

ISSN 2623-6575

UDK 63

GLASILO FUTURE

PUBLIKACIJA FUTURE - STRUČNO-ZNANSTVENA UDRUGA ZA PROMICANJE ODRŽIVOG RAZVOJA, KULTURE I MEĐUNARODNE SURADNJE, ŠIBENIK

VOLUMEN 6 BROJ 5-6

PROSINAC 2023.

Glasilo Future

Stručno-znanstveni časopis

Nakladnik:

FUTURA



Sjedište udruge: Šibenik

Adresa uredništva:

Bana Josipa Jelačića 13 a, 22000 Šibenik, Hrvatska / Croatia

☎ / 📠: +385 (0) 022 218 133

✉: urednistvo@gazette-future.eu / editors@gazette-future.eu

🌐: www.gazette-future.eu

Uređivački odbor / Editorial Board:Nasl. izv. prof. dr. sc. Boris Dorbić, prof. struč. stud. – glavni i odgovorni urednik / *Editor-in-Chief*Emilija Friganović, dipl. ing. preh. teh., mag. nutr., v. pred. – zamjenica g. i o. urednika / *Deputy Editor-in-Chief*Ančica Sečan, mag. act. soc. – tehnička urednica / *Technical Editor*

Prof. dr. sc. Željko Španjol – član

Mr. sc. Milivoj Blažević – član

Vesna Štibrić, dipl. ing. preh. teh. – članica

Antonia Dorbić, mag. art. – članica

Međunarodno uredništvo / International Editorial Board:

Dr. sc. Gean Pablo S. Aguiar – Savezna republika Brazil (Universidade Federal de Santa Catarina)

Prof. dr. sc. Kiril Bahcevandziev – Portugalska Republika (Instituto Politécnico de Coimbra)

Prof. dr. sc. Martin Bobinac – Republika Srbija (Šumarski fakultet Beograd)

Prof. dr. sc. Zvezda Bogevska – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za zemjodjelski nauki i hrana Skopje)

Dr. sc. Bogdan Cvjetković, prof. emeritus – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Duška Čurić – Republika Hrvatska (Prehrambeno-biotehnoški fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Margarita Davitkovska – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za zemjodjelski nauki i hrana Skopje)

Prof. dr. sc. Dubravka Dujmović Purgar – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Josipa Giljanović – Republika Hrvatska (Kemijsko-tehnoški fakultet u Splitu)

Prof. dr. sc. Semina Hadžiabulić – Bosna i Hercegovina (Agromediterranski fakultet Mostar)

Prof. dr. sc. Péter Honfi – Mađarska (Faculty of Horticultural Science Budapest)

Prof. dr. sc. Mladen Ivić – Bosna i Hercegovina (Univerzitet PIM)

Doc. dr. sc. Anna Jakubczak – Republika Poljska (Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy)

Dr. sc. Željko Jurjević – Sjedinjene Američke Države (EMSL Analytical, Inc., North Cinnaminson, New Jersey)

Prof. dr. sc. Mariia Kalista – Ukrajina (National Museum of Natural History of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv)

Prof. dr. sc. Tajana Krička – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Doc. dr. sc. Dejan Kojić – Bosna i Hercegovina (Univerzitet PIM)

Slobodan Kulić, mag. iur. – Republika Srbija (Srpska ornitološka federacija i Confederation ornitologique mondiale)

Prof. dr. sc. Branka Ljevačić-Mašić – Republika Srbija (Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu)

Prof. dr. sc. Zvonimir Marijanović – Republika Hrvatska (Kemijsko-tehnoški fakultet u Splitu)

Semir Maslo, prof. – Kraljevina Švedska (Primary School, Lundåkerskolan, Gislaved)

Prof. dr. sc. Ana Matin – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Elizabeta Miskoska-Milevska – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za zemjodjelski nauki i hrana)

Prof. dr. sc. Bosiljka Mustać – Republika Hrvatska (Sveučilište u Zadru)

Prof. dr. sc. Ayşe Nilgün Atay – Republika Turska (Mehmet Akif Ersoy University – Burdur, Food Agriculture and Livestock School)

Prof. dr. sc. Tatjana Prebeg – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Bojan Simovski – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za šumarski nauki, pejzažna arhitektura i ekoinženering "Hans Em" Skopje)

Prof. dr. sc. Davor Skejić – Republika Hrvatska (Građevinski fakultet Zagreb)

Akademik prof. dr. sc. Mirko Smoljić, prof. struč. stud. – Republika Hrvatska (Sveučilište Sjever, Varaždin/Koprivnica, Odjel ekonomije)

Prof. dr. sc. Nina Šajna – Republika Slovenija (Fakulteta za naravoslovje in matematiko)

Doc. dr. sc. Mladenka Šarolić, prof. struč. stud. – Republika Hrvatska (Kemijsko-tehnoški fakultet u Splitu)

Prof. dr. sc. Andrej Šušek – Republika Slovenija (Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Maribor)

Prof. dr. sc. Elma Temim – Bosna i Hercegovina (Agromediterranski fakultet Mostar)

Doc. dr. sc. Merima Toromanović – Bosna i Hercegovina (Biotehnički fakultet Univerziteta u Bihaću)

Prof. dr. sc. Marko Turk – Republika Hrvatska (Visoka poslovna škola PAR)

Prof. dr. sc. Ivana Vitasović Kosić – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Ana Vujošević – Republika Srbija (Poljoprivredni fakultet Beograd)

Sandra Vuković, mag. ing. – Republika Srbija (Poljoprivredni fakultet Beograd)

Prof. dr. sc. Vesna Židovec – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Denisa Žujo Zekić – Bosna i Hercegovina (Nastavnički fakultet Mostar)

Grafička priprema: Ančica Sečan, mag. act. soc.

Objavljeno: 31. prosinca 2023. godine.

Časopis izlazi u elektroničkom izdanju dva puta godišnje, krajem lipnja i prosinca, a predviđena su i dva specijalna izdanja tijekom godine iz biotehničkog područja.

Časopis je besplatan. Rukopisi i recenzije se ne vraćaju i ne honoriraju.

Autori/ce su u potpunosti odgovorni/e za sadržaj svojih radova, kontakt podatke i točnost engleskog jezika.

Umnožavanje (reproduciranje), stavljanje u promet (distribuiranje), priopćavanje javnosti, stavljanje na raspolaganje javnosti odnosno prerada u bilo kojem obliku nije dopuštena bez pismenog dopuštenja Nakladnika.

