

# Bioaktivne tvari u mlijeku magarica

---

Šoštarić, Kristina

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:262401>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-18**



Repository / Repozitorij:

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





Sveučilište u Zagrebu  
Agronomski fakultet

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture



# **BIOAKTIVNE TVARI U MLIJEKU MAGARICA**

DIPLOMSKI RAD

Kristina Šoštarić

Zagreb, rujan, 2021.



Sveučilište u Zagrebu  
Agronomski fakultet

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture



Diplomski studij:

Proizvodnja i prerada mlijeka

# **BIOAKTIVNE TVARI U MLIJEKU MAGARICA**

DIPLOMSKI RAD

Kristina Šoštarić

Mentor:  
prof. dr. sc. Neven Antunac

Zagreb, rujan, 2021.



Sveučilište u Zagrebu  
Agronomski fakultet

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture



## IZJAVA STUDENTA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Kristina Šoštarić**, JMBAG 0178111058, rođena 25.08.1997. u Karlovcu, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

### BIOAKTIVNE TVARI U MLIJEKU MAGARICA

Svojim potpisom jamčim:

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

U Zagrebu, dana \_\_\_\_\_

---

*Potpis studentice*



Sveučilište u Zagrebu  
Agronomski fakultet

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture



## IZVJEŠĆE

### O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Kristina Šoštarić**, JMBAG 0178111058, naslova

#### BIOAKTIVNE TVARI U MLIJEKU MAGARICA

obranjen je i ocijenjen ocjenom \_\_\_\_\_, dana  
\_\_\_\_\_.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. Prof. dr. sc. Neven Antunac mentor

\_\_\_\_\_

2. Doc. dr. sc. Nataša Mikulec član

\_\_\_\_\_

3. Prof. dr. sc. Ante Ivanković član

\_\_\_\_\_

## Zahvala

*Zahvaljujem se svom mentoru prof.dr.sc. Nevenu Antunac, koji mi je svojim znanstvenim i stručnim savjetima pomogao u izradi ovog diplomskog rada.*

*Zahvaljujem se i svojim prijateljicama Luciji, Josipi, Anamariji i Katarini na svakom prekrasno provedenom danu i što mi je uz njih svaki izlazak na ispit bio lakši i što su mi pomogle da vrijeme studiranja smatram najljepšim dijelom svoga života.*

*Najviše se zahvaljujem svojoj mami Božici i dečku Antoniu na pružanju bezuvjetne podrške prilikom svakog izlaska na ispit ili kolokvij i što su bili prisutni sa mnom na ovom prekrasnom i prebrzo prošlom petogodišnjem putu.*

*Na kraju, zahvaljujem se svim djelatnicima Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu koji su mi svojim radom pomogli u stjecanju znanja iz područja agronomije.*

## Sadržaj

1. Uvod .....	1
1.1. Cilj rada .....	2
2. Rasprostranjenost magaraca u svijetu i Hrvatskoj.....	3
3. Kemijski sastav mlijeka magarica .....	5
4. Bioaktivne tvari u mlijeku magarica .....	8
4.1. Proteini .....	8
4.1.1. Kazein .....	9
4.1.2. $\alpha$ -laktalbumin.....	10
4.1.3. $\beta$ -laktoglobulin .....	11
4.1.4. Laktoferin.....	12
4.1.5. Lizozim .....	12
4.2. Mliječna mast.....	14
5. Utjecaj bioaktivnih tvari u mlijeku magarica .....	17
6. Hipoalergena svojstva mlijeka magarica .....	19
7. Zaključak .....	20
8. Popis literature.....	21
Životopis .....	25

## **Sažetak**

Diplomskog rada studentice **Kristina Šoštarić**, naslova

### **BIOAKTIVNE TVARI U MLIJEKU MAGARICA**

Mlijeko magarica je po svom kemijskom sastavu slično humanom mlijeku što ga čini idealnom hranom za novorođenčad u prvim mjesecima života. Dosadašnja istraživanja su potvrdila da mlijeko magarice ima antimikrobno i protuupalno djelovanje koje je rezultat povećanog sadržaja enzima lizozima, laktoperoksidaze, laktoferina i imunoglobulina. Također, mlijeko magarica ima pozitivan utjecaj kod nedonoščadi, ali i kod novorođenčadi, posebice onih koji pate od alergija na proteine kravljeg mlijeka. Nadalje, mlijeko magarica ima hipoalergeno, antitumorsko, antistresno, antimikrobno i antivirusno djelovanje. Mlijeko magarica se koristi i u kozmetičkoj industriji, a zbog vitamina A, B<sub>2</sub>, C i E koristi se za pripremu krema jer sprječava ubrzano starenje kože i daje joj elastičnost.

**Ključne riječi:** mlijeko magarica, humano mlijeko, alergija na proteine kravljeg mlijeka, hipoalergenost, laktoferin, lizozim



# Summary

Of the master's thesis – student **Kristina Šoštarić**, entitled

## **BIOACTIVE COMPONENTS IN DONKEY MILK**

Donkey's milk is very similar to human milk, ie women's milk, which makes it ideal as food for newborns in the first months of life. Studies have confirmed that donkey's milk has antimicrobial and antiinflammatory effects resulting from the increased content of the enzymes lysozyme, lactoperoxidase, lactoferin and immunoglobulin. Research has been conducted where it has been concluded that donkey's milk has a positive effect in premature babies, but also in newborns, specially those who suffer from allergies to cow's milk proteins better known as CMPA. Furthermore, donkey milk has hypoallergenic properties, antitumor, antistress, antimicrobial, antiviral action. Donkey's milk has started to be used a lot in the cosmetics industry and due to vitamins A, B<sub>2</sub>, C and E it is used in creams because it prevent the accelerated aging of the skin and gives it elasticity.

**Keywords:** donkey milk, human milk, cow's milk protein allergy, hypoallergenicity, lactoferin, lysozyme

# 1. Uvod

Prije otprilike 10.000 godina, magarci su bili pripitomljeni kao vrsta i to na području Afrike (Ivanković i sur.,2015). Postoje mnogi zapisi koji svjedoče o dugoj tradiciji korištenja magaraca za prijevoz, ali i kao radne životinje. Trgovina i migracija magaraca pridonijele su širenju magaraca na današnje mediteransko i submediteransko područje (Ivanković i sur., 2015). U današnje vrijeme u Hrvatskoj su zastupljene tri pasmine magaraca: istarski, primorsko-dinarski i sjeverno-jadranski, u broju koji ne obećava dugoročnu održivost.

Već je u prošlosti mlijeko magarica imalo veliki značaj. Tako je na primjer Hipokrat koristio mlijeko magarica za sanaciju rana, kod otrovanja te u liječenju raznih bolesti. Poznata je priča o Kleopatri koja je posjedovala 700 magarica koje su mužene svakodnevno, kako bi se mogla kupati u mlijeku i na taj način sačuvati svoju ljepotu. Budući da magarice nisu davale veću količinu mlijeka, konzumacija mlijeka magarica nikad nije poprimila razmjera kao kod kravljeg, kozjeg ili ovčjeg mlijeka.

Provedena su istraživanja te je zaključeno da mlijeko magarica ima pozitivan utjecaj kod nedonoščadi, ali i kod novorođenčadi, posebice one koja pati od alergije na proteine kravljeg mlijeka (eng. *Cow's Milk Protein Allergy*) poznatije kao CMPA (Martini i sur., 2018). Također, mlijeko magarica ima pozitivan učinak na zdravstveno stanje osoba starije životne dobi kao i osoba koje boluju od pretilosti te nakupljanja masnoća u krvi (Martini i sur., 2018). U našim se krajevima mlijeko magarica tradicionalno koristi za liječenje kardiovaskularnih bolesti, ateroskleroze i za liječenje bolesti povezanih s imunološkim sustavom.

