R.P.C., Tavares, M.I.B., Ribeiro, A.P.B., Grimaldi, R., Sant'Anna, C., Esmerino, E.A., Pimentel, T.C., Silva, M.C., Cruz, A.G. (2022). Nutritional, Rheological and Sensory Properties of Butter Processed with Different Mixtures of Cow and Sheep Milk Cream. *Food Bioscience*, 46, 101564.

El-Aidie, S.A.A.M. (2018). The healthiness of commercial butter in Malaysia: Evaluation of the physicochemical and microbial quality. *International Journal of Advancement in Life Sciences Research*, 1, 1-7.

Ewe, J.A., Loo S.Y. (2016). Effect of cream fermentation on microbiological, physicochemical and rheological properties of *L. helveticus*-butter. *Food Chemistry*, 201, 29-36

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.

Ferreira, L., Borges, A., Gomes, D., Dias, S., Pereira, C., Henriques, M. (2022). Adding value and innovation in dairy SMEs: From butter to probiotic butter and buttermilk. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46: e14867.

Gazu, L., Eshete, T., Kassa, G. (2018). Physicochemical analysis and microbial quality of cow butter obtained from Menz district of Amhara region, Ethiopia. *African Journal of Bacteriology Research*, 10(3), 34-43.

HRN EN ISO 17189:2008 Maslac, emulzije jestivih ulja i mazive masti – Određivanje sadržaja masti (Referentna metoda) – gravimetrijska metoda

HRN EN ISO 3727-1:2003 Maslac - Određivanje sadržaja vode, nemasnih krutina i masti - 1. dio: Određivanje sadržaja vode (Referentna metoda).

HRN EN ISO 3727-2:2003 Maslac - Određivanje sadržaja vode, nemasnih krutina i masti - 2. dio: Određivanje sadržaja nemasnih krutina (Referentna metoda).

HRN EN ISO 8968-1:2014 Mlijeko - Određivanje sadržaja dušika - 1. dio: Kjeldahlovo načelo izračunavanje sirovih proteina

HRN ISO 5765-1:2003 Mlijeko u prahu, mješavina sladoleda u prahu i topljeni sir – Određivanje sadržaja laktoze - 1. dio: Enzimatska metode uporabom glukoze preko laktoze.

HRN ISO 8589:2008 Senzorske analize - Opće uputstvo za projektiranje prostorija za ispitivanje.

ISO 22935-1:2023 Milk and milk products — Sensory analysis - Part 1: Recruitment, selection, training and monitoring of assessors.

Jinjarak, S., Olabi, A., Jime'nez-Flores, R., Walker, J. H. (2006). Sensory, Functional, and Analytical Comparisons of Whey Butter with Other Butters. *Journal of Dairy Science*, 89, 2428–2440.

Kaya, A. (2000). Properties and Stability of Butter Oil Obtained from Milk and Yoghurt. *Nahrung*, 44(2), 126-129.

Krause, A. J., Lopetcharat, K., Drake, M. A. (2007). Identification of the Characteristics That Drive Consumer Liking of Butter. *Journal of Dairy Science*, 90, 2091–2102.

Krause, A.J., Lopetcharat, K., Drake, M.A. (2007). Identification of the Characteristics That Drive Consumer Liking of Butter. *Journal of Dairy Science*, 90, 2091-2102.

Lane, R. (1988). Butter and Mixed Fat Spread. U: The Technology of Dairy Products; Early, R., Ed.; Blackie Academic & Professional: New York, 158-159.

Lapčíková, B., Lapčík, L., Valenta, T., Kučerová, T. (2022). Functional and Quality Profile Evaluation of Butters, Spreadable Fats, and Shortenings Available from Czech Market. *Foods*, 11, 3437.

Lawless, H.T., Heymann, H. (2010). Sensory Evaluation of Food – Principles and Practices. Second Edition. Dordrecht Heidelberg, Springer, New York.

Lee, J. H. (2020). Changes in flavor compounds and quality parameters of goat cream butter during extended refrigerated storage. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 306-318.

Li, Y., Wang, Y, Yuan D, L,i ,Y, Zhang, L. (2020). Comparison of SDE and SPME for the analysis of volatile comp.ounds in butters. *Food Science and Biotechnology* 29, 55–62.

Lis, A., Staniewski, B., Ziajka, J. (2021). A comparison of butter texture measurements with the AP 4/2 penetrometer and TA.XT. Plus texture analyzer. *International Journal of Food Properties*, 24(1), 1744-1757.

Mallia, S., Escher, F., Schlichtherle-Cerny, H. (2008). Aroma-active compounds of butter: a review. *European Food Research and Technology*, 226, 315-325.

Milovanovic, B., Djekic, I., Miocinovic, J., Djordjevic, V., Lorenzo, J.M., Barba, F.J., Mörlein, D., Tomasevic, I. (2020). What Is the Color of Milk and Dairy Products and How Is It Measured? *Foods*, 9, 1629.

Nogueira, M., Lubachevsky, G., Rankin, S. (2005). A study of volatile composition of Minas cheese. *LWT - Food Science and Technology*, 38, 555-563.

O'Callaghan, T.F., Faulkner, H., McAuliffe, S., O'Sullivan, M.G., Hennessy, D., Dillon, P., Kilcawley, K.N., Stanton, C., Ross, R.P. (2016). Quality characteristics, chemical composition, and sensory properties of butter from cows on pasture versus indoor feeding systems. *Journal of Dairy Science*, 99(12), 9441-9460.

- Pădureț, S. (2021). The Effect of Fat Content and Fatty Acids Composition on Color and Textural Properties of Butter. *Molecules*, 26, 4565.
- Pandya, A.J., Ghodke, K.M. (2007). Goat and sheep milk products other than cheeses and yoghurt. *Small Ruminant Research*, 68,193-206.
- Peterson, D.G., Reineccius, G.A. (2003). Characterization of the volatile compounds that constitute fresh sweet cream butter aroma. *Flavour and Fragrance Journal*, 18, 215–220.
- Portnoi, P.A., MacDonald, A. (2015). The lactose and galactose content of milk fats and suitability for galactosaemia. *Molecular Genetics and Metabolism Reports*, 5, 42-43
- Rafiq, S., Huma, N., Pasha, I., Sameen, A., Mukhtar, O., Khan M. I. (2016). Chemical Composition, Nitrogen Fractions and Amino Acids Profile of Milk from Different Animal Species. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 29(7), 1022–1028.
- Rodríguez, A., Bunger, A., Castro, E., Sousa, I., Empis, J. (2003). Development and Optimization of Cultured Goat Cream Butter. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 80, 987–992.
- Rønholt, S., Kirkensgaard, J.J.K., Mortensen, K., Knudsen, J.C. (2014). Effect of Cream Cooling Rate and Water Content on Butter Microstructure during Four Weeks of Storage. *Food Hydrocolloids*, 34, 169-176.
- 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.
- Rønholt, S., Mortensen, K., Knudsen, J.C. (2013). The Effective Factors on the Structure of Butter and Other Milk Fat-Based Products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(5), 468-482.
- Rousseau, D., Ghosh, S., Park, H. (2009). Comparison of the Dispersed Phase Coalescence Mechanisms in Different Tablesreads. *Journal of Food Science*, 74 (1), E1–E7.
- Sabahelkhier M.K., Faten M.M., Omer F.I. (2012). Comparative Determination of Biochemical Constituents between Animals (Goat, Sheep, Cow and Camel) Milk with Human Milk. *Research Journal of Recent Sciences*, 1(5), 69-71.
- Sarhir, S.T., Amanpour, A., Bouseta, A., Selli, S. (2021). Fingerprint of aroma-active compounds and odor activity values in a traditional Moroccan fermented butter “Smen” using GC–MS–Olfactometry. *Journal of Food Composition and Analysis* 96, 103761.
- SAS Institute (2022). SAS Studio Enterprise Edition, release: 3.81.
- Schieberle, P., Gassenmeier, K., Guth, H., Sen, A., Grosch, W. (1993). Character impact odour compounds of different kinds of butter. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 26, 347-356.