Sadržaj objavljen u Glasilu Future može se slobodno koristiti u osobne i obrazovne svrhe uz obvezno navođenje izvora.

Časopis je indeksiran u CAB Abstract (CAB International).

Glasilo Future

Stručno-znanstveni časopis

FUTURA – stručno-znanstvena udruga za promicanje održivog razvoja, kulture i međunarodne suradnje, Bana Josipa Jelačića 13 a, 22000 Šibenik, Hrvatska

(2023) 6 (5-6) 01–97

SADRŽAJ:

	Str.
<i>Izvorni znanstveni rad (original scientific paper)</i>	
<i>Ines Banjari, Marija Dundović, Jadranka Karuza, Marina Ferenac Kiš, Milica Cvijetić Stokanović</i> A grain of salt – a cross-sectional study on the consumption of foods containing iodine and sodium among adults from Croatia	01–12
<i>Azra Koese, Aida Šukalić, Alma Leto, Alma Mičijević, Vedrana Komlen</i> Human health risk assessment of intake Cd and Cu from agricultural soils in Mostar and Tomislavgrad	13–28
<i>Aleksandra Šupljeglav Jukić, S. Šoškić, G. Prskalo, Jasmina Aliman, Jasna Hasanbegović Sejfić</i> Utjecaj navodnjavanja na prinos i masu ploda trešnje Influence of irrigation on cherry fruit yield and weight	29–41
<i>R. Kepić, Denisa Žujo Zekić, M. Dautbašić, Jasna Avdić, Alka Turalija</i> Istraživanje entomofaune hortikulturnih biljaka na posjedu Franjevačkog samostana u Visokom, Bosna i Hercegovina Survey of entomofauna of horticultural plants on the property of the Franciscan monastery in Visoko, Bosnia and Herzegovina	42–64
<i>Prethodno priopćenje (preliminary communication)</i>	
<i>S. Maslo</i> New floristic data of vascular plants from Bosnia and Herzegovina	65–81
<i>Stručni rad (professional paper)</i>	
<i>Marija Vrdoljak, Sandra Mandinić, A. Sučić, B. Dorbić</i> Promjene mliječne masti u mlijeku djelovanjem različitih temperatura Changes in milk fat in milk under the influence of different temperatures	82–95
<i>Upute autorima (instructions to authors)</i>	96–97

Promjene mliječne masti u mlijeku djelovanjem različitih temperatura

Changes in milk fat in milk under the influence of different temperatures

Marija Vrdoljak^{1*}, Sandra Mandinić¹, Andrej Sučić², Boris Dorbić¹

stručni rad (professional paper)

doi: 10.32779/gf.6.5-6.6

*Citiranje/Citation*³

Sažetak

Mliječna mast je uz proteine najvažniji sastojak mlijeka i sira, jer utječe na okus, aromu i konzistenciju te tijekom zrenja i randman sira. Može se smatrati kao dobar izvor esencijalnih masnih kiselina i vitamina topivih u mastima. Mliječna mast se u mlijeku nalazi u obliku globula (MFGM - Milk Fat Globule Membrane) obavijenih adsorpcijskom membranom koja stabilizira mliječnu mast u okolnoj sredini mlijeka. Različiti temperaturni režimi, odnosno različite temperature toplinske obrade mlijeka kao i različiti tehnološki postupci u proizvodnji mlijeka i mliječnih proizvoda značajno mijenjaju svojstva membrana globula mliječne masti i utječu na senzorska svojstva konačnog proizvoda. Niske temperature ubrzavaju izdvajanje mliječne masti te utječu na njenu kristalizaciju. Nasuprot tome, visoka kratkotrajna pasterezacija uzrokuje vrlo malo promjena u građi MFGM, dok visoki toplinski tretmani kao što su UHT (Ultra High Temperature) mogu negativno utjecati na proteine MFGM i destabilizirati globule što rezultira koagulacijom mlijeka.

Ključne riječi: mlijeko, mliječna mast, temperatura, promjene mliječne masti, senzorska svojstva.

Abstract

Milk fat, along with proteins, is the most important ingredient of milk and cheese, because it affects the taste, aroma and consistency, as well as the course of ripening and randman of the cheese. It can be considered as a good source of essential fatty acids and fat-soluble vitamins. Milk fat is found in milk in the form of globules (MFGM - Milk Fat Globule Membrane) surrounded by an adsorption membrane that stabilizes milk fat in the surrounding milk environment. Different temperature regimes,

¹ Veleučilište "Marko Marulić" u Kninu, Krešimirova 30, 22300 Knin, Republika Hrvatska.

*E-mail: mvrdoljak@veleknin.hr (dopisna autorica).

² Završeni student stručnog prijediplomskog studija Prehrambena tehnologija, Veleučilište "Marko Marulić" u Kninu, Krešimirova 30, 22300 Knin, Republika Hrvatska.

³ Vrdoljak, M., Mandinić, S., Sučić, A., Dorbić, B. (2023). Promjene mliječne masti u mlijeku djelovanjem različitih temperatura. *Glasilo Future*, 6(5-6), 82–95. / Vrdoljak, M., Mandinić, S., Sučić, A., Dorbić, B. (2023). Changes in milk fat in milk under the influence of different temperatures. *Glasilo Future*, 6(5-6), 82–95.

i.e. different temperatures of heat treatment of milk as well as different technological procedures in the production of milk and milk products significantly change the properties of the membranes of milk fat globules and affect the sensory properties of the final product. Low temperatures accelerate the separation of milk fat and affect its crystallization. In contrast, high short-term pasteurization causes very little change in the structure of MFGM, while high heat treatments such as UHT (Ultra High Temperature) can negatively affect MFGM proteins and destabilize globules resulting in milk coagulation

Key words: milk, milk fat, temperature, changes in milk fat, sensory properties.

Uvod

Mlijeko pripada skupini osnovnih prehrambenih namirnica neophodnih za rast, razvoj i zdravlje novorođenih sisavaca (Lopez et al., 2011). Mlijeko se "stvora" iz specifičnih sastojaka koji prelaze iz krvi u mliječnu žlijezdu gdje se zbivaju vrlo složeni biokemijski procesi sinteze i sekrecije. Sastojci mlijeka (tablica 1), kao što su mliječna mast, mliječni šećer (laktoza) i tipični proteini mlijeka (kazein, α -laktalbumin i β -laktoglobulin) nastaju biosintezom u mlijećnoj žlijezdi, dok mineralne tvari, enzimi, vitamini, albumin krvnog seruma i imunoglobulini izravno prelaze iz krvi u mliječnu žlijezdu i na taj način postaju sastojci mlijeka (Tratnik, 1998).

