Pregledni naučni rad

DOI: 10.5937/SVS26041L

TRADICIONALNI SIREVI SA DODATKOM MLEKA MAGARICA– DOSADAŠNJA ISKUSTVA I PERSPEKTIVE

Dragana Ljubojević Pelić[1*], Suzana Vidaković Knežević[1], Nenad Popov[1], Slobodan Knežević[1], Jelena Vranešević[1], Miloš Pelić[2], Milica Živkov Baloš

[1]Naučni institut za veterinarstvo "Novi Sad", Novi Sad, Republika Srbija

[2]Univerzitet u Novom Sadu, Naučni institut za prehrambene tehnologije u Novom Sadu i Naučni institut za veterinarstvo "Novi Sad", Novi Sad, Republika Srbija

* *e-mail* kontakt osobe: dragana@niv.ns.ac.rs

Kratak sadržaj

Mleko magarica predstavlja visokovrednu namirnicu zahvaljujući povoljnom nutritivnom sastavu, prisustvu bioaktivnih komponenata i hipoalergijskim svojstvima. Međutim, njegova upotreba u proizvodnji sira je ograničena zbog niskog sadržaja kazeina i specifičnih tehnoloških karakteristika. Tradicionalni sirevi, među kojima su i podliveni i rolovani sir, proizvode se u domaćinstvima u Srbiji dugi niz godina primenom tradicionalnih zanatskih postupaka. Ovi proizvodi predstavljaju značajan deo gastronomskog i kulturnog nasleđa, ali istovremeno pružaju mogućnost za razvoj inovativnih proizvoda sa dodatom vrednošću. Savremeni potrošači pokazuju sve veće interesovanje za tradicionalne proizvode sa dodatom vrednošću, koji objedinjuju tradicionalni način proizvodnje i unapređene nutritivne karakteristike. Cilj ovog rada je bio da se prikažu dosadašnji rezultati istraživanja primene mleka magarica autohtonih rasa u proizvodnji tradicionalnih sireva. U proizvodnji podlivenog sira dodato je 30% mleka magarica, dok je u proizvodnji rolovanog sira dodato 10% i 20% ovog mleka. U istraživanjima nisu primenjivane tehnološke modifikacije kako bi se ispitala mogućnost dodavanja mleka magarica u tradicionalne vrste sireva uz istovremeno očuvanje originalnog zanatskog načina proizvodnje. Dodatak mleka magarica uticao je na tehnološke karakteristike proizvodnje, posebno kod podlivenog sira, gde je zabeleženo produženo vreme koagulacije i manji prinos sira. Rezultati su pokazali da je dodatak mleka magarica doveo do promena u hemijskom i mineralnom sastavu sireva. Svi proizvedeni sirevi su bili mikrobiološki bezbedni, a patogene bakterije *Salmonella* spp. i *Listeria monocytogenes* nisu izolovane. Dodatak mleka magarica je uticao i na pojedine senzorne karakteristike podlivenog sira. Rezultati istraživanja su potvrdili da efekat dodavanja magarećeg mleka zavisi od njegovog procenta, zbog čega je značajno da se optimizuje njegova količina u proizvodnji tradicionalnih sireva. Dosadašnja istraživanja su pokazala da se mleko magarica autohtonih rasa može uspešno

koristiti u proizvodnji tradicionalnih sireva, čime se otvara mogućnost razvoja proizvoda sa dodatom vrednošću uz očuvanje tradicionalnih karakteristika.

Ključne reči: magareće mleko, tradicionalni sirevi, podliveni sir, rolovani sir, autohtone rase magaraca