- Senel, E., Atamer, M., Sebnem Oztekin, F. (2011). The oxidative and lipolytic stability of Yayık butter produced from different species of mammals milk (cow, sheep, goat) yoghurt. *Food Chemistry*, 127, 333–339.
- Şengül, M., Akgül, H. I., Ürkek, B. (2024). The aroma profile of butter produced using different starter cultures. *Mljekarstvo*, 74(2), 131-141.
- Silanikove, N., Leitner, G., Merin, U., Prosser, C.G. (2010). Recent Advances in Exploiting Goat's Milk: Quality, Safety and Production Aspects. *Small Ruminant Research*, 89, 110-124.
- Silva, T., Pires, A., Gomes, D., Viegas, J., Pereira-Dias, S., Pintado, M.E., Henriques, M., Pereira, C.D. (2023). Sheep's Butter and Correspondent Buttermilk Produced with Sweet Cream and Cream Fermented by Aromatic Starter, Kefir and Probiotic Culture. *Foods*, 12, 331.
- Staniewski, B., Ogrodowska, D., Staniewska, K., Kowalik, J. (2021). The effect of triacylglycerol and fatty acid composition on the rheological properties of butter. *International Dairy Journal*, 114, 104913.
- Stobiecka, M., Król, J., Brodziak, A., Wajs, J. (2021). Characteristics of milk from different species of farm animals with special emphasis on health-promoting ingredients. *Archive - Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica*, 20(3), 85–96.
- Tahmas Kahyaoğlu, D., Çakmakçı, S. (2018). A comparative study on some properties and oxidation stability during storage of butter produced from different animals' milk. *Gida the journal of food*, 43 (2), 283-293.
- Tahmas-Kahyaoğlu, D., Cakmakci, S., Hayaloglu, A.A. (2022): Changes during storage in volatile compounds of butter produced using cow, sheep or goat's milk. *Small Ruminant Research* 211, 106691.
- Vioque-Amor, M., Gómez-Díaz, R., Del Río-Celestino, M., Avilés-Ramírez, C. (2023). Butter from Different Species: Composition and Quality Parameters of Products Commercialized in the South of Spain. *Animals*, 13, 3559.
- Voidarou, C., Antoniadou, M., Rozos, G., Tzora, A., Skoufos, I., Varzakas, T., Lagiou, A., Bezirtzoglou, E. (2021). Fermentative Foods: Microbiology, Biochemistry, Potential Human Health Benefits and Public Health Issues. *Foods*, 10(1), 69.
- Wang, Y., Wu, J., Lv, M., Shao, Z., Hungwe, M., Wang, J., Bai, X., Xie, J., Wang, Y., Geng, W. (2021). Metabolism Characteristics of Lactic Acid Bacteria and the Expanding Applications in Food Industry. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9, 612285.
- Zhang, K., Zhang, T-T., Guo, R-R., Ye, Q., Zhao, H-L., Huang, X-H. (2023). The regulation of key flavor of traditional fermented food by microbial metabolism: A review. *Food Chemistry: X*, 19, 100871.
- Ziarno, M., Derewiaka, D., Florowska, A., Szymańska, I. (2023). Comparison of the Spreadability of Butter and Butter Substitutes. *Applied Sciences*, 13, 2600.

9. SAŽETAK

Leonarda Valentina Mrkoci

Aromatski profil, teksturna i senzorska svojstva kravljeg, kozjeg i ovčjeg maslaca iz slatkog i fermentiranog vrhnja

Razlike između kravljeg, kozjeg i ovčjeg mlijeka ukazuju na njihove jedinstvene nutritivne i senzorske karakteristike što otvara brojne mogućnosti za nova istraživanja i razvoj inovativnih proizvoda s ciljem povećanja asortimana na tržištu. Cilj rada bio je utvrditi utjecaj vrste mlijeka (kravlje, kozje, ovčje) i vrste vrhnja (slatko, fermentirano) na kemijski sastav, boju, hlapljive aromatske spojeve teksturna i senzorska svojstva maslaca. Uzorci maslaca proizvedeni su od slatkog i fermentiranog vrhnja s komercijalnim kulturama (*Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* i *Leuconostoc mesenteroides*). Analizom kemijskog sastava utvrđeno je da su maslaci od ovčjeg slatkog vrhnja imali značajno manji udio vode i veći udio mliječne masti u usporedbi s kravljim i kozjim, dok su maslaci od fermentiranog kozjeg vrhnja imali veći udio suhe tvari i mliječne masti, a maslaci od kravljeg mlijeka veći udio proteina. Kozji i ovčji maslaci bili su svjetliji s izraženijom crvenom komponentom u odnosu na kravlje koji su bili žući. Maslaci od slatkog vrhnja u usporedbi s fermentiranim imali su veću svjetlinu te manje intenzivne crvene i žute nijanse. Analiza teksture pokazala je značajne razlike među maslacima, pri čemu su kravljji bili najčvršći, a kozji najmekši. Ukupno su identificirana 183 hlapljiva aromatska spoja, a najviše ih je pronađeno u kravljim fermentiranim maslacima, a najmanje u ovčjim maslacima od slatkog vrhnja. Najveći udio hlapljivih spojeva u svim analiziranim uzorcima maslaca činile su kiseline, potom laktoni, alkoholi i ketoni. Fermentacija vrhnja značajno poboljšava senzorske karakteristike maslaca, povećavajući intenzitet aroma i bogatstvo okusa. Osim toga, vrsta mlijeka ključna je za senzorski profil maslaca, pri čemu se kravljji maslaci ističu intenzivnijom žutom bojom, čvrstoćom i bogatijim okusom, dok kozji imaju blaži miris i okus te nježniju teksturu. Analiza glavnih komponenata potvrdila je jasne razlike između maslaca prema vrsti mlijeka, uz utjecaj vrste vrhnja na povećanje senzorske kvalitete. Rezultati istraživanja ističu da kravljji, kozji i ovčji maslaci imaju specifična svojstva, što omogućava prilagodbu proizvoda potrošačkim preferencijama i tržišnim potrebama.

