

TANJA R. VUČIĆ
SNEŽANA T. JOVANOVIĆ
OGNJEN D. MAČEJ
IGOR R. ZDRAVKOVIĆ
ZORANA N. MILORADOVIĆ
BOJANA M. GRAČANAC

Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni
fakultet, Institut za prehrambenu
tehnologiju i biohemiju, Beograd, Srbija

ORIGINALNI NAUČNI RAD

UDK: 637.146+636.39:637.344

UTICAJ ULTRAZVUKA NA FERMENTACIJU KOZIJE MLEKA SA DODATKOM KONCENTRATA PROTEINA SURUTKE

UVOD

Specifičan proteinski sastav i puferni kapacitet kozijeg mleka utiču na produženo vreme fermentacije i lošiju strukturu čvrstog jogurta. Kako bi se dobio čvrsti jogurt od kozijeg mleka zadovoljavajućih reoloških karakteristika, neophodno je povećati sadržaj suve materije bez masti što se može postići dodatkom koncentrata proteina surutke. U cilju skraćivanja trajanja fermentacije, u radu je ispitivana mogućnost primene ultrazvučnog tretmana kozijeg mleka sa dodatkom KPS u proizvodnji čvrstog jogurta. Za proizvodnju čvrstog jogurta korišćene su tri serije uzoraka kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS podvrgnute različitim tretmanima: A – standardni tretman; B – ultrazvuk 200W/10 min i C – 400W/10 min.

Vršeno je ispitivanje fizičko-hemijskih karakteristika sirovog mleka, mleka nakon dodatka 1% KPS, termički tretiranih mleka, i mleka nakon ultrazvučnih tretmana. Takođe, u toku fermentacije praćena je promena viskoziteta i pH vrednosti.

Na osnovu dobijenih rezultata utvrđeno je da je fermentacija najkraće trajala kod uzoraka C, koji su ujedno imali najviše vrednosti viskoziteta na kraju fermentacije.

Key words: kozije mleko • koncentrat proteina surutke • ultrazvuk • fermentacija

Jogurt od kozijeg mleka je tradicionalan proizvod u područjima iz kojih fermentisani mlečni proizvodi vode poreklo. Osnovni parametri kvaliteta jogurta su ukus i konzistencija. Konzistencija jogurta u velikoj meri zavisi od strukture proteinske mreže koja je relativno slaba. Takođe, specifičan proteinski sastav utiče na lošiju strukturu fermentisanih napitaka od kozijeg mleka čijom se fermentacijom stvara polutečni koagulum, što otežava proizvodnju čvrstog jogurta od kozijeg mleka (Herrero and Requena, 2006; Park and Guo, 2006).

Osnovni hemijski sastav kozijeg mlijeka je sličan kravljem i zavisi od genotipa koza, ishrane, redosleda i stadijuma laktacije (Božanić et al., 2002). Prosečno, kozije mleko sadrži 12.2% suve materije od čega 3.8% čini mlečna mast, 3.5% proteini, 4.1% laktoza i 0.8% mineralnih materija (Park, 2006). Karakterističan miris i ukus kozijeg mleka koji je mnogim potrošačima neprihvatljiv i rezultat je specifičnog sastava mlečne masti, može se umanjiti fermentacijom mleka pod dejstvom bakterija mlečne kiseline.

Dijametar masnih kapljica kozijeg mleka je manji u odnosu na masne globule kravljeg mleka. Prema Slaćanac et al. (2010) oko 65% masnih kapljica kozijeg mleka je prečnika manjeg od 3.0 μm. Takođe, kozije mleko sadrži više masnih kiselina kratkih i srednjih lanaca i odlikuje se nedostatkom aglutinirajućih proteina koji izazivaju agregaciju masnih kapljica i izdvajanje pavlake (Jandal, 1996). Kapronska, kaprilna i kaprinska kiselina (C₆, C₈, C₁₀) čine oko 20% masnih kiselina kozijeg mleka za razliku od svega 6% u kravljem mleku (Božanić et

al., 2002). Povišeni sadržaj ove tri masne kiseline uzrok je izraženijeg ukusa i mirisa kozijeg mleka u odnosu na kravlje mleko (Park, 2006; Raynal-Ljutovac et al., 2008; Slaćanac et al., 2010).

