

DOI 10.7251/VETJSR101S

UDK 637.353.7:547.922(497.6)

Originalni naučni rad

KVALITET TRADICIONALNOG HERCEGOVAČKOG KOZJEG SIRA SA ZRENJEM U ŽIVOTINJSKOJ KOŽI (SIR IZ MIJEHA)

Danica SAVANOVIĆ^{1*}, Ana VELEMIR¹, Aleksandar SAVIĆ¹, Jovo SAVANOVIĆ², Jovana KUČINAR¹

¹Univerzitet u Banjoj Luci, Tehnološki fakultet, Banja Luka, Bosna i Hercegovina

²Viša škola „Banja Luka College“, Banja Luka, Bosna i Hercegovina

*Korespondentni autor: Danica Savanović, danica.savanovic@tf.unibl.org

Sažetak: Sir iz mijeha je tradicionalni proizvod sa područja Hercegovine, prepoznatljiv po karakterističnoj aromi, ukusu i teksturi, koji predstavlja značajan dio kulturne baštine i odraz prirodnih resursa regije. Cilj ovog istraživanja bio je ispitati kvalitet i bioaktivna svojstva Sira iz mijeha proizvedenog od kozjeg mlijeka sa područja Hercegovine. Analizirani su fizičko-hemijski parametri kvaliteta kozjeg mlijeka i Sira iz mijeha, uključujući sadržaj vlage, pepela, proteina, masti, pH vrijednost, titracionu kiselost, aktivnost vode, boju, mineralni i masnokiselinski sastav, antioksidativni kapacitet i senzorna svojstva. Rezultati su pokazali da je kozje mlijeko imalo visok sadržaj masti (5,88%) i proteina (4,36%), dok su vrijednost pH (6,55), titraciona kiselost (7,90°SH) i specifična težina (1,0327 g cm⁻³) ukazala na dobar kvalitet proizvoda. Sir se odlikovao visokom nutritivnom vrijednošću, sa ukupnim sadržajem masti od 30% i proteina od 19,04%, a vrijednosti aktivnosti vode ($a_w=0,8200$) i pH (4,98) sugerisale su na dobru mikrobiološku stabilnost i naprednu fazu mliječnokiselinske fermentacije. Parametri boje ($C^*=14,68$; $h^\circ=91,7$; $WI=81,33$) potvrdili su svijetlu, blago žućkastu nijansu, karakterističnu za sireve koji su sazrijevali u životinjskoj koži. Rezultati mjerenja sadržaja ukupnih fenola, flavonoida i ne-flavonoida, kao i standardni testovi FRAP, DPPH i ABTS, pokazali su visok nivo antioksidativne aktivnosti u mlijeku i siru, što sugerše na prisustvo bioaktivnih spojeva koji mogu doprinijeti zaštiti organizma od oksidativnog stresa i unapređenju zdravlja potrošača. Senzorna analiza istakla je karakterističan izgled, miris, ukus i konzistenciju sira, potvrđujući njegov visok kvalitet i autentičnost. Studija naglašava značaj očuvanja i promocije Sira iz mijeha kao kulturnog i gastronomskog nasljeđa, ali i funkcionalnog prehrambenog proizvoda sa potencijalnim pozitivnim uticajima na zdravlje potrošača.

Ključne riječi: kozje mlijeko, kvalitet, tradicionalni sir

UVOD

Kozje mlijeko predstavlja vrijednu i sve popularniju namirnicu, bogatu hranljivim materijama, srednjelančanim masnim kiselinama, vitaminom A, vitaminima B kompleksa i mineralima poput kalcijuma, fosfora i cinka (Park, 2009; Silanikove i sar., 2010). Niži sadržaj alfa-s1-kazeina doprinosi hipoalergenim svojstvima, dok manja

veličina masnih globula i specifičan proteinski profil utiču na teksturu, ukus i funkcionalnost mliječnih proizvoda (Park i sar., 2007). Pored toga, prisustvo bioaktivnih komponenti sa potencijalnim antiinflamatornim efektima i mikroorganizama koji mogu djelovati probiotički čini ga pogodnim za osobe sa blagom netolerancijom na kravlje mlijeko (Lad i sar., 2017).

Kozji sir je važan dio tradicionalne ishrane u mnogim regionima zbog nutritivnog sastava i specifičnih senzornih osobina (Popović Vranješ, 2015; Park i sar., 2017; Barłowska i sar., 2018). Poseban značaj ima tradicionalni anaerobno zreli sir u jagnjećoj koži, poznat kao Sir iz mijeha, koji predstavlja važan dio kulturnog i gastronomskog nasljeđa Hercegovine. Tradicionalna proizvodnja ovog sira doprinosi očuvanju kulturnog identiteta, razvoju ruralnih sredina i lokalne ekonomije, povezujući generacije proizvođača i potrošača (Samardžija, 2009; Blažević i sar., 2020). Slični sirevi proizvode se i u drugim zemljama, poput Hrvatske (Sir iz mišine), Turske (Tulum), Alžira (Bouhezza) i Libana (Darfiyeh) (Tudor Kalit i sar., 2010).

Sir iz mijeha karakteriše specifičan način proizvodnje i zrenja u životinjskoj koži, što rezultira intenzivnim proteolitičkim i lipolitičkim procesima, složenim sastavom isparljivih jedinjenja i specifičnom mikroflorom (Frece i sar., 2016; Vrdoljak i sar., 2018; Rako i sar., 2019; Zekić i sar., 2024). Ovaj sir se u Hercegovini tradicionalno proizvodi od nepasterizovanog mlijeka (kravlje, ovčje, kozje ili mješavina), uz filtraciju, zagrijavanje, dodavanje sirila, soljenje i oblikovanje. Pripremljena jagnjeća koža se čisti, dimi i suši, a zatim se u nju stavlja sir i sabija radi istiskivanja vazduha. Zrenje traje 2-3 mjeseca, tokom kojeg se formira karakterističan ukus, aroma i tekstura proizvoda (Samardžija, 2009).

Upotreba životinjske kože omogućava kontrolisanu dehidraciju i oblikovanje aromatičnog izraza bogatog masnim kiselinama, estrima, ketonima i alkoholima, dok mikroklimatski uslovi kože potiču lipolizu i proteolizu, doprinoseći formiranju jedinstvenih senzornih svojstava (Gursoy i sar., 2018; Tekin i Guler, 2021). Koža djeluje i kao prirodno sredstvo za zrenje, ograničavajući rast nepoželjnih mikroorganizama i omogućavajući očuvanje tradicionalnog karaktera proizvoda. Anaerobni uslovi i mikroflora kože ubrzavaju razgradnju kazeina i oslobađanje slobodnih masnih kiselina, čime se poboljšavaju tekstura i aroma u odnosu na sireve zrele na otvorenom prostoru (Tudor Kalit i sar., 2020). Mikrobiološki profil sira obogaćen je autohtonim bakterijama mliječne kiseline i drugim prirodnim mikroorganizmima, što doprinosi bezbjednosti i specifičnim karakteristikama proizvoda (Frece i sar., 2016).

