

TANJA R. VUČIĆ
SNEŽANA T. JOVANOVIĆ
NEMANJA V. KLJAJEVIĆ
IGOR R. ZDRAVKOVIĆ
OGNJEN D. MAČEJ

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

NAUČNI RAD

UDK: 637.047:663.12

UTICAJ ULTRAZVUČNOG TRETMANA NA KARAKTERISTIKE ČVRSTOG JOGURTA OD KOZIJE MLEKA TOKOM SKLADIŠTENJA

UVOD

Jedan od najpopularnijih fermentisanih mlečnih proizvoda je jogurt. Sa nutricionističkog aspekta jogurt je jako sličan mleku od kojeg je napravljen, s tim da postoje određeni dodatni terapeutski efekti vezani za starter kulture dodate u proizvodnji jogurta. Dokazano je da ljudi sa problemom intolerancije laktoze, bolje apsorbuju laktozu iz jogurta usled prisustva enzima β -D-galaktozidaze, koji potiče od bakterija starter kulture (McKinley, 2005).

Osnovni parametri kvaliteta jogurta su ukus i konzistencija. Konzistencija jogurta u velikoj meri zavisi od strukture proteinske mreže koja je relativno slaba i nastaje fermentacijom mleka dodatkom *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* i *Streptococcus thermophilus*.

Period skladištenja jogurta je oko dvadeset dana na temperaturi 0-4°C, tokom kog zadržava svoje fizičko-hemijske karakteristike. Produženim skladištenjem može doći do promene ukusa i teksture, povećanja kiselosti i pojačanog sinerezisa (Barretto Penna i sar. 2006)

S obzirom na specifičan sastav kozijeg mleka, postoje teškoće u proizvodnji čvrstog jogurta odgovarajuće konzistencije. Kako bi se dobila zadovoljavajuća konzistencija čvrstog jogurta potrebno je povećati sadržaj suve materije bez masti, što se najčešće postiže dodatkom obranog mleka u prahu, WPC-a, različitih stabilizatora (pectin, želatin) i upotrebom starter kultura koje proizvode egzopolisaharide. Takođe, u cilju koncentrisanja mleka, mogu se koristiti različite membranske tehnike (Martín-Diana i sar., 2003).

Karakteristike kozijeg mleka

Kozije mleko je na našim prostorima, a i u svetu nedovoljno proučavano, stoga neka svojstva i osobine ove vrste mleka su nam i dalje nepoznata. Ono što znamo je da je biološka, prehrambena i terapijska vrednost ovog mleka veoma značajna. Prema kvantitativnom udelu komponenti, kozije mleko je veoma slično kravljem. Ulazeći dublje u strukturu, možemo uočiti razlike koje ovo mleko čine dosta drugačijim od kravljeg.

Kozije mleko je bele boje, što je posledica manjeg udela karotena u odnosu na kravlje mleko. Karakteriše ga takođe i izraženiji ukus zbog većeg udela slobodnih masnih kiselina kratkog i srednjeg lanca. Kao posledica većeg udela proteina i drugačijeg rasporeda fosfata, kozije mleko je alkalnije prirode od kravljeg (Jandal, 1996).

Kozije mleko sadrži 3.0-4.5% proteina (Antunac i sar., 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 omogućava utvrđivanje dodatog kravljeg mleka u količini od 1% (Jandal, 1996; Raynal-Ljutovac i sar., 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 i sar., 2000; Sarić i sar., 2005). Kao posledica višeg sadržaja neproteinskog azota, randman sireva proizvedenih od kozijeg mleka je niži u odnosu na sireve proizvedene

Ključne reči: kozije mleko • čvrsti jogurt • ultrazvuk • viskozitet

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

Tabela 1. PROSEČAN HEMIJSKI SASTAV KOZIJEG MLEKA PREMA RAZLIČITIM AUTORIMA (Sarić i sar., 2005)
Table 1. AVERAGE CHEMICAL COMPOSITION OF GOAT MILK ACCORDING TO DIFFERENT AUTHORS
(Sarić i sar., 2005)

Pokazatelj/ Parameter	Autor/Author				
	Dozet i sar. (1987)	Medan i sar. (1987)	Žujović (1992)	Antunac (1994)	Sarić (2002)
¹ SM/TS (%)	13,20	12,71	13,10	11,66	12,01
Mast/Fat (%)	3,87	3,95	4,22	3,45	3,65
Proteini/Proteins (%)	3,66	3,52	3,41	2,88	2,79
Kazein/Casein (%)	2,69	2,58	2,74	-	2,17
Proteini surutke/ Whey proteins (%)	0,88	-	0,68	-	0,43
Laktoza/Lactose (%)	4,77	4,43	4,47	4,37	4,83
Pepeo/Ash (%)	0,84	0,81	0,93	0,80	-

¹SM-suva materija/TS-total solids

od kravljeg mleka. Takođe, manji udeo kazeinskog azota utiče na lošiju strukturu fermentisanih napitaka od kozijeg mleka (Park i sar., 2007).

Lipidi se u kozijem mleku nalaze u obliku masnih kapljica koje su manjeg promera u odnosu na masne kapljice kravljeg mleka. Prema Slačanac i sar. (2010), oko 65% masnih kapljica kozijeg mleka je prečnika manjeg od 3.0 µm. Razlika postoji i u adsorpcionom sloju masnih kapi. Kozije mleko ne sadrži aglutinirajuće proteine koji su zaslužni za aglutinaciju masnih kapi i brže izdvajanje pavlake (Jandal, 1996). Takođe, masne kapljice kozijeg mleka su bolje raspoređene što omogućava bolju svarljivost u odnosu na kravlje mleko. Osim toga, lipidna komponenta kozijeg mleka se razlikuje u količini masnih kiselina kratkih i srednjih lanaca, u prvom redu kapronske, kaprilne i kaprinske kiseline (C₆, C₈, C₁₀) usled čega je ukus i miris kozijeg mleka izraženiji u odnosu na kravlje mleko (Raynal-Ljutovac i sar., 2008; Slačanac i sar., 2010). Izraženiji ukus kozijeg mleka takođe je posledica veće lipazne aktivnosti. Naime, kod kozijeg mleka, 46% lipaze se nalazi u masti, dok je kod kravljeg mleka to samo 8%. Gledajući raspodelu lipaze u vodenoj fazi, kod kozijeg mleka je za kazeinsku micelu vezano 8%, dok se u kravljem mleku 78% lipaze nalazi asocirano sa kazeinskim micelama (Antunac i sar., 2000).