Kazeinske micelle kozijeg mleka se razlikuju od kazeinskih micela kravljeg mleka po veličini, hidratisanosti i mineralizaciji. Kazeinske micelle kozijeg mleka sadrže više kalcijuma, neorganskog fosfora, manje su termički stabilne, manje rastvorljive i brže gube β-casein u odnosu na kazeinske micelle kravljeg mleka (Park et al. 2007).

Kozije mleko sadrži 3.0-4.5% proteina (Antunac et al., 2000; Jandal, 1996). Kao i u kravljem mleku, kazein kozijeg mleka se sastoji od četiri frakcije: α_{s1}-CN, α_{s2}-CN, β-CN i κ-CN. Najzastupljenija kazeinska frakcija je β-kazein sa oko 50%. U odnosu na kravlje, kozije mleko ima manje α_{s1}-kazeina što smanjuje njegova alergena svojstva (Park and Guo, 2006; Raynal-Ljutovac et al., 2008). U pogledu sadržaja i strukture κ-kazeina ne postoje značajnije razlike između kozijeg i kravljeg mleka. Kozije mleko, takođe, karakteriše viši sadržaj serum proteina i neproteinskog azota u odnosu na kravlje mleko (Antunac et al., 2000; Sarić et al., 2005). Manji udeo kazeinskog azota i veličina kazeinskih micela utiču na lošiju strukturu fermentisanih napitaka od kozijeg mleka (Park et al., 2007). U poređenju sa kravljim, kozije mleko ima veći puferni kapacitet usled višeg sadržaja serum proteina i neproteinskog azota (Antunac et al., 2000; Božanić et al., 2002; Park and Guo, 2006).

Sadržaj proteina, termički tretman, prisustvo mlečne masti, stabilizatori i egzopolisaharidi su faktori koji utiču na strukturu proteinskog matriksa jogurta. Da bi se dobila zadovoljavajuća

Author address:

Tanja Vučić, stručni saradnik, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, 11080 Zemun-Beograd,
Tel.: 011/2615-315
e-mail: tvucic@agrif.bg.ac.rs

konzistencija čvrstog jogurta od kozjeg mleka, neophodno je povećati sadržaj suve materije bez masti. U cilju poboljšanja reoloških karakteristika čvrstog jogurta od kozjeg mleka vrši se koncentrisanje mleka membranskim procesima, dodavanje želatina ili pektina, obranog mleka u prahu, koncentrata proteina surutke, korišćenje starter kultura koje proizvode egzopolisaharide i dr. (Martín-Diana et al., 2003; Tamime and Robinson, 2000).

Serum proteini i proizvodi tipa koncentrata i izolata proteina surutke odlikuju se visokom sposobnošću želiranja i vezivanja vode, emulgovanja, obrazovanja i stabilizacije pene, i na ovim osobinama se zasniva njihova primena u industriji mleka (Jovanović et al., 2007). Dodatak koncentrata proteina surutke u proizvodnji jogurta dobija se proizvod koji ima veći viskozitet i pokazuje smanjeni sinerezis (Lucey et al., 1999; Maćej et al., 2007; Tratnik, 1998). Nativni proteini surutke imaju malo uticaja na konzistenciju, međutim, denaturacija proteina surutke (prisutnih u mleku i dodatih u obliku KPS) tokom termičkog tretmana mleka dovodi do porasta viskoziteta. S obzirom da se pH vrednost tokom fermentacije mleka približava izoelektričnoj tački proteina surutke, denaturisani proteini surutke u termički tretiranom mleku su podložni agregaciji tokom acidifikacije (Lucey et al. 1999).

Ultrazvuk je jedna od novih metoda koja se može koristiti u različitim procesima u industriji mleka. Ultrazvuk visoke snage se primenjuje kao pomoć kod membranskih procesa, za uništavanje mikroorganizama, homogenizaciju mleka, poboljšavanje teksture mlečnih proizvoda, poboljšavanje funkcionalnih i tehnoloških karakteristika proteina itd. (Režek Jambrak et al. 2009).

Prema Riener et al. (2009a, 2009b) jogurt proizveden od mleka koje je tretirano ultrazvukom ima bolju teksturu usled smanjenja veličine čestica proteina i homogenizacije mleka. U poređenju sa jogurtom proizvedenim od netretiranog mleka, jogurt proizveden od mleka koje je tretirano ultrazvukom ima veći viskozitet i kapacitet vezanja vode, i takođe pokazuje manji sinerezis (Vučić et al., 2010, 2011, Wu et al. 2001).