I pored toga što predstavlja važan dio kulinarskog nasljeđa Hercegovine, Sir iz mijeha je relativno malo istražen u naučnoj literaturi, a podaci o njegovom sastavu, bioaktivnim svojstvima i kvalitetu su ograničeni. Cilj ovog rada je ispitati kvalitet i bioaktivna svojstva tradicionalnog Sira iz mijeha sa područja Hercegovine, kao i kozjeg mlijeka od kojeg je sir proizveden.

MATERIJALI I METODE

Proizvodnja sira

Sir je proizveden od sirovog kozjeg mlijeka, tradicionalnim postupkom proizvodnje. Nakon muže, mlijeko je filtrirano kako bi se uklonile eventualne nečistoće, a zatim zagrijano na 35°C. Dodane su dvije kašike sirila na 10 L mlijeka, nakon čega je mlijeko blago miješano, a koagulacija je trajala 60 minuta. Formirani gruž je isječen, ostavljen da odstoji nekoliko minuta, a zatim usitnjen i odvojen od surutke. Gruž je oblikovan u sterilnoj gazi i presovan 5 sati radi uklanjanja preostalog dijela surutke. Prije stavljanja u pripremljeni jagnjeći mijeh, grude su izlomljene na komade i posoljene. Zrenje sira u mijehu trajalo je 60 dana.



Slika 1. Kozje mlijeko i kozji Sir iz mijeha

Analiza sastava i fizičko-hemijskih svojstava

U okviru istraživanja analizirani su uzorci kozjeg mlijeka i Sira iz mijeha (Slika 1). Specifična težina mlijeka određena je pomoću laktodenzimetra, kiselost mlijeka i sira mjerena je prema Soxhlet-Henkel metodi, a pH vrijednost mlijeka i sira izmjerena je pH metrom (Hanna Instruments, HI 2211) (Carić i sar., 2000). Aktivnost vode (a_w) sira određena je a_w metrom (Novasina LabMaster-AW 1119971). Sadržaj vode i suve materije u uzorcima mlijeka i sira određen je metodom sušenja (ISBIH, 2010; ISBIH, 2006). Sadržaj pepela određen je sagorijevanjem organske materije i žarenjem mineralnog ostatka na 550 °C (Carić i sar., 2000). Sadržaj proteina izračunat je na osnovu ukupnog azota određenog Kjeldahl metodom, koristeći faktor konverzije 6,38 (ISBIH, 2015a). Sadržaj masti analiziran je kiselinsko-buterometrijskom Gerber metodom (ISBIH, 2012). Sadržaj hlorida određen je potencijometrijskom titracijom (ISBIH, 2015b). Sadržaj laktoze u mlijeku mjereno je polarimetrijski pomoću pročišćenog seruma mlijeka; ugao rotacije polarizovane svjetlosti korišten je za izračun koncentracije laktoze. Instrumentalne vrijednosti boje uzoraka sira određene su pomoću spektrofotometra CM-2600d (Konica Minolta, Japan) u CIE $L^*a^*b^*$ sistemu.

Indeks bijele boje (WI), ugao nijanse (h°) i hromatičnost (C) izračunati su prema Wrolstad i Smith (2010) na sljedeći način:

$$WI = 100 - [(100-L)^2 + a^2 + b^2]^{0.5}$$

$$h^\circ = \tan^{-1} [b/a]$$

$$C = (a^2 + b^2)^{0.5}$$

Instrumentalna mjerenja boje sira izvršena su u deset ponavljanja, a sve ostale analize su provedene u tri ponavljanja.

Analiza mineralnog sastava

Uzorci mlijeka i sira pripremljeni su za analizu minerala vlažnom digestijom u mješavini azotne i perhlorne kiseline. Makro- i mikroelementi analizirani su metodom ICP-OES (Optima 8000, Perkin Elmer) kalibrisanom sa sertifikovanim referentnim materijalima (CRM, 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$) (Savanović i sar., 2023). Sve analize rađene su u tri ponavljanja.

Analiza masnih kiselina

Za analizu masnih kiselina pripremljeni su metil esteri masnih kiselina (FAME) direktnom esterifikacijom korišćenjem KOH u metanolu. Analiza je izvršena gasnom hromatografijom (GC) na uređaju Clarus 680 opremljenom FID detektorom i kolonom Elite-Wax L (60 m $\times$ 0,32 mm $\times$ 0,5 μm). Temperatura injektora i detektora bila je 250°C, zapremina uzorka 1 μL . Temperaturni režim: 60°C 2 min, povećanje 10 °C min⁻¹ do 200°C, zatim 5°C min⁻¹ do 240°C i držanje 30 min (ukupno 54 min). Azot je korišćen kao gas nosač pri protoku od 1,5 mL min⁻¹. Masne kiseline izražene su u relativnim procentima u odnosu na ukupnu količinu identifikovanih masnih kiselina. Analize su rađene u tri ponavljanja.

Analiza antioksidativne aktivnosti

Za analizu antioksidativne aktivnosti uzorci sira su ekstrahovani u 80% etanolu u ultrazvučnom kupatilu, pod refluksom. Pripremljeni su radni rastvori (100 g L⁻¹) za analize. Ukupni sadržaj fenola (TPC) određen je Folin-Ciocalteu metodom (Wolfe i sar., 2003). Sadržaj ne-flavonoida određen je formaldehidnom metodom (Alberto i sar., 2006), dok su flavonoidi izračunati kao razlika. Antioksidativna aktivnost procenjena je DPPH (Liyana-Pathirana i Shahidi, 2005), ABTS (Re i sar., 1999) i FRAP (Benzie i Strain, 1996) testovima. Analize su rađene u tri ponavljanja.

Senzorna analiza

Senzorna analiza mlijeka i sira sprovedena je deskriptivnom metodom kako bi se detaljno procijenio kvalitet proizvoda i istakle njihove karakteristične senzorne osobine. Pet obučenih ocjenjivača je ocjenjivalo izgled, miris, ukus i konzistenciju, pridržavajući se standardizovanih protokola deskriptivne analize, čime je osigurana visoka objektivnost, preciznost i ponovljivost dobijenih rezultata (ISBIH, 2011).