Mlijeko magarica je po kemijskom sastavu vrlo slično humanom mlijeku, što ga čini idealnom hranom za novorođenčad u prvim mjesecima života. Mlijeko magarice ima niski udio suhe tvari (8,5 - 9,5%). Specifično je po tome što ima niski udio mliječne masti i visok udio laktoze, uslijed čega je pogodno za preradu u fermentirane napitke. Mlijeko magarice je albuminsko mlijeko s obzirom da sadrži visok udio proteina sirutke (oko 39%). Istraživanja su potvrdila da mlijeko magarice ima antimikrobno i protuupalno djelovanje, koje je rezultat povećanog sadržaja enzima lizozima, laktoperoksidaze, laktoferina i imunoglobulina.

U današnje je vrijeme mlijeko magarica zastupljeno u većini kozmetičkih i farmaceutskih proizvoda. Kako je već navedeno, mlijeko magarica je djelotvorno kod pojedinih bolesti odnosno pomaže u oporavku nakon liječenja.

## **1.1. Cilj rada**

Cilj ovoga rada je prikazati dosadašnje spoznaje o bioaktivnim tvarima iz pojedinih sastojaka mlijeka magarica, usporediti ih s drugim vrstama mlijeka te opisati njihovu fiziološku aktivnost i terapijski učinak na organizam.

## 2. Rasprostranjenost magaraca u svijetu i Hrvatskoj

U zemljama razvijenog gospodarstva magarci su izgubili temeljnu radnu funkciju što ih čini ugroženima u pogledu održivosti (Ivanković i sur., 2009). Tijekom različitih vremenskih razdoblja, magarac se polako prilagođavao staništu Afrike, Azije i Europe, te se razvojem civilizacija uključivao u proces domestikacije. U početku je magarac koristio čovjeku kao izvor kože, a s vremenom je postao i radna životinja. Tako je kroz povijest magarac sudjelovao u svakodnevnom životu za prijenos hrane i ljudi te kao radna životinja (Ernoić i sur., 2001).

U Hrvatskoj su na popisu izvornih i zaštićenih pasmina i sojeva domaćih životinja upisane tri pasmine magaraca: istarski, primorsko-dinarski i sjeverno-jadranski magarac. S obzirom na veličinu populacije, primorsko-dinarski magarac je najbrojniji dok istarski i sjeverno-jadranski pripadaju skupini kritično ugroženih pasmina.

Na kraju 2019. godine u Hrvatskoj je registrirano 4.112 aktivnih magaraca, što je ujedno i povećanje u odnosu na 2017. godinu (HAPIH, 2020).

U svijetu neke od poznatijih pasmina magaraca su Abyssinian, Anatolia, Large Standard, Mammoth, Mary, Mini, Poitou i Standard. Rasprostranjenost magaraca na pojedinim kontinentima i u pojedinim zemljama, prikazana je u tablici 2.1.

Tablica 2.1. Rasprostranjenost magaraca u svijetu

KONTINENT	ZEMLJA	BROJ MAGARACA	GODINA
AZIJA	Afganistan	1.562.239	2019.
	Kina	2.600.700	2019.
	Indija	194.344	2019.
	Iran	1.533.730	2019.
	Kazahstan	28.992	2019.
	Mongolija	40	2019.
	Pakistan	5.417.000	2019.
	Ruska Federacija	7.750	2019.
	AFRIKA	Etiopija	8.740.174
Egipat		871.447	2019.
Maroko		927.000	2019.
Namibija		154.007	2019.
Niger		1.911.661	2019.
Nigerija		1.342.609	2019.
Senegal		482.594	2019.
Sudan		7.620.268	2019.
AMERIKA	Argentina	615.541	2019.
	Brazil	788.595	2019.

	Bolivija	634.991	2019.
	Kolumbija	90.978	2019.
	Meksiko	3.284.347	2019.
	Peru	650.008	2019.
	Venezuela	440.000	2019.
EUROPA	Albanija	55.000	2019.
	Bugarska	18.500	2017.
	Francuska	30.000	2017.
	Grčka	3.946	2017.
	Irska	7.482	2017.
	Italija	20.991	2017.
	Portugal	8.500	2017.
	Španjolska	140.813	2017.
	<b>Hrvatska</b>	4.112	2019.

Izvor: Salimei i Fantuz (2013); FAOSTAT (2019); HAPIH (2020)

Najveći broj magaraca obitava u Aziji i Africi, a najmanji u Europi. Na azijskom kontinentu države s najviše magaraca su Pakistan (>5,4 milijuna) i Kina (>2,6 milijuna), a odmah iza njih slijede Afganistan i Iran s više od 1,5 milijuna grla.

Od afričkih zemalja, u Etiopiji i Sudanu uzgaja se najviše magaraca (>8,7 i 7,6 milijuna), a slijede ih Niger (>1,9 milijuna) i Nigerija (>1,3 milijuna).

U Americi se uzgaja znatno manje magaraca, najviše u Meksiku (>3,2 milijuna) dok ih je najmanje u Kolumbiji (>90 tisuća).

U Europi se uzgaja najmanje magaraca. Tako je npr. uzgoj u Grčkoj i Hrvatskoj zastupljen s  $\approx$ 4.000 grla dok Španjolska (>140.000) i Albanija (55.000) prednjače u uzgoju magaraca.

Hrvatska kao i druge razvijene zemlje EU podupire održavanje populacije magaraca različitim poticajnim mjerama a od posebnog interesa je podupiranje programa gospodarske aktivacije. Jedan od gospodarskih programa koji zadnjih godina pobuđuje značajnu pozornost je proizvodnja mlijeka magarica (Ivanković i sur., 2009).

Ovisno o pasmini, magarica može proizvesti od 0,32 do 0,76 L mlijeka u jednoj mužnji (Ivanković i sur., 2015), s time da se mužnjom magarice u prosjeku dobije do 1.000 mL mlijeka dnevno, tijekom 6-10 mjeseci laktacije.

### 3. Kemijski sastav mlijeka magarica

Mlijeko magarice se kemijskim sastavom znatno razlikuje od kravljeg mlijeka, ali je vrlo slično humanom mlijeku i zbog toga se smatra izrazito pogodnim za prehranu djece.

Općenito, mlijeko kopitara, uključujući i mlijeko magarice, pripada skupini albuminskih mlijeka, prozirno bijele je boje i rijetke konzistencije. Odlična je zamjena za humano mlijeko kod dojenčadi alergične na proteine kravljeg mlijeka (eng. *Cow Milk Protein Allergy*, CMPA) i najbolji je izbornikod navedene intolerancije na hranu.

S obzirom na niz čimbenika, nasljednih i nenasljednih, koji utječu na sastav mlijeka, udio suhe tvari varira između 8,8 - 11,7 (g/100g), a u prosjeku iznosi 8,84% (Costanzo, 2013). Kravlje mlijeko u usporedbi s mlijekom magarice ima viši udio suhe tvari (12,5-13,0 g/100g), što je gotovo podjednako humanom mlijeku. U mlijeku magarica i u humanom mlijeku, udio proteina i laktoze je vrlo sličan dok je udio mliječne masti niži u usporedbi s kravljim mlijekom (tablica 3.1.).

Tablica 3.1. Kemijski sastav mlijeka različitih vrsta

Sastojak (g/100 g)	M L I J E K O		
	Magarica	Kravlje	Humano
Suha tvar	8,8 - 11,7	12,5 - 13,0	11,7 - 12,9
Mliječna mast	0,3 - 1,8	3,5 - 3,9	3,5 - 4,0
Protein	1,5 - 1,8	3,1 - 3,8	0,9 - 1,7
Kazein	0,64 - 1,03	2,46 - 2,80	0,32 - 0,42
Proteini sirutke	0,49 - 0,80	0,55 - 0,70	0,68 - 0,83
Laktoza	5,8 - 7,4	4,4 - 4,9	6,3 - 7,0
Pepeo	0,3 - 0,5	0,7 - 0,8	0,2 - 0,3

Izvor: Guo i sur. (2007)

Na sadržaj suhe tvari utječu stadij laktacije, hranidba i godišnje doba. Najveća proizvodnja mlijeka postiže se u prva dva mjeseca laktacije, a zatim se postupno smanjuje. Udio suhe tvari je najviši na početku laktacije tijekom sekrecije kolostruma i pred kraj laktacije kada se izlučuje manje mlijeka. U proljeće mlijeko magarica sadrži najviše suhe tvaria tijekom ljeta i jeseni njen se udio postepeno smanjuje.