Cilj ovog istraživanja je da se ispita uticaj ultrazvučnog tretmana kozjeg mleka sa dodatkom koncentrata proteina surutke na fizičko-hemijske karakteristike mleka i tok fermentacije u proizvodnji čvrstog jogurta.

MATERIJAL I METODI

U istraživanju je korišćeno kozije mleko sa farme „Beocapra“, Kukujevi. Sirovo kozje mleko je termički tretirano na 92°C/10 min. Fermentacija je vršena na 43°C korišćenjem starter kulture FD-DVS YFL812 Yo-Flex Chr. Hansen, Danmark. Nakon postizanja pH vrednosti 4.6 dobijeni uzorci su podvrgnuti hlađenju, a zatim skladišteni na temperaturi 4°C.

Uzorci jogurta su proizvedeni od kozjeg mleka kome je 1h pre termičkog tretmana dodato 1% koncentrata proteina surutke Textrion Progel 800, DMV International, Holandija. Uzorci jogurta A proizvedeni su po standardnom tehnološkom procesu proizvodnje, dok su uzorci jogurta B i C proizvedeni od kozjeg mleka koje je nakon termičkog tretmana tretirano ultrazvukom u trajanju od 10 minuta, snage 200W (uzorak B) i 400W (uzorak C), na temperaturi 43°C. Za tretman mleka ultrazvukom korišćeno je ultrazvučno vodeno kupatilo frekvencije 35kHz, Raypa, Španija.

Ispitivan je hemijski sastav sirovog mleka, mleka sa dodatkom 1% KPS, termički tretiranog mleka, kao i mleka nakon ultrazvučnog tretmana.

Kod svih uzoraka mleka vršene su sledeće analize: suva materija metodom sušenja na 102±2°C (Carić i sar., 2000), mlečna mast metodom po Gerberu (IDF 105:1981; Carić i sar., 2000), proteini metodom po Kjeldahu pomoću Kjeltac sistema (IDF 20B: 1993), laktoza titracijom metodom (IDF 28:1974), mineralne materije (Carić i sar., 2000), titraciona kiselost mleka po Soxhlet-Henkel-u (°SH) (Carić i sar., 2000), i pH vrednost pH-metrom sa kombinovanom elektrodom model *Consort C 931*.

U toku fermentacije ispitivan je viskozitet mleka pomoću rotacionog viskozimetra: Visco Basic+R, Fungilab (Španija) konstantnom brzinom spindla (60 ob/min) na svakih 30 min, počevši od momenta inokulacije (nulto očitavanje) pa sve dok se pH vrednost ne spusti do 4,6. Ispitivanje je vršeno u dva ponavljanja, pri čemu je za svako ponavljanje korišćen novi uzorak. U istom vremenskom intervalu vršeno je i praćenje pH vrednosti pH-metrom sa kombinovanom elektrodom model *Consort C 931*.

Istraživanje je vršeno u laboratoriji za tehnologiju mleka na Poljoprivrednom fakultetu u Beogradu.

REZULTATI I DISKUSIJA

Hemijski sastav mleka

Kod svih uzoraka ispitivan je sastav sirovog mleka, mleka nakon dodatka 1% koncentrata proteina surutke, termički tretiranog mleka, i mleka nakon ultrazvučnog tretmana (uzorci B i C). Rezultati iz ovog dela istraživanja prikazani su u Tabeli 1.

Iz podataka prikazanih u Tabeli 1., kod svih ispitivanih uzoraka, može se uočiti porast sadržaja suve materije i sadržaja proteina nakon dodavanja koncentrata proteina surutke. Takođe, na porast sadržaja suve materije utiče i termički tretman mleka, usled koga dolazi do isparavanja dela vode iz mleka. Kod uzoraka mleka B i C nakon ultrazvučnog tretmana uočen je mali porast sadržaja mlečne masti, što je verovatno posledica delovanja ultrazvuka koji dovodi do razaranja masnih globula i homogenizacije mleka (Vercet et al. 2002; Herceg et al. 2009). Međutim, porast sadržaja mlečne masti zabeležen u ovom istraživanju nije veliki, što se može objasniti dužinom trajanja ultrazvučnog tretmana. Istraživanja Vučić et al. (2010) su pokazala da kraće trajanje ultrazvučnog tretmana (5 min) povoljnije utiče na homogenizaciju i dovodi do značajnijeg povećanja sadržaja mlečne masti.