Tablica 1. Udjeli glavnih sastojaka u sirovom mlijeku (Izvor: Tratnik i Božanić, 2012)

Table 1. Proportions of the main ingredients in raw milk (Source: Tratnik and Božanić, 2012)

udjel vode	86-89%
udjel suhe tvari	11-14%
Mast	3,2-5,5%
Laktoza	4,6-4,9%
Proteini	2,6-4,2%
Pepeo	0,6-0,8%

Masti su heterogena skupina makromolekula kojima je zajedničko da su topljive u organskim otapalima, a netopljive u vodi i polarnim otapalima. Mliječna mast ima najveću energijsku vrijednost (9 kcal/g ili 37 kJ/g), ali je i ekonomski vrlo važna, osobito u proizvodnji maslaca i vrhnja (Tratnik i Božanić, 2012). Prema McGuire i Bauman (2002), koncentracija mliječne masti ovisna je o mnogim čimbenicima kao što su: pasmina, vrsta životinje, hranidba, stadij laktacije, temperatura okoliša i sezona. Predstavlja glavnu energetsku komponentu mlijeka te utječe na okus i teksturu mliječnih proizvoda osobito onih s visokim postotkom masnoće poput maslaca. Količina mliječne masti ima utjecaj na više svojstva sira; na sastav, biokemiju, mikro-strukturu, randman, te reološka, teksturalna i kulinarska svojstva. Vanjski utjecaji kao što su svjetlo, zrak, različite temperature tijekom transporta, čuvanja i prerade te mehanički utjecaji kao što su miješanje i transport, mogu potaknuti lipolizu ili

oksidaciju mliječne masti što vrlo negativno utječe na okus i miris mlijeka i mliječnih proizvoda, čime se značajno narušava njihova kvaliteta i zdravstvena ispravnost.

Mliječna mast je prisutna u mlijeku u obliku masnih globula kao suspenzija u vodenoj fazi mlijeka (Michalski i Januel, 2006).

Gustoća mliječne masti znatno je manja ($0,915-0,930 \text{ g/cm}^3$) od gustoće mlijeka ($1,028-1,034 \text{ g/cm}^3$) što ovisi o temperaturi mjerenja. Upravo zbog toga se mliječna mast spontano izdvaja na površinu nakon duljeg stajanja mlijeka (Tratnik i Božanić, 2012). Odmah nakon mužnje mlijeko je toplo (oko $37 \text{ }^\circ\text{C}$) i mliječna mast se nalazi u obliku emulzije (jer nije topljiva u vodi), i to u obliku sitnih globula. Nakon hlađenja mlijeka masne se globule skrućuju te postaju kuglice, a emulzija postaje suspenzija. Tako mliječna mast u mlijeku istodobno može biti u stanju emulzije ili suspenzije, što ovisi o uvjetima koji utječu na njezino fizikalno stanje (Tratnik i Božanić, 2012).

U zadnjih nekoliko godina istraživanje membrane globule mliječne masti (MFGM) je znatno uznapredovalo. Rezultati dosadašnjih istraživanja pokazuju da je membrana globule mliječne masti visoko kompleksna struktura koja se sastoji od različitih proteina i lipida specifičnih tehnoloških i nutritivnih svojstava. Pojedini izolirani sastojci MFGM označeni su kao mogući vrijedni sastojci za daljnju uporabu u proizvodnji hrane. Tako se polarni lipidi i proteini MFGM s obzirom na podrijetlo, sastav i strukturu mogu koristiti kao emulgatori ili stabilizatori u tehnološkim procesima proizvodnje hrane (El-Loly, 2011).

Bioraspoloživost lipida je vrlo važna u ljudskoj prehrani i zdravlju, međutim mehanizmi probave lipida nisu dovoljno istraženi te su predmet velikog zanimanja znanstvene zajednice (Berton et al., 2012). Unatoč značajnom napretku u istraživanju mliječne masti, postoje i dalje otvorena pitanja koja zahtijevaju dublje razumijevanje, posebno u kontekstu utjecaja vanjskih čimbenika poput svjetla, temperature i mehaničkih utjecaja na stabilnost i kvalitetu mliječnih proizvoda.

Mliječna mast u mlijeku

Mliječna mast ima najveću energetska vrijednost mlijeka i utječe na okus, aromu, konzistenciju, kao i tijekom zrenja i randman sira (Antunac et al., 2008). To je ujedno i udio mlijeka, čiji je sastav najviše promjenjiv. U mlijeku se mliječna mast nalazi u obliku globula (Slika 1), različite veličine ali su puno veće od ostalih sastojaka mlijeka. Promjer masnih globula u mlijeku najčešće je od 1 do $5 \text{ }\mu\text{m}$, ali mogu biti nazočne i dosta manje i puno veće globule (od $0,1 \text{ }\mu\text{m}$ pa i do $22 \text{ }\mu\text{m}$), dok je prosječni promjer uglavnom $3 - 4 \text{ }\mu\text{m}$ (Tratnik i Božanić, 2012). Globule masti su izrazito složene strukture, a obavijene su adsorpcijskim slojem ili membranom koja ima ulogu stabilizacije mliječne masti u okolnoj sredini mlijeka (plazma) (Tratnik i Božanić, 2012).

U jednom mL mlijeka ima >1010 masnih globula (Huppertz i Kelly, 2009). Veličina globule mliječne masti ovisi o pasmini, vremenu, laktaciji, hranidbi, uzgoju, klimi. Primjerice s rastom razdoblja laktacije smanjuje se veličina MFGM, a povećava se postotak mliječne masti posebice nakon drugog

mjeseca laktacije (Wiking et al., 2004). Ovi čimbenici mogu utjecati i na samu stabilnost globule mliječne masti (El-Loly, 2011). Ukoliko su globule mliječne masti veće, izdvajanje na površinu je brže i potpunije. Kod proizvodnje maslaca u bućkalici, veličina masnih globula utječe na vrijeme bućkanja, odnosno ukoliko su masne globule veće, vrijeme bućkanja će biti kraće (Sarić, 2003).