Mlijeko magarica za razliku od ostalih vrsta mlijeka (kravljeg i humanog) nije bogato mliječnom masti i njezin je udio znatno niži (0,3-1,8 g/100g) u usporedbi s kravljim (3,5-3,9 g/100g) i humanim mlijekom (3,5-4,0 g/100g). Samim time i energetska vrijednost mlijeka je znatno niža i iznosi oko 158kJ/100 mL (Božanić i sur., 2018). Na udio mliječne masti u mlijeku magarice utječu slijedeći čimbenici: pasmina, stadij laktacije, podneblje i sastav ispaše, način mužnje i razmak između pojedinih mužnji.

Ukupni udio proteina u mlijeku magarice je relativno nizak (1,5-1,8 g/100g) u usporedbi s kravljim mlijekom (3,1-3,8 g/100 g), ali je sličan onom u humanom mlijeku (0,9-1,7 g/100 g). Proteinska frakcija mlijeka magarica bogata je proteinima sirutke (0,49-0,80 g/100 g) koji sadrže oko 35-50% od frakcije dušika dok u kravljem mlijeku sadrži svega 20% (Devi i sur., 2018). Tri glavna sirutkina proteina u mlijeku magarice su:  $\beta$ -laktoglobulin ( $\beta$ -Lg - 3,3 g/kg), lizozim (Lyz - 1,00 g/kg) i  $\alpha$ -laktalbumin ( $\alpha$ -La - 1,9 g/kg). Uz ova tri, treba spomenuti i imunoglobuline (Ig), albumin krvnog seruma i laktoferin (Devi i sur., 2018).

Udio laktoze u mlijeku magarica varira u rasponu od 5,8-7,4 g/100 g, te je neznatno viši u usporedbi s humanim mlijekom (6,3-7,0 g/100 g) dok je znatno viši u odnosu na kravlje mlijeko (4,4-4,9 g/100 g) (Guo i sur., 2007). Visok udio laktoze u mlijeku magarica olakšava crijevnu apsorpciju kalcija koji je neophodan za mineralizaciju kostiju dojenčadi (Madhusudan i sur., 2017). Količina laktoze u mlijeku magarice je više ili manje ujednačena tijekom laktacije i ne ovisi o čimbenicima kao što su pasmina, vrijeme mužnje ili stadij laktacije (Guo i sur., 2007). Zbog visokog udjela laktoze, mlijeko magarice je slatkastog okusa i smatra se dobrim supstratom za uzgoj probiotičkih bakterija mliječne kiseline, koje su inače prirodno prisutne u crijevima čovjeka (Božanić i sur., 2018).

Tablica 3.2. Koncentracija vitamina u mlijeku različitih vrsta

Vitamin (mg/L)	M L I J E K O		
	Magarica	Kravlje	Humano
Vitamin A	0,017	0,32 - 0,50	0,3 - 0,7
Vitamin E	0,051	0,98 - 1,28	3 - 8
Vitamin C	3,5 - 5,0	0,94	50 - 100
Vitamin B <sub>1</sub>	0,41	0,37	0,003 - 0,015
Vitamin B <sub>2</sub>	0,64	1,8	0,4 - 0,6
Vitamin B <sub>3</sub>	0,74	0,9	1,7
Vitamin B <sub>12</sub>	1,10	0,004	0,5

Izvor: Devi i sur., (2018)

Općenito, koncentracija vitamina u mlijeku je promjenjiva i prvenstveno ovisi o načinu hranidbe i vitaminskom statusu mliječnih životinja. Visoka koncentracija pojedinih vitamina u mlijeku magarica (vitamin C, vitamini B kompleksa), mlijeko magarice čini odličnim izvorom hranjivih tvari. Mlijeko magarice siromašno je vitaminom A (0,017 mg/L) i vitaminom E (0,051 mg/L) zbog niskog udjela mliječne masti. Vitamin B12 (kobalamin), koji je važan za održavanje živčanih stanica zdravim te stvaranju DNA i RNA, prisutan je u mnogo većoj koncentraciji nego u kravljem (0,004 mg/L), odnosno humanom mlijeku (0,5 mg/L). Koncentracija vitamina C u mlijeku magarica

predstavlja preporučeni dnevni unos vitamina C za djecu u dobi od 6 do 12 mjeseci. Humano mlijeko bogato je vitaminom C (50-100 mg/L) u odnosu na kravlje mlijeko (0,94 mg/L) i mlijeko magarice (3,5-5,0 mg/L) (Devi i sur., 2018).

Tablica 3.3. Sadržaj mineralnih tvari u mlijeku različitih vrsta

Mineralni element (mg/100mL)	M L I J E K O		
	Magarica	Kravlje	Humano
Kalcij (Ca)	33-115	112 - 123	28 - 34
Fosfor (P)	32 - 73	59 - 119	14 - 43
Kalij (K)	24 - 75	106 - 163	53 - 62
Magnezij (Mg)	2 - 8	7 - 12	3 - 4
Natrij (Na)	10 - 27	58	10 - 18
Klor (Cl)	14 - 50	100 - 119	60 - 63
Željezo (Fe)	0,024 - 0,26	0,03 - 0,10	0,04 - 0,20
Cink (Zn)	0,1 - 0,3	0,3 - 0,55	0,2 - 0,4
Bakar (Cu)	0,01 - 0,03	0,01 - 0,08	0,02 - 0,06

Izvor: Claeys i sur., (2014)

Udio pepela, a samim time i mineralnih tvari u mlijeku magarica je niži. U odnosu na kravlje mlijeko, koje je bogato gotovo svim mineralnim tvarima, mlijeko magarica ima znatno niži sadržaj mineralnih tvari dok je u odnosu na humano mlijeko sadržaj istih nešto viši. Mlijeko magarice siromašno je željezom (0,024 - 0,26 mg/100 mL), cinkom (0,1 - 0,3 mg/100 mL) i bakrom (0,01 - 0,03 mg/100 mL), a bogato kalcijem (33 - 115 mg/100 mL), fosforom (32 - 73 mg/100 mL) i kalijem (24 - 75 mg/100 mL). Ivanković i sur. (2016) navode najviši udio pepela u kolostrumu budući je kolostrum glavna hrana podmlatku tijekom prvih dana života.



## 4. Bioaktivne tvari u mlijeku magarica

Biološki aktivne tvari su definirane kao tvari koje imaju učinak, pobuđuju odgovor živog tkiva ili uzrokuju reakciju (Guaadaoui i sur., 2014). Dijele se na nutritivne (aminokiseline, vitamini, mineralne tvari, masne kiseline, ugljikohidrati) i nenutritivne biološki aktivne tvari i međusobno se razlikuju po kemijskoj strukturi i funkciji u organizmu (<https://definicijahrane.hr/>, 2021).

### 4.1. Proteini

Udio proteina u mlijeku magarice smanjuje se tijekom laktacije (Salimei i sur., 2004). Istraživanja su potvrdila kako je mlijeko magarica bogato proteinima posebice u proljetnim i ljetnim mjesecima, a razlog tome je hranidba koja se zasniva prvenstveno na ispaši (Constanzo, 2013).

