

UNIVERZITET U BEOGRADU  
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

Tanja R. Vučić

**UTICAJ DODATIH KONCENTRATA PROTEINA  
MLEKA I ULTRAZVUČNOG TRETMANA NA  
KARAKTERISTIKE ČVRSTOG JOGURTA OD  
KOZIJE MLEKA**

Doktorska disertacija

Beograd, 2014.

UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF AGRICULTURE

Tanja R. Vučić

**EFFECT OF ADDED MILK PROTEIN  
CONCENTRATES AND ULTRASONIC  
TREATMENT ON THE CHARACTERISTICS OF  
SET-STYLE YOGURT MADE FROM GOAT MILK**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2014.

UNIVERZITET U BEOGRADU  
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

***Mentor:***

Dr Snežana Jovanović, redovni professor  
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet

***Članovi komisije:***

Dr Ognjen Maćej, redovni professor  
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet

Dr Spasenija Milanović, redovni professor  
Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet

Dr Nebojša Ralević, redovni professor  
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet

Dr Slađana Šobajić, redovni professor  
Univerzitet u Beogradu, Farmaceutski fakultet

Datum odbrane: \_\_\_\_\_

*Najlepše se zahvaljujem se svom mentoru, dr Snežani Jovanović, redovnom profesoru, koja me je strpljivo i pažljivo usmeravala u radu i profesionalnom razvoju. Hvala joj na efikasnosti, doslednosti i prijateljstvu.*

*Veliku zahvalnost dugujem prof. dr Ognjenu Maćeju, koji je od samog početka bio uključen u izradu ove disertacije. Iskreno sam mu zahvalana na korisnim savetima, kao i na ukazanom poverenju.*

*Zahvaljujem se svim članovima komisije, a posebno prof. dr Spaseniji Milanović, za korisne sugestije i prijateljske savete u brojnim trenucima kada je to bilo potrebno.*

*Prof. dr Nebojši Raleviću toplo se zahvaljujem na pomoći pri statističkoj obradi dobijenih rezultata.*

*Zahvaljujem se prof. dr Slađani Šobajić na svesrdnom zalaganju pri određivanju slobodnih masnih kiselina. Takođe, koleginci Mr Ivani Đuričić sa Katedre za bromatologiju, Farmaceutskog fakulteta u Beogradu, zahvaljujem na pomoći pri izvođenju eksperimentalnog dela rada.*

*Neizmernu zahvalnost dugujem prof. dr Vladimiru Pavloviću na analizi mikrostrukture na osnovu koje je sve što je rađeno postalo vidljivo.*

*Posebnu zahvalnost dugujem kompaniji „Beocapra“, Kukujevci, na velikodušnoj donaciji kozijeg mleka. Dipl. inž. Stevi Marinkoviću hvala na angažovanju oko pribavljanja mleka, strpljenju i pozitivnoj energiji.*

*Prof. dr Dragojlu Obradoviću i dr Gordani Niketić zahvaljujem na učešću u senzornom ocenjivanju i podršci koju su mi pružili tokom izrade disertacije.*

*Zahvaljujem se Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije koje je finansiralo moj rad na doktorskoj disertaciji preko projekta III 46009. Takođe, zahvalnost dugujem i rukovodiocu projekta dr Lazaru Turubatoviću.*

*Svim članovima Odeljenja za tehnologiju mleka hvala na razumevanju, pomoći i strpljenju. Takođe, neizmernu zahvalnost dugujem dipl. inž. Igoru Zdravkoviću i Danijeli Grujić na velikoj pomoći prilikom izrade eksperimentalnog dela rada.*

*Posebno se zahvaljujem svojim roditeljima za svu ljubav i podršku koju su mi pružili, jer su oni zaslužni za sve što danas jesam.*

# **UTICAJ DODATIH KONCENTRATA PROTEINA MLEKA I ULTRAZVUČNOG TRETMANA NA KARAKTERISTIKE ČVRSTOG JOGURTA OD KOZIJE MLEKA**

Doktorska disertacija

Tanja R. Vučić, dipl. inž.

## **SAŽETAK**

Fermentisani mlečni proizvodi predstavljaju veoma raznovrsnu grupu proizvoda. Zbog dobrih senzornih osobina, lake svarljivosti i odgovarajućih dijetetskih svojstava, proizvodnja i potrošnja ove grupe proizvoda je poslednjih godina u velikom porastu. Takođe, zbog veće nutritivne vrednosti i terapijskih svojstava potrošnja kozijeg mleka i proizvoda od kozijeg mleka u poslednjim godinama raste. Međutim, specifičan proteinski sastav i puforni 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 najčešće postiže dodatkom obranog mleka u prahu, koncentrata proteina surutke, koncentrata proteina mleka, različitih stabilizatora i upotrebom starter kultura koje proizvode egzopolisaharide.

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.

Program istraživanja u okviru ove doktorske disertacije bio je usmeren na ispitivanje primene koncentrata proteina surutke (KPS) i izolata proteina mleka (IPM), kao i ultrazvučnog tretmana snage 200 W i 400 W na karakteristike čvrstog jogurta od kozijeg mleka.

Kombinovanjem različitog sadržaja KPS/IPM i ultrazvučnog tretmana dobijeno je 15 varijanti mleka koje su korišćene za proizvodnju čvrstog jogurta. Uticaj dodatka KPS/IPM i ultrazvučnog tretmana ispitivan je u odnosu na parametre kvaliteta mleka, tok fermentacije, fizičko-hemijske osobine i viskozitet jogurta u toku 21. dana skladištenja. Ispitana je mikrostruktura, a takođe je izvršena senzorna ocena proizvedenih varijanti jogurta.

Na osnovu rezultata ispitivanja utvrđeno je da su dodatak KPS/IPM i ultrazvučni tretmani uticali na dužinu trajanja fermentacije, kao i na viskozitet u toku i na kraju fermentacije. Najveću sposobnost vezivanja vode imali su uzorci proizvedeni od mleka sa dodatkom 1% KPS. Kod uzoraka proizvedenih od kozijeg mleka, i uzoraka proizvedenih od mleka sa dodatkom 0.5% IPM, najveći viskozitet imali su uzorci proizvedeni uz primenu ultrazvuka snage 400 W. Sa druge strane, kod uzoraka proizvedenih od mleka sa dodatkom 0.5% i 1% KPS, i 1% IPM najveći viskozitet zabeležen je kod uzoraka proizvedenih bez primene ultrazvučnog tretmana. Mikrostruktura proizvedenih varijanti čvrstog jogurta razlikuje se u pogledu umreženosti gela, veličine i rasporeda pora, kao i debljine i dužine kazeinskih lanaca. Senzornom analizom utvrđeno je da 13 od 15 proizvedenih varijanti jogurta pripada kategoriji odličnog kvaliteta.

Generalno, primenom KPS, IPM i ultrazvučnog tretmana može se proizvesti čvrsti jogurt od kozijeg mleka optimalnih hemijskih, fizičkih, reoloških i senzornih karakteristika.

**Ključne reči:** kozije mleko, čvrsti jogurt, koncentracija proteina surutke, izolati proteina mleka, ultrazvuk, viskozitet, mikrostruktura, senzorna svojstva.

**Naučna oblast:** Prehrambena tehnologija

**Uža naučna oblast:** Nauka o mleku

**UDK:** 637.146.3+641.12:636.39(04)

**EFFECT OF ADDED MILK PROTEIN CONCENTRATES AND ULTRASONIC  
TREATMENT ON THE CHARACTERISTICS OF SET-STYLE YOGURT  
MADE FROM GOAT MILK**

Doctoral Dissertation

Tanja R. Vučić, M.Sci.

**ABSTRACT**

Fermented dairy products are a very diverse group of products. Due to good sensory properties, digestibility and appropriate dietary properties, production and consumption of these products in recent years have been increasing. Also, due to the higher nutritional value and therapeutic properties the consumption of goat milk and goat milk products in recent years to grow. However, the specific protein composition and buffering capacity of goat milk are the main reason for prolonged fermentation and weak structure of yogurt. In order to obtain yogurt from goat milk that has satisfactory rheological characteristics, it is necessary to increase solids non-fat content, which is usually achieved by the addition of skim milk powder, whey protein concentrates, milk protein concentrates, various stabilizers and use of starter cultures that produce exopolysaccharides.

Ultrasound is one of the new methods which can be used in various processes in the dairy industry. High-power ultrasound is used as an aid in membrane processes, for the destruction of microorganisms, homogenization of milk, and also to improve the texture of dairy products, functional and technological properties of the proteins, etc.

Research program in the scope of this dissertation was focused on investigating the possibility of application of whey protein concentrates (WPC) and milk protein isolates (MPI) and ultrasonic treatment with power output of 200 W and 400 W on the characteristics of yogurt made from goat milk.

Combining different content of WPC/MPI and ultrasonic treatment 15 variants of milk were obtained in order to produce set type yogurt. Effect of WPC/MPI and

ultrasonic treatment was examined in relation to the quality parameters of milk, fermentation time and viscosity, physico-chemical properties and viscosity of yogurt during 21 days of storage. Microstructure and sensory evaluation of the produced yogurt was also performed.

On the basis of the obtained results it could be concluded that the addition of KPS/ IPM and ultrasonic treatments affected the length of fermentation, as well as the viscosity during, and at the end of fermentation. The highest water holding capacity had samples produced from milk with the addition of 1% KPS. In the samples produced from goat milk, and the samples produced with the addition of 0.5% IPM, the highest viscosity was found in samples treated by ultrasound with power output of 400 W. On the other hand, the samples produced with the addition of 0.5% and 1% WPC, and 1 % IPM, the highest viscosity was recorded in samples produced without the use of ultrasonic treatment. The microstructure of the produced set type yogurt varies in terms of crosslinking of the gel, size and distribution of the pores, as well as the thickness and length of the casein chains. Sensory analysis showed that 13 of the 15 variants of produced yogurt belong to the category of excellent quality.

Therefore, WPC, MPI and ultrasonic treatment can be used in order to produce set type yogurt from goat milk with optimal chemical, physical, rheological and sensory properties.

**Keywords:** goat milk, yogurt, whey protein concentrate, milk protein isolate, ultrasound, viscosity, microstructure, sensory properties.

**Scientific field:** Food Technology

**Specific scientific field:** Dairy science

**UDK:** 637.146.3+641.12:636.39(043.3)



## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. PREGLED LITERATURE</b> .....	<b>3</b>
2.1. FERMENTISANI MLEČNI NAPICI .....	3
2.2. JOGURT.....	6
2.2.1. Tehnološki postupak proizvodnje jogurta .....	9
2.2.1.1. Izbor sirovine i prethodna obrada mleka .....	9
2.2.1.2. Standardizacija mleka .....	9
2.2.1.3. Homogenizacija mleka .....	11
2.2.1.4. Termička obrada mleka .....	13
2.2.1.5. Inokulacija mleka .....	15
2.2.1.6. Fermentacija mleka .....	16
2.2.1.6.1. Biohemijske promene tokom fermentacije.....	17
2.2.1.6.1.1. Metabolizam ugljenih hidrata .....	17
2.2.1.6.1.2. Metabolizam citrata .....	18
2.2.1.6.1.3. Produkcija egzopolisaharida (EPS).....	19
2.2.1.6.1.4. Proteolitička aktivnost .....	20
2.2.1.6.1.5. Metabolizam masti.....	20
2.2.1.6.2. Fizičko-hemijske i strukturne promene kazeinske micelle tokom fermentacije.....	21
2.2.1.7. Hlađenje, pakovanje i skladištenje .....	25
2.2.2. Reološka svojstva jogurta .....	26
2.2.3. Sinerezis kiselog kazeinskog gela .....	31
2.3. KOZIJE MLEKO.....	33
2.3.1. Hemijski sastav kozijeg mleka .....	34
2.3.1.1. Proteini .....	35
2.3.1.1.1. $\alpha_{s1}$ -kazein.....	35
2.3.1.1.2. $\alpha_{s2}$ -kazein.....	36
2.3.1.1.3. $\beta$ -kazein .....	37
2.3.1.1.4. $\kappa$ -kazein .....	37
2.3.1.1.5. Proteini surutke.....	38



4.3.2. Čvrsti jogurt od kozijeg mleka .....	61
4.3.2.1. Viskozitet .....	62
4.3.2.2. Slobodne masne kiseline .....	63
4.3.2.3. Mikrostruktura.....	64
4.3.2.4. Senzorna analiza.....	65
4.3.3. Statistička analiza rezultata.....	65
<b>5. REZULTATI I DISKUSIJA.....</b>	<b>66</b>
5.1. HEMIJSKI SASTAV MLEKA .....	66
5.2. FERMENTACIJA MLEKA .....	71
5.2.1. Promena pH vrednosti tokom fermentacije .....	71
5.2.2. Promena viskoziteta tokom fermentacije.....	76
5.3. UTICAJ DODATKA KPS/IPM I PRIMENJENOG ULTRAZVUČNOG TRETMANA NA FIZIČKO-HEMIJSKE KARAKTERISTIKE ČVRSTOG JOGURTA OD KOZIJE MLEKA TOKOM SKLADIŠTENJA .....	82
5.3.1. Hemijski sastav čvrstog jogurta.....	82
5.3.2. Promena pH vrednosti i titracione kiselosti tokom skladištenja čvrstog jogurta od kozijeg mleka .....	86
5.3.3. Promena vrednosti sinerezisa tokom skladištenja .....	93
5.3.4. Promena sposobnosti vezivanja vode tokom skladištenja .....	98
5.3.5. Uticaj ultrazvučnog tretmana mleka i perioda skladištenja na slobodne masne kiseline .....	104
5.4. UTICAJ DODATKA KPS/IPM I PRIMENJENOG ULTRAZVUČNOG TRETMANA NA VISKOZITET ČVRSTOG JOGURTA OD KOZIJE MLEKA TOKOM SKLADIŠTENJA.....	109
5.4.1. Promena viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka, pri brzini rotacije spindla od 20 o/min .....	109
5.4.1.1. Uticaj ultrazvučnog tretmana na promenu viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka tokom vremena .....	109
5.4.1.2. Uticaj dodatka 0.5% koncentrata proteina surutke i ultrazvučnog tretmana na promenu viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka tokom vremena.....	118
5.4.1.3. Uticaj dodatka 1% koncentrata proteina surutke i ultrazvučnog tretmana na promenu viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka tokom vremena.....	125

5.4.1.4. Uticaj dodatka 0.5% izolata proteina mleka i ultrazvučnog tretmana na promenu viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka tokom vremena.....	130
5.4.1.5. Uticaj dodatka 1% izolata proteina mleka i ultrazvučnog tretmana na promenu viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka tokom vremena.....	136
5.4.2. Promena viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka pri različitim brzinama rotacije spindla .....	142
5.4.2.1. Uticaj ultrazvučnog tretmana na vrednost viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka pri različitim brzinama rotacije spindla .....	142
5.4.2.2. Uticaj dodatka 0.5% koncentrata proteina surutke i ultrazvučnog tretmana na promenu viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka pri različitim brzinama rotacije spindla .....	155
5.4.2.3. Uticaj dodatka 1% koncentrata proteina surutke i ultrazvučnog tretmana na promenu viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka pri različitim brzinama rotacije spindla .....	168
5.4.2.4. Uticaj dodatka 0.5% izolata proteina mleka i ultrazvučnog tretmana na promenu viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka pri različitim brzinama rotacije spindla .....	179
5.4.2.5. Uticaj dodatka 1% izolata proteina mleka i ultrazvučnog tretmana na promenu viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka pri različitim brzinama rotacije spindla .....	190
5.5. MIKROSTRUKTURA ČVRSTOG JOGURTA OD KOZIJE MLEKA.....	200
5.6. SENZORNA OCENA .....	212
<b>6. ZAKLJUČCI.....</b>	<b>219</b>
<b>7. LITERATURA .....</b>	<b>228</b>
<b>PRILOG .....</b>	<b>250</b>
<b>BIOGRAFIJA .....</b>	<b>262</b>

## 1. UVOD

Fermentisani mlečni proizvodi predstavljaju veoma raznovrsnu grupu proizvoda, čija je proizvodnja i potrošnja poslednjih godina u velikom porastu zbog dobrih senzornih osobina, lake svarljivosti i odgovarajućih dijetetskih svojstava. Takođe, zbog veće nutritivne vrednosti i terapijskih svojstava zapaža se značajan trend rasta proizvodnje i potrošnje fermentisanih proizvoda od kozijeg mleka, među kojima jogurt ima značajno mesto.

Zbog veće nutritivne vrednosti i terapijskih svojstava, potrošnja kozjeg mleka i proizvoda od kozjeg mleka u poslednjim godinama raste. U poređenju sa kravljim, kozije mleko ima povećanu svarljivost i smanjena alergenska svojstva. Takođe, kozije mleko karakteriše specifičan miris i ukus koji je mnogim potrošačima neprihvatljiv, ali se može umanjiti fermentacijom mleka pod dejstvom bakterija mlečne kiseline.

Specifičan sastav kozijeg mleka koji se ogleda u manjim kazeinskim micelama, različitom odnosu kazeinskih frakcija u poređenju sa kravljim mlekom, manjim globulama mlečne masti utiče na stvaranje neadekvatne konzistencije čvrstog jogurta od kozijeg mleka. 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, koncentrata proteina surutke, koncentrata proteina mleka, različitih stabilizatora (pektin, želatin) i upotrebom starter kultura koje proizvode egzopolisaharide. Takođe, proteinski koncentri na bazi mleka dodaju se mleku pri proizvodnji jogurta kako bi se smanjio sinerezis i povećao viskozitet jogurta. S tim u vezi, potrebno je odrediti adekvatnu vrstu proteinskog koncentrata na bazi mleka, kao i njegovu optimalnu koncentraciju, koja će omogućiti dobijanje proizvoda odgovarajućih fizičko-hemijskih, reoloških i senzornih karakteristika. Usled povećanja sadržaja proteina, u toku fermentacije mleka formira se gusto isprepleten proteinski matriks sa malim i pravilno raspoređenim porama između lanaca. Ovako formiran kiseli kazeinski gel pokazuje veću sposobnost vezivanja vode i smanjenu sklonost ka sinerezisu što je veoma značajan parametar kvaliteta ne samo u smislu senzornih karakteristika, već i sa aspekta održivosti i stabilnosti trodimenzionalne strukture gela.

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 protein, itd.