Hranljiva vrednost kozijeg mleka je 288 kJ/100g, što je približno jednako kravljem mleku. S druge strane, kozije mleko je mnogo svarljivije od kravljeg. Tako na primer ljudski organizam istu količinu kozijeg mleka svari za 40 minuta, a kravljeg mleka za 2.5 časa. Vitamina A, C, D ima podjednako u obe vrste mleka. Sadržaj vitamina B₃ je viši, a vitamina B₁₂ i folne kiseline manji u odnosu na kravlje mleko. Takođe, kozije mleko sadrži nešto više

kalijuma, hlora, magnezijuma i gvožđa (Antunac i sar., 2000).

Kozije mleko ima određeno terapeutsko dejstvo na ljudsko zdravlje. Pokazano je da kaprilna, kapronska i kaprinska kiselina, kao i kiseline srednjeg lanca, daju dobre rezultate u lečenju nekih bolesti kao što su: crevna malapsorbicija, srčane bolesti, epilepsija, fibrozne ciste, bolesti žuči. Smatra se da naročito kaprilna, kapronska i kaprinska kiselina imaju određena inhibitorna dejstva na oslobađanje holesterola. Preporučena je i zamena kravljeg mleka kozijim u ishrani dece. Smanjena količina ili nedostatak α_{s-1} kazeina u kozijem mleku razlog je zbog kojeg ga mogu konzumirati i deca sa alergijom na proteine kravljeg mleka. Ipak, ne preporučuje se davanje kozijeg mleka deci mlađoj od 6 meseci zbog niskog sadržaja folne kiseline i vitamina D (Antunac i sar., 2000).

Ultrazvuk u proizvodnji fermentisanih mlečnih napitaka

Postoji veliko zanimanje za tretiranje hrane ultrazvukom, zbog toga što je transfer akustične energije trenutni i prostire se kroz celu zapreminu proizvoda. Ova činjenica zapravo znači da se smanjuje ukupno vreme tretiranja proizvoda i smanjenje potrošnje energije. U navedene svrhe mogao bi se upotrebiti ultrazvuk visokog intenziteta i niske frekvencije (Herceg i sar., 2009a).

Ultrazvuk predstavlja zvuk frekvencije iznad 20kHz i ljudsko uho ga ne može registrovati, budući da je opseg koji čovek može da čuje 20Hz - 20kHz. Ultrazvuk se može podeliti na:

- *ultrazvuk visokog intenziteta* (i niske frekvencije) u rasponu od 20kHz do 100kHz uz prošireno područje do 2MHz

- *ultrazvuk niskog intenziteta* (i visoke frekvencije) sa frekvencijom preko 2MHz (Režek Jambrak i sar. 2009)

Ultrazvuk niskog intenziteta ne uzrokuje nikakve hemijske niti fizičke promene u materijalima na koje se primenjuje. Najčešće se koristi kao analitička tehnika u kontroli kvaliteta hrane; merenja teksture, sastava, viskoziteta, koncentracije određenih materija u hrani (Herceg i sar. 2009b).

Ultrazvuk visokog intenziteta može prouzrokovati određene hemijske i fizičke promene u materijalu na koji se primenjuje. Najčešću primenu i najčešće ispitivane su frekvencije u rasponu 20kHz - 40kHz. Za sada se koristi za čišćenje, uklanjanje nepoželjnih mikroorganizama, sušenje, ekstrakciju, destilaciju, homogenizaciju tečnosti. Potencijalnu primenu u tehnološkim postupcima u prehrambenoj industriji može imati u inaktivaciji enzima i uklanjanju mikroorganizama, homogenizaciji, poboljšanju reoloških svojstava proizvoda (Herceg i sar. 2009b).

Hemijske i fizičke promene zvučni talas izaziva putem kavitacija. Kavitacija je pojava slična ključanju, s tim što kod ključanja napon pare tečnosti poraste iznad pritiska okoline i dolazi do promene faze iz tečnosti u gas. Kod kavitacija imamo slučaj da pritisak tečnosti padne ispod napona pare tečnosti i dolazi do stvaranja mehurića gasa u tečnosti, tj. prelaska u gasovito agregatno stanje. Kavitacije su uzrok bakterioidnog dejstva ultrazvuka visokog intenziteta. Pri stvaranju mehurića, postoje delovi tečnosti gde nije osigurana dovoljna količina energije za opstanak mehura gasa i počinje brza kondenzacija i sudaranje kondenzovanih molekula, što dalje izaziva povišenje temperature i pritiska do 5500K i 50MPa (Her-

ceg i sar. 2009b; Vercet i sar., 2002). Ovakvi uslovi dovode do stvaranja slobodnih radikala, istanjivanja ćelijske membrane (što proizvodi bakterioidni efekat i smanjuje broj somatskih ćelija), povećava stabilnost emulzije (bolja disperzija masnih kapi usled smanjivanja veličine istih), inaktivacija enzima, utiče na teksturu fermentisanih mlečnih proizvoda (Režek Jambrak, 2008). Naročito se smatra da disocijacija vodene pare na H^+ i OH^- ima letalan efekat na mikroorganizme. Kavitacije neće nastati pri frekvencijama 2.5 MHz (ultrazvuk niskog intenziteta), a pri frekvencijama od 1 MHz postoji mala mogućnost za nastajanje kavitacija (Herceg i sar., 2009a). Samo primenom ultrazvuka uništavaju se vegetativne ćelije mikroorganizama, ali se ne oštećuju spore, te je potrebno uz ultrazvuk primeniti i određeni termički tretman, ili povišen pritisak (Ulusoy i sar., 2007; Herceg i sar., 2009a).

Pri tretmanu ultrazvukom kao produkt pirolize nastaju određene volatilne komponente (benzen, toluen, 1,3-butadien, 5-metil-1,3-ciklopentadien itd.), a koje mogu prouzrokovati defekte arome. Međutim, intenzitet te arome može se smanjiti primenom ultrazvuka manje snage (oko 100W) (Reiner i sar., 2009a).

Bez obzira na to što je potrebno primeniti još jednu tretmana uz ultrazvuk, ipak je isplativije upotrebiti kombinaciju ultrazvuka i povišene temperature (ili pritiska) nego čist termički tretman (Režek Jambrak i sar. 2009). Ipak, smatra se da će ultrazvuk pronaći svoje mesto u industriji mleka prvenstveno kao tretman koji će poboljšati teksturu i senzorne karakteristike proizvoda.