Tablica 4.1. Sastav proteina mlijeka različitih vrsta

Proteini (g/kg)	M L I J E K O		
	Magarica	Kravlje	Humano
Ukupni kazein	7,8	26	2,4
$\alpha_{s1}$ -kazein	Nije analizirano	10,7	0,77
$\alpha_{s2}$ -kazein	Nije analizirano	2,8	Nije analizirano
$\beta$ -kazein	Nije analizirano	8,6	3,87
$\kappa$ -kazein	Nije analizirano	3,1	0,14
$\gamma$ -kazein	Nije analizirano	0,8	Nije analizirano
Ukupni proteini sirutke	5,8	6,3	6,2
$\alpha$ -laktalbumin	1,9	1,2	2,5
$\beta$ -laktoglobulin	3,3	3,2	-
Imunoglobulini	1,3	0,8	0,96
Albumin krvnog seruma	0,4	0,4	0,48
Proteoza i pepton	-	0,8	Nije analizirano
Laktoferin	0,37	0,10	1,65
Lizozim	1,00	U tragovima	0,34

Izvor: Uniacke-Lowe (2010)

Mlijeko magarice sadrži 7,8 g/kg ukupnog kazeina što je više nego u humanom mlijeku (2,4 g/kg), a gotovo četiri puta manje u odnosu na kravlje mlijeko (26 g/kg)(tablica 4.1.). Udio ukupnih proteina sirutke u mlijeku magarice iznosi  $\approx 5,8$  g/kg što je manje u odnosu na kravlje mlijeko (6,3 g/kg) i humano mlijeko (6,2 g/kg). Međutim, mlijeko magarice odlikuje se višim koncentracijama lizozima (1,00 - 1,43 g/kg) i imunoglobulina (1,3 g/kg), zbog čega djeluje antimikrobno u usporedbi s kravljim mlijekom (Claeys i sur., 2014).

#### 4.1.1. Kazein

Udio kazeina u ukupnim proteinima mlijeka magarica niži je ( $\approx 50\%$ ) u usporedbi s kravljim mlijekom ( $\approx 80\%$ ) i upravo to ga čini pogodnom zamjenom za humano mlijeko u prehrani dojenčadi (Guo i sur., 2007). Utvrđene su sljedeće frakcije kazeina:  $\alpha_{s1}$ -kazein,  $\alpha_{s2}$ -kazein,  $\beta$ -kazein,  $\kappa$ -kazein,  $\gamma$ -kazein no njihov sadržaj nije poznat.

Tablica 4.2. Kazein u mlijeku različitih vrsta

Proteini (g/kg)	M L I J E K O		
	Magarica	Kravlje	Humano
Ukupni kazein	7,8	26	2,4
$\alpha_{s1}$ -kazein	Nije analizirano	10,7	0,77
$\alpha_{s2}$ -kazein	Nije analizirano	2,8	Nije analizirano
$\beta$ -kazein	Nije analizirano	8,6	3,87
$\kappa$ -kazein	Nije analizirano	3,1	0,14
$\gamma$ -kazein	Nije analizirano	0,8	Nije analizirano

Izvor: Uniacke-Lowe i sur. (2010)

Mlijeko magarica sadrži  $\approx 7,8$  g/kg ukupnog kazeina što je više u odnosu na humano mlijeko ( $\approx 2,4$  g/kg), a manje u usporedbi s kravljim mlijekom ( $\approx 26$ g/kg).

Što se tiče  $\alpha_{s1}$ -kazeina, on u mlijeku magarica nije utvrđen, a najviše je zastupljen u kravljem mlijeku ( $\approx 10,7$  g/kg) dok  $\alpha_{s2}$ -kazein nije utvrđen ni u mlijeku magarici ni u humanom mlijeku.

$\beta$ -kazein nije utvrđen u mlijeku magarica, a u humanom mlijeku je utvrđen udio od 3,87 g/kg što je manje u usporedbi s kravljim mlijekom (8,6 g/kg).

$\kappa$ -kazein isto tako nije utvrđen u mlijeku magarica, humano mlijeko ga sadrži u malim količinama, svega 0,14 g/kg u odnosu na kravlje mlijeko (3,1 g/kg).

$\gamma$ -kazein nije utvrđen u mlijeku magarica i humanom mlijeku, a kravlje mlijeko ga sadrži tek 0,8 g/kg. Prisutnost  $\gamma$ -kazeina je vezana uz hidrolizu  $\beta$ -kazeina djelovanjem endogenih proteinaza poput plazmina koji pokazuje viši stupanj aktivnosti u mlijeku kopitara nego u kravljem mlijeku (Salimei i Fantuz, 2012).

Promjer kazeinskih micela u mlijeku magarica varira u rasponu od 100-200 nm što je vrlo slično promjeru micela u kravljem mlijeku (50-180 nm), dok je znatno veći u odnosu na micela u humanom mlijeku (64-80 nm) (Claeys i sur., 2014).

Kazeini iz mlijeka magarica tvore vrlo rastresit koagulum i zbog toga se ovo mlijeko gotovo i ne prerađuje u sir (Costanzo, 2013).

#### 4.1.2. $\alpha$ -laktalbumin

Među najznačajnije razlike između kravljeg mlijeka i mlijeka magarica ubraja se udio proteina sirutke u ukupnim proteinima koji u mlijeku magarica iznosi 35 - 50% dok je u kravljem mlijeku svega 20% proteina sirutke (Ivanković i sur., 2016).

Mlijeko magarica sadrži 1,9 g/kg  $\alpha$ -laktalbumina što je više u odnosu na kravlje mlijeko (1,2 g/kg), a manje u odnosu na humano mlijeko (2,5 g/kg).

S obzirom da nema puno podataka o strukturi pojedinih frakcija proteina sirutke u mlijeku magarice ili su ograničeni, samo je poznato da se  $\alpha$ -laktalbumin sastoji od 123 aminokiseline. Utvrđeno je da postoje dva izooblika  $\alpha$ -laktalbumina, A i B koji su glikolizirani. Ako se uzme u obzir sastav aminokiselina,  $\alpha$ -laktalbumin kobiljeg, humanog, kravljeg i mlijeka magarica, razlikuje se u nekoliko ostataka (Constanzo 2013).

Constanzo (2013) navodi kako izoelektrična točka  $\alpha$ -laktalbumina mlijeka magarica iznosi 5,11 i viša je u usporedbi s izoelektričnom točkom kravljeg (4,8) i humanog mlijeka (4,7). Isto tako, s obzirom na visok stupanj sličnosti s kobiljim mlijekom, smatra se da i  $\alpha$ -laktalbumin mlijeka magarice ima četiri disulfidna mosta.

Fiziološke funkcije  $\alpha$ -laktalbumina su jednake kao i u drugim vrstama mlijeka, a to su: koenzimska uloga u procesu pretvorbe glukoze u galaktozu i uključenost u proces sinteze laktoze (Uniacke-Lowe i sur., 2010).

Dokazano je da  $\alpha$ -laktalbumin posjeduje antivirusno, antitumorsko i antistresno djelovanje. Konkretno, brojna istraživanja pokazala su da  $\alpha$ -laktalbumin u humanom

mlijeku zajedno s oleinskom kiselinom tvori tzv. HAMLET kompleks (Human Alpha lactalbumin Made Lethal to Tumor cells), za koji je utvrđeno da može uzrokovati tumorsko-selektivnu apoptozu (Madhusudan i sur., 2017).

HAMLET kompleks se može smatrati kao potencijalno terapijsko sredstvo protiv različitih tumorskih stanica (Zhang i sur., 2009). Nadalje,  $\alpha$ -laktalbumin posjeduje protuupalno djelovanje uzrokovano inhibicijom ciklooksigenaze-2 (COX-2) i fosfolipaze A2 (Yamaguchi i sur., 2009).

### 4.1.3. $\beta$ -laktoglobulin

U mlijeku magarica  $\beta$ -laktoglobulin je zastupljen sa 3,3 g/kg što je slično količini  $\beta$ -laktoglobulina u kravljem mlijeku (3,2 g/kg) i jedan je od glavnih proteinskih alergena kod djece (Madhusudan i sur., 2017).

Inače,  $\beta$ -laktoglobulin se u mlijeku preživača nalazi u obliku dimera dok se u mlijeku magarica nalazi u obliku monomera i do sad su identificirana dva oblika ( $\beta$ -laktoglobulin I i  $\beta$ -laktoglobulin II) (Costanzo, 2013).

$\beta$ -laktoglobulin I čini 80% ukupne frakcije  $\beta$ -laktoglobulina u mlijeku magarica i sadrži 162 aminokiselinska ostatka od kojih su četiri cisteina i postoje dvije genske varijante ovog izooblika, A i B.

$\beta$ -laktoglobulin II je u odnosu na  $\beta$ -laktoglobulin I manje zastupljen (20% od ukupne frakcije  $\beta$ -laktoglobulina) i sadrži 163 aminokiseline i postoje četiri genske varijante, A, B, C i D (Božanić i sur., 2018).