Ultrazvuk visoke snage se može primeniti kako bi se dobio čvrsti jogurt od kozijeg mleka zadovoljavajućih karakteristika. U dosadašnjim istraživanjima primene ultrazvuka u proizvodnji jogurta od kravljeg mleka utvrđeno je da ovakav proizvod ima bolju teksturu usled smanjivanja čestica proteina i bolje homogenizacije mleka. Takođe, jogurt proizveden od kravljeg mleka koje je podvrgnuto delovanju ultrazvuka ima potpuno drugačiju strukturu gela koja nalikuje strukturi pčelinjeg voska. S tim u vezi, pretpostavka je da će primenjeni ultrazvučni tretman u proizvodnji čvrstog jogurta od kozijeg mleka uticati na bolji viskozitet i veću sposobnost vezivanja vode. Osim toga, može se pretpostaviti da će postojati značajne razlike u strukturi kiselog kazeinskog gela u zavisnosti od vrste i koncentracije proteinskih preparata na bazi mleka, i primenjenog ultrazvučnog tretmana mleka.

## 2. PREGLED LITERATURE

### 2.1. FERMENTISANI MLEČNI NAPICI

Fermentisani mlečni napici predstavljaju veoma raznovrsnu grupu proizvoda koji se dobijaju fermentacijom mleka uz korišćenje odgovarajuće starter kulture. Visoka nutritivna vrednost, poboljšana svarljivost i dobre senzorne karakteristike samo su neki od razloga velike popularnosti ove grupe proizvoda.

Osnovna karakteristika svih fermentisanih napitaka je mlečna fermentacija, odnosno metabolizam laktoze do mlečne kiseline pod uticajem bakterija mlečne kiseline (BMK). Specifičnost svakog pojedinačnog fermentisanog napitka je rezultat primenjene starter kulture i tehnološkog procesa proizvodnje.

Starter kulture su pažljivo selekcionisani mikroorganizmi koji se dodaju mleku da bi inicirali i sproveli fermentaciju pod kontrolisanim uslovima.

Tip i karakter starter kultura koje se upotrebljavaju u proizvodnji fermentisanih mlečnih napitaka određuju kvalitet finalnog proizvoda. Osnovni kriterijumi za izbor starter kultura su: brzina acidifikacije, aroma, miris, stabilnost i tekstura konačnog proizvoda (*Bouzar et al., 1997*).

Prema *Tamime et al. (2006)* osnovne funkcije starter kultura su:

- produžena održivost i povećana bezbednost proizvoda;
- produkcija bakteriocina koji imaju potencijalnu ulogu kao konzervansi;
- poboljšanje senzornih karakteristika proizvoda (usled produkcije organskih kiselina, karbonilnih jedinjenja i parcijalne hidrolize proteina i/ili masti);
- poboljšanje reoloških karakteristika fermentisanih mlečnih proizvoda (viskozitet, čvrstina, izdvajanje seruma);
- poboljšanje dijetetskih, funkcionalnih, nutritivnih svojstava fermentisanih mlečnih proizvoda upotrebom probiotika i prebiotika.

Većina mikroorganizama koji čine starter kulture pripada bakterijama mlečne kiseline (*Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Streptococcus* i *Leuconostoc*). BMK izazivaju brzu acidifikaciju supstrata usled produkcije organskih kiselina, uglavnom mlečne kiseline. Takođe, kao proizvodi fermentacije mogu da nastanu sirćetna kiselina, etanol, bakteriocini, egzopolisaharidi, jedinjenja koja su nosioci arome i različiti enzimi (*Leroy*

i De Vuyst, 2004). U proizvodnji specifičnih fermentisanih mlečnih proizvoda kao što su kefir, kumis i sirevi sa plesnima, kao starter kulture pored BMK se koriste i neke vrste kvasaca i plesni.

Kada je u pitanju primena starter kultura u prehrambenoj industriji postoje opšti kriterijumi koji se odnose na sigurnost, tehnološke karakteristike i ekonomski aspekt primene (Tratnik i Božanić, 2012):

1. sigurnost: neposedovanje patogene aktivnosti, odsustvo toksičnog delovanja;
2. tehnološke karakteristike: dominacija u odnosu na spontanu mikrofloru, otpornost na kontaminaciju u toku tehnološkog procesa, stabilna metabolitička aktivnost;
3. ekonomski aspekt: primena kulture mora biti rentabilna, osnovna svojstva se ne smeju menjati u toku roka trajanja, rukovanje mora biti krajnje jednostavno, kulture moraju biti smrznute ili liofilizovane.

Fermentisani mlečni napici mogu se klasifikovati prema različitim kriterijumima, a najčešća podela je prema vrsti fermentacije i primenjenoj mikrobiološkoj kulturi:

- mlečna fermentacija (bakterije mlečne kiseline: termofilne, mezofilne)
- mlečna/alkoholna fermentacija (BMK/kvasci)
- mlečna fermentacija/naknadno zrenje plesni (BMK/*Geotrichum candidum*)

Najzastupljeniju grupu fermentisanih mlečnih napitaka čine proizvodi dobijeni fermentacijom mleka pod dejstvom bakterija mlečne kiseline.

U odnosu na temperaturu inkubacije, postoje dva tipa mlečne fermentacije: mezofilna fermentacija pod dejstvom mezofilnih starter kultura i termofilna fermentacija koju vrše termofilne starter kulture. Fermentisani napici dobijeni mezofilnom fermentacijom mleka su fermentisana pavlaka, fermentisana mlaćenica, filmjöl, ymer, shrikhand, kao i različite vrste skandinavskih fermentisanih mleka, dok su najpoznatiji proizvodi dobijeni termofilnom fermentacijom jogurt, laban, zabady, labneh, skyr, yakult, acidofilno mleko i fermentisana mleka sa probioticima.

Osim jogurta, kao najpoznatijeg fermentisanog mlečnog proizvoda, danas u svetu postoji oko 400 tradicionalno i industrijskih proizvedenih fermentisanih napitaka. Neki od poznatih fermentisanih napitaka, kao i vrste mikroorganizama korišćenih kao starter kulture za njihovu proizvodnju, prikazani su u *Tabeli 1*.



Tabela 1. Fermentisani mlečni napici i starter kulture za njihovu proizvodnju  
(Surono i Hosono, 2011a)

Fermentisani napitak	Starter kultura
Acidofilno mleko	<i>Lactobacillus acidophilus</i>
Biogarde	<i>Streptococcus thermophilus</i> <i>Lactobacillus acidophilus</i> <i>Bifidobacterium bifidum</i>
Bioghurt	<i>Streptococcus thermophilus</i> <i>Lactobacillus acidophilus</i>
Bifighurt	<i>Bifidobacterium bifidum</i> <i>Streptococcus thermophilus</i>
Fermentisana mlaćenica	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i> <i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>cremoris</i>
Fermentisana pavlaka	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i>
Dahi	<i>Streptococcus thermophilus</i> <i>Lactobacillus delbruecki</i> subsp. <i>bulgaricus</i> ili <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i>
Filmjolk	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> <i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>cremoris</i>
Kefir	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> , <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i> , <i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>cremoris</i> , <i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>dextranicum</i> , <i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Lactobacillus delbruecki</i> subsp. <i>bulgaricus</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Lactobacillus helveticus</i> , <i>Lactobacillus kefir</i> , <i>Lactobacillus kefiranofaciens</i> , <i>Kluyveromyces marxianus</i> , <i>Saccharomyces</i> spp.
Kumys	<i>Lactobacillus acidophilus</i> <i>Lactobacillus delbruecki</i> subsp. <i>bulgaricus</i> <i>Saccharomyces lactis</i> <i>Torula koumiss</i>
Viili	kao za Filmjolk + <i>Geotrichum candidum</i>
Yakult	<i>Lactobacillus casei</i> subsp. <i>casei</i>
Jogurt	<i>Streptococcus thermophilus</i> <i>Lactobacillus delbruecki</i> subsp. <i>bulgaricus</i>
Labneh	<i>Streptococcus thermophilus</i> <i>Lactobacillus delbruecki</i> subsp. <i>bulgaricus</i>

U grupi proizvoda dobijenih fermentacijom mleka pod dejstvom BMK i kvasaca najpoznatiji su kefir, kumis i acidofilno mleko sa kvascima, dok je najpopularniji

fermentisani napitak proizveden mlečnom fermentacijom sa naknadnim zrenjem plesni viili (Surono i Hosono, 2011a).

## 2.2. JOGURT

Jogurt i proizvodi slični jogurtu su veoma popularni fermentisani napici u području Mediterana, centralne Evrope, Azije i Afrike (Tabela 2).

Tabela 2. Proizvodi u tipu jogurta u različitim zemljama (Surono i Hosono, 2011a)

Ime proizvoda	Zemlja
Dahi	Indija
Dadih	Indonezija
Katyk	Kazahstan
Laben, leben	Irak, Liban, Egipat
Laben, rayeb	Saudijska Arabija
Mast	Iran, Irak, Afganistan
Matzoon, madzoon	Jermenija
Roba, rob	Egipat, Sudan, Irak
Tarho	Mađarska
Tiaourti	Grčka
Yaourt	Rusija, Bugarska
Zabady, zabade	Egipat, Sudan

Na tržištima Evrope, Severne Amerike i Australije dominantna su dva tipa jogurta: čvrsti jogurt koji karakteriše čvrsta struktura gela, blago kiseo i slabo aromatičan ukus, i tečni jogurt koji se često proizvodi sa dodatkom voća, aroma i šećera. U skorije vreme na tržištu se može naći i proizvod sa povećanim sadržajem suve materije (oko 20%) pod nazivom „Grčki jogurt“. Proizvod ovakvih karakteristika se već vekovima proizvodi na Bliskom Istoku pod nazivom „Labneh“ (Robinson, 2011a).

Proučavanjem mikroflore tradicionalnog jogurta sa Bliskog Istoka utvrđeno je da su dominantne vrste gram pozitivne koke i štapići. Iako se nomenklatura ovih mikroorganizama menjala tokom godina, usaglašen je stav da su bakterije neophodne za proizvodnju jogurta *Streptococcus thermophilus* i *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus*. U pojedinim zemljama, npr. Velikoj Britaniji, zakonska obaveza proizvođača je da *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus* bude sastavni deo starter kulture svakog proizvoda koji se naziva „jogurt“. S druge strane, u Australiji,

*Streptococcus thermophilus* je mikroorganizam koji obavezno ulazi u sastav starter kulture (Mistry, 2001; Robinson, 2011b).

S obzirom da postoji veliki broj sojeva *Streptococcus thermophilus* i *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus*, starter kulture za proizvodnju jogurta imaju različita svojstva, odnosno daju proizvode različitih karakteristika. Npr. većina potrošača konzumira jogurt koji ima titracionu kiselost do 10 g mlečne kiseline/kg, međutim, pojedini sojevi *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus* mogu proizvesti i do 18 g mlečne kiseline/kg jogurta (Robinson, 2011b). Kao posledica toga, izborom sojeva koji produkuju manje količine mlečne kiseline može se izbeći postacidifikacija proizvoda tokom transporta i skladištenja. Takođe, neki sojevi *Streptococcus thermophilus* i *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus* tokom fermentacije produkuju ekstracelularne polisaharide u velikim količinama, a hemijski sastav i funkcionalne karakteristike ovih jedinjenja razlikuju se u zavisnosti od primenjenih sojeva (Walstra et al., 2006). Ova različitost među sojevima omogućava proizvodnju starter kultura čijom primenom se može dobiti jogurt veoma različitih karakteristika, u zavisnosti od zahteva tržišta.

*Streptococcus thermophilus* je gram (+), anaerobna homofermentativna bakterija. Čelije su sfernog ili ovalnog oblika, prečnika 0.7-0.9  $\mu\text{m}$  i formiraju lance sastavljene od 10-20 ćelija ili se nalaze u paru. Stvaraju L(+)-mlečnu kiselinu, acetaldehid i diacetil iz laktoze (Chandan i O'Rell, 2006a). Pri kiselosti oko 10 g mlečne kiseline/kg jogurta (pH 4.3-4.5) dolazi do inhibicije rasta i metabolizma *Streptococcus thermophilus*. Osim laktoze, ova bakterija može da fermentiše glukozu, fruktozu i manozu, međutim transformacija galaktoze, maltoze i saharoze je specifična za pojedine sojeve (Harnett et al., 2011). Laktoza se podsredstvom enzima galaktozid permeaza transportuje u ćeliju *Streptococcus thermophilus*, gde se pod uticajem enzima  $\beta$ -galaktozidaza hidrolizuje na glukozu i galaktozu. Glukoza se preko EMP puta transformiše do piruvata, i dalje do mlečne kiseline. Najčešće, galaktoza i mlečna kiselina napuštaju ćeliju i koncentrišu se u medijumu (mleku). Međutim, pojedini sojevi *Streptococcus thermophilus* poseduju enzim galaktokinazu koji galaktozu prevodi u galaktozu-1-P. Ovaj fosforilovani oblik galaktoze se u zavisnosti od soja *Streptococcus thermophilus* može transformisati u glukozu-1-P ili galaktozu-6-P, koji se nadalje mogu prevesti u mlečnu kiselinu (Robinson, 2011b).

*Streptococcus thermophilus* pokazuje slabu proteolitičku aktivnost. Zbog toga su inicijalno izvor azota slobodne aminokiseline, koje se prirodno nalaze u mleku ili su nastale tokom termičkog tretmana. Pojedine aminokiseline kao što su glutaminska kiselina, histidin, cistein, metionin, valin i leucin, nisu prisutne u mleku u količini neophodnoj za rast *Streptococcus thermophilus*. Oslobođanje peptida iz proteina mleka dejstvom *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus* i njihova dalja hidroliza do slobodnih aminokiselina predstavlja važan faktor rasta *Streptococcus thermophilus* (Hassan i Frank, 2001; Mistry, 2001).

Ugljen-dioksid koji produkuje *Streptococcus thermophilus* stimuliše rast *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus*, a nastaje kao produkt metabolizma uree. Osim toga, piruvat i HCO<sub>3</sub> koje produkuje *Streptococcus thermophilus* stimulišu rast *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus*.

Optimalna temperatura rasta *Streptococcus thermophilus* je 37°C, međutim, termofilnost ove bakterije omogućava njen rast na višoj temperaturi, zajedno sa *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus*.

*Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus* je takođe gram (+) bakterija čije su ćelije štapićastog oblika zaobljenih krajeva, 0.5-0.8 x 2-9 µm i nalaze se pojedinačno ili formiraju kraće lance. Takođe je homofermentativna bakterija, i obrazuje D (-) mlečnu kiselinu do koncentracije 18 g/kg jogurta (Chandan i O'Rell, 2006a). *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus* može da transformiše laktozu, fruktozu, glukozu, a pojedini sojevi imaju sposobnost da razgrađuju galaktozu. Za razliku od *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus* može da hidrolizuje kazein, poseno β-kazein, ali je njegova peptidazna aktivnost ograničena (Robinson, 2011b). Komponente koje stimulišu rast laktobacila su adenin, guanin, uracil, adenzin, natrijum-fosfat, natrijum-trifosfat, oksalsirćetna i fumarna kiselina. Optimalna temperatura rasta *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus* je 45°C, a slabo rastu na temperaturama nižim od 10°C.

## 2.2.1. Tehnološki postupak proizvodnje jogurta

### 2.2.1.1. Izbor sirovine i prethodna obrada mleka

Za proizvodnju fermentisanih mlečnih napitaka treba odabrati kvalitetno mleko u kome nema antibiotika, bakteriofaga, hemijskih sredstava i pesticida izvan dozvoljenih granica. Mleko namenjeno proizvodnji fermentisanih mlečnih napitaka treba da sadrži najmanje 8.5% suve materije bez masti, a kiselost mleka ne sme biti viša od 7.5°SH ili niža od pH=6.5 (*Tamime i Robinson, 2000*).

Osim kravljeg, za proizvodnju fermentisanih mlečnih napitaka može se koristiti kozije, ovčije i kobilje mleko (kumis), kao i njihova mešavina sa kravljim mlekom.

Ukoliko se mleko ne prerađuje odmah u fermentisane mlečne proizvode, nakon prijema, neophodno je izvršiti njegovu pasterizaciju i standardizaciju, i ohladiti ga na 4°C. U tom slučaju se u procesu proizvodnje kiselomlečnih proizvoda mleko ponovo tretira visokim temperaturama termičke obrade.

### 2.2.1.2. Standardizacija mleka

Standardizacija mleka namenjenog za proizvodnju jogurta vrši se iz sledećih razloga:

- da bi se ispunili uslovi propisani zakonskom regulativom (sadržaj mlečne masti i suve materije bez masti), i
- da bi se proizveo jogurt standardnog kvaliteta, pre svega u pogledu kiselosti i dobrih reoloških karakteristika (konzistencije i viskoziteta), kako bi se zadovoljili zahtevi potrošača. Kiselost jogurta se može kontrolisati tokom samog postupka proizvodnje, dok konzistencija i viskozitet zavise od sadržaja proteina i mlečne masti, kao i primenjene starter kulture.

U proizvodnji jogurta može se koristiti mleko sa različitim sadržajem mlečne masti. Standardizacija sadržaja mlečne masti se može izvršiti na sledeće načine (*Barrantes i Tamime, 1992; Tamime i Robinson, 1988, 2000; Maćej et al., 2007*):

- delimičnim ili potpunim obiranjem mleka,
- mešanjem punomasnog i obranog mleka u određenom odnosu,

- mešanjem obranog mleka i pavlake,
- korišćenjem zamena za mlečnu mast u cilju proizvodnje nisko-kaloričnog jogurta.

Jogurt sa većim sadržajem mlečne masti je boljih reoloških karakteristika u odnosu na jogurt proizveden od obranog mleka.

Sadržaj suve materije mleka može se povećati različitim postupcima (*Tamime i Robinson, 2000; Mačej et al., 2007; Tratnik i Božanić, 2012*):

- koncentrisanjem mleka (procesom reverzne osmoze, evaporacijom ili ultrafiltracijom),
- dodatkom ultrafiltriranog punomasnog ili obranog mleka,
- dodatkom ultrafiltrirane surutke ili surutke u prahu,
- dodatkom koncentrata proteina mleka ili koncentrata proteina surutke,
- dodatkom obranog mleka u prahu (najviše do 3%).