Cilj ovog istraživanja je bio da se ispita uticaj ultrazvučnog tretmana mleka na fizičko-hemijske karakteristike čvrstog jogurta od kozijeg mleka u toku skladištenja.

MATERIJAL I METODI

U istraživanju je korišćeno kozije mleko sa farme Kukujevci. Ispitivan je hemijski sastav sirovog, termički tretiranog mleka, ultrazvučno tretiranog mleka i jogurta. Takođe, ispitivan je viskozitet jogurta u toku skladištenja od 21 dana. Jogurt je pravljen u tri serije - I, II, III (pri čemu je serija I kontrolni uzorak, odnosno jogurt proizveden bez primene ultrazvučnog tretmana). Istraživanje je vršeno u laboratoriji za

tehnologiju mleka na Poljoprivrednom fakultetu u Beogradu.

Proces proizvodnje jogurta je te kao na sledeći način:

- termički tretman na 92°C u trajanju od 10 minuta
- hlađenje na 43°C
- tretman ultrazvukom (kod serije I, ovaj korak u procesu izostaje) frekvencije 35kHz, snage 200 W, na temperaturi 43°C, u trajanju od 5 minuta (za seriju II), odnosno 10 minuta (za seriju III)
- inokulacija starter kulturom Chr. Hansen FD-DVS YFL812 Yo-Flex
- fermentacija na 43°C, do pH vrednosti 4.6; a zatim hlađenje i skladištenje na temperaturi 4°C

Kod uzoraka sirovog, termički tretiranog i mleka tretiranog ultrazvukom, vršene su sledeće analize:

- 1) određivanje sadržaja SM (suve materije) metodom sušenja na 102±2°C (Carić i sar., 2000)
- 2) određivanje sadržaja proteina metodom po Kjeldahu pomoću Kjeltec sistema (IDF 20B:1993)
- 3) određivanje sadržaja mlečne masti metodom po Gerberu (IDF 105:1981)
- 4) određivanje sadržaja laktoze titracionom metodom (IDF 28:1974)
- 5) određivanje sadržaja mineralnih materija (Carić i sar., 2000)
- 6) određivanje titracione kiselosti po Soxhlet-Henkel-u (°SH) (Carić i sar., 2000)
- 7) određivanje pH vrednosti pH-metrom sa kombinovanom elektrodom model Consort C 931

Kod dobijenih uzoraka jogurta vršene su sledeće analize:

- 1) određivanje sadržaja suve materije standardnom metodom sušenja na 102±2°C (Carić i sar., 2000)
- 2) određivanje sadržaja mlečne masti standardnom metodom po Gerberu (Carić i sar., 2000)
- 3) određivanje sadržaja proteina metodom po Kjeldahu pomoću Kjeltec sistema (IDF 20B:1993)
- 4) određivanje sadržaja laktoze titracionom metodom (IDF 28:1974)
- 5) određivanje sadržaja mineralnih materija (Carić i sar., 2000)
- 6) promena pH vrednosti tokom skladištenja – pH-metrom Consort C 931

7) određivanje titracione kiselosti potencijometrijskom metodom (IDF 150:1991)

8) sposobnost vezivanja vode je ispitivana prema metodi koju su opisali Parnell-Clunies (*cit.* Reiner i sar., 2010). Uzorci (2x25g iz svake serije) su izmereni i inkubirani u kivetama za centrifugu, zajedno sa ostatkom jogurta, zatim ohlađeni i skladišteni na 4°C u periodu od dva dana. Nakon dva dana uzorci su centrifugirani na 3000g/10 min i izmerena je masa izdvojene surutke. Rezultati su izraženi kao masa izdvojene surutke na 100g jogurta.

9) sinerezis je ispitivan prema sledećoj metodi: 30g nepromešanog jogurta ravnomerno je raspoređeno na Whatman No. 1 filter papiru na levku koji je postavljen iznad menzure od 50ml. Menzura sa levkom i filter papir na kome je jogurt, držana je 5 časova na temperaturi 4°C. Nakon 5 časova zabeležena je količina izdvojene surutke (Reiner i sar., 2010). Sinerezis je ispitivan 1, 7, 14 i 21-og dana skladištenja. Ispitivanja su vršena u dva ponavljanja.

10) u toku skladištenja jogurta, ispitivan je viskozitet (1, 7, 14, i 21-og dana) pomoću rotacionog viskozimetra: Visco Basic+R, Fungilab (Španija). Očitavanja vrednosti viskoziteta vršena su pri konstantnoj brzini spindla R4 (konstantna brzina smicanja); brzina je na početku 100 o/min u trajanju od 30 sekundi, a zatim je brzina spindla podešavana na 20 o/min i vršena su očitavanja na svakih 30 sekundi (ukupno 6 očitavanja). Ova istraživanja su izvršena u dva ponavljanja, a za svako vreme očitavanja je uzimana prosečna vrednost viskoziteta. Za svako ponavljanje je korišćen novi uzorak.

REZULTATI I DISKUSIJA

Hemijski sastav mleka i čvrstog jogurta

Za sve tri serije uzoraka ispitivan je sastav sirovog mleka i sastav jogurta (1, 7, 14, i 21-og dana). Kod uzoraka iz serija II i III ispitivan je sastav mleka nakon termičkog tretmana, kao

Tabela 2. HEMIJSKI SASTAV I (KONTROLNE) SERIJE UZORAKA
Table 2. CHEMICAL COMPOSITION OF CONTROL SAMPLES (1st series)

Pokazatelj/ Parameter	Sirovo mleko/ Raw milk	Term. tret. mleko/ Heat treated milk	Jogurt 1.dan/ Yoghurt 1 st day	Jogurt 7. dan/ Yoghurt 7 th day	Jogurt 14. dan/ Yoghurt 14 th day	Jogurt 21.dan/ Yoghurt 21 st day
¹ SM/TS (%)	10,27	11,28	10,63	10,68	10,57	10,88
Mast/Fat (%)	2,25	2,5	2,2	2,2	2,42	2,42
² SMBM/TSNF (%)	8,02	8,78	8,43	8,48	8,15	8,46
³ UN/TN (%)	0,4740	0,4788	0,4825	0,4825	0,4694	0,5097
Proteini/Proteins (%)	3,03	3,06	3,08	3,08	2,99	3,25
Laktoza/Lactose (%)	-	-	4,95	4,87	4,65	4,64
Pepeo/Ash (%)	-	-	-	0,83	0,82	0,84

¹SM-suva materija/TS-total solids; ²SMBM-suva materija bez masti/TSNF-total solids non fat; ³UN-ukupan azot/TN-total nitrogen

i sastav mleka nakon tretmana ultrazvukom (II i III serija).