UVOD

Tradicionalni sirevi predstavljaju značajan deo gastronomskog i kulturnog nasleđa i karakteriše ih geografska prepoznatljivost, specifični tehnološki postupci, kao i snažna povezanost sa određenim područjem. Njihova proizvodnja se uglavnom zasniva na tradicionalnim zanatskim veštinama koje se prenose generacijama usmenim putem i zbog toga podaci o recepturama i tehnološkim postupcima nisu dovoljno dokumentovani u naučnoj literaturi (Vidaković Knežević i sar., 2026). Na teritoriji Srbije se proizvodi relativno veliki broj različitih vrsta tradicionalnih sireva koji su karakteristični za određene regione i predstavljaju značajan deo prehrambene tradicije i lokalnog identiteta (Popović-Vranješ i sar., 2017). Posebna vrednost tradicionalnih sireva je njihova autentičnost i činjenica da se njihova proizvodnja uglavnom zasniva na prirodnim sirovinama, bez upotrebe sintetičkih aditiva i konzervanasa. Savremeni potrošači pokazuju sve veće interesovanje za proizvode unapređenih nutritivnih i funkcionalnih svojstava uz očuvanje tradicionalnog načina proizvodnje. Takvi trendovi pružaju mogućnost razvoja inovativnih proizvoda sa dodatom vrednošću uz upotrebu prirodnih sastojaka i očuvanje autentičnosti tradicionale tehnologije proizvodnje.

Mleko magarica se koristi u ishrani ljudi od davnina, ali je tek poslednjih godina ono dobilo svoje mesto u naučnim istraživanjima. Karakteriše ga hemijski sastav po kojem je slično sa humanim mlekom, visok sadražaj pojedinih bioaktivnih komponenti, povoljan mineralni sastav, a posebno se izdvajaju njegove hipoalergijske osobine (Martini i sar., 2018; Altomonte i sar., 2019; Živkov Baloš i sar., 2023). Zbog toga se smatra pogodnim za ishranu novorođenčadi, osoba sa alergijom na proteine kravljeg mleka, ali i drugih osetljivih kategorija potrošača. Sa druge strane, njegova primena u proizvodnji sireva je ograničena zbog niskog sadržaja kazeina i slabijih koagulacionih svojstava (Faccia i sar., 2018), što predstavlja veliki tehnološki izazov.

Dosadašnja istraživanja su pokazala da dodavanje mleka magarica prilikom proizvodnje sireva može uticati na tehnološke karakteristike proizvodnje, hemijski sastav, mikrobiološku bezbednost i senzorne osobine tradicionalnih sireva, pri čemu intenzitet promena zavisi od količine mleka magarica koja je dodata u proizvod i od vrste proizvoda (Vidaković Knežević i sar., 2025; Ljubojević Pelić i sar., 2026). Cilj ovog rada je da prikaže dosadašnja istraživanja vezana za primenu mleka magarica u proizvodnji tradicionalnih sireva, sagleda njene prednosti i ograničenja, kao i da ukaže na mogućnosti daljeg razvoja i buduće pravce istraživanja u ovoj oblasti.

OSOBINE MLEKA MAGARICA ZNAČAJNE ZA PROIZVODNJU SIRA

Nutritivna vrednost mleka magarica poznata je još od antičkog doba, dok je tek poslednjih decenija započeto njegovo intenzivnije naučno proučavanje. Njegov karakterističan sastav, odnosno nizak sadržaj masti i proteina, povoljan mineralni sastav, visok sadržaj bioaktivnih komponenti, među kojima su lizozim, laktoferin,