Slika 1. Prikaz masne globule po Kingu
(Izvor: <http://www.tehnologijahrane.com/hemijahrane/mlijecna-mast>)

Figure 1. Representation of a fat globule according to King
(Surce: <http://www.tehnologijahrane.com/hemijahrane/mlijecna-mast>)

Mliječna mast je najskuplji sastojak mlijeka, budući da od ukupne energetske vrijednosti mlijeka na nju prosječno otpada 54%. Sljedeći razlog je i njena biološka vrijednost u korelaciji s drugim mastima. Mliječna mast mlijeku i mliječnim proizvodima osigurava punoću, djeluje na okus, aromu, konzistenciju i teksturu. To je najpromjenjiviji udio od svih sastojaka u mlijeku, kreće se u rasponu od 2,5 do 6,0%, pa i više. Veličina globula ovisi o brojnim faktorima. Ovčje mlijeko ima krupnije globule od kravljeg, koje su na početku laktacije veće nego na njenom završetku. Neke pasmine krava koje u mlijeku daju veći sadržaj mliječne masti posjeduju veće globule. U slučaju da su masne globule veće, tada je emulzija masti. Masne globule lakše savladavaju nutarnje trenje, koje čini glavni otpor k putu prema površini (Pejaković, 2023.).

Mliječna mast je kompleks različitih lipidnih tvari (Tablica 2.), od kojih se neke nalaze u jezgri globule, neke u membrani globule, a neke se od njih u neznatnom udjelu nalaze i u plazmi mlijeka (mlijeko bez mliječne masti). Zbog toga je raspodjela sastojaka unutar mliječne masti, unutar sloja

membrane i onih u plazmi mlijeka još uvijek u fazi intenzivnih istraživanja. Mliječna mast sadržava najviše triacilglicerola uz mali udjel diacilglicerola i monoacilglicerola. Triacilgliceroli čine 98% ukupne količine mliječne masti te imaju veliki utjecaj na njena svojstva kao što je hidrofobnost, gustoća i taljenje. Struktura triacilglicerola mliječne masti je odgovorna za reološka svojstva masti i njezino ponašanje tijekom topljenja i kristalizacije. Sastav triacilglicerola mliječne masti može se koristiti za provjeru njene autentičnosti (Ramos i Juarez, 2002). Nakon mužnje, mliječna mast svježeg mlijeka sadrži samo mali udio diacilglicerola, monoacilglicerola i slobodnih masnih kiselina koji su vjerojatno međuprodukti u biosintezi triacilglicerola, a ne produkti lipolize. Fosfolipidi čine samo 0,8% mliječnih lipida.

Većina fosfolipida (oko 65%) se nalazi u MFGM, dok je ostatak vezan za proteine mlijeka u vodenoj fazi. Steroli kao najmanje zastupljeni sastojci lipida mlijeka čine tek oko 0,3% mliječne masti (MacGibbon i Taylor, 2006).

Tablica 2. Prosječni sastav lipida svježeg mlijeka (Izvor: Walstra et al., 2006)

Table 2. Average lipid composition of fresh milk (Source: Walstra et al., 2006)

Glavni sastojci lipida	Postotni udjel u mliječnoj masti (w/w)	Postotni udjel lipida u mlijeku		
		Jezgra globule	Membrana globule	Plazma mlijeka
Neutralni gliceridi	98,70			
Triacilgliceroli	98,30	~100	+	?
Diacilgliceroli	0,30	90?	10?	+
Monoacilgliceroli	0,03	+	-	
Slobodne masne kiseline	0,10	60	10?	30
Fosfolipidi	0,80	0	65	35
Cerebrozidi	0,10	0	70	30
Steroli	0,32	80	10	10

U membrani masne globule najviše je fosfolipida (oko 65% od ukupnih u mlijeku). Hidrofobne skupine fosfolipida (lipofilne) okrenute su prema masnoj fazi i povezane s triacilglicerolima (teško topljivim) iz središta globule. Hidrofilne skupine fosfolipida (lipofobne) okrenute su prema vodenoj fazi mlijeka i povezujući se s proteinima. Ta međumolekularna veza između fosfolipida i proteina unutar membrane naziva se "lipoproteinski kompleks" koji je prilično čvrst, a oštećuju ga zahvati kao zamrzavanje, trenje, utjecaj kemikalija i slično. Fosfolipidi unutar membrane masne globule sadržavaju uglavnom nezasićene masne kiseline dužih lanaca, dok se proteini vezani unutar tog kompleksa sastavom razlikuju od ostalih proteina mlijeka. Prema svojstvima to su glikoproteini i najsličniji su globulinima.

U sloju fosfolipida unutar membrane smješteni su ostali sastojci masti kao kolesterol, neutralni gliceridi, vitamin A i karotenoidi. U sloju membrane masti nađeno je i nešto uklopljenih mliječnih enzima te vrlo mala koncentracija mineralnih tvari (uglavnom Fe, Mo, Cu i vrlo malo Zn, Ca, Mg, Na i K), koji se zapravo smatraju sadržajem membranskih proteina i enzima. Na samoj površini membrane masne globule nalaze se adsorbirani proteini iz plazme mlijeka (kazein i proteini sirutke). U adsorpcijskom sloju membrane masti nalazi se i nešto vode vezane na hidrofilne skupine sastojaka membrane (uglavnom na fosfolipide i proteine) (Tratnik i Božanić, 2012).

Mjerljiva je i količina vrlo složenih fosfolipida, od kojih je glavninu čini lecitin, zatim kefalini te sfingomijelin, a prisutni su i cerebrozidi (Tratnik i Božanić, 2012).

U sastav masti se ubraja veći broj masnih kiselina, između 12 i 18. To su masne kiseline koje se nalaze u svim uzorcima mlijeka. Pored njih u mliječnoj masti se nalaze i masne kiseline s neparnim brojem C atoma, kiseline s razgranatim lancem, što rezultira da ovaj broj iznosi preko 30.