Povećanje titracione kiselosti mleka zabeleženo je kod svih uzoraka nakon dodavanja 1% KPS i rezultat je povećanja sadržaja suve materije bez masti usled pufernog kapaciteta dodatih proteina. Međutim, nakon tretmana ultrazvukom zabeleženo je smanjenje titracione kiselosti mleka koje je izraženije kod uzoraka tretiranih ultrazvukom snage 400W.

Fermentacija mleka

Fermentacija mleka je najznačajnija operacija u proizvodnji jogurta tokom koje dolazi do nastajanja gela čiju osnovu čini proteinski matriks. Shodno tome osobine dobijenog gela, kako fizičko-hemijske tako i senzorne, u velikoj meri zavise od toka fermentacije. Potrebno je da pad pH vrednosti tokom fermentacije bude postepen kako bi se mreža gela pravilno formirala.

Fermentacija se odvijala na 43°C do postizanja pH vrednosti 4,6 kada je prekidana hlađenjem, jer bi dalji porast kiselosti doveo do kontrakcije gela i izdvajanje surutke na površini jogurta. Tok fermentacije praćen je me-

Tabela 1. HEMIJSKI SASTAV KOZIJE MLEKA KORIŠĆENOG ZA PROIZVODNJU ČVRSTOG JOGURTA
Table 1. CHEMICAL COMPOSITION OF GOAT MILK USED FOR PRODUCTION OF SET-STYLE YOGHURT

Uzorak/Sample	Pokazatelj/ Parameter	Sirovo mleko/ Raw milk	Mleko sa dodatkom 1% KPS/ Milk supplemented with 1% WPC	Termički tretirano mleko/ Heat treated milk	Mleko tretirano ultrazvukom/ Ultrasound treated mik
A – Standardan tretman/ Standard treatment	SM/TS (%)	11.14±0.02	11.88±0.05	12.15±0.02	-
	Mast/Fat (%)	3.10±0.00	3.10±0.00	3.20±0.00	-
	SMbM/TSNF (%)	8.05±0.02	8.78±0.05	8.95±0.02	-
	Proteini/Proteins (%)	3.06±0.06	3.77±0.01	3.92±0.08	-
	Laktoza/Lactose (%)	4.49±0.00	4.63±0.00	4.63±0.00	-
	Pepeo/Ash (%)	0.90±0.00	0.93±0.01	0.96±0.01	-
	Kiselost/Acidity (°SH)	6.77±0.06	7.21±0.12	7.35±0.00	-
	pH	6.52±0.00	6.54±0.01	6.47±0.00	-
B – UZ 200W/10 min/ US 200W/10 min	SM/TS (%)	11.24±0.05	12.19±0.05	12.49±0.02	12.57±0.02
	Mast/Fat (%)	3.10±0.00	3.10±0.00	3.20±0.00	3.22±0.03
	SMbM/TSNF (%)	8.14±0.05	9.09±0.05	9.29±0.02	9.35±0.03
	Proteini/Proteins (%)	2.72±0.07	3.41±0.01	3.53±0.07	3.52±0.03
	Laktoza/Lactose (%)	4.70±0.00	4.75±0.06	5.02±0.05	4.91±0.00
	Pepeo/Ash (%)	0.78±0.00	0.83±0.01	0.87±0.01	0.84±0.01
	Kiselost/Acidity (°SH)	5.67±0.33	5.08±0.00	5.86±0.00	5.54±0.12
	pH	6.82±0.00	6.77±0.00	6.70±0.00	6.68±0.01
C – UZ 400W/10 min/ US 400W/10 min	SM/TS (%)	10.92±0.34	12.06±0.04	12.38±0.03	12.39±0.03
	Mast/Fat (%)	2.93±0.06	2.93±0.06	3.03±0.06	3.07±0.06
	SMbM/TSNF (%)	8.29±0.09	9.12±0.10	9.34±0.07	9.32±0.08
	Proteini/Proteins (%)	2.69±0.02	3.43±0.04	3.56±0.04	3.52±0.03
	Laktoza/Lactose (%)	4.77±0.00	4.81±0.05	4.77±0.00	4.84±0.10
	Pepeo/Ash (%)	0.78±0.00	0.81±0.01	0.83±0.01	0.83±0.01
	Kiselost/Acidity (°SH)	5.25±0.07	5.70±0.05	5.73±0.23	5.01±0.13
	pH	6.87±0.00	6.83±0.00	6.73±0.00	6.71±0.01