Ključne riječi: maslac, vrsta mlijeka, slatko i fermentirano vrhnje, hlapljivi aromatski spojevi, senzorska svojstva

10. SUMMARY

Leonarda Valentina Mrkoci

Aromatic profile, textural and sensory properties of cow, goat and sheep butter from sweet and fermented cream

The differences between cow's, goat's and sheep's milk highlight their unique nutritional and sensory properties, which open numerous opportunities for new research and the development of innovative products aimed at expanding the market assortment. The aim of this study was to determine the impact of milk type (cow, goat, sheep) and cream type (sweet, fermented) on the chemical composition, colour, volatile compounds, texture and sensory properties of butter. Butter samples were produced from sweet and fermented cream using commercial cultures (*Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* and *Leuconostoc mesenteroides*). The chemical composition analysis revealed that butter from sheep's sweet cream had significantly lower water content and higher milk fat content compared to cow's and goat's, while butter from fermented goat cream had higher dry matter and milk fat content, and cow's milk butter had higher protein content. Goat and sheep butter were lighter in colour with a more pronounced red component compared to cow's butter, which was more yellow. Butter from sweet cream, in comparison to fermented cream, exhibited greater lightness and less intense red and yellow hues. The texture analysis showed significant differences among the butters, with cow's being the firmest and goat's the softest. A total of 183 volatile aromatic compounds were identified, with the highest number found in cow's fermented butter and the lowest in sheep's sweet cream butter. Most volatile compounds in all analysed butter samples were acids, followed by lactones, alcohols, and ketones. Cream fermentation significantly enhances the sensory characteristics of butter, increasing aroma intensity and flavour richness. Additionally, the type of milk is crucial for the sensory profile of butter, with cow's butter standing out for its more intense yellow colour, firmness, and richer flavour, while goat's butter has a milder aroma and flavour and a softer texture. Principal component analysis confirmed clear differences between butters based on milk type, with the type of cream influencing the enhancement of sensory quality. The study results emphasize that cow's, goat's, and sheep's butter have specific properties, allowing product customization to meet consumer preferences and market demands.

Keywords: butter, milk type, sweet and fermented cream, volatile compounds, sensory traits

11. ŽIVOTOPIS

Leonarda Valentina Mrkoci, rođena je 2. veljače 2000. godine u Zagrebu, Republika Hrvatska. Školovanje započinje 2006. godine u Osnovnoj školi Kustošija. Srednjoškolsko obrazovanje nastavlja upisom prirodoslovno-matematičkoga smjera u X. gimnaziji 'Ivan Supek' u Zagrebu. Nakon uspješno položene mature, 2018. godine upisuje studij farmacije na Farmaceutsko-biokemijskom fakultetu, Sveučilište u Zagrebu. Nakon dvije godine prekida studij farmacije te 2020. godine upisuje studij Animalnih znanosti na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu, gdje 2023. završava prijediplomski studij i stječe akademski naziv Sveučilišna prvostupnica inženjerka animalnih znanosti (univ. bacc. ing. agr.). Iste godine upisuje diplomski studij Proizvodnja i prerada mlijeka na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu. U razdoblju od 2020. do 2021. godine volontira u studentskoj neprofitnoj organizaciji eSTUDENT u sklopu tima Popularizacija znanosti te na taj način stječe vještine projekt managementa i timskog rada. U slobodno vrijeme nastoji unaprijediti već stečene, ali i naučiti neke nove vještine poput učenja korejskog jezika, statističke obrade podataka i vrtlarenje.

12. PRILOZI

Prilog 1. Prosječni udio (%) distribucije ketona u uzorcima maslaca

Aromatski spoj	RT	KO-S	KO-F	KR-S	KR-F	OV-S	OV-F
Aceton	4,6	nd	nd	nd	0,34	nd	nd
2-heptanon	12,67	nd	nd	0,29	1,24	nd	nd
5-metil-1-fenilheksan-1-on	15,85	nd	nd	nd	nd	nd	6,01
Acetoin	15,99	nd	nd	nd	nd	nd	4,34
2-oktanon	16,06	0,28	nd	nd	0,16	0,56	nd
1-(4-metilfenil)- pentan-1-on	18,71	0,31	nd	nd	0,16	nd	nd
3-hidroksimetil-2-nonanon	19,48	nd	nd	nd	1,26	nd	nd
2-nonanon	19,49	12,80	0,60	0,68	nd	3,40	1,60
2-dekanon	22,82	0,18	nd	nd	nd	nd	nd
2-undekanon	26,03	1,51	nd	1,01	nd	nd	0,89
Acetofenon	27,42	0,25	0,14	0,28	nd	0,58	0,69
2-tridekanon	31,99	0,17	0,52	1,37	1,13	0,88	nd
2-pentadekanon	37,42	nd	0,56	1,29	0,51	0,68	nd
5-[3-(1-naftalenilkarbonil)- 1H-indol-1-il]- pentan-2-on	48,29	nd	nd	nd	nd	0,13	nd
<i>Ukupno ketoni (14)</i>		15,50^{A,a}	1,82^{Z,b}	4,94^B	4,81^Y	6,24^{B,b}	13,53^{X,a}

RT – retencijsko vrijeme; KO-S – uzorci kozjeg maslaca od slatkog vrhnja; KO-F – uzorci kozjeg maslaca od fermentiranog vrhnja; KR-S – uzorci kravljeg maslaca od slatkog vrhnja; KR-F – uzorci kravljeg maslaca od fermentiranog vrhnja; OV-S – uzorci ovčjeg maslaca od slatkog vrhnja; OV-F – uzorci ovčjeg maslaca od fermentiranog vrhnja; nd - nije detektiran; ^{AB} – vrijednosti svojstva unutar tretmana maslaca od slatkog vrhnja (KO-S, KR-S, OV-S) označena različitim slovima označavaju značajnu razliku između vrste mlijeka ($P < 0,05$); ^{XYZ} – vrijednosti svojstva unutar tretmana maslaca od fermentiranog vrhnja (KO-F, KR-F, OV-F) označena različitim slovima označavaju značajnu razliku između vrste mlijeka ($P < 0,05$); ^{a,b} - vrijednosti svojstva unutar iste vrste mlijeka označavaju značajnu razliku između vrsta vrhnja ($P < 0,05$)

Prilog 2. Prosječni udio (%) distribucije terpena u uzorcima maslaca

Aromatski spoj	RT	KO-S	KO-F	KR-S	KR-F	OV-S	OV-F
β -etenil- α -metilbenzenetanol	17,49	nd	nd	0,11	nd	nd	nd
D-limonen	13,15	nd	0,12	nd	nd	nd	nd
3-Etil-2,6,10-trimetilundekan	21,11	0,10	nd	nd	nd	nd	nd
4-etenil-1,2-dimetilbenzen	22,14	0,12	nd	nd	nd	nd	0,30
1-etil-2,4-dimetilbenzen	20,87	0,24	0,16	nd	nd	nd	nd
1,3,8-p-mentatrien	22,54	nd	nd	0,13	nd	nd	nd
Neofitadien	35	nd	nd	0,20	nd	nd	nd
Heksetidin	49,85	nd	nd	nd	nd	0,04	nd
<i>Ukupno terpeni (8)</i>		0,46	0,28	0,44	0,00	0,04	0,30