Tablica 3. Sastav masnih kiselina u mliječnoj masti
(Izvor: <https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/mljecna-mast>)

Table 3. Composition of fatty acids in milk fat
(Source: <https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/mljecna-mast>)

MASNA KISELINA	BROJ C-ATOMA	(%)
Butenska	C4	4,3
Kaprionska	C6	2,6
Kaprilna	C8	1,2
Kaprińska	C10	2,9
Laurinska	C12	3,3
Miristinska	C14	10,9
Miristoleinska	C14:1	1,5
Pentadekanonska	C15	3,2
Palmitinska	C16	32
Palmitoleinska	C16:1	2,8
Margarinska	C17	1,0
Stearinska	C18	9,9
Oleinska	C18:1	26,9
Linolna	C18:2	3,0
Linolenska	C18:1	1,6

Masne kiseline u mlijeku se dijele na zasićene i nezasićene dok se zasićene masne kiseline prema broju C atoma dijele na niže (od 4 do 10 C atoma) i više masne kiseline (12 i više C atoma). Broj masti (tri-, di-, monoglicerida) u mlijeku je velik budući su hidroksilne grupe glicerola esterificirane

različitim masnim kiselinama pa postoji veliki broj kombinacija. Mliječnu mast karakterizira visok udio nižih masnih kiselina, prosječno 8% od količine ukupnih masnih kiselina (preostale masti biljnog i animalnog porijekla sadrže manje od 1%). Najviše ima butenske kiseline čije prisustvo čini mliječnu mast jedinstvenom u odnosu na druge masti (www.tehnologijahrane.com).

Budući da pojedine masne kiseline imaju vrlo različita kemijska i fizikalna svojstva (Tablica 3) i mliječna mast sadržava vrlo raznolike triacilglicerole. Smatra se da ih može biti s oko 1000 različitih kombinacija masnih kiselina. Time se objašnjava nejednolična kristalizacija, topljenje i ostala svojstva, kako mliječne masti tako i njezinih proizvoda (maslaca i vrhnja) (Tratnik i Božanić, 2012).

Drugi sastojci mliječne masti nalaze se u jako malim koncentracijama te su značajni za određivanje senzorskih svojstava i hranjive vrijednosti mlijeka.

Uloga mliječne masti i njezin utjecaj na ljudsko zdravlje je vrlo kontroverzna. Dok se zasićene masne kiseline i kolesterol povezuju povećanim rizikom pojave bolesti srca i krvnih žila, s druge strane, konjugirana linolna masna kiselina (CLA), sfingomijelin i maslačna kiselina posjeduju antikarcinogena svojstva (Michalski i Januel, 2006).

Zabrinutost zbog pretilosti i kardiovaskularnih bolesti u razvijenim i zemljama u razvoju povećale su javni interes za smanjenjem potrošnje masti. Takve zabrinutosti potaknule su mljekarsku industriju na razvoj tehnologija mijenjajući sadržaj mliječne masti, što je vidljivo iz raspona tekućih mliječnih proizvoda koji su dostupni (Bennett et al., 2013).

Promjene mliječne masti

Utjecaj temperatura na promjene mliječne masti

Mlijeko se izlaže višim, srednjim i nižim temperaturama. Uz ova razmatranja, odmah se postavlja pitanje: što se podrazumijeva pod tim pojmovima, koje su granice između njih. Točne i oštre granice između njih ne postoje, što znači da su ovi pojmovi uvjetni. Međutim, kada se uzme u obzir cilj koji se želi postići njihovom primjenom, može se reći da se pod višim temperaturama podrazumijevaju one iznad 60 °C, srednje od 18 do 55 °C, a niske temperature ispod 10 °C do temperature smrzavanja mlijeka.

Visoke temperature koriste se prvenstveno za uništavanje mikroorganizama i inaktivaciju enzima, ali se koriste i za poboljšanje tehnoloških svojstava (toplinska stabilnost), denaturaciju proteina i njihovu interakciju, kao i za koncentriranje mliječne tvari.

Međutemperature se nazivaju temperaturama podgrijavanja mlijeka jer se koriste kako bi se omogućilo izvođenje određenih tehnoloških operacija (separacija, podešavanje masnoće - tipizacija,

standardizacija, homogenizacija, sirenje mlijeka), odnosno kako bi se osigurala optimalna aktivnost korištenih čistih kultura (npr. proizvodi od kiselog mlijeka).

Niske temperature koriste se za sprječavanje neželjenog razvoja mikroorganizama, produljenje roka trajanja proizvoda, poboljšanje organoleptičkih svojstava ili sprječavanje njihovog kvarenja (Đorđević, 1987).

Punomasno mlijeko pasteurizira se kroz kraće vrijeme na visokim temperaturama jer su u tom slučaju manje izražene negativne promjene kvalitete. Visoke temperature se koriste za inaktivaciju lipaza te do aktivacije –SH grupe i B-laktoglobulina što povećava otpornost prema oksidativnim promjenama u razdoblju skladištenja (Tratnik i Božanić 2012).

Promjene mliječne masti uzrokovane visokim temperaturama

Visoke temperature igraju vrlo važnu ulogu u preradi mlijeka. Primjenjuju se u procesima pasteurizacije, kojima se u pravilu u mljekari podvrgava cjelokupna količina kvalitetnog mlijeka, neovisno o namjeni za koju će se koristiti u daljnjoj obradi i preradi. U današnje vrijeme sve je izraženija tendencija da se pri toplinskoj obradi mlijeka koriste više temperature, uz istovremeno skraćivanje vremena njihovog djelovanja, kako bi se uz što manje promjene postigao isti ili bolji učinak uništavanja mikroorganizama i inaktivacije enzima, što je moguće u organoleptičkim svojstvima mlijeka i očuvanju vitaminske vrijednosti (Đorđević, 1987).

Mnoge hranjive tvari mlijeka kao što su proteini, mliječna mast, ugljikohidrati kao i većina minerala, prilično su stabilni tijekom toplinske obrade mlijeka. Dakle, kvaliteta hranjivih tvari je sačuvana, osim kod steriliziranih mliječnih proizvoda (Erbersdobler et al., 2002).

Termostabilnost mlijeka je jedno od najznačajnijih tehnoloških svojstava mlijeka, a zapravo se odnosi na stabilnost mlijeka prema djelovanju visokih temperatura. Termostabilnost mlijeka se izražava vremenom potrebnim da se izazove koagulacija mlijeka na određenoj temperaturi ili temperaturom potrebnom da izazove koagulaciju mlijeka za određeno vrijeme. Mliječna mast otežava praćenje termostabilnosti mlijeka, a smatra se da je samo povišena kiselost uzrok smanjenja termostabilnosti mlijeka. Tijekom toplinske obrade mlijeka razbijaju se nakupine globula masti, a samim tim se i teže izdvajaju na površinu mlijeka. Toplinska razgradnja (degradacija) lipida u mlijeku je jako malo istraživana jer se neoksidativna razgradnja masnih kiselina odvija na temperaturama iznad 200 °C. Toplinska obrada mlijeka može znatno promijeniti svojstva MFGM. Do denaturacije proteina MFGM dolazi na temperaturama iznad 70 °C što dovodi do oslobađanja reaktivnih skupina. Pri izraženom učinku dolazi do oslobađanja sulfhidrilne (-SH) skupine. L – cisteinski ostaci membrane postaju vrlo aktivni što može dovesti do povezivanja sirutke i kazeina s membranama globula mliječne masti. Osim denaturacije proteina, na povišenoj temperaturi dolazi i do izdvajanje fosfolipida iz membrana globula mliječne masti MFGM (Huppertz i Kelly, 2009).