laktoperoksidaza i imunoglobulini (Živkov Baloš i sar., 2024; Ljubojević Pelić i sar., 2025) mogu doprineti poboljšanju nutritivnih i funkcionalnih svojstava proizvoda u čijoj se proizvodnji koristi. Mleko magarica sadrži i relativno visok sadržaj laktoze (Živkov Baloš i sar., 2023), koja doprinosi karakterističnom blago slatkastom ukusu i može uticati na fermentacione procese tokom proizvodnje sira. Osim toga, mleko magarica karakterišu izražena antimikrobna i imunomodulatorna svojstva (Šarić i sar., 2014; 2023), pa se pretpostavlja da ono može pozitivno uticati i na mikrobiološku stabilnost, a posredno i na senzorne karakteristike finalnog proizvoda. Međutim, njegov specifičan sastav sa druge strane dovodi do tehnoloških poteškoća tokom proizvodnje sira. Sa tehnološkog aspekta, najveći izazov u proizvodnji sira predstavlja nisak sadržaj kazeina i drugačiji odnos frakcija kazeina u odnosu na kravlje mleko (Živkov Baloš i sar., 2023). Prosečan sadržaj kazeina u mleku magarica iznosi manje od 8 g/kg, dok je u kravljem mleku njegov prosek oko 28 g/kg (Aspri i sar., 2017). Zbog toga je proces zgrušavanja usporen, formiranje gruša je otežano, a prinos sira je manji. Kako bi se prevazišla ova ograničenja, u dosadašnjim istraživanjima su primenjivani različiti tehnološki pristupi, uključujući ultrafiltraciju, korišćenje različitih koagulanata i enzima, optimizaciju uslova koagulacije, kao i mešanje mleka magarica sa mlekom drugih životinjskih vrsta (D'Alessandro i sar., 2019; Faccia i sar., 2020). Imajući sve navedeno u vidu, jedan od osnovnih ciljeva savremenih istraživanja je razvoj tehnoloških rešenja koja će omogućiti veću primenu mleka magarica uz očuvanje autentičnih karakteristika tradicionalnih sireva.

DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA U PROIZVODNJI TRADICIONALNIH SIREVA

Zbog specifičnih tehnoloških karakteristika mleka magarica, ono se u proizvodnji sireva najčešće koristi kao dodatak kravljem, ovčijem ili kozijem mleku u različitim procentima. Ovakav pristup omogućava očuvanje tehnološke izvodljivosti proizvodnje uz istovremeno unapređenje nutritivnih i funkcionalnih osobina proizvoda. Procenat mleka magarica koje se dodaje zavisi od vrste sira, tehnološkog postupka i željenih karakteristika finalnog proizvoda.

Rolovani sir je tradicionalni *pasta filata* sir karakterističan za područje Vojvodine (Vidaković Knežević i sar., 2026). Najčešće se proizvodi od sirovog kravljeg, ovčijeg ili kozijeg mleka ili njihove mešavine. Tokom proizvodnje formira se sirni gruš, koji se zatim termički obradjuje u toploj vodi, surutki ili salamuri i dobija se karakteristična elastična sirna masa slojevite strukture zbog koje je poznat i kao „lisnati sir“ (Popović Vranješ i sar., 2017). U istraživanju koje su sproveli Vidaković Knežević i sar. (2025) mleko magarica je korišćeno u procentima od 10%, odnosno 20% u odnosu na kravlje mleko prilikom proizvodnje rolovanog sira. Dobijeni rezultati su pokazali da dodavanje mleka magarica nije značajno uticalo na mikrobiološki kvalitet rolovanog sira. Broj mezofilnih aerobnih mikroorganizama, broj *Enterobacteriaceae* kao i broj *E. coli* nije se značajno razlikovao u odnosu na sir proizveden samo od kravljeg mleka, dok je broj koagulaza pozitivnih stafilokoka bio ispod granice kvantifikacije, a *Salmonella* spp. i *Listeria monocytogenes* nisu detektovane ni u jednom ispitivanom uzorku. Važno je napomenuti da se tokom proizvodnje ovog tipa sira odvija toplotni tretman gruša u toploj vodi na temperaturi od 80 °C čime se postiže efekat pasterizacije sirnog gruša, čime se redukuje broj nepoželjnih mikroorganizama. Dodavanje mleka magarica dovelo je do delimičnih