RT – retencijsko vrijeme; KO-S – uzorci kozjeg maslaca od slatkog vrhnja; KO-F – uzorci kozjeg maslaca od fermentiranog vrhnja; KR-S – uzorci kravljeg maslaca od slatkog vrhnja; KR-F – uzorci kravljeg maslaca od fermentiranog vrhnja; OV-S – uzorci ovčjeg maslaca od slatkog vrhnja; OV-F – uzorci ovčjeg maslaca od fermentiranog vrhnja; nd - nije detektiran

Prilog 3. Prosječni udio (%) distribucije kiselina u uzorcima maslaca

Aromatski spoj	RT	KO-S	KO-F	KR-S	KR-F	OV-S	OV-F
Mevalonska	3,83	nd	nd	nd	nd	nd	0,02
3-butenska	3,87	nd	nd	nd	nd	nd	1,49
3-(2,4-dimetoksifenil)-2-propenska	13,99	nd	nd	nd	0,38	nd	nd
Oksalna, 2TMS derivat	17,91	nd	nd	nd	nd	nd	4,24
Dietiloctena	18,77	nd	nd	nd	nd	1,45	nd
Octena	21,25	nd	0,55	nd	nd	nd	5,86
Butanska	26,7	nd	2,09	1,24	0,92	2,66	0,35
Kaprionska	32,78	0,62	8,18	1,90	8,71	3,38	5,77
Kaprinska	35,55	nd	0,19	nd	0,40	nd	nd
L-glutaminska	37,35	nd	nd	nd	nd	nd	0,99
Kaprilna	38,21	2,73	30,37	4,04	18,17	3,69	8,95
Citronska	40,37	nd	0,27	nd	nd	nd	nd
Nonanska	40,72	0,15	0,80	0,22	0,58	0,24	0,39
Metoksiocetna	41,71	nd	nd	nd	nd	nd	0,11
n-Dekanska	43,13	33,63	0,27	47,44	28,44	18,41	6,66
9-decenska	44,46	0,09	0,85	0,51	1,05	nd	nd
Undekanska	45,43	0,25	0,53	0,49	0,29	nd	nd
L-pipekolinska	45,52	nd	nd	nd	nd	nd	1,74
Benzojeva	46,45	0,19	nd	nd	0,60	0,39	2,34
Dodekanska	47,65	5,12	18,19	16,13	7,04	4,63	0,57
3,5-dihidroksibenzojeva	48,22	nd	nd	nd	0,01	nd	nd
cis-5-dodecenska	48,87	nd	0,20	nd	nd	nd	nd
izocitratna	49,41	nd	nd	nd	nd	0,64	nd
<i>Ukupno kiseline (23)</i>		42,78^{B,b}	63,21^{X,a}	52,97^{A,a}	38,52^{Y,b}	35,50^{C,b}	39,49^{Y,a}

RT – retencijsko vrijeme; KO-S – uzorci kozjeg maslaca od slatkog vrhnja; KO-F – uzorci kozjeg maslaca od fermentiranog vrhnja; KR-S – uzorci kravljeg maslaca od slatkog vrhnja; KR-F – uzorci kravljeg maslaca od fermentiranog vrhnja; OV-S – uzorci ovčjeg maslaca od slatkog vrhnja; OV-F – uzorci ovčjeg maslaca od fermentiranog vrhnja; nd - nije detektiran; ^{ABC} – vrijednosti svojstva unutar tretmana maslaca od slatkog vrhnja (KO-S, KR-S, OV-S) označena različitim slovima označavaju značajnu razliku između vrste mlijeka ($P < 0,05$); ^{XY} – vrijednosti svojstva unutar tretmana maslaca od fermentiranog vrhnja (KO-F, KR-F, OV-F) označena različitim slovima označavaju značajnu razliku između vrste mlijeka ($P < 0,05$); ^{a,b} – vrijednosti svojstva unutar iste vrste mlijeka označavaju značajnu razliku između vrsta vrhnja ($P < 0,05$)

Prilog 4. Prosječni udio (%) distribucije alifatskih ugljikovodika u uzorcima maslaca

Aromatski spoj	RT	KO-S	KO-F	KR-S	KR-F	OV-S	OV-F
Dodekan	13,28	3,60	1,03	nd	5,64	6,94	4,58
4,6-dimetildodekan	14,76	nd	nd	nd	nd	2,33	nd
2,3,4-trimetilheksan	18,14	nd	nd	nd	0,15	nd	nd
Tetradekan	19,84	1,10	1,02	1,62	4,03	2,89	1,83
2,6,10-trimetiltridekan	21,14	nd	nd	nd	0,23	nd	nd
Undekan	21,26	0,44	nd	nd	nd	nd	nd
2-metilnonadekan	21,27	nd	nd	nd	0,52	nd	nd
3,3,5-trimetildekan	22,85	nd	nd	nd	nd	0,45	nd
3,3-dimetilheptan	22,99	nd	nd	nd	nd	0,67	nd
Pentadekan	22,99	nd	0,34	nd	0,16	nd	nd
2,5,9-trimetildekan	23	nd	nd	nd	nd	nd	0,49
5-etil-2-metilheptan	23,02	nd	nd	nd	0,41	nd	nd
3-etil-3-metilheptan	23,02	nd	nd	0,20	nd	nd	nd
2,4,4-trimetilheksan	23,02	nd	nd	0,25	nd	nd	nd
Heksadekan	26,02	nd	0,22	0,93	nd	nd	nd
2,7,10-trimetildodekan	28,92	nd	nd	nd	nd	0,29	nd
Heptadekan	28,92	nd	0,35	0,43	nd	nd	nd
2,6,10,14-tetrametilheksadekan	31,04	nd	0,20	0,20	nd	nd	nd
3,7,11,15-Tetrametilheksadek-2-en	33,6	nd	0,71	nd	nd	nd	nd
Oktadekan	31,69	nd	0,47	nd	nd	nd	nd
Heneikosan	31,72	nd	nd	0,57	nd	nd	nd
[R-[R*,R*-(E)]]-3,7,11,15-tetrametilheksadek-2-en	33,57	nd	0,21	0,67	0,28	nd	nd
<i>Ukupno alifatski ugljikovodici (22)</i>		5,11^B	4,88^X	4,87^{B,b}	11,43^{Y,a}	13,56^{A,a}	6,90^{X,b}

RT – retencijsko vrijeme; KO-S – uzorci kozjeg maslaca od slatkog vrhnja; KO-F – uzorci kozjeg maslaca od fermentiranog vrhnja; KR-S – uzorci kravljeg maslaca od slatkog vrhnja; KR-F – uzorci kravljeg maslaca od fermentiranog vrhnja; OV-S – uzorci ovčjeg maslaca od slatkog vrhnja; OV-F – uzorci ovčjeg maslaca od fermentiranog vrhnja; nd - nije detektiran; ^{AB} – vrijednosti svojstva unutar tretmana maslaca od slatkog vrhnja (KO-S, KR-S, OV-S) označena različitim slovima označavaju značajnu razliku između vrste mlijeka ($P < 0,05$); ^{XY} – vrijednosti svojstva unutar tretmana maslaca od fermentiranog vrhnja (KO-F, KR-F, OV-F) označena različitim slovima označavaju značajnu razliku između vrste mlijeka ($P < 0,05$); ^{a,b} – vrijednosti svojstva unutar iste vrste mlijeka označavaju značajnu razliku između vrsta vrhnja ($P < 0,05$)