REZULTATI I DISKUSIJA

Fizičko-hemijska svojstva

Kozje mlijeko, zbog svog hemijskog sastava, predstavlja hranu pogodnu za ljudsku ishranu. Glavni sastojci kozjeg mlijeka su masti, proteini, minerali (pepeo), vitamini, laktoza i enzimi. Iako je kozje mlijeko široko prepoznato po visokoj nutritivnoj vrijednosti i uravnoteženom sastavu, njegov kvalitet i sastav zavise od različitih faktora, kao što su pasmina, nutritivni status, morfologija vimena, tjelesna masa i veličina legla. Pored toga, varijabilnost sastava mlijeka određena je genetskim naslijeđem, fazom laktacije, godišnjim dobom, vrstom ishrane, zdravljem vimena i drugim fiziološkim faktorima. Svi ovi faktori zajedno utiču na sadržaj proteina, masti, laktoze i ukupnih čvrstih materija, što na kraju odražava tehnološke osobine i nutritivni profil kozjeg mlijeka (Park, 2009; Getaneh i sar., 2016).

Uslovi koje kozje sirovo mlijeko mora zadovoljiti propisani su odgovarajućim pravilnicima (Propis, 2011a; Propis, 2015) prema kojima kozje mlijeko mora da sadrži najmanje 2,80% mliječne masti, najmanje 2,50% proteina, najmanje 7,50% suve materije bez masti, da mu je gustoća od 1,024 g cm⁻¹ do 1,040 g cm⁻¹ na temperaturi od 20°C, da mu je stepen kiselosti od 6,5°SH do 8,0°SH, a pH vrijednost od 6,4 do 6,7 i da mu tačka mržnjenja nije viša od -0,540°C.

Iz Tabele 1. je vidljivo da su svi ispitivani parametri kvaliteta kozjeg mlijeka u skladu sa propisima. Sirovo kozje mlijeko u ovom istraživanju imalo je 84,00% vode i 16,00% suve materije. Visok udio masti (5,88%) i proteina (4,36%) potvrđuje da kozje mlijeko predstavlja vrijedan izvor esencijalnih nutrijenata i da je pogodno za proizvodnju sireva visoke nutritivne vrijednosti. Sadržaj laktoze iznosio je 4,51%, što je u skladu s prosječnim vrijednostima za kozje mlijeko (Lad i sar., 2017). Mineralne materije bile su zastupljene u količini od 1,04% pepela, dok je koncentracija hlorida iznosila 156,20 mg 100 mL⁻¹. Ove vrijednosti potvrđuju da kozje mlijeko sadrži značajne količine minerala važnih za ljudsku ishranu (Park, 2009). Fizičko-hemijski parametri, poput pH vrijednosti (6,55), titracione kiselosti (7,90°SH) i specifične težine (1,0327 g cm⁻³), ukazuju na dobar higijenski kvalitet i svježinu mlijeka, što je osnovni preduslov za dobijanje kvalitetnog sira (Popović Vranješ, 2015).

Sadržaj vode u ispitivanom siru je iznosio 38,19%, a sadržaj suve materije 61,81%. S obzirom na sadržaj vode u bezmasnoj materiji sira (54,55%), koji je na donjoj granici polutvrdog sira (54-69%) prema Pravilniku o kvalitetu proizvoda od mlijeka (Propis, 2011b) ispitivani sir bi se mogao svrstati u grupu polutvrdih sireva. U literaturi se navodi da sirevi koji su sazrijevali u životinjskoj mogu se svrstati u grupi polutvrdih ili tvrdih sireva (Rako i sar., 2019; Tudor Kalit i sar., 2010). Tudor Kalit i sar. (2010) navodi da je Sir iz mišine, proizveden od ovčijeg mlijeka prema standardnoj tehnologiji za polutvrde sireve (uzimajući u obzir veličinu sirnog zrna i temperaturu dogrijavanja gruš), nakon 60 dana zrenja, imao 53,30% vode u bezmasnoj materiji sira, te je svrstan u kategoriju tvrdih sireva. S druge strane, Rako i sar. (2019) su nakon 30 dana zrenja za ovčiji Sir iz mišine zabilježili nešto višu vrijednost (60,77%). Sličnim istraživanjima na turskom polutvrdom Tulum siru, nakon 90 dana zrenja, utvrđen je

sadržaj vode u bezmasnoj materiji od 65,27% (Yilmaz i sar., 2005). Ova razlika najvjerojatnije proizlazi iz niže temperature zrenja Tulum sira (6-10°C), koja omogućava očuvanje veće količine vlage tokom procesa, dok je Sir iz mišine zrio na višim temperaturama (16-18°C), što je rezultiralo većim gubitkom vlage. Sihufe i sar. (2007) dodatno ističu da je, na kraju perioda zrenja, prosječan sadržaj vlage u Reggiano Argentinskom siru iznosio 27,60% pri zrenju na 12°C, u poređenju sa 24,30% pri 18°C, čime se potvrđuje značaj temperature na zadržavanje vlage u siru. Tudor Kalit i sar. (2010) su pokazali da sirevi koji zriju u jagnjećoj koži imaju viši sadržaj vlage i značajno niži sadržaj ukupnih čvrstih materija, masti, proteina i soli u poređenju sa sirom koji zri u kori tokom celokupnog procesa zrenja, što naglašava tehnološki značaj tradicionalnog medijuma zrenja.

Ukupan sadržaj masti u ispitivanom siru iznosio je 30%, a na osnovu sadržaja masti u suvoj materiji (48,54%) ispitivani sir svrstan je u grupu punomasnih sireva (Propis, 2011b). Ova vrijednost bila je niža u odnosu na rezultate koje su izvijestili Tudor Kalit i sar. (2014) za Sir iz mišine (52,96%) i Yilmaz i sar. (2005) za Tulum sir nakon 90 dana zrenja (54,64%). Ove razlike u sadržaju masti u siru mogu se pripisati varijacijama u sastavu mlijeka, fazi laktacije, procesu proizvodnje sira ili praksama na farmama. Analizirani sir je imao sadržaj proteina 19,04%, što je nešto niže od vrijednosti koje su zabilježili Rako i sar. (2019) (22,18%) i Tudor Kalit i sar. (2014) (23,93%). Sir se odlikovao relativno povišenim sadržajem pepela (6,23%), što ukazuje na značajnu nutritivnu vrednost, ali i na izraženu koncentraciju minerala. Sadržaj hlorida (4,43%) dodatno potvrđuje izražen mineralni profil, koji doprinosi specifičnom ukusu ovog tipa sira.

Profil kiselosti sira (pH 4,98; titraciona kiselost 65,5 °SH) ukazuje na uznapređovalu fazu mliječnokiselinske fermentacije. Dobijene vrijednosti u skladu su sa ranijim istraživanjima sireva u životinjskoj koži, gdje se pH vrijednost na kraju zrenja kretala u rasponu 3,99-5,42 (Tudor Kalit i sar., 2020). Rako i sar. (2019) ističu da progresivna proteoliza tokom zrenja doprinosi povećanoj pH vrijednosti i razvoju složenijeg aromatskog profila. Aktivnost vode ($a_w=0,820$) bila je relativno niska, što ukazuje na dobru mikrobiološku stabilnost.