promena u hemijskom i mineralnom sastavu rolovanog sira. Statistički značajne razlike su utvrđene za sadržaj masti, masti u suvoj materiji, pepela, soli, kalcijuma, natrijuma i odnos kalcijuma i fosfora (Ca/P), dok sadržaj vode, proteina, proteina u suvoj materiji, pH, fosfora, kalijuma, magnezijuma, cinka i gvožđa nije bio značajno izmenjen. Povećanjem udela mleka magarica uočen je trend povećanja sadržaja vode i proteina, kao i smanjenja sadržaja masti, što je u skladu sa specifičnim hemijskim sastavom mleka magarica. Senzorna analiza je pokazala rastući trend sa dodavanjem mleka magarica za ocenu boje, arome, ukusa i sveukupne prihvatljivosti, ali nije bilo statistički značajnih razlika. Test trougla je pokazao da je u 70,83% prepoznat sir sa 10%, a u 79,17% sir sa dodatkom 20% mleka magarica, što ukazuje da su ispitanici mogli da uoče razlike između sira proizvedenog od kravljeg mleka i sireva sa dodatkom mleka magarica. Slični rezultati su zabeleženi i kod drugih vrsta sireva. Tako je dodatak 5% mleka magarica poboljšao senzornu prihvatljivost italijanskog *caciotta* sira nakon 45 dana zrenja (Cosentino i sar., 2022), dok je kod tradicionalnog italijanskog kozijeg *caprino* sira dodatak od 5% i 10% mleka magarica povećao ukupnu prihvatljivost proizvoda (Paolino i sar., 2022).

Podliveni sir je tradicionalna vrsta mekog, svežeg sira karakterističnog blagog ukusa i mekane teksture koji se često proizvodi u seoskim domaćinstvima od obranog ili delimično obranog sirovog ili pasterizovanog kravljeg mleka (Popović Vranješ i sar., 2017). U istraživanju koje su sproveli Ljubojević Pelić i sar. (2026) dodavanje 30% mleka magarica značajno je uticalo na proces zgrušavanja mleka kao i na prinos sira. Formiranje gruša je bilo oko šest puta duže, sir je pokazivao vlažniji izgled i tekstura je bila mekša. Nisu zapažene statistički značajne razlike u pogledu mikrobiološkog kvaliteta sira. Broj ispitanih mikroorganizama je bio veći u odnosu na prethodno istraživanje na rolovanom siru, što se može objasniti činjenicom da tokom proizvodnje podlivenog sira nije primenjen toplotni tretman sirnog gruša, za razliku od proizvodnje rolovanog sira. Broj mikroorganizama je bio karakterističan za sveže sireve pravljene od sirovog mleka. Hemijski sastav se značajno promenio sa dodavanjem 30% mleka magarica osim sadržaja pepela i pH vrednosti. Uočene promene su bile očekivane s obzirom na udeo mleka magarica u podlivenom siru. Povećan sadržaj proteina u siru sa dodatkom mleka magarica može se objasniti razlikama u strukturi sirnog gruša i većim zadržavanjem proteina tokom proizvodnje sira. Dodavanje mleka magarica u procentu od 30% je značajno izmenilo nutritivni profil podlivenog sira. Ova zapažanja ukazuju da su promene u sastavu sira zavisne od količine mleka magarica koje se dodaje u toku proizvodnje sira i da je neophodno optimizovati proporciju mleka magarice kako bi se izbalansirala tehnološka izvodljivost proizvodnje, nutritivna modifikacija i senzorna prihvatljivost. Senzorna analiza je pokazala da je ocena za teksturu bila značajno veća za podliveni sir proizveden samo od kravljeg mleka, dok nije bilo statistički značajnih razlika za boju, aromu, ukus i sveukupnu prihvatljivost sireva.

Poređenje rezultata dobijenih za rolovani i podliveni sir pokazuje da efekat dodatka mleka magarica u velikoj meri zavisi od tehnološkog postupka proizvodnje i procenta dodatog mleka. Kod rolovanog sira dodatak od 10% i 20% mleka magarica nije značajno uticao na tehnološku izvodljivost proizvodnje niti senzornu prihvatljivost, dok je kod podlivenog sira dodatak od 30% mleka magarica doveo do značajnog produženja vremena zgrušavanja i smanjenja prinosa. Istovremeno, kod oba sira je potvrđena mikrobiološka bezbednost proizvoda i unapređenje pojedinih

nutritivnih karakteristika. Uticaj dodatka različitih procenata mleka magarica kod oba tipa sira je sumiran u Tabeli 1.