Prilog 5. Prosječni udio (%) distribucije alkohola u uzorcima maslaca

Aromatski spoj	RT	KO-S	KO-F	KR-S	KR-F	OV-S	OV-F
DL-3-metilbutan-2-ol	3,72	nd	nd	nd	nd	nd	2,40
3-metilbutan-1-ol	3,83	nd	nd	nd	nd	5,30	nd
2-buten-1-ol	3,59	3,25	0,06	nd	nd	nd	nd
Etanol	6,2	nd	nd	nd	3,34	1,69	nd
2-metilheksan-3-ol	7,42	nd	nd	nd	nd	nd	0,88
2-propilpentan-1-ol	16,59	nd	nd	nd	0,56	nd	nd
Oktan-2-ol	20,54	2,78	0,79	1,25	2,82	9,06	3,89
3,3-dimetilpentan-2-ol	21,25	nd	nd	nd	nd	1,20	nd
2-etilheksan-1-ol	22,73	nd	0,45	nd	nd	nd	nd
Oktan-3-ol	22,75	0,38	nd	nd	nd	0,31	0,16
5-metil-2-(1-metiletil)-cikloheksanol	27,31	0,09	nd	nd	nd	nd	nd
2-propilheptan-1-ol	28,08	5,49	1,34	3,03	9,26	nd	nd
(Z)-3-heksen-1-ol	31,5	nd	0,40	nd	nd	nd	nd
Undekan-1-ol	32,77	nd	1,18	nd	nd	nd	nd
Benzil alkohol	33,66	0,19	nd	nd	nd	nd	nd
Pentan-2-ol	33,84	nd	nd	nd	nd	0,11	0,68
3,7,11,15-tetrametil-2-heksadeken-1-ol	34,98	nd	nd	nd	nd	0,51	nd
Adonitol	36,12	nd	nd	nd	nd	nd	1,79
Heksan-1-ol	43	nd	nd	0,06	nd	0,43	nd
Oktan-1-ol	43,83	nd	0,01	nd	nd	nd	nd
Heksadekan-1-ol	45,6	nd	0,11	nd	nd	nd	nd
3-dekin-1-ol	47,84	nd	nd	0,29	nd	nd	nd
3,5,5-trimetilheksan-1-ol	48,3	nd	0,10	nd	nd	nd	nd
Pentan-1-ol	49,44	1,41	nd	nd	nd	nd	nd
<i>Ukupno alkoholi (24)</i>		13,57^{B,a}	4,45^{Z,b}	4,62^{C,b}	15,98^{X,a}	18,61^{A,a}	9,80^{Y,b}

RT – retencijsko vrijeme; KO-S – uzorci kozjeg maslaca od slatkog vrhnja; KO-F – uzorci kozjeg maslaca od fermentiranog vrhnja; KR-S – uzorci kravljeg maslaca od slatkog vrhnja; KR-F – uzorci kravljeg maslaca od fermentiranog vrhnja; OV-S – uzorci ovčjeg maslaca od slatkog vrhnja; OV-F – uzorci ovčjeg maslaca od fermentiranog vrhnja; nd - nije detektiran; ^{ABC} – vrijednosti svojstva unutar tretmana maslaca od slatkog vrhnja (KO-S, KR-S, OV-S) označena različitim slovima označavaju značajnu razliku između vrste mlijeka ($P < 0,05$); ^{XYZ} – vrijednosti svojstva unutar tretmana maslaca od fermentiranog vrhnja (KO-F, KR-F, OV-F) označena različitim slovima označavaju značajnu razliku između vrste mlijeka ($P < 0,05$); ^{a,b} – vrijednosti svojstva unutar iste vrste mlijeka označavaju značajnu razliku između vrsta vrhnja ($P < 0,05$)

Prilog 6. Prosječni udio (%) distribucije aldehida u uzorcima maslaca

Aromatski spoj	RT	KO-S	KO-F	KR-S	KR-F	OV-S	OV-F
4-(1-fenil-2-propeniloksi)-benzaldehyd	17,48	nd	nd	nd	0,15	nd	nd
Benzaldehid	23,57	0,41	0,20	nd	0,30	1,23	1,54
4-metilbenzaldehyd	27,33	nd	0,13	nd	nd	nd	nd
(E)-2-dekenal	27,33	nd	nd	0,10	nd	nd	nd
2-undekanal	30,41	nd	nd	0,11	nd	nd	nd
2,5-dimetilbenzaldehyd	31,98	nd	nd	nd	0,34	nd	nd
3,4-dimetilbenzaldehyd	31,96	nd	nd	0,62	nd	nd	nd
2,4-dimetilbenzaldehyd	31,97	0,21	nd	nd	nd	nd	nd
(E)-5-nonenal	46,22	nd	nd	nd	nd	0,53	nd
<i>Ukupno aldehidi (9)</i>		0,62	0,33	0,83	0,79	1,76	1,54

RT – retencijsko vrijeme; KO-S – uzorci kozjeg maslaca od slatkog vrhnja; KO-F – uzorci kozjeg maslaca od fermentiranog vrhnja; KR-S – uzorci kravljeg maslaca od slatkog vrhnja; KR-F – uzorci kravljeg maslaca od fermentiranog vrhnja; OV-S – uzorci ovčjeg maslaca od slatkog vrhnja; OV-F – uzorci ovčjeg maslaca od fermentiranog vrhnja; nd - nije detektiran

Prilog 7. Prosječni udio (%) distribucije laktona u uzorcima maslaca

Aromatski spoj	RT	KO-S	KO-F	KR-S	KR-F	OV-S	OV-F
2(5H)-furanon	30,28	0,24	nd	nd	nd	nd	nd
δ-heksalakton	31,51	0,95	nd	1,37	2,25	nd	nd
δ-oktalakton	36,12	2,10	0,86	2,96	4,68	1,43	nd
ε-dekalakton	37,35	4,23	nd	nd	nd	nd	nd
δ-nonakton	38,93	nd	nd	nd	0,16	nd	nd
δ-dekalakton	41,58	nd	5,69	2,65	1,80	5,66	4,42
ε-dodekalakton	42,49	0,58	nd	nd	nd	nd	nd
δ-undekalakton	44,17	nd	nd	0,75	0,37	nd	nd
δ-dodekalakton	46,65	1,25	2,73	15,87	6,33	1,76	nd
<i>Ukupno laktoni (9)</i>		9,43^B	9,28^Y	23,6^{A,a}	15,59^{X,b}	8,85^{B,a}	4,42^{Z,b}