Standardni kolorimetrijski parametri analiziranog sira iznosili su: hromatičnost $C=14,68$, ugao nijanse $h^\circ=91,70^\circ$, i indeks bijele boje $WI=81,33$. Vrijednost C ukazuje na srednje zasićenu boju, dok h^* potvrđuje da boja sira pripada žutom spektru. Relativno visok WI označava da je sir svijetao, ali ne potpuno bijele boje, što je u skladu sa karakteristikama sireva zrelih u životinjskoj koži sa povišenim sadržajem masti i tipičnim vizuelnim profilom za ovu tradicionalnu vrstu sira. Ovi rezultati su u skladu sa nalazima Tekin i Guler (2021) za Tulum sir. Ugao nijanse kod Tulum sira takođe je bio u žutom spektru, slično kao i kod ispitivanog kozjeg Sira iz mijeha. U njihovom istraživanju sir je imao niže WI vrijednosti i veću hromatičnost u poređenju sa sirevima čije se zrenje odvijalo u plastičnom buretu, što znači da je bio intenzivnije zasićen i sa manjim udjelom bijele boje. Razlike u boji između sireva mogu se objasniti gubitkom vode, koncentracijom masti i suve materije, kao i specifičnim uslovima zrenja (Tekin i Guler, 2021). Intenzivnija žuta boja i veća zasićenost boje predstavljaju

karakterističan vizuelni atribut tradicionalnih sireva u životinjskoj koži, što doprinosi njihovoj prepoznatljivosti i atraktivnosti za potrošače. Analize kolorimetrijskih parametara potvrđuju da tradicionalno zrenje u mijehu daje specifičan vizuelni profil sira, sa svjetlom, blago žućkastom bojom i srednjom zasićenošću, što je u skladu sa prethodnim istraživanjima.

Tabela 1. Fizičko-hemijske karakteristike sirovog kozjeg mlijeka i kozjeg Sira iz mijeha

Parametar	Kozje mlijeko	Kozji Sir iz mijeha
Voda (%)	84,00	38,19
Suva materija (SM, %)	16,00	61,81
Suva materija bez masti (SMBM, %)	10,12	31,81
Mast (%)	5,88	30,00
Voda u bezmasnoj materiji sira (VuBMS, %)	-	54,55
Mast u suvoj materiji sira (MuSM, %)	-	48,54
Proteini (%)	4,36	19,04
Pepeo (%)	1,04	6,23
Laktoza (%)	4,51	-
Hloridi (mg 100 mL ⁻¹ ili %)	156,20	4,43
pH	6,55	4,98
Gustina (g cm ⁻³)	1,0327	-
Titraciona kiselost (°SH)	7,90	65,5
Aktivnost vode (a _w)	-	0,8200
Parametri boje	-	C=14,68 h°=91,70° WI=81,33

Mineralni sastav

Minerali su esencijalni nutrijenti koji imaju ključnu ulogu u ljudskom zdravlju jer regulišu brojne fiziološke funkcije, uključujući razvoj kostiju, rad enzima, nervnu signalizaciju i imunološki odgovor. Mlijeko predstavlja važan izvor kalcijuma i drugih esencijalnih minerala, uključujući fosfor, magnezijum, cink i selen. Sastav minerala, koji obuhvata makro- i mikroelemente, varira u zavisnosti od vrste životinje, faze laktacije, ishrane, te genetskih i drugih faktora (Cashman, 2006; Vahčić i sar., 2010; Gaucheron, 2011). Analizom mineralnog sastava (Tabela 2) utvrđeno je da je kozje mlijeko imalo visok nivo kalcijuma (2,187 mg g⁻¹), kalijuma (1,688 mg g⁻¹) i fosfora (1,571 mg g⁻¹), što potvrđuje njegov značaj kao izvora makroelemenata neophodnih za ljudsku ishranu (Tabela 2). Natrijum (Na) je bio prisutan u umjerenim količinama (0,608 mg g⁻¹), kao i magnezijum (0,231 mg g⁻¹) koji ima važnu ulogu u metaboličkim funkcijama. Među mikroelementima, cink (4,815 µg g⁻¹) i gvožđe (1,118 µg g⁻¹) su bili najzastupljeniji, dok su mangan (0,158 µg g⁻¹) i aluminijum (0,406 µg g⁻¹) takođe bili

prisutni. Koncentracija Selen (Se) u mlijeku je bila ispod granice detekcije. Ovaj profil minerala potvrđuje da kozje mlijeko predstavlja bogat izvor ključnih elemenata, sa posebno izraženim sadržajem cinka i gvožđa, što doprinosi njegovoj nutritivnoj vrijednosti.

Mlijeko porijeklom od različitih vrsta životinja ima specifičan mineralni profil. Kozje mlijeko sadrži više kalijuma, kalcijuma, fosfora, selen, cinka i bakra u poređenju sa kravljim mlijekom (Lopez-Aliaga i sar., 2005; Slaćanac i sar., 2010). Zbog višeg sadržaja minerala, kozje mlijeko se može smatrati boljim dijetetskim suplementom u odnosu na kravlje mlijeko, iako nijedno ne može u potpunosti zamijeniti ljudsko mlijeko kod ishrane novorođenčadi.

Ispitivani kozji sir je pokazao značajno povećanje koncentracije natrijuma ($14,380 \text{ mg g}^{-1}$) i kalcijuma ($8,733 \text{ mg g}^{-1}$) u odnosu na mlijeko, što je rezultat koncentracije minerala tokom proizvodnje i zrenja. Koncentracije fosfora ($5,215 \text{ mg g}^{-1}$) i magnezijuma ($0,496 \text{ mg g}^{-1}$) takođe su se povećale, dok se sadržaj kalijuma ($1,263 \text{ mg g}^{-1}$) blago smanjio, što odražava promjene u mineralnoj ravnoteži tokom proizvodnje sira. Među mikroelementima, cink ($10,997 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$) je zabilježio značajno povećanje, dok je koncentracija gvožđa ($0,897 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$) opala, vjerovatno zbog taloženja proteina i oksidativnih procesa tokom zrenja. Selen je prisutan u siru u količini od $0,228 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$, dok je koncentracija mangana (Mn) bila ispod granice detekcije. Aluminijum ($0,152 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$) je bio prisutan u nižim koncentracijama u poređenju sa mlijekom. Ovi rezultati su pokazali da proces proizvodnje i zrenja sira značajno utiče na koncentraciju i redistribuciju makro- i mikroelemenata, čime se povećava nutritivni potencijal krajnjeg proizvoda. Mineralni sastav sira može biti pod uticajem različitih faktora, uključujući sastav mlijeka, tehnološki proces proizvodnje tokom sezone, geografsku lokaciju i kiselost sira tokom proizvodnje. Kao rezultat toga, u naučnoj literaturi zabilježena je značajna varijabilnost mineralnog profila sireva (Bilandžić i sar., 2015; Savanović i sar., 2022; Savanović i sar., 2023).