Kod kontrolnog uzorka uočen je porast sadržaja suve materije i suve materije bez masti nakon termičkog tretmana mleka što je posledica isparavanja dela vode u toku tretmana (tabela 2). Takođe, uočava se blago smanjenje udela laktoze tokom skladištenja jogurta, što se može objasniti konverzijom laktoze od strane bakterija mlečne kiseline.

vedenih od mleka koje je podvrgnuto delovanju ultrazvuka u trajanju od 5 min, zapaža se smanjenje sadržaja laktoze.

U tabeli 4 prikazan je hemijski sastav uzoraka podvrgnutih ultrazvučnom tretmanu 35kHz / 200W / 43°C / 10 min.

Kao i kod uzoraka jogurta iz I i II serije, i kod uzoraka proizvedenih od mleka podvrgnutog delovanju ultrazvuka u trajanju od 10 min, zabele-

dobijeni u ovom delu istraživanja prikazani su na slici 1.

U periodu od 1. do 7. dana skladištenja u uzorcima jogurta iz serija I i II dolazi do značajnog pada pH vrednosti. Ovaj pad iznosi 0.25 i 0.23 pH jedinica, respektivno, za uzorke proizvedene na standardan način i za uzorke proizvedene od mleka koje je tretirano ultrazvukom u trajanju od 5 min. Tokom prvih sedam dana skladištenja zabeležen je pad pH vred-

Tabela 3. HEMIJSKI SASTAV II SERIJE UZORAKA
Table 3. CHEMICAL COMPOSITION OF 2nd SERIES SAMPLES

Pokazatelj/ Parameter	Sirovo mleko/ Raw milk	Term. tret. mleko/ Heat treated milk	Mleko tretirano UZ/ Ultrasound treated milk	Jogurt 1.dan/ Yoghurt 1 st day	Jogurt 7. dan/ Yoghurt 7 th day	Jogurt 14. dan/ Yoghurt 14 th day	Jogurt 21.dan/ Yoghurt 21 st day
¹ SM/TS (%)	11,95	12,81	12,88	12,21	11,62	11,72	11,96
Mast/Fat (%)	3,55	3,6	3,95	3,52	3,30	3,08	3,08
² SMBM/TSNF (%)	8,40	9,21	8,93	8,69	8,32	8,64	8,88
³ UN/TN (%)	0,4606	0,4825	0,5065	0,5104	0,4970	0,5041	0,4932
Proteini/Proteins (%)	2,94	3,08	3,23	3,25	3,17	3,22	3,15
Laktoza/Lactose (%)	4,84	5,11	5,20	5,18	4,39	4,84	4,40
Pepeo/Ash (%)	0,66	0,84	0,86	0,87	0,87	0,89	0,90

¹SM-suva materija/TS-total solids; ²SMBM-suva materija bez masti/TSNF-total solids non fat; ³UN-ukupan azot/TN-total nitrogen

U seriji II (tretman ultrazvukom 35kHz/200W/43°C/5 min) primećujemo uobičajeni porast sadržaja suve materije usled termičkog tretmana, ali primećuje se i porast udela mlečne masti nakon tretmana ultrazvukom (tabela 3). Ovaj porast sadržaja mlečne masti nakon tretmana ultrazvukom objašnjava se kao rezultat pucanja membrana masnih kapljica i homogenizacije koju ultrazvuk proizvodi (Herceg i sar., 2009b). Kao i kod uzoraka iz serije I i kod uzoraka jogurta proiz-

ženo je smanjenje sadržaja suve materije prvog dana skladištenja. Nakon tretmana mleka ultrazvukom uočava se manja promena u sadržaju mlečne masti u odnosu na uzorke II serije, što se može protumačiti kao nepovoljniji uticaj na homogenizaciju mlečne masti u odnosu na tretman od 5 minuta.

Promene pH vrednosti i titracione kiselosti jogurta tokom skladištenja

Promena pH vrednosti je praćena tokom 21 dana skladištenja a rezultati

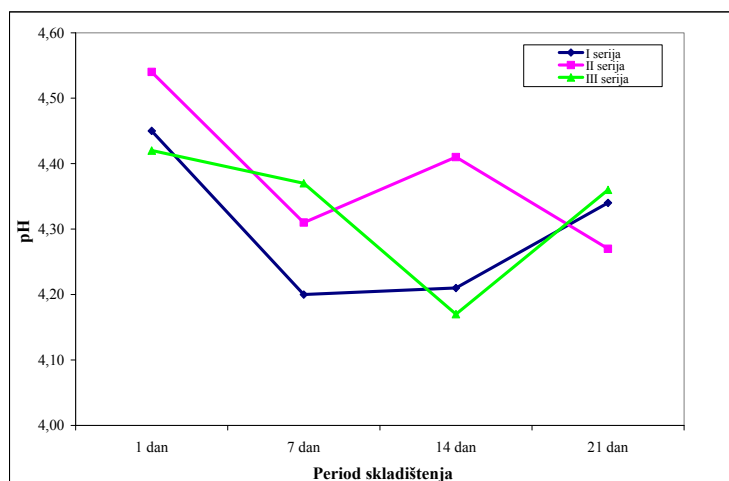
nosti i u uzorcima proizvedenim od mleka podvrgnutog delovanju ultrazvuka u trajanju od 10 minuta, ali je ovaj pad manje izražen i iznosi 0.05 pH jedinica. Kod uzoraka jogurta iz serije III, pad pH vrednosti izraženiji je u periodu od 7. do 14. dana, dok je kod uzoraka iz serija I i II u istom periodu skladištenja došlo do blagog povećanja pH vrednosti.