Tipični uvjeti pasterizacije, odnosno visoke temperature kroz kratko vrijeme ne utječu na funkcionalna i nutritivna svojstva mliječne masti. Više temperature mogu uzrokovati oksidaciju masti i loš okus. Visoki toplinski tretmani kao što su UHT (Ultra High Temperature) mogu negativno utjecati na proteine MFGM i destabilizirati globule što rezultira koagulacijom mlijeka (Fox i McSweeney, 1998). Zagrijavanje mlijeka na temperaturu iznad 62 °C ili tretiranje mlijeka tlakom višim od 400 MPa narušava stopu izdvajanja vrhnja kod mlijeka.

Slično povećanje izdvajanja vrhnja se pokazalo i kod tretiranja mlijeka tlakom od 100 do 250 Mpa (Huppertz i Kelly, 2006).

Termizacija je blaža kontinuirana toplinska obrada mlijeka, koju slijedi hlađenje a koristi se radi očuvanja kvalitete mlijeka prije sirenja tj. Da bi svojstva sirovog mlijeka ostala gotovo nepromijenjena, a mikroflora održana (Grgurek, 2015).

Termizacija znatno reducira broj bakterija uz minimalno oštećenje sastojaka mlijeka i ne uzrokuje promjene u okusu mlijeka. Osim toga, termizacija dokazano reducira formacije pahuljastog taloga u laboratorijski pasteriziranom mlijeku. Ove pahuljaste nakupine nastaju djelovanjem fosfolipaza bakterije *Bacillus cereus* koja oštećuje MFGM (Stepaniak i Rukke, 2002).

Toplinska obrada mlijeka temperaturama > 70 °C bez homogenizacije, može smanjiti izdvajanje mliječne masti na površini mlijeka (Huppertz et al., 2003). Nakon pasterizacije mlijeka dolazi do razbijanja nakupina globula masti, te se one teže izdvajaju na površini mlijeka. Visoka kratkotrajna pasterizacija (HTST- High Temperature Short Time) ne uzrokuje značajne promjene u građi membrana globula mliječne masti. Međutim izrazito visoke temperature pasterizacije dovode do denaturacije krioglobulina i agregacije globula masti pri čemu je izdvajanje vrhnja smanjeno ili spriječeno. Izlaganjem mlijeka temperaturi od 80 °C tijekom 15 minuta dolazi do izdvajanja lipida i proteina iz membrane globula koje zbog toga ostaju nezaštićene te se spajaju u veće nakupine (Fox i McSweeney, 1998). Prema El-Loly (2011) grijanje mlijeka na 80 °C tijekom 20 minuta rezultira značajnim gubicima triacilglicerola, ali ne i fosfolipida iz MFGM. Ultra visoka kratkotrajna pasterizacija (UHT - Ultra High Temperature) mlijeka je kontinuiran proces kojim se zaustavlja rast bakterija nakon aseptičkog pakiranja mlijeka, a takav proizvod nosi naziv "komercijalno sterilan". Ovaj postupak podrazumijeva grijanje mlijeka na temperaturama iznad 130 °C (obično od 138 do 145 °C) u trajanju od 1-10 s (obično 1-3 s). UHT postupkom na približno 140 °C, uzrokuje manje kemijskih promjena u mlijeku nego dugotrajno zagrijavanje na nižim temperaturama (Deeth i Datta, 2002).

Promjene mliječne masti uzrokovane niskim temperaturama

Ovisno o temperaturi hlađenja i vremenu čuvanja mlijeka, dolazi do fizikalnih promjena ugljikohidrata, bjelancevina i masti mlijeka, što rezultira i promjenom prirodnih svojstava mlijeka i

utjecajem na njegovu preradu. Niske temperature ubrzavaju izdvajanje mliječne masti, u čemu glavnu ulogu imaju imunoglobulini IgG₁ i IgG₂. Hlađenje mlijeka utječe i na kristalizaciju mliječne masti, odnosno na veličinu i strukturu kristala. Što je brže hlađenje i niža temperatura, to se stvara više kristala (Kirin, 2001).

Sirovo mlijeko mora se najkasnije dva sata nakon mužnje ohladiti na temperaturu do najviše 6 °C. Svrha hlađenja sirovog mlijeka je usporavanje ili zaustavljanje razvoja mikroorganizama prisutnih u mlijeku. Hlađenjem se povećava viskoznost mlijeka koja dostiže najvišu vrijednost nakon 72 sata čuvanja na temperaturi od 2 do 5 °C što je povezano s promjenama mliječnih proteina i mliječne masti. Niske temperature ubrzavaju izdvajanje mliječne masti u čemu glavnu ulogu imaju imunoglobulini (IgG1 i IgG2), te utječu na njenu kristalizaciju. Što je brže hlađenje i niža temperatura, to se stvara više kristala (Kirin, 2001). Kada se mliječna mast postepeno hladi na 5 °C, stupnjevito 0,1 °C/min, javlja se sferna (sferulitna) mikrostruktura. Međutim, kada se isto mlijeko brzo ohladi do 5 °C, javlja se više granularna struktura. Tijekom sporog hlađenja, događa se opsežan rast kristala. Za razliku od brzog hlađenja, proces kristalizacije je mnogo brži i prevladavaju nukleacije nad rastom kristala, tako da se javlja veliki broj malih mikrostrukturalnih značajki koje su više raspršene nego kod slučaja sporog hlađenja (Wright i Marangoni, 2006). Hlađenje mlijeka uzrokuje otpuštanje više od 15 % fosfolipida iz MFGM, što rezultira povećanjem sadržaja fosfolipida u serumu mlijeka. Hlađenje također uzrokuje prijelaz ksantin oksidoreduktaze iz masti u serum mlijeka i rezultira reverzibilnom adsorpcijom krioglobulina na masne globule (Huppertz i Kelly, 2006). Na temperaturama ispod 4 °C, kristali masti počinju formirati jezgru masne globule. Strukturna oštećenja na membrani masne globule mogu uzrokovati upravo ovakvi kristali npr. ubadajući i probadajući je, što uzrokuje povećanje količine slobodnih masnih kiselina u mlijeku. Čuvanje svježeg sirovog mlijeka na 8 °C više od 96 sati rezultiralo je gubitkom od oko 10 % fosfolipida iz MFGM (Evers, 2004., El-Loly, 2011). Zamrzavanjem mlijeka, a osobito vrhnja dolazi do niza fizikalno-kemijskih promjena lipoproteina i fizičkog oštećenja membrane globule mliječne masti zbog nastanka ledenih kristala. U odmrznutom mlijeku većina mliječne masti je u obliku neglobularne slobodne masti (Fox, 2002).