RT – retencijsko vrijeme; KO-S – uzorci kozjeg maslaca od slatkog vrhnja; KO-F – uzorci kozjeg maslaca od fermentiranog vrhnja; KR-S – uzorci kravljeg maslaca od slatkog vrhnja; KR-F – uzorci kravljeg maslaca od fermentiranog vrhnja; OV-S – uzorci ovčjeg maslaca od slatkog vrhnja; OV-F – uzorci ovčjeg maslaca od fermentiranog vrhnja; nd - nije detektiran; ^{AB} – vrijednosti svojstva unutar tretmana maslaca od slatkog vrhnja (KO-S, KR-S, OV-S) označena različitim slovima označavaju značajnu razliku između vrste mlijeka ($P < 0,05$); ^{XYZ} – vrijednosti svojstva unutar tretmana maslaca od fermentiranog vrhnja (KO-F, KR-F, OV-F) označena različitim slovima označavaju značajnu razliku između vrste mlijeka ($P < 0,05$); ^{a,b} – vrijednosti svojstva unutar iste vrste mlijeka označavaju značajnu razliku između vrsta vrhnja ($P < 0,05$)

Prilog 8. Prosječni udio (%) distribucije aromatskih ugljikovodika u uzorcima maslaca

Aromatski spoj	RT	KO-S	KO-F	KR-S	KR-F	OV-S	OV-F
p-ksilen	11,28	nd	0,78	2,29	1,09	2,63	nd
1,2,3-trimetilbenzen	17,66	0,81	nd	nd	nd	nd	nd
o-Cymen	20,52	nd	0,16	nd	nd	nd	nd
Benzen, 1,3-bis-(1,1-dimetiletil)-benzen	20,7	1,16	nd	nd	0,89	nd	nd
1,2,3,5-tetrametilbenzen	20,88	nd	nd	nd	0,38	nd	nd
1,2,4,5-tetrametilbenzen	20,89	nd	nd	nd	nd	nd	1,30
1,2,3,4-tetrahidronaftalen	23,75	0,11	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,3,4-tetrahidro-5-metilnaftalen	26,94	nd	nd	nd	0,12	nd	nd
2-metilnaftalen	33,91	0,17	0,18	nd	nd	nd	0,38
1-metilnaftalen	32,97	0,30	0,22	nd	0,62	nd	0,63
Fenol	36,81	1,06	0,74	0,38	0,25	0,68	0,86
<i>Ukupno aromatski ugljikovodici (11)</i>		3,61	2,08	2,66	3,36	3,31	3,17

RT – retencijsko vrijeme; KO-S – uzorci kozjeg maslaca od slatkog vrhnja; KO-F – uzorci kozjeg maslaca od fermentiranog vrhnja; KR-S – uzorci kravljeg maslaca od slatkog vrhnja; KR-F – uzorci kravljeg maslaca od fermentiranog vrhnja; OV-S – uzorci ovčjeg maslaca od slatkog vrhnja; OV-F – uzorci ovčjeg maslaca od fermentiranog vrhnja; nd - nije detektiran;

Prilog 9. Prosječni udio (%) distribucije estera u uzorcima maslaca

Aromatski spoj	RT	KO-S	KO-F	KR-S	KR-F	OV-S	OV-F
Etenil acetat	6,97	nd	nd	nd	nd	nd	2,77
Etilni ester 3-hidroksimandelične kiseline, di-TMS	12,17	nd	nd	nd	1,38	nd	nd
Trikaproin	14,76	nd	nd	nd	nd	2,35	nd
Etil oktanoat	20,97	0,18	nd	nd	nd	nd	nd
2-etilheksil format	22,75	0,38	nd	nd	nd	nd	nd
orto tert-butil cikloheksil acetat	25	nd	nd	nd	0,19	nd	nd
Metil benzoat	26,59	nd	nd	0,39	0,21	nd	nd
Etil dekanat	27,19	0,35	0,44	nd	0,16	nd	nd
Benzenmetanol, α -metil-, acetat	28,9	nd	nd	nd	0,15	nd	nd
Fenilmetil acetat	29,66	nd	nd	0,10	nd	nd	nd
3,7,11,15-tetrametil-heksadecil acetat	31,54	nd	0,42	nd	0,19	nd	nd
Propil propanoat	31,66	0,16	nd	nd	nd	nd	nd
Etanol, 2-(2-butoksietoksi)-, acetat	33,01	nd	nd	nd	0,13	nd	nd
Dietil L-glutamat	33,79	0,19	nd	nd	nd	nd	nd
Oktil oktanoat	37,2	0,12	0,60	nd	nd	0,47	0,79
1,3-Diacetin	38,62	3,81	nd	nd	0,57	nd	4,31
Triacetin	38,63	nd	nd	0,07	nd	6,55	nd
Metil ricinolat	40,89	nd	nd	nd	nd	nd	0,26
Metil heksadekanoat	42,05	nd	0,10	0,12	nd	nd	nd
Izopropil palmitat	42,6	nd	0,13	nd	nd	nd	nd
Metil 2-metilheksadekanoat	42,88	nd	nd	nd	nd	0,21	nd
Etil heksanoat	42,9	nd	nd	0,14	nd	nd	nd
2,4-di-t-butilfenil 5-hidroksipentanoat	43,97	nd	nd	nd	nd	0,51	nd
Dietil ftalat	45,33	nd	nd	nd	nd	nd	0,47
2-(formiloksi)-1-fenil etanon	46,44	nd	6,42	nd	nd	nd	nd
Dipropil ftalat	48,91	nd	nd	nd	nd	1,44	nd
<i>Ukupno esteri (26)</i>		5,18^{B,b}	8,11^{X,a}	0,82^C	2,97^Y	11,58^{A,a}	8,61^{X,b}

RT – retencijsko vrijeme; KO-S – uzorci kozjeg maslaca od slatkog vrhnja; KO-F – uzorci kozjeg maslaca od fermentiranog vrhnja; KR-S – uzorci kravljeg maslaca od slatkog vrhnja; KR-F – uzorci kravljeg maslaca od fermentiranog vrhnja; OV-S – uzorci ovčjeg maslaca od slatkog vrhnja; OV-F – uzorci ovčjeg maslaca od fermentiranog vrhnja; nd - nije detektiran; ^{ABC} – vrijednosti svojstva unutar tretmana maslaca od slatkog vrhnja (KO-S, KR-S, OV-S) označena različitim slovima označavaju značajnu razliku između vrste mlijeka ($P < 0,05$); ^{XY} – vrijednosti svojstva unutar tretmana maslaca od fermentiranog vrhnja (KO-F, KR-F, OV-F) označena različitim slovima označavaju značajnu razliku između vrste mlijeka ($P < 0,05$); ^{a,b} – vrijednosti svojstva unutar iste vrste mlijeka označavaju značajnu razliku između vrsta vrhnja ($P < 0,05$)

Prilog 10. Prosječni udio (%) distribucije etera u uzorcima maslaca

Aromatski spoj	RT	KO-S	KO-F	KR-S	KR-F	OV-S	OV-F
Dimetil eter	6,2	1,73	nd	nd	nd	nd	nd
Dietilen glikol monobutil eter	31,66	nd	nd	nd	nd	nd	0,53
2-fenoksietanol	40,25	0,08	nd	nd	nd	nd	nd
dodecil izobutil eter	42,69	nd	nd	nd	0,08	nd	nd
2-etoksietanol	44,84	nd	nd	nd	nd	0,19	nd
<i>Ukupno eteri (5)</i>		1,82	0,00	0,00	0,08	0,19	0,53