U periodu od 14. do 21. dana skladištenja u uzorcima jogurta proizvedenim od mleka koje je podvrgnuto

Tabela 4. HEMIJSKI SASTAV III SERIJE UZORAKA
Table 4. CHEMICAL COMPOSITION OF 3rd SERIES SAMPLES

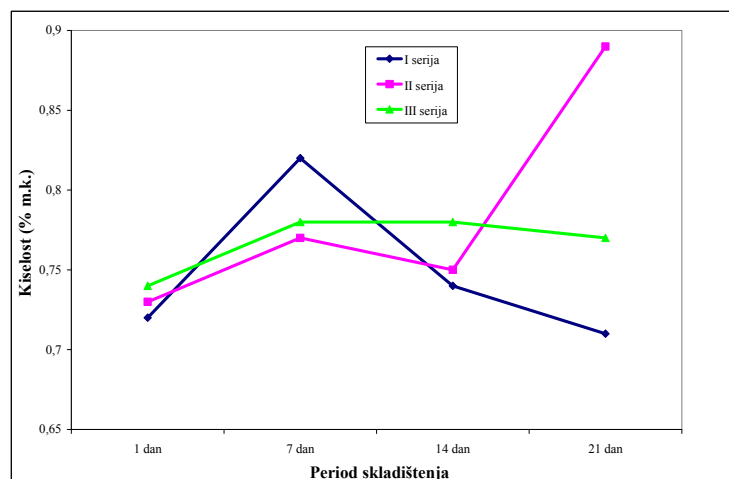
Pokazatelj/ Parameter	Sirovo mleko/ Raw milk	Term. tret. mleko/ Heat treated milk	Mleko tretirano UZ/ Ultrasound treated milk	Jogurt 1.dan/ Yoghurt 1 st day	Jogurt 7. dan/ Yoghurt 7 th day	Jogurt 14. dan/ Yoghurt 14 th day	Jogurt 21.dan/ Yoghurt 21 st day
¹ SM/TS (%)	12,61	12,83	11,47	11,21	11,82	11,96	12,07
Mast/Fat (%)	3,35	3,65	3,7	2,42	3,08	2,86	2,86
² SMBM/TSNF (%)	9,26	9,18	7,77	8,79	8,74	9,10	9,21
³ UN/TN (%)	0,4669	0,4986	0,5069	0,5018	0,5131	0,5063	0,5192
Proteini/Proteins (%)	2,98	3,18	3,23	3,20	3,28	3,23	3,32
Laktoza/Lactose (%)	4,88	5,14	5,20	4,88	4,70	4,97	4,71
Pepeo/Ash (%)	0,70	-	0,76	0,84	0,88	0,88	0,86

¹SM-suva materija/TS-total solids; ²SMBM-suva materija bez masti/TSNF-total solids non fat; ³UN-ukupan azot/TN-total nitrogen



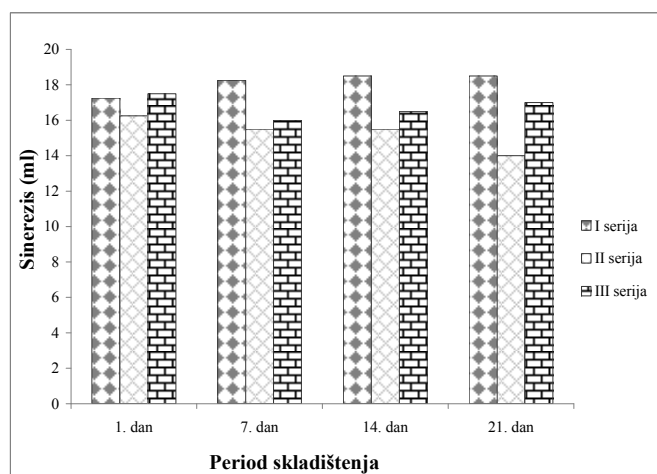
Slika 1. PROMENA pH VREDNOSTI UZORAKA JOGURTA TOKOM SKLADIŠTENJA

Figure 1. CHANGE OF pH VALUE IN YOGHURT SAMPLES DURING STORAGE



Slika 2. PROMENA KISELOSTI UZORAKA JOGURTA TOKOM SKLADIŠTENJA

Figure 2. CHANGE OF ACIDITY IN YOGHURT SAMPLES DURING STORAGE



Slika 3. SINEREZIS UZORAKA JOGURTA

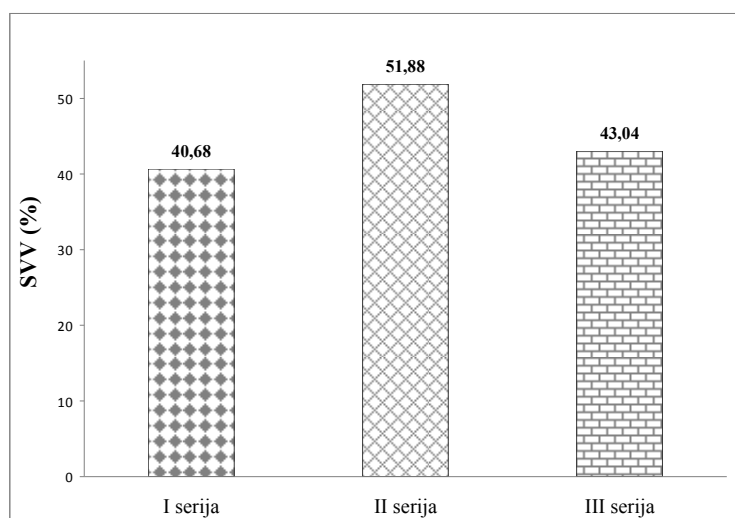
Figure 3. SYNERESIS OF YOGHURT SAMPLES

delovanju ultrazvuka u trajanju od 5 min, zabeležen je pad pH vrednosti i na kraju ispitivanog perioda skladištenja u ovim uzorcima je zabeležena najniža pH vrednost – 4.27. Međutim kod uzoraka iz serija I i III u poslednjih sedam dana skladištenja došlo je do povećanja pH vrednosti za 0.13 i 0.19 pH jedinica, respektivno, što je verovatno rezultat proteolitičkih promena. Kiselost jogurta (% mlečne kiseline) ispitivana je tokom 21 dana skladištenja (slika 2).