Tabela 2. Sadržaj makro- i mikroelemenata u ispitivanim uzorcima

Elementi	Kozje mlijeko	Kozji Sir iz mijeha
Makroelementi (mg g^{-1})		
Na	0,608	14,380
K	1,688	1,263
Ca	2,187	8,733
Mg	0,231	0,496
P	1,571	5,215
Mikroelementi ($\mu\text{g g}^{-1}$)		
Zn	4,815	10,997
Fe	1,118	0,897
Mn	0,158	n.d
Al	0,406	0,152
Se	n.d.	0,228

*n.d. - nije detektovano

Sadržaj masnih kiselina

Masne kiseline su osnovni sastojci lipida, ključni izvori energije za ljudski organizam. One učestvuju u mnogim metaboličkim funkcijama u organizmu. Sastav masnih kiselina u kozjem mlijeku i siru prikazan je u Tabeli 3. U mlijeku su dominirale zasićene masne kiseline, i to palmitinska (22,73%), miristinska (8,33%) i stearinska kiselina (6,46%). Ukupan sadržaj zasićenih masnih kiselina u mlijeku iznosio je 53,67%, dok se u siru povećao na 57,66%, pri čemu su kratkolančane kiseline pokazale porast, a miristinska i stearinska kiselina su, takođe, zabilježile povećanje, dok je palmitinska kiselina ostala relativno stabilna. Nezasićene masne kiseline u mlijeku karakterišu oleinska (15,12%) i eikozadienična kiselina (25,86%), dok su ostale nezasićene masne kiseline imale niže udjele. U siru je došlo do blagog smanjenja koncentracije mononezasićenih kiselina, dok je sadržaj oleinske kiseline blago porastao. Koncentracije linolne kiseline kao i eikozadienične kiseline su se smanjile, dok se eručna kiselina u siru pojavila u malom udjelu (0,08%). Ovi trendovi odražavaju kombinaciju koncentracije lipida i djelimične lipolize, što doprinosi oblikovanju karakterističnog ukusa i nutritivnog profila sira.

Iako sirevi koji zriju u životinjskoj koži mogu biti proizvedeni različitim tehnologijama i od različitih vrsta mlijeka, dugolančane masne kiseline uvijek dominiraju na kraju perioda zrenja (Tudor Kalit i sar., 2014; Sert i sar., 2014; Yilmaz i sar., 2005). Tudor Kalit i sar. (2014) navode da su u Siru iz mišine najzastupljenije slobodne dugolančane masne kiseline palmitinska (C16:0), oleinska (C18:1) i stearinska (C18:0), što je slično Tulum siru proizvedenom od kozjeg mlijeka (Sert i sar., 2014). U Tulum siru od kravljeg mlijeka dominantne kiseline su C16:0, C18:1 i miristinska (C14:0) (Yilmaz i sar., 2005).

Utvrđeno je da postoji pozitivna korelacija između sadržaja masnih kiselina C14:0, C14:1, C16:0, C17:0, C18:0, C18:2n-6, C18:3n-3 i C23:0 i intenziteta mirisa sira, dok su masne kiseline C8:0, C12:0, C14:0, C16:0, C16:1, C17:0, C18:0, C18:1n-9t, C18:3n-3, C21:0, C22:0 i C23:0 pozitivno povezane sa ukusom sira. Dugolančane masne kiseline doprinose nižim senzornim ocjenama Sira iz mišine nakon 60 dana zrenja, služeći kao prekursor u sintezi kratkolančanih masnih kiselina i alkohola, dok se C4:0, C6:0 i C8:0 akumuliraju zbog trajanja i uslova zrenja (Tudor Kalit i sar., 2016). Ukupno gledano, transformacija masnih kiselina od mlijeka do sira pokazuje balans između očuvanja nutritivnog profila i razvoja senzornih osobina, pri čemu zasićene i nezasićene masne kiseline zajedno doprinose specifičnom karakteru kozjeg sira.

Tabela 3. Sadržaj masnih kiselina u ispitivanim uzorcima

Masne kiseline	Kozje mlijeko (%)	Kozji Sir iz mijeha (%)
Maslačna (C4:0)	1,07	1,42
Kapronska (C6:0)	1,18	1,60
Kaprilna (C8:0)	1,46	2,08
Kaprinska (C10:0)	5,48	7,36

Unidekanska (C11:0)	0,86	n.d.
Laurinska (C12:0)	2,55	3,64
Tridekanska (C13:0)	0,91	0,40
Miristinska (C14:0)	8,33	9,78
Pentadekanska (C15:0)	1,05	0,96
Palmitinska (C16:0)	22,73	22,09
Heptadekanska (C17:0)	1,59	0,38
Stearinska (C18:0)	6,46	7,95
Miristoleinska (C14:1)	0,49	0,37
Cis-10-pentadekanska (C15:1)	0,71	0,40
Palmitoleinska (C16:1)	2,01	1,37
Cis-10-heptadekanska (C17:1)	0,32	n.d.
Oleinska (C18:1 c+t)	15,12	16,05
Linolna (C18:2 c+t)	1,83	1,68
Eikozadienična (C20:2)	25,86	22,41
Eručna (C22:1)	n.d.	0,08

*n.d. - nije detektovano

Antioksidativna svojstva

U Tabeli 4. je prikazan sadržaj fenola i antioksidativna aktivnost ispitivanih uzoraka mlijeka i sira. Fenolna jedinjenja, zahvaljujući izraženom antioksidativnom kapacitetu, imaju ključnu ulogu u neutralizaciji slobodnih radikala i smanjenju oksidativnog stresa, čime doprinose prevenciji hroničnih oboljenja. Njihovo prisustvo u ishrani povezano je sa povoljnim efektima na zdravlje kardiovaskularnog sistema, imunološku zaštitu i usporavanje procesa starenja (Hernández-Miranda i sar., 2025). Utvrđeno je da je kozje mlijeko sadržilo ukupno 276,16 $\mu\text{g GAE g}^{-1}$ fenolnih jedinjenja, pri čemu su dominirali neflavonoidi (240,23 $\mu\text{g GAE g}^{-1}$), dok su flavonoidi činili manji dio (35,92 $\mu\text{g GAE g}^{-1}$). Antioksidativni kapacitet, izmjeren FRAP metodom, iznosio je 0,25 $\mu\text{mol Fe}^{2+} \text{ g}^{-1}$, dok su DPPH i ABTS aktivnosti bile 43,77 $\mu\text{mol TE g}^{-1}$, odnosno 134,54 $\mu\text{mol TE g}^{-1}$. Ovi rezultati ukazuju na značajan antioksidativni potencijal kozjeg mlijeka, prvenstveno zahvaljujući ukupnom fenolnom sadržaju. Antioksidativna sposobnost mliječnih proizvoda zavisi od kvaliteta sirovog mlijeka i korištenih bakterijskih kultura, a takođe je pod uticajem vrste životinje i genetskog nasljeđa, koji zajedno određuju hemijski sastav mlijeka (Fardet i Rock, 2018; Stobiecka i sar., 2022).