U odnosu na  $\beta$ -laktoglobulin kravljeg mlijeka,  $\beta$ -laktoglobulin u mlijeku magarica sadrži manje sulfhidrilnih skupina zbog čega nema mogućnost tvorbe dimera i samim time pokazuje drugačije mehanizme denaturacije i agregacije (Sawyer, 2003).

$\beta$ -laktoglobulin iz mlijeka magarica u potpunosti se razgrađuje i iskorištava djelovanjem enzima iz ljudskog probavnog trakta, što nije slučaj s mlijekom preživača (Božanić i sur., 2018).

Apsorbirani peptidi zbog antihipertenzivnog, antioksidativnog, imunomodulirajućeg i antimikrobnog djelovanja, imaju značajnu ulogu u prevenciji zdravstvenih poteškoća (Papademas i Kotsaki, 2019).

#### 4.1.4. Laktoferin

Laktoferin je glikoprotein koji veže željezo, veličine 80 kDa. Svaka molekula laktoferina ima dva dijela koja su po sastavu slična, ali ne i identična i svaki od tih dijelova odgovoran je za vezanje jednog atoma željeza, pa tako jedna molekula laktoferina može vezati dva atoma željeza. Laktoferin je jednolančani polipeptid globularne građe, relativno otporan prema proteolitčkim enzimima. Pripada skupini transferina. Budući da ima sposobnost reverzibilnog vezanja  $Fe^{3+}$ , postoje dva oblika: apolaktoferin i hololaktoferin (Zakanj i sur., 2002).

Najprije je izoliran iz humanog mlijeka još 1960. godine, u kojem postiže najveće koncentracije, te mu odatle potječe ime. Osim u humanom mlijeku, laktoferin se nalazi i u ekskretima nekih žlijezda (žuč, suze). U humanom mlijeku laktoferin čini 10 - 15% od ukupnih proteina. Više od 90% laktoferina u stanici nalazi se u disociranom obliku, što ga čini pogodnim za apsorpciju u intestinalnoj mukozi. U kravljem mlijeku laktoferin se nalazi tek u tragovima, u koncentraciji od približno 0,01 g/L.

Laktoferin kao multifunkcionalni protein posjeduje antimikrobna, antibakterijska, antiviralna, antifungalna, antiparazitna, te antikancerogena svojstva (Samaržija, 2016). Također, posjeduje i enzimsku aktivnost, te sudjeluje u stvaranju i stjecanju imuniteta. Dva su načina dobivanja laktoferina: izolacija, kojom se dobiva nativni laktoferin te rekombinantna DNA tehnologija, kojom se dobiva rekombinantni laktoferin. U današnje vrijeme laktoferin ima široku primjenu i to: u hrani za dojenčad, jogurtu, obranom mlijeku, hrani za životinje, proizvodima za njegu kože i za oralnu njegu.

Korištenje laktoferina se preporučuje trudnicama koje pate od anemije i hipoferemije (umjesto željezovog sulfata koji izaziva nuspojave); te u prevenciji korioamnionitisa koji rezultira preuranjenim porodom.

U mlijeku magarica laktoferin se nalazi u višoj koncentraciji (0,005 - 0,05 g/L) u odnosu na kravlje mlijeko koje sadrži laktoferin u tragovima (0,01 g/L) (Zakanj i sur., 2002), ali ga ima puno manje u usporedbi s humanim mlijekom (1,8 g/L). Laktoferin u mlijeku magarice se lako probavlja probavnim sokovima (Tidona i sur., 2014).

#### 4.1.5. Lizozim

Lizozim je hidrolitički enzim koji cijepa  $\beta$ -1,4 glikozidnu vezu između N-acetilmuraminske kiseline i N-acetilglukozamina peptidoglikana stanične stijenke bakterija. Lizozim svojim djelovanjem sprječava razmnožavanje bakterija, odnosno ima antimikrobno djelovanje. Upravo je zbog svog antimikrobnog djelovanja našao

primjenu u prehrambenoj i farmaceutskoj industriji, gdje se koristi kao antimikrobni agens.

Nadalje, lizozim je protein što znači da se sastoji od peptidnih lanaca koji sadrže više od 100 aminokiselina. Kod čovjeka se naziva muramidaza i nalazi se u stanicama i tkivima kao što su sluznica usne šupljine, crijeva, nosa i jetre. U tim stanicama lizozim ima antimikrobno, protuupalno, mukoprotektivno, proregenerativno, imunomodularno i antialergijsko djelovanje. U sastavu proteina znatan udio ima lizozim, prirodna antimikrobna tvar koja razara membranu bakterijskih stanica, pa mlijeko magarica na tom principu može u dojenčadi sprječavati crijevne infekcije. Posebno osjetljive na antimikrobno djelovanje lizozima su Gram-pozitivne bakterije iz roda *Mycobacterium*, *Micrococcus*, a manjim dijelom i Gram-negativne bakterije iz roda *Pseudomonas*. Osim antibakterijskog, lizozim pokazuje i dobra antivirusna te antimikotična svojstva (Samaržija, 2016).

Lizozim je dio urođenog imunskog sustava, a luče ga makrofagi, neutrofil i dendritičke stanice. Dendritičke stanice su vrsta bijelih krvnih stanica, a predstavljaju antigen. Jedan je od glavnih frakcija proteina sirutke i ključna je komponenta zanimanja za mlijeko magarice. Zahvaljujući svojoj antimikrobnoj aktivnosti, lizozim doprinosi malom broju bakterija u mlijeku magarice. Antimikrobnu aktivnost lizozim vrši sinergistički s ostalim komponentama mlijeka kao što su laktoferin, laktoperoksidaza, N-acetil- $\beta$ -D-glukozaminidaza, imunoglobulini (Ig) i neke masne kiseline. *In vitro*, lizozim pokazuje rezistentnost na kiseli pH i ljudske gastrointestinalne enzime te protuupalno i antikancerogeno djelovanje. Istraživanja provedena na životinjama pokazala su da lizozim ograničava bakterijske infekcije i potiče rast probiotičkih bakterija koje su povezane s zdravljem crijeva. Zbog antimikrobne aktivnosti, lizozim ima značajnu ulogu u prehrambenoj industriji. Tradicionalno, lizozim iz kokošnjeg jajeta bio je široko rasprostranjen i koristio se kao prirodni konzervans za produljenje roka trajanja prehrambenih proizvoda. Aktivnost lizozima slabije je proučavana u usporedbi s drugim vrstama mlijeka i iz kokošnjeg bjelanjka kao što su slabije proučavani i faktori koji utječu na njegovu aktivnost.

Martini i sur. (2019) proveli su istraživanje o aktivnosti lizozima u mlijeku magarice ovisno o stadiju laktacije, dobi životinje i procesu pasterizacije. U humanom mlijeku koncentracija lizozima varira između 0,3 - 1,1 g/L (Altomonte i sur., 2019). Mlijeko magarice ima višu koncentraciju lizozima (1,0 - 3,7 g/L) (Martini i sur., 2018). Općenito, sadržaj lizozima razlikuje se unutar iste vrste i između različitih vrsta mlijeka.

Bez obzira na vrstu mlijeka, koncentracija lizozima je viša u kolostrumu nego u mlijeku, u kojem se postupno smanjuje prema kraju laktacije (Benkerroum, 2008). Prema tome, koncentracija lizozima u mlijeku magarice je najviša u prvih 60 dana laktacije i iznosi  $\approx 1,34$  mg/mL dok je najniža u zadnjim danima laktacije i iznosi  $\approx 0,76$  mg/mL (Polidori i sur., 2013).

## 4.2. Mliječna mast

Udio mliječne masti u mlijeku magarica varira od 0,3 - 1,8 g/100 g (tablica 5.1.) i može se usporediti s onim u humanom mlijeku. S obzirom da mlijeko magarice nije bogato mliječnom masti, samim time mu je i energetska vrijednost niska (oko 158 kJ/100 mL) (Valle i sur., 2018).