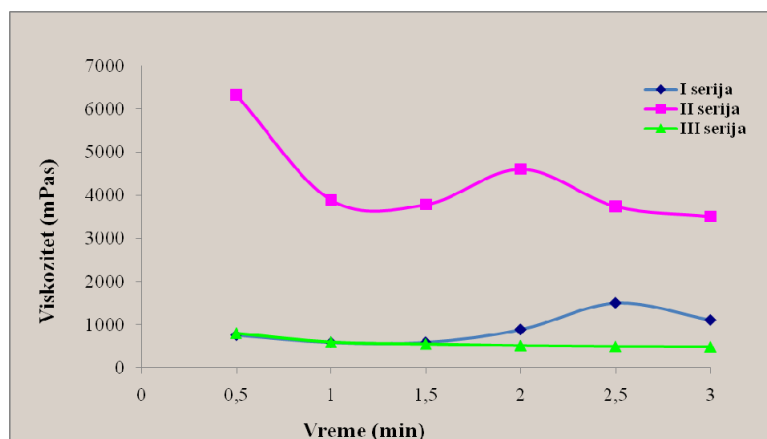
Kod uzoraka proizvedenih bez primene ultrazvuka, povećanje titracione kiselosti je izraženo tokom prvih sedam dana skladištenja, dok je u daljem periodu ispitivanja zabeleženo smanjenje titracione kiselosti do 0.71% m.k. Kod uzoraka proizvedenih od mleka koje je podvrgnuto delovanju ultrazvuka, povećanje titracione kiselosti je manje izraženo u prvih sedam dana skladištenja. U periodu od 7. do 21. dana skladištenja, kod uzoraka jogurta iz serije III zabeležena je najmanja promena titracione kiselosti, dok je kod uzoraka iz serije II došlo do izraženog povećanja titracione kiselosti u periodu od 14. do 21. dana skladištenja, a krajnja vrednost za titracionu kiselost je iznosila 0,89% m.k.

Sinerezis i sposobnost vezivanja vode čvrstog jogurta

Sinerezis uzorka čvrstog jogurta od kozijeg mleka je ispitivan 1, 7, 14. i 21. dana skladištenja, a rezultati ovog dela istraživanja prikazani su na slici 3. Usled efekta homogenizacije izazvanog ultrazvučnim tretmanom mleka, poboljšava se konzistencija i viskozitet proizvoda, a sinerezis je manje izražen usled protein-protein interakcije i poboljšanja sposobnosti vezivanja vode (Tamime i Robinson, 2000). Osim prvog dana skladištenja, najviše vrednosti sinerezisa pokazuju uzorci iz I serije, a najniže uzorci iz II serije. Sinerezis je prvog dana skladištenja najveći kod uzoraka jogurta proizvedenog od mleka koje je podvrgnuto ultrazvučnom tretmanu u trajanju od 10 min. Međutim, u kasnijem periodu skladištenja najviše vrednosti sinerezisa pokazuju uzorci jogurta proizvedeni na standardan način. Ovakvo ponašanje uzoraka izloženih delovanju ultrazvuka u trajanju od 10 minuta može da ukaže na to da nešto duži tretman ultrazvukom možda utiče tako da je potrebno više od jednog dana



Slika 4. SPOSOBNOST VEZIVANJA VODE UZORAKA JOGURTA
Figure 4. WATER HOLDING CAPACITY OF YOGHURT SAMPLES



Slika 5. PROMENA VISKOZITETA UZORAKA JOGURTA PRVOG DANA SKLADIŠTENJA
Figure 5. VISCOSITY CHANGE OF YOGHURT SAMPLES ON THE 1st DAY OF STORAGE

skladištenja kako bi se formirala stabilnija struktura gela.

Sposobnost vezivanja vode je ispitivana za svaku seriju jogurta nakon dva dana skladištenja. Sa slike 3 možemo da vidimo da, kao i u slučaju viskoziteta najbolje karakteristike pokazuju uzorci serije II, dok su uzorci serije III tek za nijansu bolji od kontrolnih uzoraka. Veći sadržaj mlečne masti u uzorcima čvrstog jogurta iz druge i treće serije takođe je uticao na veću sposobnost vezivanja vode. Primenom ultrazvuka dolazi do povećanja ukupne površine membrana masnih kapljica na čiju se površinu adsorbuje kazein tako da se one ponašaju kao pseudo-kazeinske micelle i učestvuju u formiranju strukture jogurta (Reiner i sar., 2009b; Wu i sar., 2001).

Viskozitet čvrstog jogurta tokom skladištenja

U ovoj fazi istraživanja ispitivan je uticaj vremena na promenu viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka proizvedenog na standardan način (serija I), od mleka koje je podvrguto delovanju ultrazvuka 35kHz/ 200W/ 43°C/5 min (serija II) i od mleka koje je podvrguto delovanju ultrazvuka 35kHz/200W/43°C/10 min (serija III). Ispitivanja su obuhvatila promenu viskoziteta tokom 3 minuta merenja, na svakih 30 sekundi, pri brzini rotacije spindla od 20 o/min. Uzorci su ispitivani nakon 1, 7, 14 i 21 dana skladištenja.

Na slici 5 prikazana je promena viskoziteta uzoraka čvrstog jogurta u zavisnosti od vremena izlaganja kon-

stantnoj sili smicanja (brzina obrtaja spindla 20 o/min) prvog dana skladištenja.

Uzorci čvrstog jogurta od kozijeg mleka proizvedeni na standardan način pokazuju odstupanja u tiksotropnom ponašanju kiselog kazeinskog gela. Nakon 2 minuta merenja viskozitet ovih uzoraka je bio manji nego na kraju merenja i iznosio je 891.8 mPas.

Uzorci jogurta proizvedeni od kozijeg mleka tretiranog ultrazvukom u trajanju od 5 min pokazuju izuzetno visoke vrednosti viskoziteta 1. dana skladištenja, dok uzorci treće serije pokazuju nešto niže vrednosti viskoziteta od kontrolnih uzoraka. Međutim, kod uzoraka III serije jogurta nema odstupanja od tiksotropnog ponašanja, što se može objasniti ujednačenijom strukturom gela.

Promena viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka sedmog dana skladištenja prikazana je na slici 6.

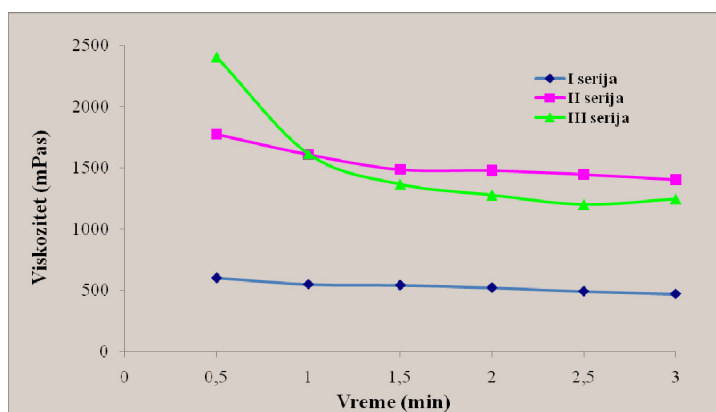
Sedmog dana skladištenja prosečna vrednost viskoziteta uzoraka jogurta iz prve serije očitana nakon 0,5 min iznosila je 546,8 mPas, dok je nakon 3 min, vrednost viskoziteta iznosila 468,9 mPas, odnosno smanjenje viskoziteta je iznosilo 77,9 mPas.