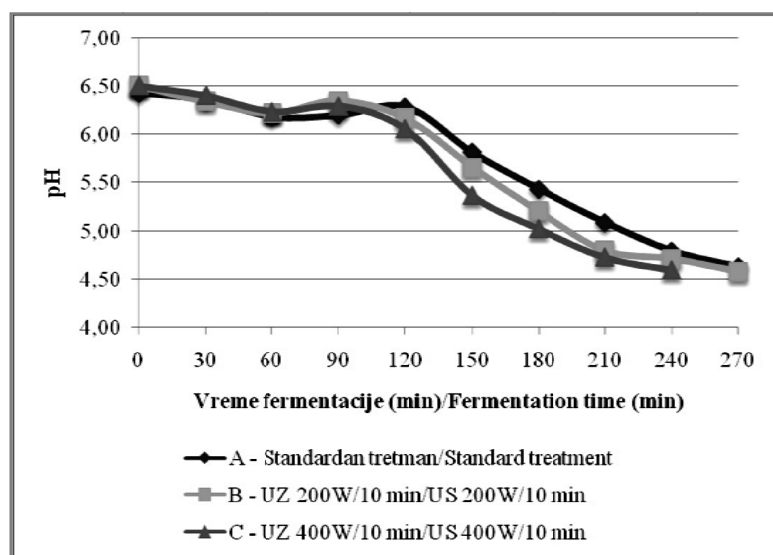
renjem pH vrednosti i viskoziteta, od momenta inokulacije a zatim na svakih 30 minuta do pH 4,6. Dobijeni rezultati su prikazani slikama 1, 2, i 3.

Najznačajniji faktori koji utiču na formiranje kiselog kazeinskog gela su sadržaj kazeina, pH i sadržaj kalciju-

ma u mleku. Pri niskim pH vrednostima kalcijum disocira iz kazeinskih micela i dolazi do anuliranja negativnog naelektrisanja micela što dovodi do agregacije micela i formiranja gela. Pri pH 4.6 formirana je trodimenzionalna proteinska mreža u koju su uklopljene

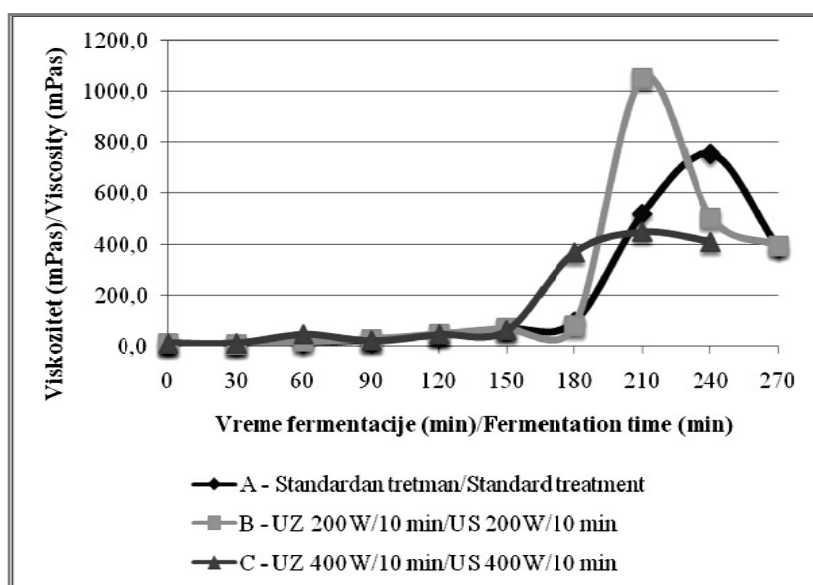
ostale komponente mleka (Jumah et al., 2001, Mačej et al., 2007).

Fermentacija kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS trajala je 270 min za uzorke A i B, odnosno 240 min za uzorke C. Duža fermentacija u odnosu na kravlje mleko može se objasniti proteinskim sastavom kozijeg mleka i dodatkom KPS. Naime, zbog većeg udela serum proteina puferni kapacitet kozijeg mleka je viši u odnosu na kravlje mleko, što uslovljava sporiji pad pH vrednosti tokom fermentacije (Božanić et al., 2002). Promena pH vrednosti tokom fermentacije je ujednačena kod svih ispitivanih uzoraka. Takođe, kao posledica pufernog kapaciteta kozijeg mleka, kod svih uzoraka je uočen blag porast pH vrednosti. Kod uzoraka proizvedenih na standardan način porast pH vrednosti je zabeležen od 90-og do 120-og minuta fermentacije, dok se kod uzoraka tretiranih ultrazvukom porast pH vrednosti uočava u periodu od 60-og do 90-og minuta fermentacije. Opiranje promeni pH kod uzoraka koji su tretirani ultrazvukom takođe se može objasniti povoljnim dejstvom koje ultrazvuk ima na osobine proteina surutke (Režek Jambrak i sar., 2009).