Tablica 5.1. Sastav masnih kiselina u različitim vrstama mlijeka

Masna kiselina (g/100 g)	M L I J E K O		
	Magarica	Kravlje	Humano
Maslačna, C <sub>4:0</sub>	0,32 - 0,6	0,19	3,90
Kaprinska, C <sub>6:0</sub>	0,28 - 1,22	0,15	2,50
Kaprilna, C <sub>8:0</sub>	8,52 - 12,8	0,46	1,50
Kaprinska, C <sub>10:0</sub>	18,65 - 20,42	1,03	3,20
Laurinska, C <sub>12:0</sub>	10,67 - 15,9	4,4	3,60
Miristinska, C <sub>14:0</sub>	5,77 - 10,59	6,27	11,10
Miristoleinska, C <sub>14:1</sub>	0,22 - 0,88	0,80	0,41
Palmitinska, C <sub>16:0</sub>	11,47 - 29,17	22,00	27,90
Stearinska, C <sub>18:0</sub>	1,12 - 3,91	8,06	12,20
Oleinska, C <sub>18:1</sub>	9,7 - 22,15	31,30	17,20
Linolna, C <sub>18:2</sub>	8,15 - 15,17	10,85	1,40
Linolenska, C <sub>18:3</sub>	6,32 - 16,33	1,03	1,80
Arahidonska, C <sub>20:0</sub>	0,12	0,44	0,35
Eikosapentaenoična, C <sub>20:5</sub>	0,27	0,12	0,09
Behenijska, C <sub>22:0</sub>	0,05	0,12	0,20
Dokosaheksaenoična, C <sub>22:6</sub>	0,30	0,25	0,01
Zasićene masne kislone% ukupnih MK	46,7 - 67,7	39,41 - 42,24	55,7 - 72,8
Mononezasićene masne kislone % ukupnih MK	15,3 - 35,0	44,3 - 45,11	22,7 - 30,3
Polinezasićene masne kislone % masnih kiselina	15,2 - 30,5	15,48	2,4 - 6,3

Izvor: Salimei i sur., (2012)

Mlijeko magarica bogato je kaprilnom, kaprinskom, laurinskom, palmitinskom, linolnom i linolenskom kiselinom. Za razliku od kravljeg mlijeka (39,41 - 42,4%), mlijeko magarica sadrži više zasićenih masnih kiselina (46,7 - 67,7%).

S obzirom na nehomogenost rezultata znanstvenih istraživanja na temu količine i prisutnosti pojedinih masnih kiselina u mlijeku magarica, zaključilo se da vrlo važnu ulogu u sastavu mliječne masti imaju čimbenici poput hranidbe i općeg fizičkog stanja magarica u laktaciji (Claeys i sur., 2014). Mlijeko magarica također pokazuje sličnost s mlijekom kobilica jer je vrlo sličan profil masnih kiselina, iako mlijeko magarica sadrži više zasićenih masnih kiselina u usporedbi s mlijekom kobilica koje sadrži više mononezasićenih masnih kiselina. Mlijeko magarica također je bogato polinezasićenim masnim kiselinama – PUFA (*eng. Poly Unsaturated Fatty Acids*), koje također prevladavaju u humanom mlijeku (15-20%) s visokim postotkom linolne kiseline, ima nizak omjer omega-6 i omega-3 masnih kiselina. Svi navedeni čimbenici imaju pozitivan učinak na zdravlje ljudi pružajući imunostimulativna svojstva, sredstva za smanjenje kolesterola, sprječavajući stvaranje krvnih ugrušaka i minimiziranje rizika od koronarne bolesti, hipertenzije i tromboze (Devi i sur., 2018).

Veliki udjeli zasićenih masnih kiselina srednje dugog lanca (s manje od 16 ugljikovih atoma) vjerojatno potječu od metaboliziranja acetata-3 hidroksibutirata što je inače svojstveno preživcima (Božanić i sur., 2018).

Najveći dio zasićenih masnih kiselina u sastavu mliječne masti u mlijeku magarica čine masne kiseline srednje dugog lanca i palmitinska što je vrlo bitno s nutritivnog stajališta s obzirom da se one u usporedbi s dugolančanim, zasićenim masnim kiselinama brže razgrađuju i apsorbiraju u crijevima ljudi.

Visoka nutritivna vrijednost mlijeka magarica povezana je s koncentracijama višestruko nezasićenih masnih kiselina, posebice omega-3 i omega-6 masnih kiselina. Veličina globula mliječne masti u mlijeku magarica varira između 1 i 10  $\mu\text{m}$ . Kao i kod drugih vrsta mlijeka i u mlijeku magarica prevladavaju triacilgliceroli, slobodne masne kiseline i fosfolipidi (Božanić i sur., 2018).



Tablica 5.2. Sastav aminokiselina u mlijeku različitih vrsta

Aminokiselina (AK) (g/100 g proteina)	M L I J E K O		
	Magarica	Kravlje	Humano
Asparaginska	8,9	7,8	8,3
Serin	6,2	4,8	5,1
Glutaminska	22,8	23,2	17,8
Glicin	1,2	1,8	2,6
Histidin	2,3	3,0	2,3
Arginin	4,6	3,4	4,0
Treonin	3,6	4,5	4,6
Alanin	3,5	3,0	4,0
Prolin	8,8	9,6	8,6
Cistin	0,4	0,6	1,7
Tirozin	3,7	4,5	4,7
Valin	6,5	4,8	6,0
Metionin	1,8	1,8	1,8
Lizin	7,3	8,1	6,2
Izoleucin	5,5	4,2	5,8
Leucin	8,6	8,7	10,1
Fenilalanin	4,3	4,8	4,4
Triptofan	-	1,5	1,8
Esencijalne AK	38,2	37,5	40,7

Izvor: Guo i sur. (2007)

Mlijeko magarica sadrži veće količine sljedećih aminokiselina: asparaginske i glutaminske kiseline, prolina, lizina i leucina (tablica 5.2.).

## 6. Utjecaj bioaktivnih tvari u mlijeku magarica

Blagotvorna svojstva mlijeka magarice poznata su još od starih egipatskih vremena. Kasnije, 1.st.po.Kr., Dioskorid je opisao upotrebu mlijeka magarice u humanoj terapiji i kozmetici u svojoj knjizi *De materia medica* što se smatra prekretnicom farmakologije. Od 19. stoljeća, mlijeko magarica se počelo koristiti u rodilištima za prehranu dojenčadi bez roditelja, bolesne djece kao i bolesnih starijih ljudi (Cosentino i sur., 2015).

Mlijeko svakog sisavca specifično je za pružanje pasivne perinatalne imunizacije (kolostrum). Majčino mlijeko zasigurno je najbolja hrana za novorođenčad barem tijekom četiri mjeseca njihovog života, iako postoje slučajevi u kojima treba pronaći valjanu alternativu (neprihvatanje majčinog mlijeka, bolesna majka).

Krave su primarne životinjske vrste koje daju mlijeko tijekom cijele godine i tako opskrbljuju potrošače mlijekom i mliječnim proizvodima koji su bitni za prehranu ljudi. Međutim, kravlje mlijeko nije prikladno za dojenčad koja je alergična na proteine kravljeg mlijeka (CMPA) čija je prevalencija procijenjena između 5 i 15% uključujući dojenčad koja pokazuje simptome povezane s nuspojavama na proteine kravljeg mlijeka. Iz tog razloga su mlijeka drugih životinjskih vrsta u posljednje vrijeme stekla veliku ekonomsku vrijednost zbog visoke razine kvalitete kao alternativne hrane, a posebice njihovo korištenje u medicinske i kozmetičke svrhe (Carminati i sur., 2017).

Potonji slučaj potaknuo je istraživanje mlijeka magarica za alternativnu hranu djeci koja pate od CMPA-a i zaključeno je da ga djeca dobro podnose. Hipoalergena svojstva zajedno s drugim osebujnim i zdravstvenim odlikama o kojima izvještavaju mnogi autori pokrenuo je veliki interes za mlijeko magarica što potvrđuje i povećanje broja članaka objavljenih posljednjih nekoliko godina.

Laktoza je značajna komponenta u mlijeku magarica. Kvantitativno, laktoza predstavlja izvor energije, ali također utječe na mineralizaciju kostiju, a u novorođenčadi potiče crijevnu apsorpciju kalcija (Monti i sur., 2015).