Tabela 1. Uticaj dodavanja mleka magarica na izabrane parametre u proizvodnji tradicionalnih sireva

Parameter	**Rolovani sir**	**Podliveni sir**
Udeo mleka magarica	10 i 20 %	30%
Vreme zgrušavanja	Bez većih promena	Značajno produženo
Prinos sira	Mali uticaj	Značajno smanjen
Mikrobiološka bezbednost	Zadovoljavajuća	Zadovoljavajuća
Hemijski i mineralni sastav	Umerene promene	Značajne promene
Senzorna prihvatljivost	Bez značajnih razlika	Izmenjena tekstura

PREDNOSTI, OGRANIČENJA I PERSPEKTIVE PRIMENE MLEKA MAGARICA U PROIZVODNJI TRADICIONALNIH SIREVA

Dosadašnja istraživanja ukazuju da, iako mleko magarica ne predstavlja direktnu alternativu kravljem mleku, niti je konkurencija kravljem mleku u masovnoj proizvodnji, ono ima značajan potencijal kao funkcionalni sastojak u proizvodnji tradicionalnih sireva sa dodatom vrednošću. Mleko magarica svoje mesto može naći na specijalizovanim tržištima proizvoda sa dodatom vrednošću, ali i kao sirovina pogodna za diverzifikaciju proizvodnje na malim gazdinstvima. Zahvaljujući specifičnom hemijskom sastavu, prisustvu biaktivnih komponenti i hipoalergijskim svojstvima, njegova primena može doprineti unapređenju nutritivnih, funkcionalnih, mikrobioloških i pojedinih senzornih karakteristika finalnih proizvoda. Pored toga, upotreba mleka autohtonih rasa magaraca u proizvodnji tradicionalnih sireva može značajno doprineti očuvanju i promociji lokalnih genetskih resursa, unapređenju održive stočarske proizvodnje i razvoju lokalnih proizvoda sa većom tržišnom vrednošću. Sa druge strane, primenu mleka magarica ograničavaju njegov nizak sadržaj kazeina, otežano zgrušavanje mleka, manji prinos sira i visoka cena proizvodnje koja je uslovljena ograničenom količinom raspoloživog mleka magarica. Zbog toga je neophodno pažljivo odrediti optimalan procenat njegovog uključivanja prilikom proizvodnje sira, kako bi se postigao najbolji balans između unapređenja nutritivnih svojstava i očuvanja tehnološke izvodljivosti proizvodnje, kao i senzorne prihvatljivosti proizvoda. Dosadašnja istraživanja pokazuju da efekat dodavanja mleka magarica zavisi od dodate količine, vrste sira i primenjenog tehnološkog

postupka, zbog čega je neophodno usmeriti dalja istraživanja ka optimizaciji tehnoloških procesa i definisanju preporučenih količina njegove primene.

ZAKLJUČAK

Mleko magarica predstavlja sirovinu koja ima perspektivu u proizvodnji tradicionalnih sireva sa dodatom vrednošću. Dosadašnja istraživanja pokazuju da njegov uticaj na tehnološke, nutritivne i senzorne osobine proizvoda zavise od vrste sira i procenta dodatog mleka, zbog čega je određivanje optimalnog procenta njegovog učešća u proizvodnji sira od ključnog značaja za očuvanje tehnološke izvodljivosti proizvodnje i sveobuhvatnog kvaliteta finalnog proizvoda. Buduća istraživanja bi trebalo usmeriti ka optimizaciji tehnoloških postupaka i definisanju preporučenih količina primene mleka magarica u različitim proizvodima.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je rezultat istraživanja koje je sprovedeno uz podršku Fonda za nauku Republike Srbije, po projektu PROTECTDonkey, broj 3535 i Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, po Ugovoru o realizaciji i finansiranju naučnoistraživačkog rada NIV-NS u 2026. godini, broj 451-03-33/2026-03/200031.