Kao rezultat povećanja SMBM titraciona kiselost mleka raste usled povećanog pufernog kapaciteta mleka indukovano većim sadržajem proteina i mineralnih materija. Takođe, usled povećanja koncentracije hranljivih materija potrebnih za razvoj starter kultura, dolazi do skraćanja vremena fermentacije (*Tamime i Robinson, 2000*). Sadržaj suve materije mleka, kao i proteinski sastav mleka, imaju veliki uticaj na reološke karakteristike kiselog kazeinskog gela. Povećanjem sadržaja SMBM poboljšavaju se konzistencija i viskozitet proizvoda, a sa porastom sadržaja proteina povećava se i nutritivna vrednost proizvoda (*Tratnik i Božanić, 2012*). Osim toga, sa povećanjem sadržaja proteina bez promene odnosa kazein/proteini surutke, dolazi do povećanja broja kazeinskih micela po jedinici zapremine, što utiče na veličinu pora u kiselom kazeinskom gelu, a time i na njegovu sklonost ka izdvajanju surutke (manji sinerezis). Za povećanje sadržaja SMBM tradicionalno se najčešće koristilo obrano mleko u prahu. Međutim, primenom novih tehnologija dobijeni su proizvodi poput kazeinata i koncentrata proteina surutke, čijom se upotrebom postižu bolji efekti u smislu poboljšanja senzornih i reoloških karakteristika jogurta. Dodatkom proteina surutke u iznosu od 0.7–2.0 g/100 mL smanjuje se sklonost gela ka izdvajanju surutke (*Robinson et al., 2006*). Povećanje sadržaja proteina surutke i smanjenje odnosa kazein/proteini surutke dovodi do povećanja čvrstine gela. U mleku sa povećanim sadržajem proteina surutke, nakon termičkog tretmana na 90/95°C u trajanju od 5 ili 10

min, veća količina proteina surutke je asocirana sa kazeinskim micelama, što ima za posledicu veću sposobnost vezivanja vode (Kalab et al., 1983; Modler i Kalab, 1983; Puvanenthiran et al., 2002; Maćej et al., 2007). Međutim, dodavanje proteina surutke u većoj količini dovodi do stvaranja zrnaste strukture gela (Lucey i Singh, 1998). Za poboljšanje konzistencije jogurta efikasnije je koristiti kazeinate nego proteine surutke. Remeuf et al. (2003) su ispitivali kvalitet jogurta sa 2.5% masti u kome je sadržaj proteina podešen na 4.5% dodatkom Ca-kazeinata i koncentrata proteina surutke (KPS). Autori su ustanovili da su najveći viskozitet imali uzorci jogurta kod kojeg su za fortifikaciju mleka korišćeni KPS i Ca-kazeinat u odnosu 2:1.

### **2.2.1.3. Homogenizacija mleka**

Jogurt, kao i mleko, predstavlja emulziju tipa “ulje u vodi”, zbog čega mast teži da se izdvoji na površinu tokom stajanja, naročito u toku fermentacije i skladištenja jogurta. Zbog toga je nakon standardizacije potrebno izvršiti homogenizaciju mleka. Homogenizacija predstavlja tehnološku operaciju usitnjavanja masnih kapljica mleka od prosečno 3.5  $\mu\text{m}$  na veličinu prečnika manju od 2  $\mu\text{m}$ , čime se broj masnih kapljica uvećava (8-12 puta), te se postiže ujednačenija raspodela i sprečavanje izdvajanja mlečne masti. Homogenizacijom mleka pre pasterizacije olakšava se uništavanje bakterija u mleku. Međutim, proizvodi dobijeni od mleka koje je podvrgnuto homogenizaciji nakon pasterizacije imaju bolju konzistenciju (Đorđević, 1987; McKenna, 1987; Tamime i Robinson, 1988; Chandan i O'Rell, 2006b; Maćej et al., 2007).

Mleko namenjeno za proizvodnju jogurta podvrgava se jednostepenoj ili dvostepenoj homogenizaciji. Najčešće se u proizvodnji jogurta primenjuje jednostepena homogenizacija na temperaturi od oko 65-70°C i pod pritiskom 15-20 MPa (Robinson et al., 2006). Međutim, s obzirom da masne kapljice pokazuju tendenciju ka ponovnom grupisanju, preporučljivo je da se primeni dvostepena homogenizacija na pritiscima 23–28 MPa u prvom stepenu i 6 MPa u drugom stepenu homogenizacije (Chandan i O'Rell, 2006b).

Prema Tamime i Robinson (2000) homogenizacija mleka dovodi do:

- povećanja površine masnih globula i delimičnog prekrivanja površinski aktivnim supstancama, uglavnom proteinima;
- homogenizovane masne kapljice se ponašaju kao kazeinske micidele (tzv. pseudokazeinske čestice), jer se kazein uključuje u adsorpcioni sloj novonastalih masnih kapljica (smatra se da je u adsorpcionom sloju masnih kapljica homogenizovanog mleka uključeno oko 2% prisutnog kazeina), čime se povećava „efektivna“ koncentracija kazeina, poboljšava se viskozitet i konzistencija;
- poboljšanja teksture gruš (glatka struktura bez pojave grudvica) i manjeg izdvajanja surutke;
- punijeg ukusa proizvoda i belje boje, jer se usled veće površine mlečne masti povećava sposobnost mleka da reflektuje svetlost;
- poboljšanja svarljivosti proizvoda usled sitnijih globula masti i nežnije proteinske mreže.

Iako se homogenizacija mleka prvenstveno vrši kako bi se dobio veći broj masnih kapljica uniformne veličine, čime se otežava njihovo izdvajanje na površini mleka, postiže bolja konzistencija i viskozitet proizvoda, kao i smanjena sklonost jogurta ka sinerezisu, ova tehnološka operacija može dovesti i do nekih promena na proteinima mleka. Visoki pritisci i povišene temperature mogu dovesti do denaturacije proteina surutke, a kao posledica toga može doći do interakcije između kazeina i denaturisanih proteina surutke i nastanka sulfhidrilnih jedinjenja. Takođe, homogenizacija mleka dovodi i do promene u bilansu soli (*Chandan i O'Rell, 2006b*).

Reološke karakteristike kiselog kazeinskog gela proizvedenog od homogenizovanog i nehomogenizovanog mleka se potpuno razlikuju. Ovo se može objasniti promenama na membranama masnih kapljica u toku homogenizacije. Tokom formiranja gela, masne kapljice nehomogenizovanog mleka su obuhvaćene proteinskim matriksom, a s obzirom da membrana masnih kapljica nije promenjena, nema ni povezivanja masnih kapljica sa proteinskim matriksom (*van Vliet i Dentener-Kikkert, 1982; Tamime i Robinson, 1988; Xiong i Kinsella, 1991a, b; Cho et al., 1999; Maćej et al., 2007*).

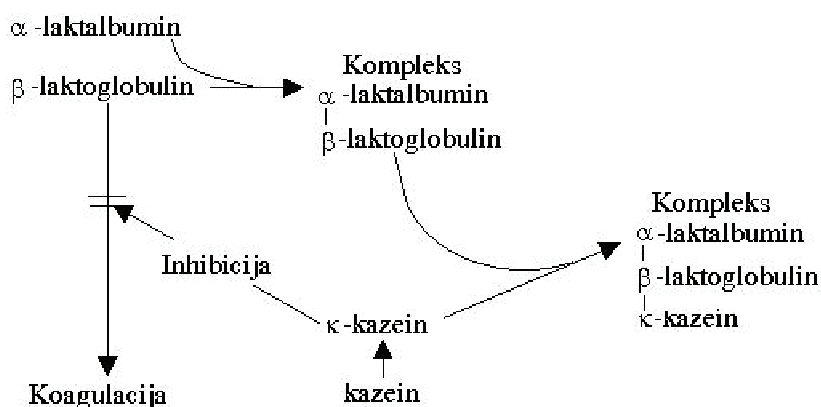


#### 2.2.1.4. Termička obrada mleka

Osnovni cilj termičke obrada je uništenje patogenih mikroorganizama mleka i njihovih enzima, kao i stvaranje uslova za neometan razvoj starter kulture u mleku. Međutim, u proizvodnji jogurta primena strožijih režima termičke obrade takođe treba da dovede do denaturacije proteina surutke i obrazovanja hemijskog kompleksa između kazeina i proteina surutke. U proizvodnji jogurta bez dodatka stabilizatora neophodan je veći stepen denaturacije proteina surutke, pa se preporučuju termički tretmani koji dovode do denaturacije 70-95% proteina surutke, pri čemu su optimalni termički tretmani u kojima se denaturišu 80-85% proteina surutke. Prema *Vasbinder et al. (2001)* termički tretman mleka na 90°C u trajanju od 10 min dovodi do denaturacije preko 90% proteina surutke. Ovako visok sadržaj denaturisanih proteina surutke povećava kapacitet vezivanja vode, čime se poboljšavaju reološke karakteristike jogurta (konzistencija i viskozitet) i smanjuje sinerezis (*Kinsella, 1984; Chandan i O'Rell, 2006b; Robinson et al., 2006; Maćej et al., 2007;*).

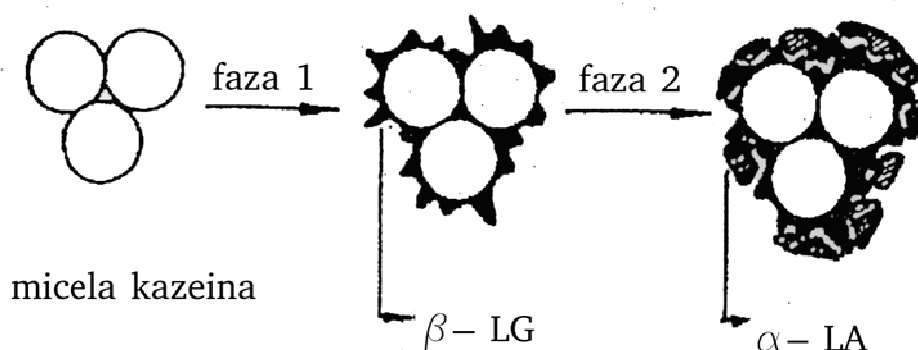
Primenom strožijih režima termičke obrade mleka, dolazi do interakcija između proteina mleka, pri čemu mogu nastati kompleksi između:  $\alpha$ -laktalbumina i  $\beta$ -laktoglobulina;  $\alpha$ -laktalbumina i  $\kappa$ -kazeina;  $\beta$ -laktoglobulina i  $\kappa$ -kazeina; kao i kompleks između  $\alpha$ -laktalbumina,  $\beta$ -laktoglobulina i  $\kappa$ -kazeina, koji je u literaturi poznat pod nazivom koagregati proteina mleka (*Elfgam i Wheelock, 1977, 1978a, b; Maćej, 1989; Havea et al., 1998; Maćej i Jovanović, 1998, 1999, 2000; Lucey, 2002; Vasbinder et al., 2003; Jovanović et al., 2004; Maćej et al., 2004, 2007;*).

Postoje dve teorije o mehanizmu nastajanja koagregata proteina mleka. Prema *Elfgam i Wheelock (1977, 1978a)*, kao i *Corredig i Dalgleish (1999)* obrazovanje koagregata proteina mleka je dvostepen proces (*Slika 1*). U prvoj fazi pod dejstvom visokih temperatura u mleku se prvo odvija interakcija između  $\alpha$ -laktalbumina i  $\beta$ -laktoglobulina, pri čemu se formira  $\alpha$ -laktalbumin- $\beta$ -laktoglobulin kompleks, a zatim ovaj kompleks reaguje sa  $\kappa$ -kazeinom pri čemu se formira kompleks između  $\kappa$ -kazeina i proteina surutke.



Slika 1. Mehanizam obrazovanja koagregata proteina mleka  
(Elfagm i Wheelock, 1977).

Nasuprot tome, prema Mottar *et al.* (1989) u prvoj fazi dolazi do denaturacije  $\beta$ -laktoglobulina pri čemu njegova maskirana sulfhidrilna grupa postaje veoma reaktivna i može da reaguje sa drugim sulfhidrilnim grupama i disulfidnim vezama (Vasbinder *et al.*, 2003). Denaturisani  $\beta$ -laktoglobulin se preko disulfidnih mostova povezuje sa  $\kappa$ -kazeinom, pri čemu molekuli  $\beta$ -laktoglobulina prekrivaju kazeinsku micelu i povećavaju njenu hidrofobnost. Pri termičkom tretmanu mleka na  $90^{\circ}\text{C}/10$  min dolazi do većeg obima denaturacije  $\alpha$ -laktalbumina koji se vezuje za isturene delove  $\beta$ -laktoglobulina i popunjava praznine na površini kazeinske micelle (Slika 2). Vezivanje  $\alpha$ -laktalbumina i  $\beta$ -laktoglobulina takođe uključuje disulfidne veze. Nakon ove faze, usled prisustva  $\alpha$ -laktalbumina povećava se hidrofilitnost koagregata proteina mleka.



Slika 2. Promena površine kazeinske micelle pod uticajem termičkih tretmana prema Mottar *et al.* (1989)

Kompleksi između kazeina i proteina surutke nastali u toku termičkog tretmana mleka imaju dvostruki efekat na karakteristike kiselog kazeinskog gela: formiranje gela počinje pri nešto višim pH vrednostima i povećava se čvrstina gela (Guyomarc'h et al., 2003). Prema Lucey et al. (1998c) i O'Kennedy i Kelly (2000) denaturisani proteini surutke iniciraju formiranje gela pri višim pH vrednostima (u oblasti izoelektrične tačke  $\beta$ -laktoglobulina), nakon čega sa smanjenjem pH vrednosti u formiranju kiselog kazeinskog gela dominira agregiranje kazeina.

Fermentacijom mleka u kome su obrazovani koagregati proteina mleka obrazuje se finija proteinska mreža, sa tanjim proteinskim nitima i manjim porama, što takođe otežava izdvajanje surutke i doprinosi poboljšanju konzistencije i viskoziteta (Lucey et al., 1998c; Tamime i Robinson, 2000; Vasbinder et al., 2003). Unutar matriksa jogurta proizvedenog od termički tretiranog mleka nalaze se pore prečnika 3-10  $\mu\text{m}$ , za razliku od proteinskog matriksa jogurta proizvedenog od termički netretiranog mleka u kome su pore prečnika 5-20  $\mu\text{m}$ . Takođe, dijametar kazeinskih micela u jogurtu od netretiranog mleka je dva puta veći u odnosu na dijametar kazeinskih micela u jogurtu koji je proizveden od termički tretiranog mleka (Parnell-Clunies et al., 1986, 1987; Mottar et al., 1989; Maćej et al., 2007).

Evidentno je da promene na proteinima mleka izazvane dejstvom visokih temperatura imaju uticaja na svojstva kiselog kazeinskog gela. Optimalna hidrofилна svojstva i maksimalni kapacitet vezivanja vode proteini mleka postižu nakon termičkog tretmana 85°C/20-30 min (Tamime i Robinson, 2000; Chandan i O'Rell, 2006b). Neadekvatan termički tretman mleka ima za posledicu formiranje mekšeg gela sklonog sinerezi. Sa druge strane, oštrij termički tretmani mleka dovode do obrazovanja gela zrnaste strukture koji lako izdvaja surutku. Stoga su preporučene temperature termičke obrade mleka u proizvodnji jogurta u intervalu 85-95°C, u vremenskom intervalu od 5-10 minuta.

#### **2.2.1.5. Inokulacija mleka**

Po završenoj termičkoj obradi mleko se hladi na 42-43°C i inokuliše starter kulturom koja je sastavljena od *Streptococcus thermophilus* i *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* u odnosu 1:1. Radne kulture se dodaju mleku u količini od 2%

(Robinson *et al.*, 2006), dok se koncentrovane kulture dodaju mleku prema preporuci proizvođača (Tamime i Robinson, 2000; Tamime *et al.*, 2006).

#### **2.2.1.6. Fermentacija mleka**

Fermentacija mleka je jedna od veoma značajnih operacija u proizvodnji jogurta. Fizičko-hemijske i senzorne osobine formiranog gela, u velikoj meri zavise od toka fermentacije. Zavisno od vrste jogurta (čvrsti ili tečni), fermentacija mleka se odvija u ambalaži ili u tanku za fermentaciju (zrijaču). Samim tim, jedina razlika između čvrstog i tečnog jogurta je u reološkim karakteristikama koagulumu, s obzirom da se fermentacijom mleka u proizvodnji čvrstog jogurta formira kontinualni polu-tečni kisel kazeinski gel, dok se u proizvodnji tečnog jogurta po završetku fermentacije vrši razbijanje gela. U zavisnosti od vrste i kvaliteta mleka, primenjene starter kulture i prethodnih operacija u proizvodnji, fermentacija može trajati 3-6 h, a prekida se po postizanju pH vrednosti 4.5-4.6 (Tamime i Robinson, 2000; Robinson, 2011a; Surono i Hosono, 2011a). Pri navedenoj pH vrednosti proteini mleka formiraju gel i fermentacija se prekida hlađenjem, jer bi dalje povećanje kiselosti dovelo do kontrakcije gela i izdvajanja surutke na površini jogurta.

Fermentacija mleka se uobičajeno vrši na temperaturi 42-43°C. Niže temperature (40°C) produžavaju vreme fermentacije, ali dovode do formiranja viskoznijeg gela koji je manje sklon sinerezisu (Lucey, 2002; Lee i Lucey, 2003). Sa druge strane, više temperature fermentacije utiču na formiranje gela koji je sklon rearanžiranju, što dovodi do izraženijeg izdvajanja surutke (Lucey, 2001).

Dodatkom starter kulture dolazi do fermentacije laktoze, pri čemu nastaje mlečna kiselina i dolazi do snižavanja pH vrednosti. Koagregati proteina mleka nastali kao rezultat termičkog tretmana mleka delimično štite kazeinske micelle. Filamenti formirani na kazeinskoj miceli tokom termičkog tretmana utiču na slabije spajanje kazeinskih micela, što dovodi do formiranja gela finije strukture (Parnell-Clunies *et al.*, 1987; Mottar *et al.*, 1989). Takođe, prisustvo  $\alpha$ -laktalbumina na površini micela povećava njihovu hidrofilitnost. Međutim sa sniženjem pH vrednosti ispod 5.3 povećava se hidrofobnost kazeinskih micela koje se potom međusobno vezuju u agregate. Ovi

agregati se dalje grupišu u veće agregate koji formiraju grozdove i lance koji čine trodimenzionalnu proteinsku mrežu (Remeuf *et al.*, 2003; Lucey, 2004).