Analize su pokazale da je kozji sir iz životinjske kože sadržao ukupno 1366,86 $\mu\text{g GAE g}^{-1}$ fenolnih jedinjenja, pri čemu su neflavonoidi iznosili 607,41 $\mu\text{g GAE g}^{-1}$, a flavonoidi 758,27 $\mu\text{g GAE g}^{-1}$. Antioksidativni kapacitet izmjeren FRAP metodom iznosio je 0,63 $\mu\text{mol Fe}^{2+} \text{ g}^{-1}$, DPPH aktivnost 37,51 $\mu\text{mol TE g}^{-1}$, a ABTS aktivnost je bila značajno viša, 1379,77 $\mu\text{mol TE g}^{-1}$. Hilario i sar. (2010) su utvrdili da meki sirevi dobijeni od koza sa ispaše imaju sadržaj ukupnih fenolnih jedinjenja u rasponu od 300

do 780 $\mu\text{g g}^{-1}$, dok su sirevi proizvedeni od mlijeka koza hranjenih u zatvorenom prostoru sadržali svega 50-60 $\mu\text{g g}^{-1}$. Slično tome, Guzmán i sar. (2024) su pokazali da se u mekim kozjim sirevima sadržaj ukupnih fenola može povećati dodatkom dehidrirane narandžine pulpe u ishrani koza, pri čemu su zabilježene vrijednosti od 315 do 500 $\mu\text{g g}^{-1}$. Za razliku od prethodnih nalaza, u ovom istraživanju je utvrđeno da je kozji Sir iz mijeha imao značajno veći nivo ukupnih fenola, što sugerise da specifični tehnološki postupci i tradicionalni uslovi zrenja doprinose višem antioksidativnom potencijalu proizvoda. Rezultati ukazuju da proizvodnja i zrenja sira povećavaju koncentraciju bioaktivnih spojeva, naročito flavonoida, čime se postiže veći ukupni antioksidativni kapacitet. Povećanje fenolnog sadržaja može biti posljedica koncentracije komponenti tokom odvajanja surutke, interakcija s proteinima, te enzimske i mikrobiološke aktivnosti tokom fermentacije i zrenja. Ovaj efekat potvrđuje da tradicionalni način proizvodnje sira u životinjskoj koži doprinosi očuvanju i potencijalnom povećanju bioaktivnih svojstava mliječnih proizvoda, čime se unapređuje nutritivna i funkcionalna vrijednost proizvoda.

Tabela 4. Sadržaj fenola i antioksidativna aktivnost ispitivanih uzoraka

Parametar	Kozje mlijeko	Kozji Sir iz mijeha
Ukupni fenoli ($\mu\text{g GAE g}^{-1}$)	276,16	1366,86
Neflavonoidi ($\mu\text{g GAE g}^{-1}$)	240,23	607,41
Flavonoidi ($\mu\text{g GAE g}^{-1}$)	35,92	758,27
FRAP ($\mu\text{mol Fe}^{2+} \text{ g}^{-1}$)	0,25	0,63
DPPH ($\mu\text{mol TE g}^{-1}$)	43,77	37,51
ABTS ($\mu\text{mol TE g}^{-1}$)	134,54	1379,77

Senzorna svojstva

Senzorna svojstva mlijeka i mliječnih proizvoda specifična su za svaku vrstu ili grupu proizvoda, pod uslovom da su sirovine odgovarajućeg kvaliteta i da su proizvodi obrađeni tako da budu privlačni i prijatni za konzumaciju (Savanović i sar., 2021). Senzorne karakteristike ispitivanih uzoraka prikazane su u Tabeli 5. Uopšteno, i sirovo kozje mlijeko i kozji Sir iz mijeha pokazali su tipičan izgled, miris, ukus i konzistenciju, karakteristične za ovu vrstu proizvoda.

Kozje mlijeko je bilo homogeno, svijetle boje tipične za svježe mlijeko, sa prijatnim, blagim aromatičnim profilom i bez prisustva stranih mirisa. Konzistencija mlijeka bila je tečna i odgovarajuća za neposrednu konzumaciju.

Kozji Sir iz mijeha pokazao je svijetlu, ujednačenu boju i karakterističan izgled, dok je miris bio blago kiseo, izražen i bez neprijatnih nota. Ukus sira bio je slan, sa prepoznatljivom aromom kozjeg sira, bez stranih aroma, dok je konzistencija bila umjereno čvrsta i odgovarajuća za zreli sir, što doprinosi pozitivnom senzornom doživljaju. Ovi rezultati potvrđuju da tradicionalni proces proizvodnje i zrenja u

životinjskoj koži značajno utiče na senzorne karakteristike proizvoda, čineći ga autentičnim i prepoznatljivim za potrošače.

Tabela 5. Senzorna svojstva ispitivanih uzoraka

Senzorno svojstvo	Kozje mlijeko	Kozji Sir iz mijeha
Izgled	Karakterističan izgled, bijela boja, tipična za mlijeko	Karakterističan izgled, boja odgovarajuća
Miris	Bez stranih mirisa	Blago kiseo, izražen, bez neprijatnih mirisa
Ukus	Prijatan, bez stranih nota	Slan, izražen, karakteristična aroma kozjeg sira, bez stranih nota
Konzistencija	Tečna, odgovarajuća	Odgovarajuća, umjereno čvrsta

ZAKLJUČAK

Ispitivano kozje mlijeko pokazalo je hemijski sastav sa visokim sadržajem masti, proteina i esencijalnih minerala (kalcijum, fosfor, kalijum i cink), što potvrđuje njegovu nutritivnu vrijednost i pogodnost za ljudsku ishranu. Antioksidativni potencijal mlijeka, izražen ukupnim fenolnim sadržajem i aktivnostima FRAP, DPPH i ABTS testova, ukazuje na prisustvo bioaktivnih spojeva koji mogu doprinosti zdravlju potrošača. Senzorne karakteristike, poput tipičnog izgleda, boje, prijatnog mirisa i tečne konzistencije, potvrđuju njegovu kvalitetu i prihvatljivost za neposrednu konzumaciju.

Tradicionalni hercegovački proizvod od kozjeg mlijeka, Sir iz mijeha, pokazao je povećan sadržaj suve materije, masti, proteina i minerala u odnosu na mlijeko, što odražava koncentraciju hranljivih i bioaktivnih komponenti tokom proizvodnje i zrenja. Analiza masnih kiselina ukazala je na balans zasićenih i nezasićenih kiselina, koji doprinosi specifičnom ukusu i aromi sira. Visok sadržaj fenola, posebno flavonoida, kao i antioksidativni kapacitet, potvrđuju da proces zrenja u životinjskoj koži pozitivno utiče na bioaktivne osobine sira. Senzorne osobine (izgled, miris, ukus i konzistencija) ističu autentičnost proizvoda i čine ga prepoznatljivim za potrošače.