S obzirom da je mlijeko magarica bogato vitaminima (A, B<sub>2</sub>, C i E), oni također djeluju antioksidativno, vrlo su važni za usporavanje starenja i imaju učinak na regeneraciju kože (Carminati i sur., 2017).

Prisutnost nezasićenih masnih kiselina kao što su omega-6 masne kiseline koje su vrlo cijenjene u kozmetici, daju koži elastičnost i sprječavaju određene kožne bolesti. Neke od ključnih uloga esencijalnih masnih kiselina su izgradnja membrana, sudjelovanje u regulaciji enzimskih sustava, sudjelovanje u sintezi prostaglandina odgovornih za proizvodnju hormona, kontrakcije krvnih žila, regulaciju osjeta boli i upalnih procesa, itd. (Božanić i sur., 2018).

Posebno je istraživano antibakterijsko djelovanje mlijeka magarica za koje se pokazalo da uspješno inhibira patogene mikroorganizme i ograničava kvarenje (Fratini i sur.,2015). Za antibakterijsko djelovanje mlijeka magarica uglavnom je zaslužna aktivnost lizozima, no i njegovo sinergističko djelovanje zajedno s laktoferinom.

Konzumacija mlijeka s visokim udjelom kazeina, poput kravljeg mlijeka, potiče stvaranje čvrste skute zbog kiselih uvjeta u želucu što rezultira odgodom razgradnje proteina. Za razliku od kravljeg mlijeka, mlijeko magarica, kao i humano mlijeko ne pokazuje kiselu koagulaciju, lakše je probavljivo i fiziološki prikladnije za prehranu dojenčadi. Međutim, na probavljivost kazeina utječu i drugi čimbenici poput distribucije kazeina i veličina kazeinskih micela (Uniacke-Lowe i sur., 2010).

Omjer kazeina i proteina sirutke koji se nalaze u mlijeku magarice sličniji je humanom mlijeku i ima važnu ulogu u senzibilizaciji na CAMP smanjujući njegovu alergenu sposobnost. Kazeinska micela u mlijeku magarica je veličine oko 298 nm i obrnuto je povezana sa sadržajem  $\kappa$ -kazeina i to može biti razlog velike osjetljivosti na hidrolizu gastrointestinalnim enzimima (Tidona i sur., 2014).

Mlijeko magarica u današnje je vrijeme jako cijenjeno i vrlo traženo mlijeko zbog izraženog antimikrobnog djelovanja koje zahvaljuje prije svega visokim koncentracijama izrazito termostabilnog enzima lizozima, ali i znatnom udjelu laktoferina kao i djelovanju laktoperoksidaze (Martini i sur., 2013).

Mlijeko magarica je izrazito pogodno za prehranu djece, no koristi se vrlo ograničeno s obzirom da je teže dostupno, a zbog svog specifičnog sastava ne može se obrađivati topline (Božanić i sur., 2018).

## 7. Hipoalergena svojstva mlijeka magarica

Alergija na proteine kravljeg mlijeka ili CMPA (eng. *Cow Milk Protein Allergy*) je imunološka reakcija na proteine kravljeg mlijeka što može biti posljedica interakcije između jednog ili više proteina mlijeka i jednog ili više imunoloških mehanizama, a rezultira neposrednim reakcijama posredovanim IgE. Kliničke manifestacije alergije na proteine kravljeg mlijeka uključuju respiratorne, kožne kao i sistemske anafilaktičke simptome (Bahna i sur., 2002).

Kravlje mlijeko je jedna od najčešćih namirnica koja uzrokuje alergije kod djece i javlja se između 0,3 -7,5 % novorođenčadi. Najčešći alergeni u kravljem mlijeku su  $\alpha$ <sub>s1</sub>-kazein,  $\alpha$ <sub>s2</sub>-kazein i  $\kappa$ -kazein. Bu i sur. (2013) navode kako se alergenost kravljeg mlijeka može smanjiti tehnološkim procesima u proizvodnji kao što su: enzimska hidroliza i fermentacija te primjena visoke temperature i tlaka.

Terapeutska strategija za alergiju na kravlje mlijeko predviđa potpuno uklanjanje kravljeg mlijeka i svih njegovih proizvoda. Međutim, u prve dvije godine života, mlijeko predstavlja važan izvor hranjivih tvari i kao takvo se ne može ukloniti iz svakodnevne prehrane pa je stoga potrebno koristiti zamjensko mlijeko.

Konkretno, mlijeko magarica se pokazalo kao dobra alternativa za dojenčad koja pati od alergije na proteine kravljeg mlijeka zbog svoje sličnosti s humanim mlijekom, a posebno zbog sastava mliječne masti s obzirom na frakciju triacilglicerola i profil masnih kiselina (Chiofalo i sur., 2011).

Niska alergenost mlijeka magarica uglavnom je posljedica niskog sadržaja kazeina (Vincenzetti i sur., 2007), koji je vrlo blizu sadržaju kazeina utvrđenom u humanom mlijeku.

Nadalje, visok sadržaj laktoze mlijeku magarica daje slatkasti okus, poboljšava crijevnu apsorpciju kalcija koja je bitna za mineralizaciju kostiju kod dojenčadi.

Hipoalergeno svojstvo mlijeka magarice uglavnom je posljedica niskog sadržaja kazeina, čiji je sadržaj vrlo sličan kao i u humanom mlijeku (Vincenzetti i sur., 2007).

## 8. Zaključak

Bioaktivne tvari ili biološki aktivne tvari imaju povoljan učinak zdravlje ljudi. U mlijeku magarica biološki aktivne tvari su kazein ( $\alpha_{s1}$ -kazein,  $\alpha_{s2}$  kazein,  $\beta$ -kazein,  $\kappa$ -kazein), proteini sirutke ( $\alpha$ -laktalbumin,  $\beta$ -laktoglobulin), lizozim i laktoferin, koje imaju višestruke uloge u organizmu.

$\alpha$ -laktalbumin posjeduje antivirusno, antistresno i antitumorsko djelovanje, a uloga mu je pretvorba glukoze u galaktozu te sudjelovanje u procesu sinteze laktoze, dok  $\beta$ -laktoglobulin ima antihipertenzivno, imunomodulatorno i antimikrobno djelovanje.

Mlijeko magarice je bogatije laktoferinom od kravljeg mlijeka, kojeg sadrži samo u tragovima i posjeduje antistresna, antivirusna, antitumorska svojstva, a preporuča se trudnicama koje boluju od anemije i hiperemije.

Lizozim zahvaljujući svojoj antimikrobnoj aktivnosti doprinosi malom broju bakterija u mlijeku magarice, a također posjeduje antifungalna i antivirusna svojstva.

Pored navedenih bioaktivnih tvari, laktoza također ima vrlo važnu ulogu u mlijeku magarica, a to je da potiče crijevnu apsorpciju kalcija kod djece te mineralizaciju kostiju.

Zaključno, iako je povećan interes potrošača za mlijekom magarica, ono je i dalje sekundarni proizvod visoke cijene, no može se smatrati funkcionalnom hranom na temelju brojnih istraživanja.