#### 2.2.1.6.1. Biohemijske promene tokom fermentacije

##### 2.2.1.6.1.1. Metabolizam ugljenih hidrata

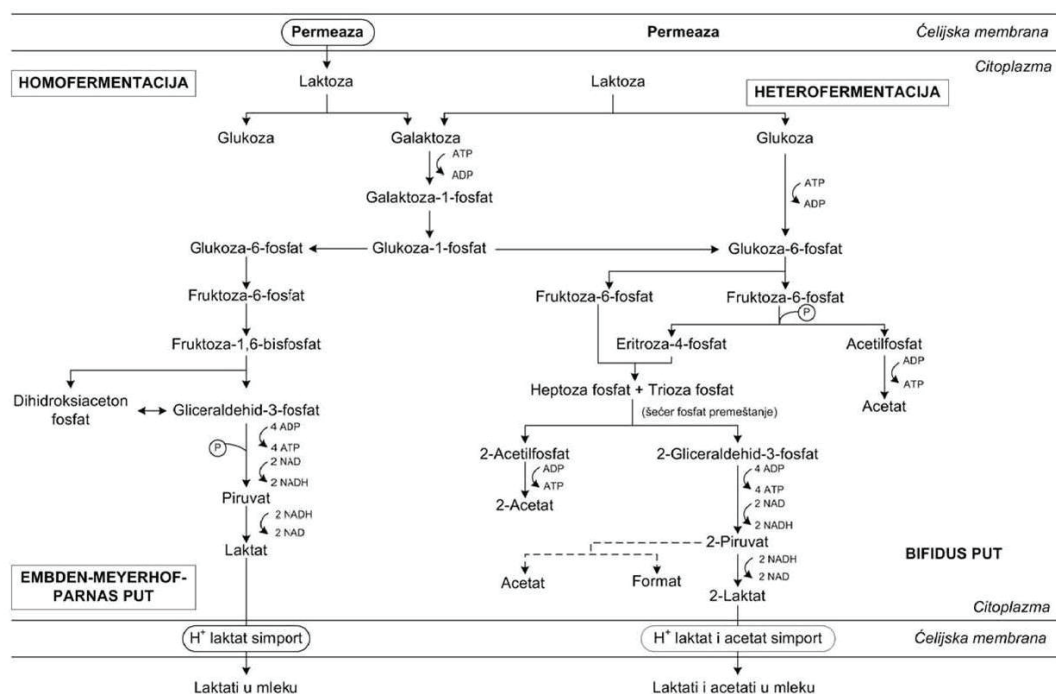
U toku fermentacije mleka, pri proizvodnji jogurta, najveće promene se dešavaju na laktozi. Proces fermentacije laktoze u mlečnu kiselinu se odvija postepenom razgradnjom, uz stvaranje međuproizvoda i oslobađanje energije.

BMK ne koriste laktozu u njenom izvornom obliku, već je pomoću laktoza-permeaze unose u svoju ćeliju, u kojoj je enzim  $\beta$ -galaktozidaza hidrolizuje na glukozu i galaktozu. Dalja razgradnja glukoze do mlečne kiseline odvija se preko Embden-Meyerhof-Parnasovog (EMP) puta (Slika 3), pri čemu specifični enzimi BMK, preko brojnih međuprodukata, razgrađuju glukozu do pirogroždane kiseline, dok galaktoza napušta ćeliju. Redukcijom piruvata pod dejstvom enzima laktat-dehidrogenaza, nastaje mlečna kiselina (Tamime *et al.*, 2006; Walstra *et al.*, 2006). Kada se glukozu potpuno razgradi, galaktoza se razlaže Leloir putem. Starter mikroorganizmi koji na ovaj način razgrađuju laktozu su homofermentativni (*Str. thermophilus*, *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* i *Lactobacillus acidophilus*).

Homofermentativne BMK proizvode uglavnom mlečnu kiselinu (min. 90%), i vrlo malu količinu drugih međuprodukata, kao što su: diacetil, acetoin, aceton, acetaldehid, etanol, sirćetna, maslačna, propionska i mravlja kiselina (Leroy i De Vuyst, 2004; Tamime *et al.*, 2006).

Heterofermentativne BMK (*Bifidobacterium* spp.) fermentišu laktozu i glukozu heterofermentativnom fermentacijom (Slika 3). Katabolizmom glukoze stvara se CO<sub>2</sub> procesom dekarboksilacije. Laktoza se prvo transportuje u ćeliju pomoću permeaze i hidrolizuje se u glukozu i galaktozu. Navedene heksoze se katabolizuju preko fruktoza-1,6-difosfata, koji se razgrađuje pomoću fruktoza-difosfat aldolaze. Krajnji produkti fermentacije su laktati i acetati (Tamime *et al.*, 2006). Usled toga, heterofermentativne BMK proizvode manje mlečne kiseline (min. 50%), i više drugih jedinjenja: isparljive

kiseline (uglavnom sirćetna), neisparljive kiseline, karbonilna jedinjenja, etanol i ugljen dioksid. Ova jedinjenja su nosioci arome fermentisanih mlečnih napitaka.



Slika 3. Homofermentativna i heterofermentativna fermentacija laktoze u jogurtu primenom BMK starter kulture (Tamime et al., 2006)

U zavisnosti od vrste prisutnih bakterija, mlečna kiselina može biti u obliku D(-)- i L(+)-izomera. *Str. thermophilus* uglavnom proizvodi L(+)-mlečnu kiselinu, dok je D(-)-mlečna kiselina rezultat fermentacije laktoze pod dejstvom *Lb. delbrueckii* (Tratnik i Božanić, 2012). U jogurtu koji sadrži više od 70% L(+)-mlečne kiseline dominantan je *Str. thermophilus*, ili je fermentacija vršena na temperaturi nižoj od 40°C. Sa druge strane, ukoliko je fermentacija vršena na temperaturama višim od 45°C u jogurtu će dominantno biti prisutna D(-)-mlečna kiselina.

#### 2.2.1.6.1.2. Metabolizam citrata

Neke mezofilne bakterije mlečne kiseline (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* i *Leuconostoc* spp.) mogu da razlažu citrate zahvaljujući citrat-permeazi. Kao produkti razgradnje citrata nastaju CO<sub>2</sub> i aromatične komponente: acetat,

diacetil, acetoin i 2,3-butandiol. Ova jedinjenja utiču na ukus, miris i svojstvenu aromu fermentisanih mlečnih napitaka. Na povećanu količinu diacetila utiču mešana kultura, i niža temperatura fermentacije (Tratnik i Božanić, 2012).

U aerobnim uslovima, pod dejstvom enzima Cit<sup>+</sup> bakterija, može doći do razgradnje citrata po Krebsovom ciklusu, i nastajanja isparljivih i neisparljivih kiselina koje doprinose ukusu i mirisu fermentisanih napitaka. Takođe, ovakvim načinom razgradnje citrata nastaja veća količina CO<sub>2</sub>.

*Streptococcus thermophilus* i *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus* ne mogu da vrše transformaciju citrata, pa diacetil i acetoin u jogurtu nastaju kao rezultat metabolizma laktoze (Walstra et al., 2006).

#### 2.2.1.6.1.3. Produkcija egzopolisaharida (EPS)

Za poboljšanje reoloških karakteristika (teksture, viskoziteta) i smanjenje sinerezisa često se pri proizvodnji fermentisanih napitaka vrši koncentrisanje mleka membranskim procesima, dodavanje želatina ili pektina, obranog mleka u prahu, koncentrata proteina surutke i dr. (Tamime i Robinson, 2000; Martín-Diana et al., 2003; Lucey, 2004). S obzirom da starter kulture proizvode homo-EPS i hetero-EPS koji poboljšavaju teksturu fermentisanih napitaka, najekonomičniji način za poboljšanje reoloških karakteristika je korišćenje sojeva sa izraženom sposobnošću formiranja EPS. U tom smislu, vrste *Lactococcus* i termofilne bakterije mlečne kiseline se intenzivno koriste za produkciju EPS u proizvodnji fermentisanih mlečnih napitaka, jer utiču na konzistenciju i teksturu proizvoda.

Prema Tamime et al. (2006) u jogurtu se EPS formiraju kao rezultat aktivnosti određenih sojeva *Streptococcus thermophilus* i *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus*, dok količina EPS zavisi od temperature inkubacije, kiselosti i brzine rasta. Većina polisaharida produkovanih u jogurtu sadrži glukozu i galaktozu, kao i minimalne količine fruktoze, manoze, arabinoze, ramnoze, ksiloze i N-acetilgalaktozamina (Surono i Hosono, 2011b).

#### 2.2.1.6.1.4. Proteolitička aktivnost

BMK su vrlo slabi proteoliti u poređenju sa drugim bakterijama. Međutim, delovanje proteinaza i peptidaza BMK utiče na formiranje arome, kao i na konzistenciju proizvoda. Nastali peptidi i aminokiseline su neophodni za rast nekih mikroorganizama, koji su sastavni deo starter kulture. Takođe, ova jedinjenja su prekursori proizvodnje komponenata arome. Povišena temperatura, viša pH vrednost, produženo čuvanje proizvoda i prisustvo određenih sojeva mikroorganizama dovode do izraženijih proteolitičkih promena (*Tratnik i Božanić, 2012*).

#### 2.2.1.6.1.5. Metabolizam masti

Acilgliceroli (proste masti) čine 96-98% ukupnih lipida mleka, dok se preostala lipidna frakcija (složene masti) sastoji iz fosfolipida, sterola, vitamina rastvorljivih u mastima (A, D, E i K), masnih kiselina i skvalena.

Povećanje sadržaja slobodnih i isparljivih masnih kiselina u jogurtu zavisi od nekoliko faktora: primenjene starter kulture, vrste mleka, trajanja i temperature inkubacije, termičkog tretmana mleka i „starosti“ jogurta.

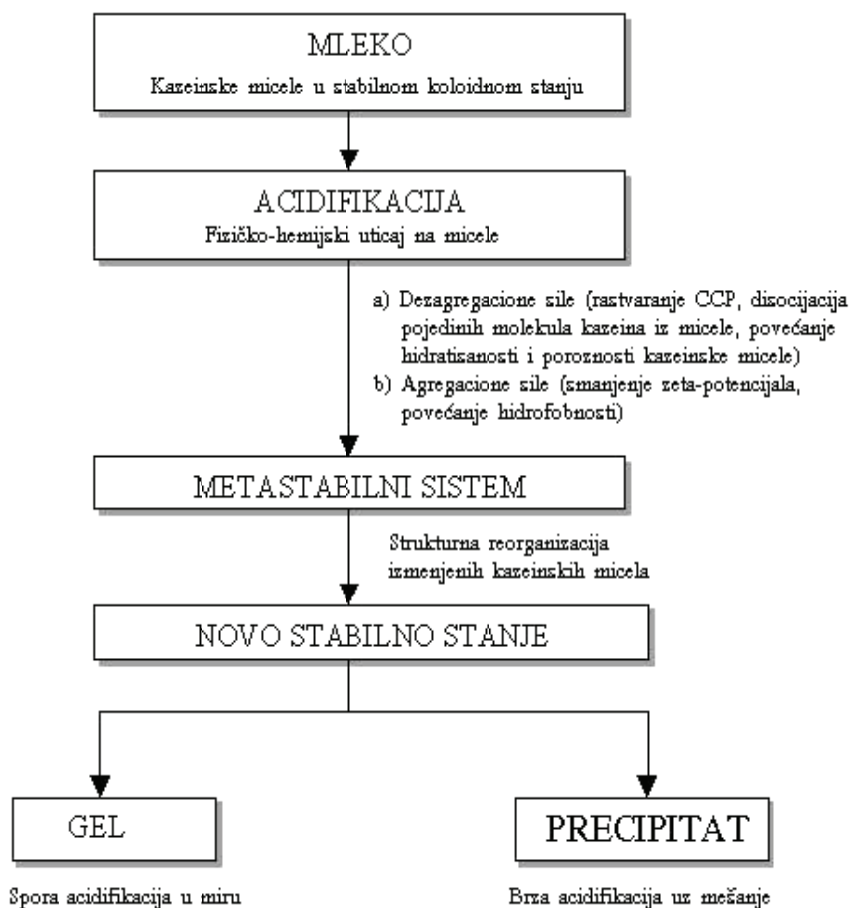
Fermentacija punomasnog mleka primenom *S. thermophilus*, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ili *L. acidophilus* različito utiče na lipide mleka i dovodi do sledećih promena (*Tamime i Robinson, 2000*):

- značajan porast sadržaja zasićenih masnih kiselina i oleinske kiseline;
- smanjenje sadržaja linolne i linoleinske kiseline u gliceridnoj frakciji;
- umereno povećanje sadržaja slobodnih masnih kiselina, pri čemu je značajno povećan sadržaj stearinske i oleinske kiseline;
- monogliceridne frakcije se gube tokom fermentacije;
- promene u sadržaju holesterola nisu značajne;
- postoji značajna korelacija između stepena kiselosti i sadržaja slobodnih masnih kiselina.



### 2.2.1.6.2. Fizičko-hemijske i strukturne promene kazeinske micelle tokom fermentacije

Kisela koagulacija mleka šematski je prikazana na *Slici 4*.



*Slika 4. Šematski prikaz kisele koagulacije mleka (Guinee et al., 1993)*

Kazeinske micelle u mleku egzistiraju kao individualne jedinice. Kao rezultat fizičko-hemijskih promena tokom acidifikacije dolazi do agregiranja kazeinskih micela u grozdove i lance čime nastaje trodimenzionalna proteinska mreža u koju su uklopljene ostale komponente mleka.

Reološke i senzorne karakteristike kiselomlečnih proizvoda u velikoj meri zavise od karakteristika gela, koji se formira za vreme koagulacije mleka. Tokom kisele koagulacije, mleko se prevodi iz tečnog stanja u stanje gela, čiju osnovu predstavlja

kazeinski matriks (*van Hooydonk et al., 1986; Kim i Kinsella, 1989; Xiong i Kinsella, 1991b*).

Tokom kisele koagulacije se na kazeinskoj miceli dešavaju fizičko-hemijske i strukturne promene koje utiču na stabilnost, izmenu strukture i agregaciju kazeinskih micela.

Prema *Heertje et al. (1985)* i *Guinee et al. (1993)* fizičko-hemijske promene koje se dešavaju na kazeinskoj miceli tokom acidifikacije mogu se podeliti u dve grupe:

1. *Promene koje vode ka destabilizaciji kazeinske micide i koje se odvijaju u pH intervalu 6.7-5.3:*

- a) rastvaranje koloidnog kalcijum-fosfata (CCP),
- b) disocijacija  $\beta$ -kazeina iz micela,
- c) povećanje hidratisanosti i poroznosti kazeinskih micela.

2. *Promene koje vode ka agregaciji kazeinskih micela i koje se dešavaju u pH intervalu 5.3-4.6:*

- a) smanjenje negativnog naelektrisanja i ukupnog neto naelektrisanja (zeta-potencijala), povećanje hidrofobnosti kazeinskih micela,
- b) smanjenje hidratacije kazeinske micide u pH intervalu 5.4-5.6,
- c) povećanje jonske snage mlečnog seruma,
- d) reasocijacija  $\beta$ -kazeina sa kazeinskom micelom.

Disocijacija i agregacija kazeinskih micela u velikoj meri zavisi od pH, koncentracije jona i temperature.

Na agregaciju kazeinskih micela utiču neutralizacija površinskog naelektrisanja, sniženje zeta-potencijala i rastvaranje CCP-a. Najveći uticaj na rastvaranje koloidnog kalcijum fosfata (CCP) i smanjenje negativnog naelektrisanja kazeinskih micela ima sniženje pH vrednosti mleka, čime se redukuju elektrostatičke odbojne sile. Ovo ima za posledicu disocijaciju kazeina iz micide (*van Hooydonk et al., 1986; Parnell-Clunies et al., 1988; Bringe i Kinsella, 1990; Walstra, 1990; Holt i Horne, 1996*). Prema *Lee i Lucey (2010)* maksimalna disocijacija kazeina odvija se u pH intervalu od 5.6 do 5.1 i može se pripisati rastvaranju CCP-a.

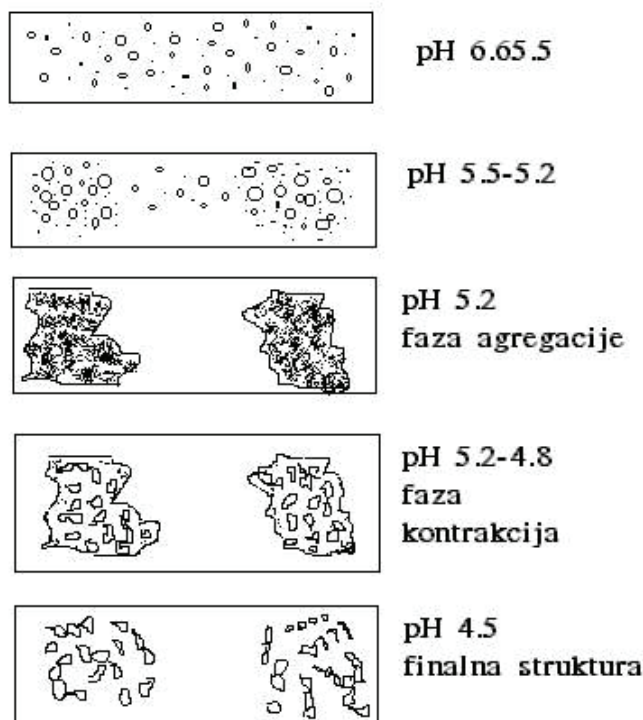
Pri pH=5.3-5.2 dolazi do potpunog rastvaranja CCP, pri čemu sav neorganski micelarni fosfat prelazi u mlečni serum, dok oko 14% kalcijuma preostaje u kazeinskoj miceli (kazeinski kalcijum). U intervalu pH vrednosti 5.2-5.1 dolazi do prve pojave

vidljive agregacije. Daljim sniženjem pH vrednosti (ispod 5.0) rastu elektrostatičke, kao i protein-protein privlačene sile usled pojačanih hidrofobnih interakcija (Lucey, 2004; Lee i Lucey, 2010). Individualni molekuli kazeina spajaju se u male agregate, koji se dalje grupišu i formiraju veće agregate. Daljom agregacijom nastaju grozdovi i lanci, od kojih se formira trodimenzionalna mreža (Robinson et al., 2006).