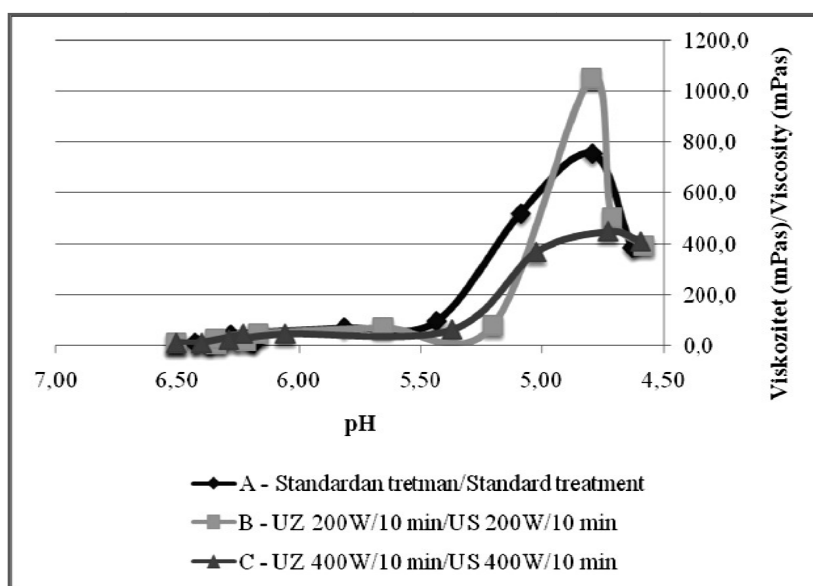
Slika 1. PROMENA pH VREDNOSTI U TOKU FERMENTACIJE

Figure 1. pH CHANGE DURING FERMENTATION



Slika 2. PROMENA VISKOZITETA U TOKU FERMENTACIJE

Figure 2. VISCOSITY CHANGE DURING FERMENTATION



Slika 3. PROMENA VISKOZITETA U TOKU FERMENTACIJE U ZAVISNOSTI OD pH VREDNOSTI

Figure 3. VISCOSITY CHANGE DURING FERMENTATION DEPENDING ON pH VALUES

Iako sadržaj suve materije ima značajan uticaj na reološke karakteristike jogurta, viši viskozitet mleka u toku fermentacije pripisuje se povećanom kapacitetu vezivanja vode od strane proteina (Tammime and Robinson, 2000). Promena viskoziteta tokom fermentacije je rezultat agregacije kazeinskih micela i formiranja gela. Fermentaciju mleka u proizvodnji jogurta karakteriše faza indukcije (stacionarni viskozitet), logaritamska faza (maksimalno povećanje viskoziteta) praćena fazom metastabilne

ravnoteže u kojoj je viskozitet konstantan i fazom sinerezisa u kojoj dolazi do smanjenja viskoziteta (Maćej et al., 2007; Tammime and Robinson, 2000). Kod uzoraka A i B u toku prvih 180 minuta fermentacije viskozitet pokazuje trend blagog rasta (faza indukcije). Viskozitet uzoraka A u periodu od 180-og do 240-og minuta raste do maksimalne vrednosti od 756.8 mPas usled agregacije kazeinskih micela, nakon čega je u narednih 30 min fermentacije zabeležena faza sinerezisa. Viskozitet uzoraka

A je na kraju fermentacije iznosio 385.7 mPas. Maksimalna vrednost viskoziteta uzoraka B iznosila je 1050.7 mPas i zabeležena je nakon 210 min fermentacije. Kod uzoraka C stacionarna faza fermentacije trajala je 150 min, a maksimalan viskozitet je kao i kod uzoraka B utvrđen nakon 210 min fermentacije. Na kraju fermentacije najveći viskozitet zabeležen je kod uzoraka C – 411.9 mPas.