LITERATURA

1. Altomonte I., Salari F., Licitra R., Martini, M. 2019. Donkey and human milk: Insights into their compositional similarities. International Dairy Journal, 89: 111–118.
2. Aspri M., Economou N., Papademas P. 2017. Donkey milk: An overview on functionality, technology, and future prospects. Food Reviews International, 33: 316–333.
3. Cosentino C., Paolino R., Rubino M., Freschi P. 2022. Effect of the Addition of Donkey Milk on the Acceptability of Caciotta Cow Cheese. Animals, 12: 1444.
4. D'Alessandro A.G., Martemucci G., Loizzo P., Faccia M. 2019. Production of cheese from donkey milk as influenced by addition of transglutaminase. Journal of Dairy Science, 102: 10867–10876.
5. Faccia M., Gambacorta G., Martemucci G., Difonzo G., D'Alessandro A.G. 2020. Chemical-Sensory Traits of Fresh Cheese Made by Enzymatic Coagulation of Donkey Milk. Foods, 9: 16.
6. Faccia M., Gambacorta G., Martemucci G., Natrella G., D'Alessandro A.G. 2018. Technological attempts at producing cheese from donkey milk. Journal of Dairy Research, 85: 327–330.
7. Ljubojević Pelić D., Popov N., Gardić E., Vidaković Knežević S., Žekić M., Gajdov V., Živkov Baloš M. 2025. Seasonal Variation in Essential Minerals, Trace Elements, and Potentially Toxic Elements in Donkey Milk from Banat and Balkan Breeds in the Zasavica Nature Reserve. Animals, 15: 791.
8. Ljubojević Pelić D., Vidaković Knežević S., Popov N., Knežević S., Vranešević J., Pelić M., Živkov Baloš M. 2026. Incorporating Pooled Donkey Milk from Autochthonous Balkan and Banat Donkey Breeds into Traditional Dairy Products: Effects on Technological Properties, Nutritional Profile, and Sensory Acceptability of *Podliveni* Cheese. Animals, 16(10):1449.

9. Martini M., Altomonte I., Licitra R., Salari F. 2018. Nutritional and nutraceutical quality of donkey milk. Journal of Equine Veterinary Science, 65: 33–37.
10. Paolino R., Freschi P., Claps S., Tarricone S., Sepe L., Cosentino C. 2022. Effect of donkey milk addition on the acceptability of Caprino, a typical goat cheese from Basilicata region, Italy. International Journal of Dairy Technology, 75: 460–462.
11. Popović-Vranješ A., Krstović S., Jevtić M., Jurakić Ž., Strugar K. 2017. Technological process of added value cheese making on registered agricultural households in Vojvodina. Biotechnology in Animal Husbandry, 33: 449–463.
12. Šarić L., Šarić B., Kravić S., Plavšić D., Milovanović I., Gubić J., Nedeljković N. 2014. Antibacterial activity of Domestic Balkan donkey milk toward *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus*. Food and Feed Research, 41: 47–54.
13. Šarić L., Premović T., Šarić B., Čabarkapa I., Todorić O., Miljanić J., Lazarević J., Karabasil N. 2023. Microbiological quality of raw donkey milk from Serbia and its antibacterial properties at pre-cooling temperature. Animals, 13: 327.
14. Vidaković Knežević S., Ljubojević Pelić D., Popov N., Knežević S., Vranešević J., Pelić M., Živkov Baloš M. 2026. Effects of Dry Herbal Supplementation on Microbiological Safety, Physicochemical Characteristics, Sensory Properties, and Shelf Life of Traditional Serbian Rolled Pasta Filata Cheese from Raw Cow's Milk. Microorganisms, 14(3): 619.
15. Vidaković Knežević S., Vranešević J., Popov N., Knežević S., Ljubojević Pelić D., Živkov Baloš M. 2025. Impact of Balkan and Banat Donkey Milk on the Technological Process, Microbiological Quality, Composition, and Consumer Acceptability of Rolled Cheese. Foods, 14: 2041.
16. Živkov Baloš M., Ljubojević Pelić D., Jakšić S., Lazić S. 2023. Donkey milk: An overview of its chemical composition and main nutritional properties or human health benefit properties. Journal of Equine Veterinary Science, 121: 104225.
17. Živkov-Baloš M., Popov N., Vidaković Knežević S., Savić S., Gajdov V., Jakšić S., Ljubojević Pelić D. 2024. Nutritional quality of donkey milk during the lactation. Biotechnology in Animal Husbandry, 40: 155–168.