Zatvoreno i ohlađeno mlijeko u spremniku mora se prilično često mijesati (svakih 20 – 30 min) kako bi se spriječilo formiranje sloja masnoće na površini mlijeka, koji može stvoriti uvjete za razmnožavanje mikroorganizama uzročnika kvarenja mlijeka (Mills, 2002). Kada se mlijeko čuva na niskim temperaturama duže od 48 sati, dolazi do promjena fizikalnih i kemijskih svojstava te do selektivnog rasta psihrofilnih i psihrotrofnih bakterija, što dovodi do poteškoća u preradi i promjenama nekih svojstava mliječnih proizvoda. Mliječne globule kozjeg mlijeka ne srastaju tijekom procesa hlađenja jer im nedostaje aglutinin (ili ga ima vrlo malo), koji je odgovoran za agregaciju globula mliječne masti u kravljem mlijeku (Tziboula-Clarke, 2002).

Tijekom kristalizacije mliječna mast u globulama izložena je i utjecaju visokog hidrostatskog tlaka. Postupak tretiranja mlijeka visokim tlakom (HP –High pressure treatment) 100 do 500 Mpa pri temperaturi od 23 °C uzrokuje kristalizaciju masti unutar globula, koja se nastavlja tijekom čuvanja na istoj temperaturi. Prelazak mliječne masti iz čvrste u tekuću fazu uzrokovan povišenjem temperature tijekom tretiranja mlijeka postupkom HP u svezi je s ubrzanjem kristalizacije mliječne masti. HP inducirana kristalizacija mliječne masti snažno je povezana s redukcijom veličine mliječne globule (Huppertz i Kelly, 2006). Huppertz et al. (2003) su dokazali da su nakupine mliječne masti formirane pri hladnom čuvanju, koje su tretirane tlakom od 200 Mpa, bile veće nego one formirane u mlijeku koje nije bilo tretirano visokim tlakom. Međutim, točan mehanizam izdvajanja vrhnja iz mlijeka tretiranim visokim tlakom još nije potpuno objašnjen. Isti autori navode da nije došlo do nakupina globula tijekom hladnog čuvanja kod mlijeka tretiranog tlakom od 600 MPa. Toplinska ili visokim tlakom inducirana hladna aglutinacija vjerojatno je rezultat denaturacije IgM.

Zaključak

Mliječna mast ima najveću energetska vrijednost mlijeka i utječe na okus, aromu, konzistenciju, kao i tijek zrenja i randman sira. Toplinska obrada mlijeka, odnosno različite temperature obrade mlijeka kao i različiti tehnološki postupci u proizvodnji mlijeka i mliječnih proizvoda znatno mijenjaju svojstva membrana globula mliječne masti i utječu na senzorska svojstva konačnog proizvoda.

Izlaganjem mlijeka temperaturi od 80 °C tijekom 15 minuta dolazi do izdvajanja lipida i proteina iz membrane globula koje zbog toga ostaju nezaštićene te se spajaju u veće nakupine. Grijanje mlijeka na 80 °C tijekom 20 minuta rezultira značajnim gubicima triacilglicerola, ali ne i fosfolipida iz MFGM. Ultra visoka kratkotrajna pasterezacija uzrokuje manje kemijskih promjena u mlijeku nego dugotrajno zagrijavanje na nižim temperaturama.

Na temperaturama ispod 4 °C, kristali masti počinju formirati jezgru masne globule. Strukturna oštećenja na membrani masne globule mogu uzrokovati upravo ovakvi kristali npr. ubadajući i probadajući je, što uzrokuje povećanje količine slobodnih masnih kiselina u mlijeku.

Zamrzavanjem mlijeka, a osobito vrhnja, dolazi do niza fizikalno-kemijskih promjena lipoproteina i fizičkog oštećenja membrane globule mliječne masti zbog nastanka ledenih kristala.

Toplinska razgradnja lipida u mlijeku relativno je slabo istraživana te su svakako potrebna daljnja istraživanja u ovome pravcu.

Napomena

Rad je nastao u okviru izrade Završnog rada, završenog studenta Andreja Sučića (vidi literaturu).

Literatura

Antunac, N., Mikulec, N., Bendelja, D., Prpić, Z., Barać, Z. (2008). Karakterizacija i istraživanje kvalitete mlijeka u proizvodnji krčkog sira. *Mljekarstvo*, 58(3), 203-222.

Barukčić, I. (2013). Zašto školarcima treba mlijeko? *Mlijeko i ja*, 2(18), 26-27.

Bennett, A., Muehlhoff, E., McMahon, D. (2013). Milk and dairy products in human nutrition. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.

Berton, A., Rouvellac, S., Benoit, R., Rousseau, F., Loprez, C., Crenon, I. (2012). Effect of size and interface composition of milk fat globules on their in vitro digestion by the human pancreatic lipase: native versus homogenized milk fat globules. *Food Hydrocolloids*, 29, 123-134.

Chowdary, A. (2022). Role of Milk Fats in Nutrition and Health. *Journal of Food & Industrial Microbiology*, 8(3), 1.

Deeth, H.C. (2002). *Lipolysis*. U: *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Roginski H., Fuquay, J.W., Fox, P.F. (Eds.), Vol. 1, London: Academic Press.

Deeth, H.C., Datta, N. (2002). *Heating systems*. U: *Encyclopedia of Dairy Sciences*.

Đorđević, J. (1987). *Mleko: hemija i fizika mleka*. Beograd: Naučna knjiga.

El-Loly M.M. (2011). Composition, properties and nutritional aspects of milk fat globule membrane - a Review. *Polish journal of food and nutrition sciences*, 61(1), 7-32.