Ovi rezultati ukazuju da upotreba kvalitetnog sirovog mlijeka, u kombinaciji sa tradicionalnim procesom proizvodnje i zrenja u životinjskoj koži, doprinosi formiranju visokog nutritivnog, funkcionalnog i senzornog kvaliteta kozjeg Sira iz mijeha, čime se naglašava značaj očuvanja tradicionalnih metoda u proizvodnji mliječnih proizvoda sa izraženom nutritivnom i senzornom vrijednošću.

Izjava o sukobu interesa: Autori izjavljuju da ne postoji sukob interesa.

LITERATURA

- Alberto M.R., Rinsdahl Canavosio M., Manca de Nadra M.C. (2006): Antimicrobial effect of polyphenols from apple skins on human bacterial pathogens. *Electronic Journal of Biotechnology*, 9(3):205-209. DOI: 10.4067/S0717-34582006000300006
- Barłowska J., Pastuszka R., Rysiak A., Król J., Brodziak A., Kędzierska-Matysek M., Wolanciuk A., Litwińczuk Z. (2018): Physicochemical and sensory properties of goat cheeses and their fatty acid profile in relation to the geographic region of production. *International Journal of Dairy Technology*, 71(3):700-709. DOI: 10.1111/1471-0307.12506
- Benzie I.F.F., Strain J.J. (1996): The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1):70-76.
- Bilandžić N., Sedak M., Đokić M., Božić D., Vrbić A. (2015): Content of macro- and microelements and evaluation of the intake of different dairy products consumed in Croatia. *Journal of Food Composition and Analysis*, 40:143-147. DOI: 10.1016/j.jfca.2015.01.003
- Blažević L., Vrdoljak M., Frece J., Dorbić B., Pamuković A., Kegelj A., Mandinić S., Očić V. (2020): Economic performance of production of Croatian cheese ripened in a lambskin sack (Sir iz mišine). *Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam*, 15(1-2):72-76. DOI: 10.31895/hcptbn.15.1-2.1
- Carić M., Milanović S., Vucelja D. (2000): Standardne metode analize mleka i mlečnih proizvoda. Tehnološki fakultet, Novi Sad.
- Cashman K.D. (2006): Milk minerals (including trace elements) and bone health. *International Dairy Journal*, 16(12):1389-1398. DOI: 10.1016/j.idairyj.2006.06.017
- Fardet A., Rock E. (2018): In vitro and in vivo antioxidant potential of milks, yoghurts, fermented milks and cheeses: a narrative review of evidence. *Nutrition Research Reviews*, 31(1):52-70. DOI: 10.1017/S0954422417000191
- Frece J., Vrdoljak M., Filipčić M., Jelić M., Čanak I., Jakopović Ž., Pleadin J., Gobin I., Landeka Dragičević T., Markov K. (2016): Microbiological quality and variability of natural microbiota in Croatian cheese maturing in lambskin sacks. *Food Technology and Biotechnology*, 54(2):129-134. DOI: 10.17113/ftb.54.02.16.4418
- Gaucheron F. (2011): Milk and dairy products: a unique micronutrient combination. *Journal of the American College of Nutrition*, 30:400S-409S.
- Getaneh G., Mebrat A., Wubie A., Kendie H. (2016): Review on Goat Milk Composition and Its Nutritive Value. *Journal of Nutrition and Health Sciences*, 3(4):401. DOI: 10.15744/2393-9060.3.401
- Gursoy O., Küçükçetin A., Gökçe Ö., Ergin F., Kocatürk K. (2018): Physicochemistry, microbiology, fatty acids composition and volatile profile of traditional Söğle
-

- tulum (goat's skin bag) cheese. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, 90(4):3661-3674. DOI: 10.1590/0001-3765201820180310
- Guzmán J.L., Zarazaga L.Á., Martín-García A.I., Delgado-Pertíñez M. (2024): Feeding dairy goats dehydrated orange pulp improves cheese antioxidant content. *Veterinary Sciences*, 11(4):171. DOI: 10.20944/preprints202403.0846.v1
- Hernández-Miranda J., Reyes-Portillo K.A., García-Castro A., Ramírez-Moreno E., Román-Gutiérrez A.D. (2025): Impacts of Phenolic Compounds and Their Benefits on Human Health: Germination. *Metabolites*, 15(7):425. DOI: 10.3390/metabo15070425
- Hilario M.C., Delgadillo Puga C., Navarro Ocaña A., Pérez-Gil Romo F. (2010): Antioxidant activity, bioactive polyphenols in Mexican goats' milk cheeses on summer grazing. *Journal of Dairy Research*, 77(1):20-26. DOI: 10.1017/S0022029909990161
- ISBIH (2006): Sir i topljeni sirevi - Određivanje sadržaja ukupne suve materije (Referentna metoda). Institut za standardizaciju Bosne i Hercegovine, BAS EN ISO 5534.
- ISBIH (2010): Mlijeko, pavlaka i evaporisano mlijeko - Određivanje ukupne suve materije (Referentna metoda). Institut za standardizaciju Bosne i Hercegovine, BAS ISO 6731.
- ISBIH (2011): Mlijeko i mliječni proizvodi - Senzorne analize - Dio 2: Preporučene metode za senzornu ocjenu. Institut za standardizaciju Bosne i Hercegovine, BAS ISO 22935-2.
- ISBIH (2012): Mlijeko i mliječni proizvodi - Mlijeko i mliječni proizvodi - Određivanje sadržaja masti - Opšte smjernice za korištenje butirometrijskih metoda. Institut za standardizaciju Bosne i Hercegovine, BAS ISO 11870.
- ISBIH (2015a): Mlijeko i mliječni proizvodi - Mlijeko i mliječni proizvodi - Određivanje sadržaja nitrogena - Dio 1: Kjeldal-ov princip i proračun sirovog proteina. Institut za standardizaciju Bosne i Hercegovine, BAS EN ISO 8968-1.
- ISBIH (2015b): Sir i proizvodi od sira - Određivanje sadržaja hloriga - Potencijometrijska titraciona metoda. Institut za standardizaciju Bosne i Hercegovine, BAS EN ISO 5943.
- Lad S.S., Aparnathi K.D., Mehta B., Velpula S. (2017): Goat Milk in Human Nutrition and Health - A Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(5):1781-1792. DOI: 10.20546/ijcmas.2017.605.194
- Liyana-Pathirana C.M., Shahidi F. (2005): Antioxidant activity of commercial soft and hard wheat (*Triticum aestivum* L.) as affected by gastric pH conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(7):2433-2440. DOI: 10.1021/jf049320i
- Lopez-Aliaga I., Alférez M.J., Nestares M.T., Ros P.B., Barrionuevo M., Campos M.S. (2005): Goat milk feeding causes an increase in biliary secretion of cholesterol and a decrease in plasma cholesterol levels in rats. *Journal of Dairy Science*, 88:1024-1030. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72770-3
-