Promene viskoziteta uzoraka mleka u toku fermentacije u zavisnosti od pH vrednosti pokazuju sličan trend kao i promene viskoziteta prikazane na slici 2. Tokom pada pH vrednosti od 6.5 do 5.4 (kod uzoraka A i C), odnosno 5.2 kod uzoraka B, nije zabeležen značajniji porast viskoziteta, s obzirom da su u ovom pH opsegu kazeinske micelle uniformne u pogledu veličine i distribucije (Hassan et al, 1995; Jumah et al., 2001; Maćej et al., 2007). Tokom fermentacije kravljeg mleka maksimalna vrednost viskoziteta uočava se pri pH 5.4 - 5.3. U ovoj fazi dolazi do povezivanja malih agregata kazeinskih micela u krupnije agregate (tzv. grozdove) i lance, te do približavanja novonastalih agregata i lanaca (Hassan et al, 1995). Međutim, usled specifičnog proteinskog sastava kozijeg mleka, dodatog koncentrata proteina surutke i primerjenog ultrazvučnog tretmana, maksimalne vrednosti viskoziteta u toku fermentacije uzoraka ispitivanih u ovom istraživanju zabeležene su pri nižim pH vrednostima: za uzorak A - 4,80, uzorak B - 4,80 i uzorak C - 4,73. Niže vrednosti viskoziteta kod uzorka mleka tretiranog ultrazvukom u toku fermentacije pri pH 5,4 - 5,3 mogu se objasniti smanjenjem veličina čestica proteina usled delovanja ultrazvuka (Riener et al., 2009). Smanjenje viskoziteta kod svih uzoraka zabeleženo je u fazi sinerezisa pri pH 4,8 - 4,6 kada dolazi do delimične dezintegracije kazeinskih micela i formiranja manjih agregata kazeina koje odlikuje poroznija struktura (Jumah i sar., 2001.)

ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata utvrđeno je da je fermentacija najkraće trajala kod uzoraka koji su tretirani ultrazvukom snage 400W. Uzorci C su ujedno imali najviše vrednosti viskoziteta na kraju fermentacije.

ZAHVALNICA

Rad je deo istraživanja na projektu III 46009 finansiranom od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