Erbersdobler, H.F., Drusch, S., Faist, V. (2002). *Effects of processing on protein quality of milk and milk products*. U: *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Roginski H., Fuquay, J.W., Fox, P.F. (Eds.), Vol. 1, London: Academic Press, 2137-2143.

Evers, J.M. (2004). The milkfat globule membrane-compositional and structural changes post secretion by the mammary secretory cell. *International Dairy Journal* 14, 661-674.

Fox, P.F. (2002). *Fat Globules in Milk*. U: *Encyclopedia of Dairy science*. Roginski H., Fuquay, J.W., Fox, P.F. (Eds.), Vol. 1, London: Academic Press, 1564-1568.

Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. (1998). *Production and utilization of milk*. U: *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Fox, P.F. McSweeney, P.L.H. (Eds.), London: Blackie Academic and professional, 1-20.

<https://dairyprocessinghandbook.tetrapak.com/chapter/chemistry-milk> (pristup: 21.2.2023)

<https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/mljecna-mast> (pristup: 21.2.2023)

<http://www.tehnologijahrane.com/hemijahrane/mlijecna-mast> (pristup: 20.12.2023)

Grgurek, Lj. (2015). *Proizvodnja sireva – teorija i praksa*, Zagreb: Probiotik d.o.o.

Huppertz, T., Fox, P.F., Kelly, A.L. (2003). High pressure-induced changes in the creaming properties of bovine milk. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 4, 349-359.

Huppertz, T., Kelly, A.L. (2006). *Physical Chemistry of Milk Fat Globules*. U: *Advanced Dairy Chemistry*. Fox P.F., McSweeney P.L.H, (Eds.), Vol. 2, Lipids, New York: 3rd edition, Springer, 173-204.

Huppertz, T., Kelly, A. L. (2009). *Properties and Constituents of Cow's Milk* U: *Milk Processing and Quality Management*, Tamime, A.Y. Blackwell Publishing Ltd, UK, 23-43.

King, N, (1955). *The milk fat globule membrane*, CAB, Farnham Royal, England.

Kirin, S. (2001). Utjecaj hlađenja na svojstva i kakvoću sirovog mlijeka, *Mljekarstvo*, 51(2) 151-159.

Lopez, C., Briard-Bion, V., Ménard, O., Beaucher, E., Rousseau, F., Fauquant, J., Leconte, N., Robert, B, (2011). Fat globules selected from whole milk according to their size: Different compositions and structure of the biomembrane, revealing sphingomyelin-rich domains. *Food Chemistry*, 125, 355-368.

MacGibbon, A.K.H., Taylor, M.W. (2006). *Composition and Structure of Bovine Milk Lipids*. U: *Advanced Dairy Chemistry*. Fox P.F., McSweeney, P.L.H. (Eds.), Vol. 2, Lipids, New York: 3rd edition, Springer, 1-35.

McGuire, M.A., Bauman, D.E. (2002). *Milk fat*. U: *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Roginski H., Fuquay, J.W., Fox, P.F. (Eds.), Vol. 1, London: Academic Press, 1828-1834.

Michalski, M. C., Januel, C. (2006). Does homogenization affect the human health properties of cow's milk? *Trends in food Science & Technology*, 17, 423-437.

Mills, O. (2002): *Milking management*. U: *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Roginski H., Fuquay, J.W., Fox, P.F. (Eds.), Vol. 1, London: Academic Press, 2507-2517.

Pejaković, A. (2023). Mliječna mast u mlijeku, dostupno na: <https://gospodarski.hr/rubrike/ostalo/mlijecna-mast-u-mlijeku/> (pristup: 25.09.2023).

Pravilnik o mlijeku i mliječnim proizvodima, *Narodne novine* br. 20/2009.

Pravilnik o utvrđivanju sastava sirovog mlijeka, *Narodne novine* br. 27/2017.

Ramos, M., Juarez, M. (2002). *Sheep milk*. U: *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Roginski H., Fuquay, J.W., Fox, P.F. (Eds.), Vol. 1, London: Academic Press, 2539-2545.

Sarić, Z. (2003). *Tehnologija mlijeka i mliječnih proizvoda*. Sarajevo: I dio neautorizovana predavanja.

Singh, R. P., Zorrilla, S.E. (2002). *Process and plant design*. U: *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Roginski H., Fuquay, J.W., Fox, P.F. (Eds.), Vol. 1, London: Academic Press, 2322-2330.

Stepaniak, L., Rukke, E.O. (2002). *Termization of milk*. U: *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Roginski H., Fuquay, J.W., Fox, P.F. (Eds.), Vol. 1, London: Academic Press, 2619-2625.

Sučić, A. (2023). Utjecaj temperatura na promjene mliječne masti mlijeka. Završni rad. Veleučilište "Marko Marulić" u Kninu.

Tratnik, L.J. I Božanić, R. (2012). *Mlijeko i mliječni proizvodi*. Zagreb: Hrvatska mljekarska udruga.

Tratnik, L.J. (1998). *Mlijeko-tehnologija, biokemija i mikrobiologija*. Zagreb: Hrvatska mljekarska udruga.

Tziboula-Clarke, A. (2002). *Goat milk*. U: *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Roginski H., Fuquay, J.W., Fox, P.F. (Eds.), Vol. 1, London: Academic Press, 1270-1279.

Walstra, P., Wouters, J.T.M., Geurts, T.J. (2006), *Dairy Science and Technology*, 2. Izdanje, London, New York: SRC Press, Taylor & Fancis Group, Boca Raton,

Wiking, L., Stagsted, J., Bjorck, L., Nielsen, J.H. (2004). Milk fat globule size is affected by fat production in dairy cows. *International Dairy Journal*, 14(10), 909-913.

Wright, A. J., Marangoni, A.G. (2006). *Crystallization and Rheological Properties of Milk Fat*. U: *Advanced Dairy Chemistry*. Fox P.F., McSweeney, P.L.H. (Eds.), Vol. 2, Lipids, 3rd edition, New York: Springer, 245-281.

Živković, R., Hadžiosmanović, M., Oberiter, V. (1995). *Mlijeko, medicinski i prehrambeni problemi*. Senat, Kolegij javnog zdravstva, Odbor veterinarske medicine, 37-44.

Primljeno: 27. studenoga 2023. godine

Received: November 27, 2023

Prihvaćeno: 29. prosinca 2023. godine

Accepted: December 29, 2023