- Park Y.W. (2009): Bioactive Components in Goat Milk. In Bioactive Components in Milk and Dairy Products. Ed. Y.W. Park. DOI: (chapter DOI): 10.1002/9780813821504.ch3
- Park Y.W., Jeanjulien C., Siddique A. (2017): Factors affecting sensory quality of goat milk cheeses: A review. *Journal of Advanced Dairy Research*, 5(3):1-10. DOI:10.4172/2329-888X.1000185
- Park Y.W., Juárez M., Ramos M., Haenlein G.F.W. (2007): Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68(1-2):88-113. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2006.09.013
- Popović Vranješ A. (2015): *Specijalno sirarstvo*. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, Srbija.
- Propis (2011a): Pravilnik o sirovom mlijeku. Službeni glasnik Bosne i Hercegovine, 21/11.
- Propis (2011b): Pravilnik o kvalitetu proizvoda od mlijeka. Službeni glasnik Bosne i Hercegovine, 21/11.
- Propis (2015): Pravilnik o kvalitetu svježeg sirovog mlijeka i uslovima za rad ovlašćene laboratorije. Službeni glasnik Republike Srpske, 81/15.
- Rako A., Tudor Kalit M., Rako Z., Petrović D., Kalit S. (2019): Effect of composition and proteolysis on textural characteristics of Croatian cheese ripen in a lamb skin sack (Sir iz mišine). *Mljekarstvo*, 69(1):21-29. DOI: 10.15567/mljekarstvo.2019.0102
- Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C. (1999): Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9-10):1231-1237. DOI: 10.1016/S0891-5849(98)00315-3
- Samardžija S. (2009): Sir iz mijeha iz Hercegovine: stari recept - nova perspektiva. *Prehrambena industrija*, (1-2):52-56.
- Savanović D., Velemir A., Savanović J., Ritan N. (2021): Sensory properties of cheeses obtained by different processes heat-acid coagulation of milk. In Proceedings of the XII International Scientific Agricultural Symposium "Agrosym 2021", 1041-1046.
- Savanović D., Velemir A., Savanović J., Sekulić J. (2023): Content of macro- and microelements in cheeses produced with the addition of different spices. *Journal of Chemists, Technologists and Environmentalists*, 4(1):7-13. DOI: 10.59919/JCTE04202301E235
- Savanović D., Velemir A., Savić A., Savanović J., Sekulić J. (2022): Influence of addition of selected spices on mineral composition of fresh cream cheese. In Proceedings of XI international conference of social and technological development. Banja Luka: University PIM. 547-554.
- Slačanac V., Božanić R., Hardi J., Rezessyné Szabó J., Lučan M., Krstanović V. (2010): Nutritional and therapeutic value of fermented caprine milk. *International Journal of Dairy Technology*, 63:171-189. DOI: 10.1111/j.1471-0307.2010.00575.x
-

- Sert D., Akin N., Aktumsek A. (2014): Lipolysis in Tulum cheese produced from raw and pasteurized goats' milk during ripening. *Small Ruminant Research* 121:351-360. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2014.06.006
- Sihufe G. A., Zorilla S. E., Mercanti D. J., Perotti M. C., Zalazar C. A., Rubiolo A. C. (2007): The influence of ripening temperature and sampling site on the lipolysis in Reggianito Argentino cheese. *Food Research International*, 40(10):1220-1226. DOI: 10.1016/j.foodres.2007.07.003
- 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(2-3):110-124. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2009.12.033
- Stobiecka M., Król J., Brodziak A. (2022): Antioxidant activity of milk and dairy products. *Animals*, 12(3):245. DOI: 10.3390/ani12030245
- Tekin A., Guler Z. (2021): The effect of ripening medium (goat skin bag or plastic barrel) on the volatile profile, color parameter and sensory characteristics of Tulum cheese. *Journal of Central European Agriculture*, 22(1):19-38. DOI: 10.5513/JCEA01/22.1.3051
- Tudor Kalit M., Buntić I., Morone G., Delaš I., Kalit S. (2016): The content of free fatty acids in relation to electronic nose sensors responses and sensory evaluation of cheese in a lamb skin sack (Sir iz mijsine) throughout ripening. *Mljekarstvo* 66(1):26-33. DOI: 10.15567/mljekarstvo.2016.0103
- Tudor Kalit M., Kalit S., Delaš, I., Kelava N., Karolyi D., Kaić, D., Vrdoljak M., Havranek J. (2014): Changes in the composition and sensory properties of Croatian cheese in a lamb skin sack (Sir iz misine) during ripening. *International Journal of Dairy Technology* 67:255-264. DOI: 10.1111/1471-0307.12117
- Tudor Kalit M., Kalit S., Havranek J. (2010): An overview of researches on cheeses ripening in animal skin. *Mljekarstvo*, 60(3):149-155.
- Tudor Kalit M., Lojbl T., Rako A., Gün I., Kalit S. (2020): Biochemical changes during ripening of cheeses in an animal skin. *Mljekarstvo*, 70(4):225-241. DOI: 10.15567/mljekarstvo.2020.0402
- Vahčić N., Hruškar M., Marković K., Banović M., Colić Barić, I. (2010). Essential minerals in milk and their daily intake through milk consumption. *Mljekarstvo*, 60(2):77-85.
- Vrdoljak M., Mikulec N., Markov K., Kali S., Frece J. (2018): Aromatic compounds of cheese ripening in animal skin: An overview. *Journal of Central European Agriculture*, 19(2):318-334. DOI: 10.5513/JCEA01/19.2.2154
- Wolfe K., Wu X., Liu R.H., (2003): Antioxidant activity of apple peels. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51(3):609-614. DOI: 10.1021/jf020782a
- Wrolstad R.E., Smith D.E. (2010): Colour Analysis. In Food Analysis. Ed. Nielson, S.S., New York: Springer Science + Business Media, LLC, 575-586. DOI: (chapter DOI): 10.1007/978-1-4419-1478-1_32
-

- Yilmaz G., Ahmet A., Akin N. (2005): The effect of microbial lipase on the lipolysis during the ripening of Tulum cheese. *Journal of Food Engineering*, 69:269-274. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2004.08.017
- Zekić M., Radonić A., Radman S., Uremović I. (2024): Volatile compounds of Croatian cheese in a lamb skin sack prepared from a mixture of goat's and cow's milk. *Food Research (Kuala Lumpur)*, 8(3):277-283. DOI: 10.26656/fr.2017.8(3).265
-