Kao i prvog dana skladištenja, najveću vrednost viskoziteta nakon 3 min delovanja sile imali su uzorci iz II serije – 1403.1mPas.

Kod uzoraka iz treće serije najveće smanjenje viskoziteta zabeleženo je u intervalu 0.5-1 min i iznosi 789 mPas. Daljim delovanjem sile dolazi do ujednačenog opadanja vrednosti viskoziteta do 1247.8 mPas. Ovo ukazuje da nakon narušavanja strukture gela usled početnog delovanja sile, dolazi do uspostavljanja određene ravnoteže i nastajanja većeg broja protein-protein veza.

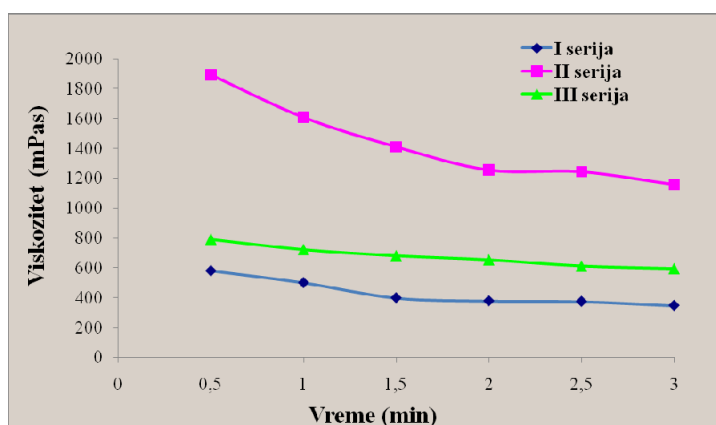
Na slici 7 prikazana je promena viskoziteta uzoraka čvrstog jogurta 14-og dana skladištenja.

Kao što je prikazano na slici 7, uzorci jogurta od kozijeg mleka iz sve tri proizvedene serije pokazuju pravo tiksotropno ponašanje. Najniže vrednosti viskoziteta imali su uzorci proizvedeni na standardan način. Prosečna vrednost viskoziteta uzoraka jogurta iz prve serije očitana nakon 0.5 min iznosila je 580.0 mPas, dok je nakon 3 min, vrednost viskoziteta iznosila 347.3 mPas. Najviše vrednosti viskoziteta imali su uzorci iz II serije. Nakon 3 min delovanja sile, viskozitet uzoraka II serije iznosio je 1158.5 mPas.



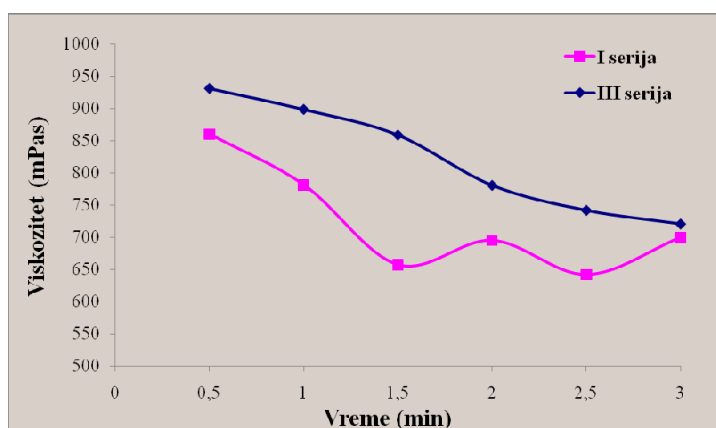
Slika 6. PROMENA VISKOZITETA UZORAKA ČVSTOG JOGURTA 7-OG DANA SKLADIŠTENJA

Figure 6. VISCOSITY CHANGE OF YOGHURT SAMPLES ON THE 7th DAY OF STORAGE



Slika 7. PROMENA VISKOZITETA UZORAKA ČVSTOG JOGURTA 14. DANA SKLADIŠTENJA

Figure 7. VISCOSITY CHANGE OF YOGHURT SAMPLES ON THE 14th DAY OF STORAGE



Slika 8. PROMENA VISKOZITETA UZORAKA ČVSTOG JOGURTA 21-OG DANA SKLADIŠTENJA

Figure 8. VISCOSITY CHANGE OF YOGHURT SAMPLES ON THE 21st DAY OF STORAGE

Podaci dobijeni u ovim istraživanjima nisu u saglasnosti sa rezultatima Wu i sar. (2002) i Reiner i sar. (2009a) da je poboljšanje reoloških karakteristika u direktnoj srazmeri sa

intenzitetom ultrazvučnog tretmana. Međutim, razlike u vrednosti viskoziteta II i III serije verovatno su posledica većeg sadržaja mlečne masti uzoraka jogurta proizvedenih od kozi-

jeg mleka koje je bilo podvrgnuto ultrazvučnom tretmanu u trajanju od 5 min.

Promena viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka 21-og dana skladištenja prikazana je na slici 8.

Usled isušivanja površine većeg broja uzoraka II serije, nakon 21 dana skladištenja, nije bilo moguće izvršiti merenje viskoziteta u dovoljnom broju ponavljanja, te rezultati iz ovog dela istraživanja nisu prikazani.

Kao i u prethodnim merenjima, veće vrednosti viskoziteta zabeležene su kod uzoraka jogurta od kozijeg mleka koje je podvrgnute delovanju ultrazvuka. Kod uzoraka iz treće serije primećeno je ujednačeno opadanje vrednosti viskoziteta. Nakon 0,5 min očitana vrednost viskoziteta je bila 930,7 mPas, dok je nakon 3 min delovanja sile vrednost viskoziteta iznosila 720,1 mPas.

Uzorci čvrstog jogurta od kozijeg mleka proizvedeni bez primene ultrazvučnog tretmana pokazuju odstupanja u tiksotropnom ponašanju. Nakon 1,5 i 2,5 minuta merenja viskozitet ovih uzoraka je bio manji nego na kraju merenja, kada je iznosio je 699,5 mPas.

ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata u ovom radu može se zaključiti da tretman mleka ultrazvukom ima veliki uticaj na reološke karakteristike jogurta od kozijeg mleka, iako duži tretman ne proizvodi nužno bolje reološke karakteristike kod kozijeg jogurta kao što je očekivano. Uzorci čvrstog jogurta proizvedeni od kozijeg mleka koje je tretirano ultrazvukom u trajanju od 5 min imali su najviše prosečne vrednosti viskoziteta tokom celokupnog perioda skladištenja. Takođe, rezultati istraživanja pokazuju da su uzorci II serije imali najveću sposobnost vezivanja vode i najmanju sklonost ka sinerezisu. Generalno, rezultati dobijeni u ovim istraživanjima ukazuju na mogućnost potencijalne primene ultrazvuka u cilju poboljšanja konzistencije i ukupnog kvaliteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka.

LITERATURA

- Antunac, N., Samaržija, D., Havranek, J.; Hranidbena i terapijska vrednost kozjeg mleka, *Mljekarstvo*, 50 (4) (2000) 297-304.
 Barretto Penna, A.L., Converti, A., de Oliveira, M.N.: Simultaneous effects of total solids content, milk base, heat treatment temperature and sample temperature on the rheological properties of plain stirred yo-

- gurt, *Food Technology and Biotechnology* 44 (4) (2006) 515-518.
- Carić, M., Milanović, S., Vucelja, D.: Standardne metode analize mleka i mlečnih proizvoda. Tehnološki fakultet, Novi Sad (2000).
- Herceg, Z., Režek Jambrak, A., Rimac Brnčić, S., Krešić, G.: Procesi konzerviranja hrane, Novi postupci. Golden marketing. Tehnička knjiga, Zagreb (2009a)
- Herceg, Z., Brnčić, M., Režek Jambrak, A., Rimac Brnčić, S., Badanjak, M., Sokolić, I.: Mogućnost primjene ultrazvuka visokog intenziteta u mljekarskoj industriji, *Mljekarstvo* 59 (1) (2009b) 65-69.
- 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.
- IDF 150:1991: Yoghurt Determination of titratable acidity, potentiometric method. Brussels, Belgium.
- Jandal, J.M.: Comparative aspects of goat and sheep milk, *Small ruminant research* 22 (1996) 177-185.
- Martin-Diana, A.B., Janer, C., Peláez, C., Requena T.: Development of a fermented goat's milk containing probiotic bacteria. *International Dairy Journal* 13 (2003) 827-833.
- McKinley, M.C.: The nutrition and health benefits of yoghurt, *International Journal of Dairy Technology* 58 (1) (2005) 1-12.
- Park, Y.W., Juárez, M., Ramos, M., Haenlein, G.F.W.: Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research* 68 (2007) 88-113.
- Raynal-Ljutovac, K., Lagriffoul, G., Paccard, P., Guillet, I., Chilliard, Y.: Composition of goat and sheep milk products: An update. *Small ruminant research* 79 (2008) 57-72.
- Režek Jambrak, A.: Utjecaj ultrazvuka na fizikalna i funkcionalna svojstva proteina sirutke, doktorska disertacija, Prehrambeno-biotehnoški fakultet, Zagreb, 2008.
- Režek Jambrak, A., Lelas, V., Herceg, Z., Badanjak, M., Batur, V., Muža, M.: Prednosti i nedostaci primjene ultrazvuka visoke snage u mljekarskoj industriji *Mljekarstvo* 59 (4) (2009) 267-281.
- Riener, J., Noci, F., Cronin, A.D., Morgan, D.J., Lyng J.G.: The effect of thermosonication of milk on selected physicochemical and microstructural properties of yoghurt gels during fermentation, *Food Chemistry* 114 (2008) 905-911.
- Riener, J., Noci, F., Cronin, D.A., Morgan, D.J., Lyng, J.G.: Characterisation of volatile compounds generated in milk by high intensity ultrasound, *International Dairy Journal* 19 (2009) 269-272.
- Reiner, J., Noci, F., Cronin, D.A., Morgan, D.J., Lyng, J.G.: A comparison of selected quality characteristics of yoghurts prepared from thermosonicated and conventionally heated milks, *Food Chemistry* 119 (2010) 1108-1113.
- Sarić, Z., Bijeljac, S., Skender, H.: Uloga i značaj kozijeg mleka u proizvodnji sira, Simpozijum „Mleko i proizvodi od mleka”, Tara, 6-10 april 2005, Zbornik radova, 20-31.
- Slačanac, V., Božanić, R., Hardi, J., Rezessyné Szabo, J., Lučan, M., Krstanović, V.: Nutritional and therapeutic value of fermented caprine milk. *International J. of Dairy Technology* 63, (2) (2010) 171-189.
- Tamime, A.Y. and Robinson R.K.: *Yoghurt Science and Technology*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge England (2000)
- Ulusoy, B.H., Colak, H., Hampikyan, H.: The use of ultrasonic waves in food technology. *Research J. of Biological Sciences* 2 (4) (2007) 491-497.
- Vercet, A., Oria, R., Marquina, P., Crelier, S., Lopez-Buesa, P.: Rheological Properties of Yoghurt Made with Milk Submitted to Manothermosonication, *J. Agric. Food Chem.* 50 (2002) 6165-6171.
- Wu, H., Hulbert, G.J., Mount, J.R.: Effects of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter, *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 1 (2001) 211-218.

SUMMARY

THE EFFECT OF ULTRASOUND TREATMENT ON CHARACTERISTICS OF SET YOGHURT MADE FROM GOAT MILK DURING STORAGE

Tanja R. Vučić, Snežana T. Jovanović, Nemanja V. Kljajević, Igor R. Zdravković, Ognjen D. Mačej

University of Belgrade Faculty of Agriculture, Institute for Food Technology and Biochemistry, Zemun, Serbia

Possibility treatment of ultrasound appliance in the production of goat milk's set yoghurt was investigated. Before inoculation milk was subjected to ultrasound treatment at the frequency of 35 kHz and 200 W powers during 5 and 10 minutes. As control, samples of goat milk's set yoghurt were produced by conventional treatment. Viscosity and physicochemical properties of produced samples were investigated on the 1st, 7th, 14th and 21st day of storage.

Based on analysis of the collected data, samples made from goat milk treated by ultrasound during 5 minutes had the highest viscosity, water holding capacity and the least syneresis.

Key words: goat milk • set yoghurt • ultrasound • viscosity