Strukturne promene kazeinske micidele tokom acidifikacije i nastajanja gela u temperaturnom intervalu 20-30°C mogu se pratiti tokom promene pH vrednosti (Heertje et al., 1985; Bringe i Kinsella, 1990; Maćej et al., 2007):

1. pH interval 6.7-5.5 - kazeinske micidele ne menjaju svoj integritet, oblik i dimenzije;
2. pH vrednost 5.5 – pri kojoj je najveća disocijacija kazeina u temperaturnom intervalu 20-30°C;
3. pH interval 5.5-5.2 – skoro potpuno rastvaranje CCP, najmanje čestice postaju jasno vidljive na mikrografu. Međutim, nije jasno da li nastaju usled samoagregacije disosovanih molekula kazeina, ili su rezultat odvajanja submicela iz kazeinske micidele;
4. pH vrednost 5.2 -  $\beta$ -kazein se ponovo asocira sa kazeinskom micelom, postiže se maksimalna hidratisanost i voluminoznost kazeinskih micela. Takođe, pri ovoj pH vrednosti zeta-potencijal dostiže minimum. Dolazi do nastajanja manjih agregata micela. U slučaju sporije acidifikacije do koagulacije ne dolazi pre postizanja pH vrednosti od 5.1;
5. pH interval 5.2-4.8 - predstavlja fazu kontrakcije i reanžiranja kazeinskog gela, u cilju formiranja trodimenzionalne mreže. Mali agregati se povezuju u krupnije,  $\beta$ -kazein postaje pozitivno naelektrisan pa sa  $\alpha_s$ -kazeinom, koji je i dalje negativno naelektrisan, može biti centar agregacije. Novonastale čestice nemaju nikakvih sličnosti sa originalnim kazeinskim micelama;
6. pH interval 4.8-4.6 - anulira se negativno naelektrisanje, zeta potencijal dostiže vrednost nula, što omogućuje približavanje pojedinih kazeinskih micela, stvaranje novih veza i obrazovanje trodimenzionalne mreže. Na ovaj način su omogućene elektrostatske interakcije između suprotno naelektrisanih jona, hidrofobne veze između hidrofobnih aminokiselinskih ostataka različitih kazeinskih micela, van der Waalsove privlačne sile i vodonične veze.

Strukturne promene kazeinskih micela tokom acidifikacije i nastajanja gela prikazane su na *Slici 5*.



*Slika 5. Šematski prikaz strukturnih promena kazeinskih micela tokom acidifikacije i formiranja gela (Maćej et al., 2007)*

Pri većoj brzini acidifikacije dolazi do brže disocijacije CCP i veće disocijacije kazeina. Nasuprot tome, pri manjoj brzini acidifikacije, disocijacija kazeina se smanjuje zbog veće mogućnosti rearanžiranja proteina unutar micela.

Tokom fermentacije mleka, fizičko-hemijske promene kazeinske micela utiču na viskozitet i ukupne reološke osobine gotovog proizvoda. Praćenjem promene viskoziteta mleka tokom fermentacije, formiranje gela se može podeliti u četiri faze (Zabadalova i Patkul, 1982; Parnell-Chunies et al., 1988; Robinson et al., 2006; Maćej et al., 2007):

1. Faza indukcije - u ovoj fazi nema promene viskoziteta i ona traje do momenta disocijacije kazeina iz micela, kada je zabeležena i najveća koncentracija jonskog kalcijuma;
2. Faza flokulacije - u ovoj fazi dolazi do agregacije izmenjenih kazeinskih micela u manje agregate i maksimalnog povećanja viskoziteta;

3. Faza metastabilne ravnoteže - dolazi do nastajanja trodimenzionalne mreže i očvršćavanja gela, dok viskozitet ostaje konstantan.
4. Faza sinerezisa - smanjenje viskoziteta u kasnijoj fazi inkubacionog perioda i u postacidifikacionom periodu.

Trajanje svake navedene faze zavisi od sastava i kiselosti mleka, starter kulture koja se koristi i visine temperature.

Po postizanju pH vrednosti od 4.6 fermentacija se prekida hlađenjem, jer bi dalje povećanje kiselosti dovelo do kontrakcije gela i izdvajanja surutke na površini kiselog gela. Da bi se mreža gela pravilno formirala potrebno je da porast kiselosti bude postepen, jer u slučaju kada je porast kiselosti brz dolazi do znatno većeg sinerezisa, pa čak i do precipitacije grušā.

#### **2.2.1.7. Hlađenje, pakovanje i skladištenje**

Hlađenje i pakovanje se može vršiti u različitim fazama proizvodnog procesa, zavisno od tipa jogurta koji se proizvodi. Kod proizvodnje čvrstog jogurta pakovanje u ambalažu se vrši nakon inokulacije a fermentacija se odvija u ambalaži. Po završetku fermentacije hlađenje se vrši u komorama za hlađenje. Kod proizvodnje tečnog jogurta fermentacija se vrši u tanku za inkubaciju. Po završenoj fermentaciji gel se razbija mešanjem, i preko pumpe odvodi u pločasti izmenjivač toplote gde se vrši hlađenje, a zatim se pakuje u ambalažu.

Hlađenje jogurta može biti jednostepeno i dvostepeno. Pri jednostepenom hlađenju se temperatura jogurta snižava sa temperature inkubacije na temperaturu nižu od 10°C preko pločastog izmenjivača toplote. Pri dvostepenom hlađenju dobija se jogurt boljeg viskoziteta. U prvom stepenu se jogurt hladi sa temperature inkubacije na temperaturu oko 20°C, čime se zaustavlja dalji razvoj bakterija i produkcija mlečne kiseline. Završno hlađenje, do 5°C, se kod tečnog jogurta obavlja nakon pakovanja u ambalažu. Vršī se u komori za hlađenje, gde proizvod ostaje do dalje distribucije. Ovakvim hlađenjem se ne narušava gel i u prvih 24-48 h skladištenja se viskozitet jogurta povećava (*Tamime i Robinson, 2000; Tratnik i Božanić, 2012*). Porast viskoziteta i čvrstine gela posledica je bubrenja kazeinskih micela usled slabljenja hidrofobnih interakcija i povećanja kontaktne površine. Nastale vodonične i disulfidne

veze između kazeina i proteina surutke dovode do poboljšanja teksture jogurta (*Vasbinder et al., 2003; Robinson et al., 2006*).

Period skladištenja jogurta može da bude i do 20 dana na temperaturi 0-4°C. U slučaju produženog skladištenja može doći do promena nekih karakteristika jogurta, kao što su ukus, tekstura, pojačan sinerezis i povećana kiselost (*Tratnik i Božanić, 2012*).

### 2.2.2. Reološka svojstva jogurta

Reologija se bavi proučavanjem deformacija i proticanja čvrstih i tečnih materijala. Ispitivanja reoloških karakteristika fermentisanih mlečnih napitaka odnose se prvenstveno na čvrstinu, viskozitet i sinerezis.

Kiseli kazeinski gel se ponaša kao viskoelastični materijal, tj. pokazuje osobine i tečnosti i čvrstog tela (*Vélez-Ruiz, 2008*), pa se reološke karakteristike mogu meriti upotrebom reometra, viskozimetra, penetrometra, teksturometra i drugim aparatima (*Sherman, 1988; Ozer et al., 1998*). Čvrsti i tečni jogurt dobrih reoloških karakteristika, odlikuje se optimalnom čvrstinom i slabo izraženim sinerezisom. Samim tim, postoji veza između čvrstine, sposobnosti vezivanja vode i stepena povezanosti kazeinskih micela, pri čemu micelarna hidratacija ima veliki uticaj na povezanost kazeinskih micela (*Kalab, 1979; Lucey et al., 1997*).

Viskoelastični materijali kao što je jogurt mogu se opisati pomoću modula elastičnosti  $G'$  ("storage" modul) i modula viskoznosti  $G''$  ("loss" modul) (*Penna et al., 2001; Guggisberg et al., 2007; Aguirre-Mandujano et al., 2009*). Odnos između  $G''/G' = \tan \delta$  naziva se fazna razlika (loss tangenta) i pruža informaciju o strukturi materijala. Kada se materijal ponaša kao čvrsto telo (deformacija je elastična),  $G'$  je veće od  $G''$  odnosno  $\tan \delta$  je manje od 1. Međutim, kada se materijal ponaša kao tečnost, ima viskozni karakter i  $\tan \delta$  je veće od 1 (*Tabilo-Munizaga i Barbosa-Cánovas, 2005*). U čvrstom i tečnom jogurtu vrednosti  $G'$  i  $G''$  rastu sa povećanjem sadržaja proteina i povećanjem temperature fermentacije. Prema *Lankes et al. (1998)* vrednosti modula elastičnosti su rezultat jačih proteinskih veza koje doprinose elastičnim karakteristikama gela, dok su vrednosti modula viskoznosti posledica nastajanja slabijih veza.

Viskozitet mleka i fermentisanih mlečnih napitaka zavisi od primenjenih tehnoloških tretmana, sastava i brzine smicanja (*McCarthy, 2011*).

Promena viskoziteta tokom vremena usled promene brzine smicanja karakteristična je za tiksotropne sisteme kao što je jogurt (*Mottar et al., 1989; Guinee et al., 1995*). Tokom primenjene mehaničke sile dolazi do postepenog raskidanja veza i narušavanja strukture čiji obim zavisi od brzine smicanja i trajanja dejstva. Po prestanku dejstva mehaničke sile, sistem teži da se vrati u prvobitno stanje, uspostavlja se ravnoteža između broja veza koje se raskidaju i broja veza koje se ponovo uspostavljaju (*De Lorenzi et al., 1995*). Ovo ponovno uspostavljanje veza se naziva oporavljanje sistema. Sistemi koji se oporavljaju pokazuju smanjeni viskozitet – histerezis, koji nastaje nakon prestanka spoljnog dejstva, a zavisi od intenziteta i trajanja prethodnog dejstva, kao i od uslova i trajanja oporavljanja (*Đaković, 1988; Maćej et al., 2007; Puđa, 2009*). Krive viskoziteta koje prikazuju pad viskoziteta, a zatim i njegov porast uslovljen oporavkom sistema zatvaraju tzv. petlju histerezisa. Površina petlje histerezisa je pokazatelj rušenja i oporavljanja strukture gela (stepena tiksotropije) tokom delovanja sile smicanja (*Benezech i Maingonnat, 1994; Hassan et al., 2003*). Čvrsti jogurt pokazuje veću petlju histerezisa u odnosu na tečni jogurt, što ukazuje na rušenje strukture gela pod dejstvom sile smicanja. Kod tečnog jogurta, rušenje strukture gela je manje izraženo usled post-inkubacionih operacija (mešanje, hlađenje i pakovanje) prilikom kojih je već došlo do narušavanja strukture gela (*Afonso i Maia, 1999*).

Stabilnost fermentisanih mlečnih napitaka može se predvideti merenjem viskoziteta. Ako viskozitet ostaje nepromenjen sa povećanjem brzine smicanja, pri niskim pH vrednostima, može se opisati kao Njutnovsko ponašanje (*McCarthy, 2011*). Ovakvi sistemi su stabilni tokom skladištenja. Međutim, ako viskozitet opada sa povećanjem brzine smicanja pripada grupi pseudoplastičnih sistema, i nije stabilan tokom skladištenja ukoliko se ne primeni stabilizator.

Na kvalitet, reološke i senzorne karakteristike fermentisanih mlečnih proizvoda utiče veliki broj faktora (*O’Kennedy i Kelly, 2000*). Hemijski sastav mleka, povećanje sadržaja suve materije, termički tretman i primenjena starter kultura, bitno utiču na reološke karakteristike kiselog kazeinskog gela (*Keogh i O’Kennedy, 1998; Dominguez-Soberanes et al., 2001; Haque et al., 2001; Sodini et al., 2004; Folkenberg et al., 2005, 2006; Girard i Schaffer-Lequart, 2007; Purwandari et al., 2007*).

Čvrstina i viskozitet jogurta direktno zavise od sadržaja suve materije, naročito od sadržaja proteina i odnosa kazein:proteini surutke. Veći sadržaj proteina dovodi do formiranja umreženijeg gela veće čvrstine.

Mlečna mast pozitivno utiče na senzorna i reološka svojstva jogurta. Fermentisani mlečni napici sa većim sadržajem mlečne masti imaju gel boljih reoloških karakteristika i veće čvrstine u odnosu na fermentisane mlečne napitke proizvedene od obranog mleka (*Becker i Puhan, 1989; Puhan, 1991*). *De Lorenzi et al. (1995)* su ispitivali uticaj sadržaja mlečne masti na viskozitet jogurta. Rezultati istraživanja su pokazali da jogurt sa 4% mlečne masti ima veći viskozitet u odnosu na jogurt sa 0.4% mlečne masti na svim temperaturama očitavanja viskoziteta (4, 8, 12 i 16°C). Homogenizacija mleka koje se koristi za proizvodnju fermentisanih mlečnih proizvoda povoljno utiče na reološka svojstva gotovog proizvoda, i ogleda se u većem viskozitetu i smanjenom sinerezisu (*Tamime i Robinson, 1988; Tamime et al., 1996*).

Formirani koagregati proteina mleka nastali u toku termičkog tretmana mleka, kao i agregati proteina surutke dispergovani u kontinualnoj fazi, imaju veliki uticaj na reološke karakteristike kiselog kazeinskog gela (*Pereira et al., 2003; van Vliet et al., 2004*). Formirani kompleksi između  $\kappa$ -kazeina,  $\beta$ -laktoglobulina i  $\alpha$ -laktalbumina pod dejstvom termičkog tretmana mleka povećavaju hidrofилnost gela i stabilnost jogurta. U gelovima proizvedenim od termički netretiranog mleka u formiranju proteinskog matriksa učestvuje samo kazein, dok u obrazovanju gela od termički tretiranog mleka učestvuju i denaturisani proteini surutke, što za posledicu ima formiranje mnogo čvršćeg gela (*Lucey, 2001, 2002*).

Gel formiran od termički netretiranog mleka ima manju čvrstinu za oko 2 puta, kada se poredi sa jogurtom proizvedenim od HTST i UHT sterilizovanog mleka, što ukazuje na manju elastičnost veza koje se formiraju tokom nastajanja gela (*Kim i Kinsella, 1989*). Kiseli kazeinski gel proizveden od termički netretiranog mleka ima modul elastičnosti  $G' < 20$  Pa, dok gel od mleka zagrevanog na 80°C/30 minuta ima modul elastičnosti u intervalu 390-430 Pa. Razlika u vrednostima modula elastičnosti je direktno povezana sa količinom proteina surutke asociiranih sa kazeinskom micelom (*Lucey et al., 1998b*).

Na strukturu, konzistenciju, čvrstinu i viskozitet utiče i intenzitet termičkog tretmana. Jogurt proizveden od mleka termički tretiranog na temperaturi 90°C, ima veću



čvrstinu nego jogurt proizveden od UHT tretiranog mleka (Mottar et al., 1989). Manji viskozitet jogurta proizvedenog od UHT mleka se može pripisati manjem stepenu denaturacije proteina surutke (Parnell-Clunies et al., 1986; Mottar et al., 1989; Maćej et al., 2007). Viskozitet jogurta zavisi od veličine agregata izmenjenih kazeinskih micela, koji sa druge strane zavise od obima nastajanja kovalentnih SH/SS veza između kazeina i proteina surutke. Međutim, na čvrstinu jogurta utiču i kovalentne interakcije između kazeina i proteina surutke, kao i ostale nespecifične interakcije kao što su vodonične veze, elektrostatske i hidrofobne interakcije koje drže proteinski matriks (Ozer et al., 1998; Krzeminski et al., 2011).

Reološke karakteristike kiselog kazeinskog gela mogu se poboljšati dodatkom koncentrata proteina surutke (KPS) pre termičkog tretmana mleka (Lucey et al., 1999; Bikker et al., 2000). Dodavanjem KPS u mleko povećava se sadržaj denaturisanih proteina surutke koji se asociraju sa kazeinskim micelama, čime se poboljšava umreženost i čvrstina gela. Međutim, dodatak nativnih proteina surutke nakon termičkog tretmana mleka dovodi do lošije konzistencije jogurta (Amatayakul et al. 2006a,b; Guggisberg et al., 2007). Nativni proteini surutke ne doprinose formiranju proteinskog matriksa već učestvuju kao „destruktivni punioci“ (Sodini et al., 2004), „inertni punioci“ (Lucey et al., 1999) ili „inaktivni punioci“ (Tolstoguzov, 1995). Takođe, dodatak nativnih proteina surutke smanjuje modul elastičnosti kiselog kazeinskog gela (Paseephol et al., 2008), dok sa povećanjem sadržaja denaturisanih proteina surutke elastičnost kiselog kazeinskog gela raste (Bikker et al., 2000).

Smanjenje odnosa kazein/proteini surutke poboljšava konzistenciju kiselog kazeinskog gela. Prema Guggisberg et al. (2007) dodatak 2% KPS umesto iste količine obranog mleka u prahu poboljšava konzistenciju čvrstog jogurta. Takođe, sa povećanjem sadržaja proteina surutke vidljiva fermentacija počinje pri višim pH vrednostima koje se kreću u intervalu 5.25-5.5 (Cho et al., 1999; Lucey et al., 1999; Bikker et al., 2000; Anema et al., 2004;).

U istraživanjima Amatayakul et al. (2006b) i smanjenje odnosa kazein/proteini surutke dovelo je do smanjenja čvrstine jogurta. Ovakav rezultat autori objašnjavaju manjim sadržajem rastvorljivih denaturisanih proteina surutke, odnosno većim stepenom formiranja koagregata proteina mleka. Međutim, manji sadržaj kazeina je takođe verovatan razlog manje čvrstine gela.

Sa druge strane, istraživanja *Puvanenthiran et al. (2002)* su pokazala da smanjenje odnosa kazein/proteini surutke dovodi do formiranja čvršćeg gela finije strukture sa pravilno raspoređenim porama u proteinskom matriksu. Veća čvrstina gela u navedenim istraživanjima je posledica termičkog tretmana mleka pri pH=7.0. Naime, pH vrednost mleka pri termičkom tretmanu utiče na agregaciju proteina surutke i fizičke karakteristike jogurta. Prema *Vasbinder i de Kruif (2003)* pH vrednosti mleka veće od 6.55 dovode do formiranja rastvorljivih agregata denaturisanih proteina surutke, dok termički tretman mleka pri pH vrednostima manjim od 6.55 rezultira vezivanjem denaturisanih proteina surutke za kazeinske micelle, odnosno formiranjem koagregata proteina mleka. Smanjenje sadržaja rastvorljivih denaturisanih proteina surutke dovodi do smanjenja čvrstine jogurta (*Amatayakul, et al., 2006b*). Takođe, povećanje pH vrednosti mleka iznad 6.7 pre termičkog tretmana, dovodi do disocijacije  $\kappa$ -kazeina iz kazeinske micelle. Samim tim, manji je stepen formiranja kompleksa između kazeina i proteina surutke (*Anema i Klostermeyer, 1997; Anema et al., 2004*).

*Mačej et al. (1994, 1995)* su ispitivali mogućnost primene Na-kazeinata u proizvodnji ABT napitka i Buttermilka, i ustanovili njegovo povoljno dejstvo na reološka svojstva proizvoda, dok veće količine od 2% kazeinata imaju za posledicu neželjeno i nekontrolisano zgušnjavanje fermentisanih mleka (*Tamime i Robinson, 2000*).

Prema *Cho et al. (1999)* dodatak denaturisanih proteina surutke može dovesti do agregiranja masnih kapljica. Pri izoelektričnoj tački proteina surutke formiraju se agregati masnih kapljica koje su međusobno povezane proteinima surutke. Sa daljim sniženjem pH vrednosti agregati masnih kapljica se elektrostatičkim interakcijama povezuju sa proteinskim matriksom, što ima za posledicu formiranje umreženijeg i elastičnijeg gela.