## 9. Popis literature

1. Altomonte I. (2019). Donkey milk can improve our health and that's why we should increase donkey milk production. *Journal of Dairy Research*. 86-135.
2. Bahna S.L. (2002). Cows' milk allergy versus cow milk intolerance. *Ann Allergy Asthma Immunology*. 89:56–60.
3. Benkerroum N. (2008). Antimicrobial activity of lysozyme with special relevance to milk. *African Journal of Biotechnology*. 725 (25): 4856–4867.
4. Božanić R., Lisak Jakopović K., Barukčić I. (2018). *Vrste mlijeka*. Hrvatska mljekarska udruga. Zagreb.
5. Bu G., Luo Y., Chen F., Liu K., Zhu T. (2013). Milk processing as a tool to reduce cow's milk allergenicity: a mini-review. *Dairy Science Technology*. 93(3):211-223.
6. Chiofalo B., Dugo P., Bonaccorsi I.L., Mondello L. (2011). Comparison of major lipid components in human and donkey milk: New perspectives for hypoallergenic diet in humans. *Immunopharmacology and Immunotoxicology*. 33 (4): 633–644.
7. Claeys W.L., Verraes C., Cardoen S., De Block J., Huyghebaert A., Raes K., Dewettinck K., Herman, L.(2014). Consumption of raw or heated milk from different species: an evaluation of the nutritional and potential health benefits. *Food Control* 42. 188–201.
8. Cosentino C., Paolino R., Valentini V., Musto M., Ricciardi A., Adduci F., D'Adamo C., Pecora G., Freschi P. (2015). Effect of jenny milk addition on the inhibition of late blowing in semihard cheese. *Journal of Dairy Science*. 98: 5133–5142.
9. Costanzo A., Chianese L., De Simone C., Ferranti P., Mauriello R., Quarto M., Garro G., Picariello G., Mamone G., Ramunno L. (2013). Occurrence of qualitative and quantitative polymorphism at donkey beta – Lactoglobulin II locus. *Food Research International*. 1273–1279.
10. Devi S., Kapila S., Gandhi K., Arora S., Rana S. (2018). Donkey Milk: A very Recent Nutritional „Pharmafood“. *Indian Dairyman*. 72–77.

11. Ernoić M., Vincek D., Govorčin J. (2001). Mogućnosti korištenja magaraca. *Stočarstvo*. 55: (2), 135–140.
12. Fantuz F., Ferraro S., Todini L., Piloni R., Mariani P., Salimei E. (2012). Donkey milk concentration of calcium, phosphorus, potassium, sodium and magnesium. *International Dairy Journal*. 24:143-145.
13. Fiocchi A., Brozek J., Schünemann H., Bahna S.L., Von Berg A., Beyer K., Bozzola M., Bradsher J., Compalati E., Ebisawa M., Guzmán M.A., Li H., Heine R.G., Keith P., Lack G., Landi M., Martelli A., Rancé F., Sampson H., Stein A., Terracciano L., Vieths S. (2010). World Allergy Organization (WAO) Diagnosis and Rationale for Action against Cow's Milk Allergy (DRACMA) Guidelines WAO Journal. 3:57-161.
14. Guaadaoui A., Benaicha S., Elmajdoub N., Bellaoui M., Hamal A. (2014). What is a bioactive compound? A combined definition for a preliminary consensus. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 3(3): 174-179.
15. Gubić J., Milovanović I., Tomić J., Torbica A., Šarić Lj., Ilić N. (2015). Comparison of protein and fatty acid fraction of Balkan donkey and human milk. *Mljekarstvo* 65 (3), 168–176.
16. Guo H.Y., Pang K., Zhang X.Y., Zhao L., Chen S.W., Dong M.L., Ren F.Z. (2007). Composition, physiochemical properties, nitrogen fraction distribution and amino acid profile of donkey milk. *Journal of Dairy Science*. 90(4):1635-1643.
17. Host A. (1994). Cow's milk protein allergy and intolerance in infancy. Some clinical, epidemiological and immunological aspects. *Pediatric Allergy Immunology*. 5:1-36.
18. Host A., Halken S. (2014). Cow's milk allergy: where have we come from and where are we going? *Endocr Metab Immune Disord Drug Targets*. 14 (1): 2-8.
19. Ivanković A., Potočnik K., Ramljak J., Baban M, Antunac N. (2016). Mlijeko kobila i magarica. Sveučilište u Zagrebu. Agronomski fakultet. Zagreb.
20. Ivanković A., Ramljak J. (2015). Mlijeko magarice, proizvodnja i plasman. Javna ustanova Rera S.D. Split.

21. Ivanković A., Ramljak J., Štrulina I., Antunac N., Bašić I., Kelava N., Konjačić M. (2009). Odlike laktacije, kemijskog sastava i higijenske kvalitete mlijeka primorsko – dinarskih magarica. *Mljekarstvo* 59 (2), 107-113.
22. Madhusudan N.C., Ramachandra C.T., Udaykumar N.D., Sharnagouda H., Nagraj N. (2017). Composition, Characteristics, Nutritional value and Health Benefits of Donkey Milk – A Review. *Dairy Science & Tecnology*.
23. Martini M., Altomonte I., Licitra R., Salari F. (2018). Nutritional and nutraceutical quality of donkey milk. *Journal of Equine Veterinary Science*. 65, 33-37.
24. Martini M., Altomonte I., Salari F. (2013). Evaluation of the fatty acid profile from the core and membrane of fat globules in ewe's milk during lactation. *Lebensmittel – Wissenschaft Technologie*. 50, 253-258.
25. Martini M., Salari F., Altomonte I., Ragona G., Piazza A., Gori R., Casati D., Brajon G. (2018). Effects of pasteurization and storage conditions on donkey milk nutritional and hygienic characteristics. *Journal of Dairy Research* 85, 445-448.
26. Martini M., Salari F., Licitra R., La Motta C., Altomonte I. (2019). Lysozyme activity in donkey milk. *International Dairy Journal*. 96: 98-101.
27. Papademas P., Kotsaki P. (2019). Technological Utilization of Whey towards Sustainable Exploitation. *Advances in Dairy Research*. 7(4), 231.
28. Polidori P., Vincenzetti S. (2013). Use of donkey milk in children with cow's milk protein allergy. *Foods* 2(2):151-159.
29. Salimei E., Fantuz F. (2013). Horse and donkey milk. *Milk and Dairy Products in Human Nutrition: Production, Composition and Health*. 594-613.
30. Salimei E., Fantuz F., Coppola R., Chiofalo B.D., Polidori B., Varisco G. (2004). Composition and characteristics of ass's milk. *Journal of Animal Research* 53(1):67-78.
31. Samaržija D. (2016). Korištenje mlijeka kobile i magarice u proizvodnji fermentiranih mlijeka. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet. Zagreb.



32. Tidona F., Criscione A., Devold T.G., Bordonaro S., Marletta D., Vegarud G.E.(2014). Protein composition and micelle size of donkey milk with different protein patterns: effects on digestibility. *International Dairy Journal*. 35, 57-62.
33. Tsutsumi R., Tsutsumi Y.M. (2014). Peptides and Proteins in Whey and Their Benefits for Human Health. *Austin Journal of Nutrition and Food Sciences*. 1(1), 1002.
34. Uniacke-Lowe T., Huppertz T., Fox P.F.(2010). Equine milk proteins: chemistry, structure and nutritional significance. *International Dairy Journal*. 20, 609-629.
35. Vincenzetti S., Polidori P. (2007). Nutritional Characteristics of Donkey's Milk Protein Fraction. *Dietary Protein Research Trends*. 207-225.
36. Yamaguchi M., Yoshida K., Uchida M. (2009). Novel functions of bovine milk derived alpha-lactalbumin: anti-nociceptive and anti-inflammatory activity caused by inhibiting cyclooxygenase-2 and phospholipase A2. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*. 32(3):366-371.
37. Zakanj Z., Grgurić J., Bošnjak J. (2002). Utjecaj laktoferina, kalcija, vitamina C i laktoze na apsorpciju željeza u dojenčadi na prirodnoj prehrani. *Gynaecol Perinatol*. 11 (2): 80-84.
38. FAOSTAT <http://www.fao.org/faostat/en/#home> – pristupljeno: 12.04.2021.
39. Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu <https://www.hapih.hr/> - pristupljeno: 12.04.2021.
40. <https://definicijahrane.hr/> - pristupljeno: 21.09.2021.

## **Životopis**

Kristina Šoštarić rođena je 25. kolovoza 1997. u Karlovcu. Osnovnu školu pohađa u OŠ Kardinala Alojzija Stepinca u Krašiću, a srednjoškolsko školovanje nastavlja na Zdravstvenom učilištu u Zagrebu u periodu od 2012.-2016. godine. Godine 2016. upisuje preddiplomski studij na Agronomskom fakultetu u Zagrebu, studij Biljne znanosti, a 2019. stječe titulu univ. bacc. ing. agr. Godine 2019. upisuje diplomski studij Proizvodnja i prerada mlijeka na istom fakultetu u trajanju od dvije godine.