- Antunac, N., Samaržija, D., Havranek, J. (2000): Hranidbena i terapeutska vrijednost kozjeg mlijeka, *Mljekarstvo*, 50 (4), 297-304.
- Božanić R., Tratnik Lj., Drgalić I. (2002): Kozje mleko: karakteristike i mogućnosti; *Mljekarstvo*, 52 (3) 207-237.
- Carić, M., Milanović, S., Vucelja, D. (2000): Standardne metode analize mleka i mlečnih proizvoda. Tehnološki fakultet, Novi Sad.
- Hassan A N, Frank J F, Farmer M A, Schmidt K A, Shalabi S I (1995) Formation of yogurt microstructure and three-dimensional visualization as determined by confocal scanning laser microscopy. *Journal of Dairy Science*. 78 2629–2636.
- Herceg Z., Brnčić M., Režek Jambrak A., Rimac Brnčić S., Badanjak M., Sokolić I. (2009): Mogućnost primjene ultrazvuka visokog intenziteta u mljekarskoj industriji. *Mljekarstvo*, 59 (1) 65-69.
- Herrero, A.M. and Requena, T. (2006): The effect of supplementing goats milk with whey protein concentrate on textural properties of set-type yoghurt, *International Journal of Food Science and Technology*, 41, 87-92.
- IDF 105:1985: Determination of fat content of milk. Brussels, Belgium.
- IDF 20B:1993: Determination of nitrogen content. Brussels, Belgium.
- IDF 28:1974: Determination of the lactose content of milk. Brussels, Belgium.
- Jandal J. M. (1996): Comparative aspects of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 22 177-185.
- Jovanović S., Barać M., Mačej O., Vučić T. (2007): Serum proteini-tehnološko-funkcionalna svojstva i mogućnost primene. *Savremena poljoprivreda*, 56 (5), 114-125.
- Jumah R. Y., Shaker R. R., Abu-Jdayil B. (2001): Effect of milk source on the rheological properties of yogurt during gelation process. *International Journal of Dairy Technology* 54 (3) 89-93.
- Lucey, J.A., Munro, P.A., Singh, H. (1999): Effects of heat treatment and whey protein addition on the rheological properties and structure of acid skim milk gels. *International Dairy Journal*, 9, 275-279.
- Mačej, O., Jovanović, S., Barać, M. (2007): Proteini mleka. Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- Martin-Diana, A.B., Janer, C., Peláez, C., Raquena, T. (2003): Development of fermented goat's milk containing probiotic bacteria, *International Dairy Journal*, 13, 827-833.
- Park, Y.W. (2006): Goat milk – Chemistry and nutrition. Chapter 2.2, In Handbook of milk of non-bovine mammals. Ed. Park, Y.W. and Haenlein, G.F.W. Blackwell Publishing, Ames, USA. 59-106.
- Park, Y.W. and Guo, M. (2006): Goat milk products: Types of products, manufacturing technology, chemical composition, and marketing. Chapter 2.3, In Handbook of milk of non-bovine mammals. Ed. Park, Y.W. and Haenlein, G.F.W. Blackwell Publishing, Ames, USA. 59-106.
- Park, Y.W., Juárez, M., Ramos, M., Haenlein, G.F.W. (2007): Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68, 88–113.
- Raynal-Ljutovac, K., Lagriffoul, G., Paccard, P., Guillet, I., Chilliard, Y. (2008): Composition of goat and sheep milk products: An update. *Small ruminant research*, 79, 57-72.
- Riener, J., Noci, F., Cronin, D.A, Morgan, D.J., Lyng, J.G. (2009a): Characterisation of volatile compounds generated in milk by high intensity ultrasound, *International Dairy Journal* 19, 269-272.
- Riener J., Noci F., Cronin D. A., Morgan D. J., Lyng J. G. (2009): The effect of thermosonication of milk on selected physicochemical and microstructural properties of yoghurt gels during fermentation. *Food Chemistry*, 114 905-911.
- Sarić, Z., Bijeljac, S., Skender, H. (2005): Uloga i značaj kozjeg mleka u proizvodnji sira, Simpozijum „Mleko i proizvodi od mleka”, Tara, 6-10 april, Zbornik radova, p. 20-31.
- Slačanac V., Božanić R., Hardi J., Rezessy Szabo J., Lučan M., Krstanović V. (2010): Nutritional and therapeutic value of fermented caprine milk. *International Journal of Dairy Technology*, 63 (2) 171-189.
- Tamime, A.Y. and Robinson R.K. (2000): *Yoghurt Science and Technology*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge England
- Tratnik, Lj. (1998): Mlijeko – tehnologija, biokemija i mikrobiologija. Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb.
- Vercet A., Oria R., Marquina P., Crelier S., Lopez-Buesa P. (2002): Rheological properties of yoghurt made with milk submitted to manothermosonication. *J. Agric. Food Chem.* 50, 6165-6171.
- Vučić T., Jovanović S., Kljajević N., Zdravković I., Mačej O. (2010): Uticaj ultrazvučnog tretmana na karakteristike čvrstog jogurta od kozjeg mleka tokom skladištenja. *Prehrambena industrija – Mleko i mlečni proizvodi*, 21 (1-2) 89-96.
- Vučić, T., Jovanović, S., Zdravković, I., Mačej, O. (2011): Uticaj koncentrata proteina surutke na karakteristike čvrstog jogurta od kozjeg mleka tokom skladištenja. *Prehrambena industrija – Mleko i mlečni proizvodi*, 22 (1) 35-41.
- Wu H., Hulbert G. J., Mount J. R. (2001): Effects of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 1, 211-218.

SUMMARY

THE INFLUENCE OF ULTRASOUND ON FERMENTATION OF GOAT MILK SUPPLEMENTED WITH WHEY PROTEIN CONCENTRATES

Tanja R. Vučić, Snežana T. Jovanović, Ognjen D. Mačej, Igor R. Zdravković, Zorana N. Miloradović, Bojana M. Gračanac

University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute for food technology and biochemistry, Belgrade, Serbia

Due to specific chemical composition of goat milk one of the main problems in production of goat milk yogurt is weakness and lack of consistency, as well as prolonged fermentation time. To obtain a satisfactory consistency of set-style yogurt made of goat milk, an increase in the content of non-fat solids is required. For this purpose supplementation of milk with whey protein concentrates can be used. Possibility of application of ultrasound treatment of goat milk supplemented with 1% WPC was used in order to shorten fermentation time.

Three series of samples were produced from goat milk supplemented with 1% WPC: A - standard treatment, B - ultrasound treatment 200W/10 min and C - ultrasound treatment 400W/10 min.

Physicochemical properties of raw milk, milk supplemented with 1% WPC, heat treated milk and milk after ultrasound treatment were investigated. Furthermore, during fermentation change of viscosity and pH were investigated.

Based on data analysis it was concluded that the samples C had the shortest time of fermentation. At the end of fermentation highest viscosity values also had samples C.

Ključne reči: goat milk • whey protein concentrates • ultrasound • fermentation