Postinkubacione operacije imaju veliki uticaj na viskozitet tečnog jogurta. Iako se u završnoj fazi proizvodnje viskozitet tečnog jogurta smanjuje, tokom skladištenja dolazi do njegovog povećanja. Ovaj fenomen se naziva oporavljanje strukture (*Sodini et al., 2004; Renan et al., 2008, 2009*).

Poseban uticaj na mikrostrukturu i viskozitet gotovog proizvoda imaju bakterije koje produkuju egzopolisaharide, koji imaju ulogu stabilizatora. Viskozitet jogurta proizvedenog sa bakterijama koje stvaraju egzopolisaharide (Eps+ sojevi) dostiže više

vrednosti od jogurta proizvedenog sa Eps- sojevima (Bouzar et al., 1997). Međutim, bez obzira koji se tip kulture koristi, jogurt pokazuje tiksotropno ponašanje. Jogurt proizveden sa enkapsuliranim sojevima ima strukturu sa većim porama unutar proteinskog matriksa (Hassan et al., 1996b). Korišćenjem Eps+ sojeva dobija se mekši proteinski matriks u kome se stvaraju veze između bakterija, egzopolisaharida i proteina, pri čemu su ove veze jače nego veze koje se formiraju između protein (Hassan et al., 1996a,b; Hess et al., 1997).

### 2.2.3. Sinerezis kiselog kazeinskog gela

Kiseli kazeinski gel je dinamičan sistem u kome dolazi do prekidanja veza između kazeinskih čestica i formiranja novih veza, što dovodi do lokalnog skupljanja proteinskog matriksa i izdvajanja tečne faze iz gela (Lucey et al., 1997b). Ova pojava naziva se sinerezis i nepoželjna je kod fermentisanih mlečnih napitaka, naročito kod čvrstog jogurta (Walstra et al., 1999). Sklonost kiselomlečnih proizvoda ka sinerezisu zavisi od sadržaja suve materije mleka, prvenstveno od sadržaja proteina, vrste i količine dodatih stabilizatora, termičkog tretmana mleka, brzine i temperature acidifikacije, vrste upotrebene starter kulture i kiselosti koja nastaje kao rezultat delovanja bakterija mlečne kiseline (Kalab et al., 1983; Modler et al., 1983; Harwalkar i Kalab, 1986; Guinee et al., 1995; Lucey et al., 1997a, b, 1998a, b; Lucey, 2001; Amatayakul et al., 2006b).

Sa povećanjem sadržaja suve materije mleka, formirani kiseli kazeinski gel je čvršći i manje sklon izdvajanju surutke. Od koncentracije proteina zavisi umreženost lanaca, jer se sa povećanjem sadržaja proteina povećava i količina materijala koji učestvuju u formiranju trodimenzionalne mreže. Na taj način stvara se gušći proteinski matriks sa manjim porama (Harwalkar i Kalab, 1986; Amatayakul, et al., 2006b).

Za povećanje sadržaja suve materije mogu se koristiti proizvodi na bazi kazeina (obrano mleko u prahu, Na-kazeinat, Ca-kazeinat, koncentraciji i izolati proteina mleka) i proizvodi na bazi proteina surutke (koncentraciji i izolati proteina surutke). U zavisnosti od vrste i količine primenjenog proteinskog preparata, dolazi do promene odnosa kazein/proteini surutke u mleku, koja ima veliki uticaj na fizičke karakteristike jogurta.

Dodatak ingredijenata na bazi kazeina povećava čvrstinu gela i smanjuje sinerezis u čvrstom jogurtu, i povećava viskozitet tečnog jogurta u poređenju sa standardno proizvedenim jogurtom (*Guzmán-González et al., 2000*).

Prema *Bhullar et al. (2002)* jogurt proizveden od mleka kome je dodato 2% KPS pokazuje veći viskozitet i manji sinerezis, ali je gel znatno manje čvrstine u odnosu na jogurt proizveden na standardan način. Takođe, jogurt proizveden od mleka kome su dodati KPS pokazuje manju sklonost ka izdvajanju surutke u poređenju sa jogurtom proizvedenim od mleka kome su dodavani koncentraciji proteina mleka (*Guzmán-González et al., 1999, 2000*). *Puvanenthiran et al. (2002)* su takođe ustanovili manji sinerezis sa smanjenjem odnosa kazein/proteini surutke, što se može objasniti kompaktnijom strukturom gela u kome je povećan sadržaj inkorporirane slobodne vode. Manji stepen sinerezisa postiže se upotrebom KPS sa većim sadržajem proteina surutke (*Guinee et al., 1995*).

Na sinerezis kiselog kazeinskog gela utiče i režim termičke obrade mleka. U termički tretiranom mleku kome su dodati proteini surutke dolazi do formiranja koagregata proteina mleka pa su proteini surutke u većem obimu uklopljeni u kiseli kazeinski gel i na taj način utiču na fizičke karakteristike gela. Jogurt proizveden od termički tretiranog mleka ne pokazuje sinerezis i samo mali deo surutke se može izdvojiti centrifugiranjem, jer je veći deo vode čvrsto vezan sa izmenjenom kazeinskom micelom. Nasuprot tome, jogurt proizveden od termički netretiranog mleka, pokazuje značajno izdvajanje surutke (*Kalab et al., 1983; Harwalkar i Kalab, 1986; Parnell-Clunies et al., 1986*). Stabilnost jogurta proizvedenog od termički tretiranog mleka se može objasniti povećanjem hidratisanosti kazeinskih micela, koje nakon termičkih tretmana vezuju dva puta više vode (*Torado de la Fuente i Alais, 1975; Mottar et al., 1989*).

Prema *Parnell-Clunies et al. (1986)* jogurt proizveden od termički tretiranog mleka (82°C/10 min) ima manju sposobnost vezivanja vode i niži stepen hidratisanosti kazeinskih micela nego jogurt proizveden od HTST i UHT tretiranog mleka, a veću u odnosu na netretirano mleko.

Temperatura na kojoj se vrši fermentacija, takođe ima veliki uticaj na sinerezis kiselog kazeinskog gela. Prema *Lee i Lucey (2004)* niže temperature inkubacije (36°C) dovode do formiranja jogurta koji ima manji sinerezis.

pH vrednost jogurta takođe utiče na sinerezis jogurta. Kada se ispitivanja vrše metodom drenaže, jogurt koji ima pH vrednost 4.5 pokazuje manju sklonost ka izdvajanju surutke u poređenju sa jogurtom čija je pH vrednost manja od 4.0. Pri nižoj pH vrednosti veća je hidratisanost i voluminoznost kazeinskih micela, kao i pozitivno naelektrisanje unutar njih, što dovodi do intermolekularnog odbijanja. Kao rezultat intermolekularnog odbijanja, pore unutar proteinskog matriksa su veće što doprinosi većem izdvajanju surutke metodom drenaže (*Harwalkar i Kalab, 1986*). Međutim, ispitivanjem sinerezisa korišćenjem centrifugalne sile, veći sinerezis pokazuje jogurt čija je pH vrednost 4.5, što se prema *Harwalkar i Kalab (1986)* može objasniti većom čvrstinom jogurta sa  $pH < 4.0$ , i većom sposobnošću proteinskog matriksa da se odupre dejstvu centrifugalne sile.

Prilikom mešanja, hlađenja i pakovanja tečnog jogurta dolazi do delimičnog rušenja strukture gela, što dovodi do kidanja veza unutar proteinskog matriksa i pojave sinerezisa. U zavisnosti od intenziteta i dužine trajanja spoljne sile, kazeinski matriks se transformiše u manje kazeinske agregate, koji u okviru svojih dimenzija i dalje zadržavaju elemente početne strukture gela, ali pokazuju i izvestan stepen izdvajanja surutke (*Puđa i Obradović, 1993*).

Egzopolisaharidi (EPS) se odlikuju velikom sposobnošću vezivanja vode (*Cerning, 1990; De Vuyst i Degeest, 1999; Broadbent et al., 2003*) i dovode do promena mikrostrukture jogurta (*Hassan et al., 1995, 2002*), što ima za posledicu smanjeni sinerezis jogurta (*Wacher-Rodate et al., 1993; Hess et al., 1997; Marshall i Rawson, 1999*). Prema *Hassan et al. (1996a)*, jogurti proizvedeni upotrebom pojedinih kapsuliranih ili nekapsuliranih  $Eps^-$  sojeva imaju istu sklonost ka sinerezisu, dok jogurt proizveden sa  $Eps^+$  sojevima ima najmanju sklonost ka izdvajanju surutke.

### 2.3. KOZIJE MLEKO

Kravljeg mleka u svetu po količini ima najviše pa se ono uglavnom i koristi kako kao konzumno, tako i u proizvodnji svih mlečnih proizvoda. Iako kozije mleko čini svega 2% ukupne svetske proizvodnje mleka, zbog njegovih nutritivnih i terapijskih svojstava, kozije mleko i proizvodi od ovog mleka dobijaju sve veći značaj

u ishrani. Samim tim, u poslednjim decenijama i proizvodnja kozijeg mleka u svetu beleži porast.

Ukupna svetska populacija koza je u zadnjih 30 godina povećana sa 470 miliona grla na 860 miliona grla, dok je proizvodnja kozijeg mleka porasla sa 7 na 15 miliona tona (FAOSTAT, 2008). Međutim, s obzirom da se proizvodnja kozijeg mleka dobrim delom obavlja i u neregistrovanim domaćinstvima, naročito u zemljama u razvoju, verovatno je ukupan broj koza i količina mleka značajno veća u odnosu na zvanične statističke podatke (Ribeiro i Ribeiro, 2010). Najveći proizvođači kozijeg mleka u svetu su Kina i Indija, dok su u Evropi najveći proizvođači Grčka, Francuska, Italija i Španija, a većina tog mleka koristi se za proizvodnju sireva (Božanić et al., 2002; Park i Guo, 2006). U ukupnoj svetskoj proizvodnji kozijeg mleka Evropa učestvuje sa 17%, iako se svega 3% svetske populacije koza gaji u Evropi. Za ovakvu evropsku produkciju kozijeg mleka zaslužne su mlečne rase koza (alpska i sanska) koje u laktaciji proizvode od 500 do 800 litara mleka (Antunac i Samaržija, 2000; Haenlein, 2006).

Kozije mleko se razlikuje od kravljeg mleka po hemijskom sastavu, većoj svarljivosti, alkalnosti, pufrenom kapacitetu i određenom terapeutskom dejstvu (Park, 1994, 2006). Takođe, kozije mleko može se koristiti kao zamena za kravlje kod osoba koje su sklone alergijama ili netolerantne na kravlje mleko (Antunac et al., 2000; Park et al., 2007; Amigo i Fontecha, 2011).

### 2.3.1. Hemijski sastav kozijeg mleka

Po osnovnom hemijskom sastavu kozije mleko je slično kravljem. Kao i kod kravljeg, hemijski sastav kozijeg mleka zavisi od rase, ishrane, redosleda i stadijuma laktacije, ambijentalnih uslova, godišnjeg doba i dr. (Haenlein, 2006; Park et al., 2007).

Prosečno kozije mleko sadrži 12,2% suve materije: 3,8% mlečne masti, 3,5% proteina, 4,1% laktoze i 0,8% mineralnih materija (Park, 2006). Sadržaj masti, proteina i suve materije je najveći na početku laktacije, opada i dostiže minimum tokom drugog i trećeg meseca, a zatim raste do kraja laktacionog perioda kada se količina mleka smanjuje (Božanić et al., 2002; Park, 2006).

### 2.3.1.1. Proteini

Kozije mleko sadrži 3.0-4.5% proteina (*Jandal, 1996; Antunac et al., 2000; Amigo i Fontecha, 2011*). Osnovni proteini kozijeg mleka su:  $\beta$ -kazein,  $\alpha_{s2}$ -kazein,  $\kappa$ -kazein,  $\beta$ -laktoglobulin i  $\alpha$ -laktalbumin. Ovi proteini nazvani su prema odgovarajućim proteinima kravljeg mleka usled njihove sličnosti u sastavu i osobinama. Ukupni sadržaj kazeina u kozijem mleku nešto je niži u odnosu na kravlje mleko i kreće se u intervalu 15.8-26 g/L (*Park, 2006*). Na osnovu elektroforetske pokretljivosti pod standardnim uslovima utvrđeno je da je glavna komponenta kozijeg kazeina  $\beta$ -kazein i čini 50% ukupnog kazeina. U pogledu sadržaja  $\alpha_{s1}$ - i  $\alpha_{s2}$ -kazeina postoji značajna razlika između kozijeg i kravljeg mleka. Kozije mleko sadrži znatno manje količine  $\alpha_{s1}$ -kazeina što smanjuje njegova alergena svojstva (*Park i Guo, 2006; Raynal-Ljutovac et al., 2008*). Takođe, kozije mleko ima veći sadržaj  $\alpha_{s2}$ -kazeina u odnosu na kravlje mleko (*Park, 2006*).

Kozije mleko karakteriše i veći sadržaj proteina surutke i neproteinskog azota u odnosu na kravlje mleko, zbog čega ovo mleko ima veći puforni kapacitet od kravljeg mleka, što je jedan od razloga za sporiji pad pH vrednosti tokom fermentacije (*Antunac et al., 2000; Božanić et al., 2002; Sarić et al., 2005; Park and Guo, 2006*). Prema *Pešić et al. (2011)* odnos proteini surutke/kazein u kozijem mleku je veći u odnosu na kravlje mleko (0.34 nasuprot 0.24).

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 kozjeg mleka (*Herrero i Requena, 2006; Park i Guo, 2006*).

#### 2.3.1.1.1. $\alpha_{s1}$ -kazein

Kozije mleko pokazuje značajne varijacije u sadržaju  $\alpha_{s1}$ -kazeina od 3.5 g/L do svega 0 g/L (*Park, 2006*), za razliku od kravljeg mleka u kome je  $\alpha_{s1}$ -kazein dominantana kazeinska frakcija (*Farrell et al., 2004*). Do danas, je identifikovano 18 različitih genetskih varijanti  $\alpha_{s1}$ -kazeina koje ispoljavaju različit stepen sinteze u kozijem mleku (*Devold et al., 2011*). Na osnovu koncentracije  $\alpha_{s1}$ -kazeina u mleku,

genetske varijante se mogu klasifikovati u četiri grupe: od nule (null  $\alpha_{s1}$ -CN), preko niske (low  $\alpha_{s1}$ -CN) i srednje (intermediate  $\alpha_{s1}$ -CN) do jake (strong  $\alpha_{s1}$ -CN). Prvoj grupi pripadaju genetske varijante O1, O2 i N koje ne učestvuju u sintezi ovog proteina u mleku; drugoj grupi pripadaju varijante D, F i G koje karakteriše sadržaj od 0.45 g/L; u treću grupu spadaju varijante koje se sintetišu u količini od 1.1 g/L, E i I; a u četvrtu A, B1, B2, B3, B4, Bk, C, H, L i M koje se sintetišu do nivoa od 3.5 g/L (Gómez-Ruiz *et al.*, 2004; Marletta *et al.*, 2007; Moatsou *et al.*, 2008; Devold *et al.*, 2011). Genetska varijanta B1 je najbližnja  $\alpha_{s1}$ -kazeinu kravljeg mleka (Amigo i Fontecha, 2011).

Kozije mleko koje ima jake genetske varijante  $\alpha_{s1}$ -kazeina, a samim tim i veći sadržaj  $\alpha_{s1}$ -kazeina, karakteriše veći sadržaj ukupnih proteina, mlečne masti, kalcijuma, niža pH vrednost i manje kazeinske micelle u poređenju sa mlekom u kome su prisutne srednje, niske i nula genetske varijante  $\alpha_{s1}$ -kazeina (Devold *et al.*, 2011). Ovakvo mleko je pogodnije za proizvodnju sireva zbog većeg randmana i veće čvrstine gruš, iako veća količina  $\alpha_{s1}$ -kazeina proužava vreme koagulacije (Clark i Sherbon, 2000).

Gorak ukus koji nastaje dejstvom proteaza na kazein kozijeg mleka manje je izražen u odnosu na kravlje mleko, što ukazuje na značajnije manji sadržaj ili potpuno odsustvo  $\alpha_{s1}$ -kazeina u kozijem mleku (Haenlein, 2004). Kao posledica ovog, dodatak kravljeg mleka kozijem i u količini od 1% može se detektovati primenom elektroforeze (Jandal, 1996; Park, 2006).

#### 2.3.1.1.2. $\alpha_{s2}$ -kazein

U kozijem mleku je identifikovano sedam genetskih varijanti  $\alpha_{s2}$ -kazeina koje pokazuju različite nivoe sinteze. Prema nivou sinteze u mleku sve varijante svrstane su u tri grupe: nula, srednja i normalna sinteza  $\alpha_{s2}$ -kazeina. Genetske varijante A, B, C, E i F razlikuju se u supstituciji jedne aminokiseline i pripadaju jakoj (strong) grupi koju karakteriše sinteza oko 2.5 g/L (Marletta *et al.*, 2007). D varijanta sintetiše se do nivoa 1.5 g/L, dok O genetsku varijantu karakteriše odsustvo sinteze (Vacca *et al.*, 2009). Masenom spektroskopijom utvrđeno je da svaka varijanta  $\alpha_{s2}$ -kazeina u kozijem mleku egzistira u dve forme: glavna koja ima 207 aminokiselinskih ostataka i sporedna, koja ima 9 aminokiselinskih ostataka manje (Marletta *et al.*, 2007). Referentni protein je  $\alpha_{s2}$ -CN A 11-P, molekulske mase 25.599 (Trujillo *et al.*, 2000).



#### 2.3.1.1.3. $\beta$ -kazein

Dominantna frakcija kod kozijeg mleka je  $\beta$ -kazein koji prema *Park-u (2006)* čini 54.8% ukupnog kazeina kozijeg mleka, dok *Neveu et al. (2002)* navode da sadržaj ove elektroforetske komponente kazeina u kozijem mleku iznosi 60%.  $\beta$ -kazein ima veliki broj genetskih varijanti što otežava njihovo razdvajanje primenom gel elektroforeze. Prema *Caroli et al. (2006)* postoji šest genetskih varijanti ovog proteina: A, B, C, D, O i O', koje se razlikuju u supstituciji određenih aminokiselina, a najzastupljenije genetske varijante su A i C.

A varijanta  $\beta$ -kazeina može se razdvojiti od B, C i D varijanti primenom alkalne gel elektroforeze, dok se A varijante međusobno mogu razdvojiti korišćenjem kisele gel elektroforeze.