RT – retencijsko vrijeme; KO-S – uzorci kozjeg maslaca od slatkog vrhnja; KO-F – uzorci kozjeg maslaca od fermentiranog vrhnja; KR-S – uzorci kravljeg maslaca od slatkog vrhnja; KR-F – uzorci kravljeg maslaca od fermentiranog vrhnja; OV-S – uzorci ovčjeg maslaca od slatkog vrhnja; OV-F – uzorci ovčjeg maslaca od fermentiranog vrhnja; nd - nije detektiran

Prilog 11. Prosječni udio (%) distribucije amida u uzorcima maslaca

Aromatski spoj	RT	KO-S	KO-F	KR-S	KR-F	OV-S	OV-F
Benzanilid	14	nd	nd	0,23	nd	nd	nd
N,N-dimetilformamid	17,58	nd	0,43	0,71	0,35	nd	nd
N-(α -benzilfenetil) formamid	18,78	0,55	nd	nd	nd	nd	nd
N-metilpropanamid	20,96	nd	0,10	nd	nd	nd	nd
Acetamid	30,69	nd	nd	nd	nd	nd	0,69
N,N-dibutilformamid	31,13	nd	nd	nd	0,41	nd	nd
1-acetil-3-piperidinamin	32,63	nd	nd	nd	0,15	nd	nd
Butanamid	34,07	0,12	nd	nd	nd	nd	nd
<i>Ukupno amidi (8)</i>		0,67	0,53	0,94	0,91	0,00	0,69

RT – retencijsko vrijeme; KO-S – uzorci kozjeg maslaca od slatkog vrhnja; KO-F – uzorci kozjeg maslaca od fermentiranog vrhnja; KR-S – uzorci kravljeg maslaca od slatkog vrhnja; KR-F – uzorci kravljeg maslaca od fermentiranog vrhnja; OV-S – uzorci ovčjeg maslaca od slatkog vrhnja; OV-F – uzorci ovčjeg maslaca od fermentiranog vrhnja; nd - nije detektiran

Prilog 12. Prosječni udio distribucije ostalih aromatskih spojeva u uzorcima maslaca

Aromatski spoj	RT	KO-S	KO-F	KR-S	KR-F	OV-S	OV-F
Tetradecilamin	22,99	nd	0,29	nd	nd	nd	1,33
1,3,5,7-ciklooktatetraen	15	nd	4,15	nd	4,61	nd	nd
(E)-3-(2,4-dimetoksifenil) 2-propenska kiselina	17,65	nd	nd	0,25	nd	nd	nd
Rosarin	18,78	nd	nd	nd	nd	nd	1,52
γ -aminobutanska kiselina	19,64	nd	nd	nd	nd	nd	1,27
7-metoksi-2-metilkinolin- 4-ol	20,71	nd	nd	nd	nd	nd	1,18
1-metilindan	20,94	nd	nd	nd	nd	nd	0,88
n-dodecilamin	21,14	nd	nd	nd	0,22	nd	nd
2,2'-azobis-2- metilpropanimidamid	22,12	0,16	nd	nd	nd	nd	nd
Aminopterin	22,84	nd	nd	nd	nd	nd	0,33
1,1,2,2-tetrakloroetan	23,05	0,82	nd	nd	nd	nd	nd
3-piridinacetonitril, α - [(3,4- dimetoksifenil)metilen]-, (α Z)-	23,83	nd	nd	nd	nd	nd	0,65
Isouron	26,61	nd	nd	nd	nd	nd	0,37
1,2,4-trimetilciklopentan	26,6	0,13	nd	nd	0,33	nd	nd
1-metil-2-pirolidinon	28,5	nd	nd	nd	nd	nd	2,76
5-methoxy-N,N-di-2- propen-1-il-1H-Indole-3- etanamine	31,98	nd	0,08	nd	nd	nd	nd
Alomatin	34,18	nd	0,10	nd	nd	nd	nd
Benzotiazol	35,73	nd	nd	3,04	nd	nd	nd
Kaprolaktam	37,34	0,12	nd	nd	0,26	nd	0,30
N-acetil-L-glutaminska kiselina	47,39	nd	0,05	nd	nd	0,30	nd
Ekonazol	45	nd	nd	nd	nd	0,06	nd
(+)-Dibenzoil-L-anhidrid vinske kiseline	47,65	nd	0,56	nd	nd	nd	nd
2-hepti-4-hidroksikinolin N-oksidi	47,72	nd	nd	nd	nd	nd	0,45
<i>Ukupno ostali (23)</i>		1,23^{AB,b}	5,23^{Y,a}	3,29^A	5,42^Y	0,36^{B,b}	11,02^{X,a}

RT – retencijsko vrijeme; KO-S – uzorci kozjeg maslaca od slatkog vrhnja; KO-F – uzorci kozjeg maslaca od fermentiranog vrhnja; KR-S – uzorci kravljeg maslaca od slatkog vrhnja; KR-F – uzorci kravljeg maslaca od fermentiranog vrhnja; OV-S – uzorci ovčjeg maslaca od slatkog vrhnja; OV-F – uzorci ovčjeg maslaca od fermentiranog vrhnja; nd - nije detektiran; ^{AB} – vrijednosti svojstva unutar tretmana maslaca od slatkog vrhnja (KO-S, KR-S, OV-S) označena različitim slovima označavaju značajnu razliku između vrste mlijeka ($P < 0,05$); ^{XY} – vrijednosti svojstva unutar tretmana maslaca od fermentiranog vrhnja (KO-F, KR-F, OV-F) označena različitim slovima označavaju značajnu razliku između vrste mlijeka ($P < 0,05$); ^{a,b} – vrijednosti svojstva unutar iste vrste mlijeka označavaju značajnu razliku između vrsta vrhnja ($P < 0,05$)

Prilog 13. Kvantitativna deskriptivna analiza svojstava izgleda, mirisa i teksture maslaca