Primarna struktura  $\beta$ -kazeina je određena, a molekulska masa ove elektroforetske komponente kazeina iznosi 23.980 Da (*Park, 2006*).

#### 2.3.1.1.4. $\kappa$ -kazein

U pogledu sadržaja i strukture ne postoje značajnije razlike između  $\kappa$ -kazeina kozijeg mleka i  $\kappa$ -kazeina kravljeg mleka.  $\kappa$ -kazein je jedina komponenta kazeina kozijeg mleka čija je sekvenca aminokiselina u potpunosti određena (*Park, 2006*). Kao i u kravljem mleku, familija  $\kappa$ -CN kozjeg mleka sastoji se, od jedne glavne komponente i nekoliko sporedinih koje se razlikuju u stepenu fosforilacije i glikozilacije (*Trujillo et al., 2000*). Za razliku od  $\kappa$ -CN kravljeg mleka koji se sastoji od 169 aminokiselinskih rezidua,  $\kappa$ -CN kozijeg mleka sadrži 171 aminokiselinski ostatak, pri čemu su na pozicijama 132 i 133 dodatno vezani valin i histidin (*Yahyaoui et al., 2003; Park, 2006*). Kao i  $\kappa$ -CN kravljeg mleka,  $\kappa$ -CN kozijeg mleka na pozicijama 105 i 106 sadrži fenilalanin i metionin, čime je omogućeno hidrolitičko dejstvo himozina kojim nastaju para- $\kappa$ -kazein (rezidue 1-105) i glikomakropeptid (rezidue 106-171). Molekulska masa  $\kappa$ -CN iznosi oko 19.000 Da. Postoje dve genetske varijante A i B, koje primenom SDS- i Urea-PAGE pokazuju manju elektroforetsku pokretljivost od  $\beta$ -CN. Slabija pokretljivost  $\kappa$ -kazeina može se objasniti različitim sadržajem ugljenih hidrata koji se kreće od nula do 5 ugljenohidratnih lanaca (*Park, 2006*).

#### 2.3.1.1.5. Proteini surutke

Najvažniji proteini surutke kozijeg mleka su  $\beta$ -laktoglobulin,  $\alpha$ -laktalbumin, albumin krvnog seruma, imunoglobulini i proteozo-peptonska frakcija.

Koziji  $\beta$ -laktoglobulin se kao i kravljji sastoji od polipeptidnog lanca koji čine 162 aminokiseline molekulske mase 18.180 Da (*Trujillo et al., 2000*). Razlikuje se od kravljeg  $\beta$ -laktoglobulina B na šest pozicionih mesta uključujući oba terminalna aminokiselinska ostatka. N-terminalni Leu koji se nalazi u kravljem  $\beta$ -laktoglobulinu B zamenjen je Ile, Asp 53→Asn, Asp 130→Lys, Ser 150→Ala, Glu 158→Gly i Ile 162→Val (*Park, 2006*). Ovakva struktura kozjeg  $\beta$ -laktoglobulina ima tri negativno naelektrisane grupe manje i jednu pozitivno naelektrisanu grupu više u poređenju sa kravljim  $\beta$ -laktoglobulinom pri pH vrednostima u opsegu 5-9, čime se objašnjava sporija elektroforetska pokretljivost kozijeg  $\beta$ -laktoglobulina. Usled strukturne razlike, koziji  $\beta$ -laktoglobulin je znatno podložniji denaturaciji pod uticajem uree. Genetska varijanta A  $\beta$ -laktoglobulina ima izračunatu molekulsku masu 18.362 Da i samo jednu sulfhidrilnu grupu po molekulu.  $\beta$ -laktoglobulin kozijeg mleka postoji u genetskim varijantama A, B, C i D koje se međusobno razlikuju po supstituisanim aminokiselinama na različitim pozicijama (*Park, 2006*).

Prema *Trujillo et al. (2000)* kod  $\alpha$ -laktalbumina kozijeg mleka do danas nisu ustanovljene genetske varijante. Kao i  $\alpha$ -laktalbumin kravljeg mleka sastoji se od polipeptidnog lanaca u čiji sastav ulazi 123 aminokiselinska ostatka. Od  $\alpha$ -laktalbumina kravljeg mleka razlikuje se na poziciji 10 u polipeptidnom lancu, gde se umesto Arg nalazi Gln. Nasuprot tome, prema *Park (2006)* i *Amigo i Fontecha (2011)* postoje dve genetske varijante  $\alpha$ -laktalbumina: A i B. N-terminalna aminokiselinska rezidua je Lys ili Ala (*Amigo i Fontecha, 2011*).

Albumin krvnog seruma u kozijem mleku ima molekulsku masu 66.267 Da i čini ga jedan polipeptidni lanac sa jednom slobodnom sulfhidrilnom grupom na poziciji 34 i 17 intermolekulskih disulfidnih veza. N-terminalna aminokiselinska rezidua je Asp, a C-terminalna aminokiselinska rezidua je Ala (*Park, 2006*).

Iz kozijeg mleka izolovani su sledeći imunoglobulini: IgG, IgA i IgM (*Park, 2006*).

#### 2.3.1.1.6. Nепroteinski azot

Kozije mleko sadrži 8.7% neproteinskog azota, što je 3.5% više u odnosu na kravljeg mleko. Nепroteinski azot sastoji se od nekoliko azotnih jedinjenja kao što su amonijak, urea, kreatinin, keratin, urinska kiselina, i dr. (Park, 2006).

#### 2.3.1.1.7. Minorni proteini

Sadržaj laktoferina, transferina i prolaktina u kozijem mleku sličan je kao kod kravljeg mleka, pri čemu se sadržaj laktoferina i transferina u obe vrste mleka kreće u opsegu 20-200  $\mu\text{g/mL}$ , dok sadržaj prolaktina u kozijem mleku iznosi prosečno 44  $\mu\text{g/ml}$ , a u kravljem 50  $\mu\text{g/mL}$  (Amigo i Fontecha, 2011). U odnosu na kravlje, kozije mleko ima veći sadržaj folat-vezujućeg proteina koji prosečno iznosi 12  $\mu\text{g/mL}$ . Folat-vezujući protein je glikoprotein koji sadrži oko 22% ugljenih hidrata i vezuje 9.2  $\mu\text{g}$  folne kiseline/mg proteina (Park, 2006). Kao i kravlje mleko, kozije mleko takođe sadrži proteozo-peptonsku frakciju.

#### 2.3.1.2. Karakteristike kazeinskih micela

U poređenju sa kazeinskim micelama kravljeg mleka, kazeinske micelle kozijeg mleka sadrže više kalcijuma i neorganskog fosfora, manje su rastvorljive i manje termički stabilne. Takođe, disocijacija  $\beta$ -kazeina iz micela kozijeg mleka je veća u odnosu na kazeinske micelle kravljeg mleka (Park, 2007; Park et al., 2007). Dijametar kazeinskih micela kozijeg mleka je prosečno 260 nm, odnosno oko 80 nm veći u poređenju sa kazeinskim micelama kravljeg mleka (Park et al., 2007). Prosečna veličina kazeinskih micela raste sa smanjenjem udela  $\kappa$ -kazeina (Heth i Swaisgood, 1982; Donnelly et al., 1984; Dalgleish et al., 1989). S obzirom da kozije mleko ima specifičan polimorfizam  $\alpha_{s1}$ -kazeina koji utiče na njegovu zastupljenost u mleku, varijacije u sadržaju ove elektroforetske komponente kazeina utiču na sastav i dijametar kazeinskih micela (Grosclaude et al., 1994; Pierre et al., 1995). Sa smanjenjem sadržaja  $\alpha_{s1}$ -kazeina dijametar, kao i hidratisanost kazeinske micelle kozijeg mleka raste (Devold et al., 2011). Glavni nosilac strukture kazeinske micelle kozijeg mleka je najhidrofobniji

kazein,  $\beta$ -kazein. S obzirom da su kazeinske micelle kozijeg mleka relativno velike, količina  $\kappa$ -kazeina nije dovoljna za pokrivanje celokupne površine. Zbog toga se na površini kazeinskih micela pored  $\kappa$ -kazeina nalaze se i  $\alpha_{s2}$ - i  $\beta$ -kazein. Pored toga,  $\alpha_{s2}$ -kazein je najhidrofiliniji kazein od svih kazeina, tako da je sasvim moguće očekivati njegovu lokaciju bliže površini micelle, dok je  $\beta$ -CN, kao najzastupljeniji i nosioc strukture micelle, primoran da bude u nekom stepenu bliže površini (Pešić *et al.*, 2012).

Razlika između kazeinskih micela kozijeg i kravljeg mleka zabeležena je i nakon termičkog tretmana mleka. Istraživanja Devold *et al.* (2011) su pokazala da se dijametar kazeinskih micela kozijeg mleka nakon termičkog tretmana 90°C/30 min povećava za 10-17 nm u zavisnosti od sadržaja  $\alpha_{s1}$ -kazeina, za razliku od kazeinskih micela kravljeg mleka kod kojih je zabeležen porast prečnika od 40 nm. Prema Raynal i Remeuf (1998) nakon termičkog tretmana kozijeg mleka na 85°C/10 min dijametar kazeinskih micela se povećava 1.25 puta. Pešić *et al.* (2012) su ispitivali uticaj termičkog tretmana 90°C/10 min na interakcije između kazeina i proteina surutke i zaključili da je nakon termičkog tretmana više od 95% proteina surutke denaturisano i u visokom procentu agregirano sa  $\kappa$ -,  $\alpha_{s2}$ - i  $\beta$ -kazeinom. Prema ovim autorima, kazeinska micela, na neki način, imobilise denaturisane proteine surutke ne samo na svojoj površini, već jednim delom i u unutrašnjosti.

Kozije mleko ima veći sadržaj rastvorljivog kazeina nego kravlje mleko. Na 20°C kozije mleko sadrži 10%, a kravlje mleko svega 1% rastvorljivog kazeina. Snižanjem temperature na 5°C, sadržaj rastvorljivog kazeina raste do 25% u kozijem, odnosno do 10% u kravljem mleku (Park *et al.*, 2007). Hlađenjem mleka dolazi do delimičnog rastvaranja koloidnog kalcijum fosfata i  $\beta$ -kazeina, pri čemu  $\beta$ -kazein kozijeg mleka ima veću rastvorljivost nego  $\beta$ -kazein kravljeg mleka.

Manji sadržaj kazeina, kao i manji udeo  $\alpha_s$ -kazeina i veličina kazeinskih micela su odgovorni za slabu teksturu jogurta od kozijeg mleka. Takođe, usled većeg sadržaja jonskog kalcijuma, termička stabilnost kozijeg mleka značajno je manja u odnosu na kravlje mleko (Montila i Calvo, 1997; Park, 2006; Park *et al.*, 2007).

### 2.3.1.3. Mlečna mast

#### 2.3.1.3.1. Osnovne karakteristike mlečne masti

Jedna od najznačajnijih razlika između kravljeg i kozijeg mleka je u fizičko-hemijskoj strukturi i sastavu mlečne masti. Prosečan dijametar masnih kapljica kozijeg mleka je 3.5  $\mu\text{m}$ , pri čemu je 65% masnih kapljica prečnika manjeg od 3  $\mu\text{m}$ , dok prečnik masnih kapljica kravljeg mleka prosečno iznosi 4.5  $\mu\text{m}$  (Park et al., 2007). Manje globule masti kozijeg mleka su bolje dispergovane, i imaju veću ukupnu površinu u odnosu na kravlje mleko. Time se može objasniti veća svarljivost masti kozijeg mleka (Božanić et al., 2002; Park, 2006). Takođe, manjim prečnikom masnih kapljica objašnjava se slabija sklonost kozijeg mleka ka izdvajanju na površini. Sporije izdvajanje pavlake na površini može se objasniti i nedostatkom aglutinina u kozijem mleku (Jandal, 1996; Attaie i Richter, 2000; Park, 2006; Amigo i Fontecha, 2011).

Od ukupnih masti kozijeg mleka 97-99% čine proste masti, dok složenih masti ima svega 1-3%. Sastav prostih lipida kozijeg mleka sličan je kao kod kravljeg mleka. Proste lipide kozijeg mleka čine trigliceridi – 96.8%, digliceridi – 2.2% i monogliceridi – 0.9%, dok u sastav složenih lipida ulaze neutralni lipidi – 46.8% i polarni lipidi – 53.2% (8.5% glikolipidi i 44.7% fosfolipidi). Glikolipidi čine 16% ukupnih lipida kozijeg mleka. Kvantitativnom analizom polarnih lipida kozijeg mleka utvrđeno je da se sastoji iz 35.4% fosfatidil etanolamina, 3.2% fosfatidil serina, 4.0% fosfatidil inositola, 28.2% fosfatidil holina i 29.2% sfingomijelina (Park, 2006).

#### 2.3.1.3.2. Masne kiseline u kozijem mleku

U odnosu na kravlje mleko, ukupni lipidi kozijeg mleka imaju veći sadržaj mononezasićenih i polinezasićenih masnih kiselina, kao i triglicerida srednjeg lanca (Haenlein, 2004). Takođe, kozije mleko karakteriše i veći sadržaj masnih kiselina kratkog i srednjeg lanca. U odnosu na kravlje, kozije mleko sadrži dva puta više kapronske, kaprilne i kaprinske kiseline (Tabela 3). Ove tri kiseline čine 20% masnih kiselina u kozijem mleku, za razliku od 6% koliko ih ima u kravljem mleku, i utiču na specifičan ukus kozijeg mleka (Jandal, 1996; Slačanac et al., 2010). Kvantitativno pet

najzastupljenijih masnih kiselina (C16:0, C18:1, C10:0, C14:0, i C18:0) čine više od 75% ukupnih masnih kiselina u kozijem mleku (Alonso et al., 1999). Takođe, odnos laurinska:kaprinska kiselina kozijeg mleka iznosi 0.46 i znatno je niži u odnosu na kravlje mleko (1.16). Sadržaj trans-C18:1 masnih kiselina u kozijem mleku je niži u odnosu na kravlje mleko (Alonso et al., 1999; Sanz Ceballos et al., 2009). Istraživanja Alonso et al., (1999) su pokazala da mast kozijeg mleka takođe sadrži masne kiseline razgranatog lanca koje proizvodima daju karakterističan ukus. Ova grupa autora je kvantifikovala 36 masnih kiselina razgranatog lanca (većinom monometilovanih), čiji je sadržaj iznosio >0.1%. Monometil-razgranata supstitucija na C4 i C6 atomu u masnim kiselinama prisutna je u kozijem, ali ne i u kravljem mleku (Haenlein, 2004). U odnosu na kravlje, kozije mleko sadrži više glicerol etara, ali ima niži sadržaj pirimidin karboksilne kiseline (Park, 2006).

Tabela 3. Maseni udeo masnih kiselina u kozijem i kravljem mleku (Jandal, 1996)

Masne kiseline	Kozije mleko	Kravlje mleko
C4:0 maslačna	2.6	3.3
C6:0 kapronska	2.9	1.6
C8:0 kaprilna	2.7	1.3
C10:0 kaprinska	8.4	3.0
C12:0 laurinska	3.3	3.1
C14:0 miristinska	10.3	9.5
C16:0 palmitinska	24.6	26.5
C18:0 stearinska	12.5	14.6
C18:1 oleinska	28.5	29.8
C18:2 linoleinska	2.2	2.5

#### 2.3.1.3.2.1. Konjugovana linolna kiselina u kozijem mleku

Konjugovana linolna kiselina (CLA) poseduje antikancerogena i antioksidativna svojstva, a takođe štiti od osteoporoze i smanjuje količinu masnog tkiva. CLA predstavlja smešu pozicionih i geometrijskih izomera linolne kiseline (S18:2) koji sadrže konjugovane nezasićene dvostruke veze. Najzastupljeniji izomer konjugovane linolne kiseline u mleku i mlečnim proizvodima sa oko 82% od ukupnih izomera je *cis*-9, *trans*-11-oktadekadienska kiselina (Park, 2006). Prema Sanz Ceballos et al. (2009)

ukupan sadržaj CLA u kozijem mleku je 35.75 mg/100g mleka, što je 134% više u odnosu na kravlje mleko.

#### 2.3.1.3.2.2. Slobodne masne kiseline u kozijem mleku

Sadržaj slobodnih masnih kiselina u kozijem mleku varira u zavisnosti od vrste i stadijuma laktacije, pri čemu je najviši u sredini laktacionog perioda. Prosečan sadržaj slobodnih masnih kiselina u kozijem mleku iznosi 3.11  $\mu\text{eq/mL}$ , dok kravlje mleko ima nešto niži sadržaj slobodnih masnih kiselina - 3.0  $\mu\text{eq/mL}$  (Park, 2006). Vrsta i količina slobodnih masnih kiselina je slična u kravljem, ovčijem i kozijem mleku. Za specifičan miris i ukus kozijeg mleka odgovorne su kaprilna i kaprinska kiselina čiji je udeo u ukupnim slobodnim masnim kiselinama kozijeg mleka veoma visok.

Izraženiji ukus kozijeg mleka takođe je posledica veće lipazne aktivnosti. Naime, kod kozijeg mleka, 46% lipaze se nalazi u sastavu mlečne 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 et al., 2000). Usled različite distribucije lipaze, kozije mleko je znatno podložnije spontanoj lipolizi u odnosu na kravlje mleko. Takođe, u kozijem mleku postoji značajna korelacija između spontane lipolize i aktivnosti lipoprotein lipaze (Park, 2006).

#### 2.3.1.3.3. Holesterol u kozijem mleku

Sadržaj holesterola u kozijem mleku varira u granicama 10-20 mg/100 mL mleka. Kao i u kravljem, holesterol se u kozijem mleku najvećim delom nalazi u slobodnom obliku, dok se svega 4% holesterola nalazi u obliku estara. U odnosu na kravlje mleko, estarski oblik holesterola kozijeg mleka ima veći sadržaj palmitinske i oleinske kiseline (Park, 2006).

#### **2.3.1.4. Ugljeni hidrati kozijeg mleka**

Osnovni ugljeni hidrat kozijeg mleka je laktoza čiji je sadržaj za 0.2-0.5% niži u odnosu na kravlje mleko. Kravlje mleko sadrži male količine monosaharida i oligosaharida, ali njihovo prisustvo u kozijem mleku nije utvrđeno (*Park, 2006*).