Svojstvo	Vrsta mlijeka	Tretman / Vrsta vrhnja		Značajnost
		Slatko LSM $\pm$ SD	Fermentirano LSM $\pm$ SD	
Intenzitet žute boje	Kozje	0,67 $\pm$ 0,49 ^b	1,50 $\pm$ 0,67 ^b	*
	Kravlje	4,50 $\pm$ 0,80 ^a	4,50 $\pm$ 0,80 ^a	NS
	Ovčje	1,67 $\pm$ 0,78 ^b	2,08 $\pm$ 0,90 ^b	NS
Ujednačenost boje	Kozje	8,75 $\pm$ 0,45	8,50 $\pm$ 0,52	NS
	Kravlje	8,83 $\pm$ 0,39	8,83 $\pm$ 0,39	NS
	Ovčje	8,67 $\pm$ 0,49	8,67 $\pm$ 0,49	NS
Ocjena izgleda	Kozje	8,75 $\pm$ 0,45	8,42 $\pm$ 0,79	NS
	Kravlje	8,50 $\pm$ 0,52	8,67 $\pm$ 0,65	NS
	Ovčje	8,42 $\pm$ 0,51	8,08 $\pm$ 0,67	NS
Karakterističan miris za vrstu mlijeka	Kozje	1,58 $\pm$ 1,16 ^b	2,42 $\pm$ 1,51 ^b	NS
	Kravlje	6,17 $\pm$ 0,83 ^a	6,83 $\pm$ 0,83 ^a	NS
	Ovčje	5,67 $\pm$ 1,07 ^a	5,33 $\pm$ 1,72 ^a	NS
Miris po diacetilju	Kozje	1,58 $\pm$ 0,79 ^b	3,33 $\pm$ 1,23 ^b	**
	Kravlje	3,33 $\pm$ 1,23 ^a	6,67 $\pm$ 1,23 ^a	***
	Ovčje	3,25 $\pm$ 1,29 ^a	5,42 $\pm$ 1,00 ^a	**
Ocjena mirisa	Kozje	7,67 $\pm$ 0,65	7,92 $\pm$ 0,79	NS
	Kravlje	7,58 $\pm$ 0,51	8,50 $\pm$ 0,67	*
	Ovčje	7,50 $\pm$ 0,67	7,92 $\pm$ 0,67	NS
Mazavost	Kozje	7,00 $\pm$ 1,04 ^b	7,08 $\pm$ 1,00	NS
	Kravlje	7,42 $\pm$ 0,90 ^{ab}	7,42 $\pm$ 0,90	NS
	Ovčje	8,25 $\pm$ 0,75 ^a	8,08 $\pm$ 0,79	NS
Čvrstoća u ustima	Kozje	1,25 $\pm$ 0,97 ^b	1,83 $\pm$ 1,11 ^b	NS
	Kravlje	3,92 $\pm$ 0,90 ^a	3,83 $\pm$ 1,11 ^a	NS
	Ovčje	1,67 $\pm$ 0,78 ^b	2,17 $\pm$ 0,94 ^b	NS
Topivost	Kozje	8,17 $\pm$ 0,83 ^a	8,08 $\pm$ 0,67 ^a	NS
	Kravlje	7,00 $\pm$ 0,85 ^b	6,92 $\pm$ 0,79 ^b	NS
	Ovčje	8,08 $\pm$ 0,67 ^a	7,83 $\pm$ 0,72 ^{ab}	NS
Osjećaj masti u ustima	Kozje	3,58 $\pm$ 1,24 ^b	5,42 $\pm$ 1,16	*
	Kravlje	5,17 $\pm$ 1,03 ^a	5,50 $\pm$ 0,90	NS
	Ovčje	5,58 $\pm$ 0,90 ^a	5,42 $\pm$ 1,44	NS
Ocjena teksture	Kozje	7,75 $\pm$ 0,62 ^{ab}	8,00 $\pm$ 0,74	NS
	Kravlje	8,17 $\pm$ 0,83 ^a	8,67 $\pm$ 0,49	NS
	Ovčje	7,25 $\pm$ 0,75 ^b	7,67 $\pm$ 0,89	NS

^{ab} vrijednosti svojstva unutar tretmana označena različitim slovima označavaju značajnu razliku između vrste mlijeka (P<0,05)

*, **, *** vrijednosti unutar reda označavaju značajnu razliku između tretmana (*P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001); NS – nije značajno

Prilog 14. Kvantitativna deskriptivna analiza svojstava okusa i arome maslaca

Svojstvo	Vrsta mlijeka	Tretman / Vrsta vrhnja		Značajnost
		Slatko LSM $\pm$ SD	Fermentirano LSM $\pm$ SD	
Kiselo	Kozje	0,50 $\pm$ 0,52	1,58 $\pm$ 0,79	*
	Kravlje	0,08 $\pm$ 0,29	1,67 $\pm$ 0,78	***
	Ovčje	0,33 $\pm$ 0,65	1,50 $\pm$ 0,80	**
Gorko	Kozje	0,00 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00	NS
	Kravlje	0,08 $\pm$ 0,29	0,17 $\pm$ 0,39	NS
	Ovčje	0,33 $\pm$ 0,49	0,50 $\pm$ 0,52	NS
Punoća okusa	Kozje	6,92 $\pm$ 0,79	7,67 $\pm$ 0,49 ^{ab}	*
	Kravlje	7,25 $\pm$ 0,87	8,17 $\pm$ 0,39 ^a	*
	Ovčje	7,08 $\pm$ 0,67	7,42 $\pm$ 0,79 ^b	NS
Ocjena okusa	Kozje	7,50 $\pm$ 0,80	8,33 $\pm$ 0,49 ^{ab}	*
	Kravlje	8,00 $\pm$ 0,85	8,75 $\pm$ 0,45 ^a	NS
	Ovčje	7,25 $\pm$ 0,45	7,83 $\pm$ 0,72 ^b	*
Karakteristična aroma za vrstu mlijeka	Kozje	4,67 $\pm$ 1,07 ^b	5,58 $\pm$ 1,16 ^b	NS
	Kravlje	6,83 $\pm$ 0,94 ^a	7,25 $\pm$ 0,87 ^a	NS
	Ovčje	6,42 $\pm$ 1,38 ^a	6,25 $\pm$ 1,14 ^{ab}	NS
Aroma po diacetilu	Kozje	2,33 $\pm$ 0,78	4,33 $\pm$ 1,15 ^b	**
	Kravlje	3,42 $\pm$ 0,90	6,58 $\pm$ 1,24 ^a	***
	Ovčje	2,67 $\pm$ 1,37	4,92 $\pm$ 1,31 ^{ab}	*
Aroma po vrhnju	Kozje	4,67 $\pm$ 0,98	4,08 $\pm$ 0,79 ^a	NS
	Kravlje	5,17 $\pm$ 0,94	3,75 $\pm$ 1,14 ^{ab}	*
	Ovčje	3,92 $\pm$ 1,00	2,58 $\pm$ 1,31 ^b	NS
Strane arome	Kozje	0,83 $\pm$ 0,94	0,33 $\pm$ 0,65	NS
	Kravlje	0,00 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00	NS
	Ovčje	0,50 $\pm$ 0,90	0,08 $\pm$ 0,29	NS
Postojanost arome	Kozje	6,92 $\pm$ 0,67	7,83 $\pm$ 0,72	*
	Kravlje	7,17 $\pm$ 0,72	8,00 $\pm$ 0,60	*
	Ovčje	7,17 $\pm$ 0,39	7,92 $\pm$ 0,51	**
Ocjena arome	Kozje	7,50 $\pm$ 0,67 ^{ab}	8,17 $\pm$ 0,72	*
	Kravlje	7,83 $\pm$ 0,83 ^a	8,58 $\pm$ 0,51	*
	Ovčje	7,00 $\pm$ 0,60 ^b	7,92 $\pm$ 0,51	**
Ukupna ocjena	Kozje	7,50 $\pm$ 0,80	8,17 $\pm$ 0,72 ^{ab}	NS
	Kravlje	7,92 $\pm$ 0,67	8,75 $\pm$ 0,45 ^a	*
	Ovčje	7,33 $\pm$ 0,49	7,92 $\pm$ 0,51 ^b	*

^{ab} vrijednosti svojstva unutar tretmana označena različitim slovima označavaju značajnu razliku između vrste mlijeka (P<0,05)

*, **, *** vrijednosti unutar reda označavaju značajnu razliku između tretmana (*P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001; NS – nije značajno)