#### **2.3.1.5. Enzimi**

Kozije mleko prosečno sadrži 25 µg/mL lizozima (*Amigo i Fontecha, 2011*) i 425 µg/mL ribonukleaze (*Park, 2006*). Sadržaj alkalne fosfataze u kozijem mleku kreće se u opsegu 11-13 mg/L. Inaktivacija ovog enzima u kozijem mleku odvija se na temperaturi od oko 45°C, što praktično znači da se ne može koristiti kao pokazatelj efektivnosti pasterizacije kozijeg mleka. Prisustvo kisele fosfataze je takođe utvrđeno u kozijem mleku. Ksantin oksidaza kozijeg mleka sadrži više asparaginske kiseline, glutaminske kiseline, prolina i glicina, i manje serina u odnosu na kravlju ksantin oksidazu (*Park, 2006*). Kozije mleko sadrži manje lipaze u odnosu na kravlje mleko.

#### **2.3.1.6. Mineralne materije**

Sadržaj mineralnih materija u kozijem mleku veći je u odnosu na kravlje mleko i kreće se u granicama 0.70-0.85% (*Jandal, 1996*). Količina makroelemenata i elemenata u tragovima u kozijem mleku varira u zavisnosti od rase, ishrane, zdravstvenog stanja životinje i stadijuma laktacije (*Rodríguez Rodríguez et al., 2002; Park et al., 2007*). U poređenju sa kravljim, kozije mleko sadrži više kalcijuma, fosfora, kalijuma, magnezijuma i hlora, usled čega je njegov ukus blago slan (*Sanz Ceballos et al., 2009; Amigo i Fontecha, 2011*). S obzirom da krajem laktacije kozije mleko sadrži više mineralnih materija, slanost je izraženija (*Božanić et al., 2002*). Prosečan sadržaj Ca u kozijem mleku iznosi 134 mg/100 g, dok je prosečan sadržaj fosfora 121 mg/100 g (*Park et al., 2007; Amigo i Fontecha, 2011*). Na sadržaj kalijuma koji prosečno iznosi 1.5-1.8 g/L ne utiče stadijum laktacije. Od elemenata u tragovima u kozijem mleku najzastupljeniji je cink čiji prosečni sadržaj iznosi 0.56 mg/100g mleka, dok prosečan sadržaj Mn, Cu i Fe iznosi 0.032, 0.05 i 0.07 mg/100g (*Park et al., 2007*). Kozije mleko



takođe ima veći sadržaj selena u poređenju sa kravljim mlekom. Prosečno, sadržaj selena u kozijem mleku iznosi 1.33 mg/100g mleka, a manje od 3% selena je vezano za lipidnu frakciju mleka. Takođe, kozije mleko sadrži prosečno 12.4 µg/L molibdena, što je dva puta manje nego u kravljem mleku (Park, 2006).

### 2.3.1.7. Vitamini

Kozije mleko ima veći sadržaj vitamina A u odnosu na kravlje mleko. Kao posledica konverzije gotovo celokupnog β-karotena u vitamin A, kozije mleko je izrazito bele boje (Božanić et al., 2002). U odnosu na kravlje, kozije mleko sadrži pet puta manje količine folne kiseline i vitamina B<sub>12</sub>. Takođe, kozije mleko karakteriše nedostatak vitamina B<sub>6</sub>, C i D (Jandal, 1996; Park, 2006).

### 2.3.2. Fizičko-hemijske karakteristike kozijeg mleka

Kozije mleko ima veće vrednosti jednog broja u odnosu na kravlje mleko usled većeg sadržaja nezasićenih masnih kiselina. Takođe, kozije mleko ima nešto manji indeks refrakcije od kravljeg mleka (Amigo i Fontecha, 2011). Prema Raynal-Ljutovac et al. (2005) tačka mržnjenja kozijeg mleka je niža u poređenju sa kravljim mlekom i kreće se u intervalu od -0.537 do -0.576°C.

Tabela 4. Fizičko-hemijske karakteristike kozijeg i kravljeg mleka (Park et al., 2007; Amigo i Fontecha, 2011)

Karakteristika	Kozije mleko	Kravlje mleko
Specifična težina	1.029-1.039	1.023-1.039
Indeks refrakcije	1.450±0.39	1.451±0.35
Tačka mržnjenja (-°C)	0.540-0.573	0.530-0.570
Reichert Meissl-ov broj	29.16±0.77	24.02±1.17
Polenske-ov broj	1.80±0.35	1.3-1.4

S obzirom da kozije mleko ima veći sadržaj rastvorljivih isparljivih masnih kiselina i manji sadržaj nerastvorljivih masnih kiselina, Reichert Meissl-ov broj je veći, dok je Polenske-ov broj manji u odnosu na vrednosti kod kravljeg mleka (Park, 2006). Gustina kozijeg mleka je nešto veća od gustine kravljeg mleka, a usled većeg udela

proteina i drugačijeg rasporeda fosfata kozije mleko je alkalnije prirode od kravljeg (*Jandal, 1996*).

### 2.3.3. Nutritivna i terapijska vrednost kozijeg mleka

Nutritivnu vrednost kozijeg mleka određuje njegova energetska vrednost, sadržaj esencijalnih masnih i aminokiselina, sadržaj vitamina i mineralnih materija, kao i njegova svarljivost i apsorpcija pojedinih komponenata. Generalno, kozije mleko se u ljudskom organizmu svari za 40 minuta, dok je za varenje iste količine kravljeg mleka potrebno 2.5 h.

Energetska vrednost mleka iznosi oko 288 KJ/100g i približno je ista kao i za kravlje mleko (*Antunac et al., 2000*). Mast kozijeg mleka je svarljivija u odnosu na mast kravljeg mleka zbog većeg udela masnih kapljica manjeg dijametra. Takođe, ukupna površina masnih kapljica u kozijem mleku je veća, usled čega je dostupnija lipazi u probavnom traktu (*Jandal, 1996*). Kozije mleko je svarljivije i zbog svoje prirodne homogenizacije (manji prečnik masnih kapljica u poređenju sa kravljim mlekom). Prirodna homogenizacija kozijeg mleka je povoljnija po ljudsko zdravlje od mehaničke homogenizacije kravljeg mleka. Naime, prilikom homogenizacije mleka dolazi do usitnjavanja masnih kapljica iz kojih se pri tom oslobađa enzim ksantin-oksidaza koji kroz intestinalni zid prodire u krvotok i može da prouzrokuje oštećenja na srcu i arterijama. Ovo stimuliše organizam da oslobodi holesterol kako bi se oštećena područja zaštitila masnim materijalom, i ta pojava može dovesti do nastajanja arteroskleroze (*Božanić et al., 2002*). Nasuprot tome, u nehomogenizovanom mleku ksantin –oksidaza se izlučuje iz organizma bez apsorpcije.

U odnosu na kravlje, kozije mleko ima veći sadržaj masnih kiselina srednjeg lanca. Kaprilna, kapronska i kaprinska kiselina čine oko 20% masnih kiselina kozijeg mleka, za razliku od kravljeg u kojem njihov sadržaj iznosi oko 6% (*Jandal, 1996*; *Božanić et al., 2002*; *Slačanac et al., 2010*), dok ukupan sadržaj masnih kiselina srednjeg lanca iznosi oko 35% (*Jandal, 1996*; *Antunac et al., 2000*). Ove kiseline lipaza brže hidrolizuje i njihovo usvajanje je izraženije u odnosu na masne kiseline dugog lanca. Mogu se koristiti u lečenju nekih bolesti poput: crevne malapsorpcije, epilepsije, cistične fibroze, bolesti žuči i krvnih sudova (*Park, 1994*). Ove kiseline imaju i

jedinstvenu sposobnost da daju energiju, dok u isto vreme snižavaju, inhibiraju i otapaju naslage holesterola (*Jandal, 1996; Božanić et al., 2002*).

U odnosu na kravlje mleko, proteini kozijeg mleka su svarljiviji i efikasnija je apsorpcija amino kiselina. Alergije na kravlje mleko, koje su prisutne kod određenog broja osoba, potiču od proteina mleka, prvenstveno od  $\alpha$ -laktalbumina,  $\beta$ -laktoglobulina, ali i od  $\alpha_{s1}$ -kazeina. Usled niskog sadržaja ili potpunog odsustva  $\alpha_{s1}$ -kazeina u kozijem mleku, kao i zbog specifične strukture proteina surutke, oko 40% pacijenata alergičnih na kravlje mleko može da konzumira kozije mleko (*Park, 1994; Jandal, 1996; Božanić et al., 2002*). Smajeni sadržaj  $\alpha_{s1}$ -kazeina u kozijem mleku takođe utiče na formiranje mekšeg gruš koji je svarljiviji u odnosu na gruš kravljeg mleka (*Haenlein, 2004*).

Kozije mleko sadrži više selena i glutation-peroksidaze u odnosu na kravlje. Selen je neophodan za aktivnost ovog enzima koji vezuje slobodne radikale i pogoduje prevenciji karcinoma i bolesti krvnih sudova (*Božanić et al., 2002*).

Usled većeg sadržaja proteina, neproteinskog azota i fosfata, kozije mleko ima veći puferni kapacitet u odnosu na kravlje mleko (*Park, 1994; Ribeiro i Ribeiro, 2010*). Takođe, pH vrednost kozijeg mleka je nešto veća u poređenju sa kravljim, naročito u mleku sa većim sadržaj proteina, usled različitog rasporeda fosfata. Zbog ovih osobina, kozije mleko se može koristiti u ishrani ljudi koji imaju problema sa viškom želudačne kiseline (*Antunac et al., 2000*).

Nedostatak kozijeg mleka je mali sadržaj folne kiseline i vitamina B<sub>12</sub>, što može izazvati megaloblastičnu anemiju (*Park, 1994; Antunac et al., 2000*)

## 2.4. PRIMENA ULTRAZVUKA U TEHNOLOGIJI MLEKA

Standardni postupci proizvodnje hrane obuhvataju korišćenje termičkih tretmana (pasterizacija, sterilizacija), konzervanasa, fermentaciju, dehidrataciju, koncentrisanje, hlađenje i zamrzavanje. Svi navedeni postupci koriste se u cilju dobijanja bezbednog proizvoda visokog kvaliteta. Međutim, iako su ovi postupci efikasni u pogledu mikrobiološke ispravnosti, mogu dovesti do pogoršanja nutritivnih i senzornih karakteristika hrane. Danas je u svetu sve veća potražnja za hranom visokog kvaliteta koja je po svojim senzornim osobinama slična polaznoj sirovini, tj. u kojoj su u najvećoj

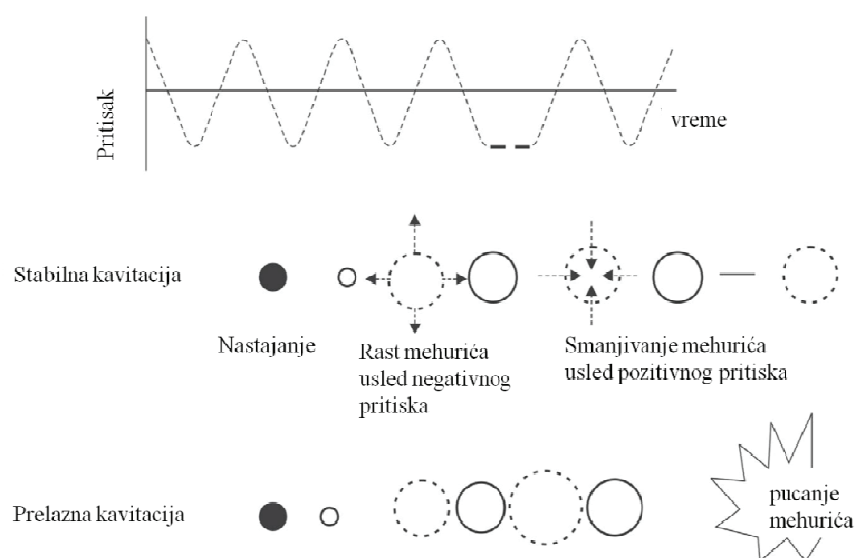
mogućoj meri sačuvane izvorne senzorne i nutritivne osobine polazne sirovine. Takva hrana poznata je pod nazivom “minimalno obrađena hrana” (Lelas, 2006). S tim u vezi, prehrambena industrija u zadnjih nekoliko godina pokazuje veliko interesovanje za razvoj postupaka koji omogućuju minimalnu obradu hrane, a koji bi pritom mogli unaprediti, ili čak i zameniti, neke standarne postupke proizvodnje, pri čemu se skraćuje trajanje tehnološkog procesa, postiže ušteda energije i dobijaju proizvodi visokog kvaliteta (Rodríguez et al., 2003; Herceg et al., 2009; Bermúdez-Aguire i Barbosa-Cánovas, 2011). Jedan od novijih postupaka obrade hrane, koji se može primeniti i u industriji mleka i mlečnih proizvoda, je i primena ultrazvuka.

Ultrazvuk se definiše kao zvuk frekvencije iznad 20 kHz. U zavisnosti od primene razlikuju se ultrazvuk niskog i visokog intenziteta (Herceg, 2009; Režek Jambrak et al., 2009; Jeličić et al., 2010):

- **ultrazvuk niskog intenziteta** (i visoke frekvencije): karakteriše se frekvencijom od 1 do 10 MHz i malom snagom (manje od  $1 \text{ W/cm}^2$ ), ne uzrokuje nikakve hemijske ni fizičke promene u materijalima na koje se primenjuje. Koristi se kao analitička tehnika u kontroli kvaliteta hrane, za merenje teksture, viskoziteta, koncentracije određenih materija u hrani, određivanje sastava, kristalizaciju, filtraciju, procese sušenja i zamrzavanja.
- **ultrazvuk visokog intenziteta** (i niske frekvencije): prostire se u rasponu od 20 do 100 kHz, uz prošireno područje do 2MHz. Ultrazvuk visokog intenziteta je velike snage (od 10 do  $1000 \text{ W/cm}^2$ ) i može prouzrokovati određene fizičke i hemijske promene materijala na koji se primenjuje, kao što su ubrzavanje hemijskih reakcija, povećanje brzine difuzije, dispergovanje agregata i uništenje enzima i mikroorganizama. Zbog navedenih uticaja, ultrazvuk visokog intenziteta se može primeniti u prehrambenoj industriji.

Prilikom prolaska ultrazvučnih talasa visokog intenziteta kroz tečnost stvaraju se longitudinalni talasi i područja promenljivih kompresija i ekspanzija vazduha. Naizmenična promena pritiska dovodi do stvaranja mehurića gasa čija veličina raste tokom svakog ciklusa promene pritiska (Patist i Bates, 2008). Kada mehurići gasa dostignu kritičnu veličinu, energija ultrazvuka nije dovoljna da bi se gasovita faza zadržala u njihovoj unutrašnjosti, pa mehurići implodiraju. Ovaj fenomen rasta i rušenja mehurića pod dejstvom ultrazvuka naziva se akustična kavitacija (Ashokkumar, 2011).

Molekuli koji se nalaze oko mehurića se snažno sudaraju, stvarajući mikropodručja sa vrlo visokom temperaturom (5500°C) i visokim pritiskom (50 MPa) (Knorr et al., 2004; Cameron et al., 2009). Međutim, zbog male zapremine zagrejane tečnosti u odnosu na celokupnu zapreminu ova mikropodručja vrlo brzo nestaju. Ovaj fenomen poznat je kao kratkotrajna ili prelazna kavitacija (Slika 6) i dugo je smatrano da je glavni letalni mehanizam ultrazvuka. Nasuprot tome, pri delovanju ultrazvuka niskog intenziteta nastaju mehurići gasa čija veličina neznatno varira, i ova pojava naziva se stabilna kavitacija (Ashokkumar, 2011).



Slika 6. Stabilna i prelazna kavitacija (Herceg, 2009)

U industriji mleka, do sada, ultrazvuk visokog intenziteta je ispitivan u svrhu inaktivacije nepoželjnih mikroorganizama i enzima, za homogenizaciju mleka i poboljšanje fermentacije (Jeličić et al., 2010).

#### 2.4.1. Uticaj ultrazvuka na inaktivaciju mikroorganizama

Efikasnost ultrazvučnog tretmana zavisi od vrste i veličine ćelija mikroorganizama, medija u kome se oni nalaze i ulazne snage ultrazvuka (Cameron et al., 2009). Velike ćelije su osetljivije na dejstvo ultrazvuka od malih. Štapićaste bakterije su osetljivije od koka, gram-negativne bakterije osetljivije su od gram-

pozitivnih, anaerobni mikroorganizmi su osetljiviji od aerobnih (Deeth i Datta, 2011). Inaktivacija mikroorganizama pod dejstvom ultrazvuka pripisuje se kavitaciji koja dovodi do razbijanja grupisanih mikroorganizama, istanjivanja ćelijskih membrana, modifikovanja ćelijske aktivnosti i povećanja osetljivosti ćelija na delovanje toplote (Ulsoy et al., 2007). Takođe, visoke temperature i pritisci nastali pucanjem mehurića mogu izazvati disocijaciju vodene pare na OH• radikale i H<sup>+</sup> jone koji su vrlo verovatno odgovorni za inaktivaciju bakterijskih ćelija oksidacijom (Rodríguez et al., 2003), ali takođe mogu izazvati nepoželjne reakcije u kojima se mogu oštetiti proteini, aminokiseline, masti, a može doći i do stvaranja polimera koji bi mogli uzrokovati taloženje i stvaranje neodgovarajuće teksture finalnog proizvoda.

Bermúdez-Aguire et al. (2009) su ispitivali uticaj ultrazvučnog tretmana na mezofilne mikroorganizme tokom skladištenja pasterizovanog mleka. Uzorci pasterizovani primenom ultrazvuka bili su mikrobiološki ispravni nakon 16 dana skladištenja. Inaktivaciju ćelija mikroorganizama tokom skladištenja autori objašnjavaju kombinovanim delovanjem kavitacija koje uzrokuju oštećenje ćelijske membrane i fomiranjem slobodnih radikala koji takođe imaju baktericidni efekat.

Villamiel i De Jong (2000) su ispitivali uticaj ultrazvuka i toplote na inaktivaciju mikroorganizama i alkalne fosfataze u svežem mleku i zaključili da se efekat koji se standardno postiže pasterizacijom mleka, može postići primenom ultrazvuka (korišćenjem ultrazvučne sonde) snage 150 W u trajanju od 102 sekunde, pri temperaturi od 23.5°C.

Mikroorganizmi, pogotovo spore, su relativno rezistentni na delovanje ultrazvuka. Zbog toga se ultrazvuk ne može samostalno koristiti za inaktivaciju mikroorganizama, ali je zato u kombinaciji sa zagrevanjem (termosonifikacija), povišenjem pritiska (manosonifikacija) i istovremenim zagrevanjem i povišenjem pritiska (manotermosonifikacija) zapažen značajan učinak na inaktivaciju enzima i mikroorganizama (Herceg et al., 2009), što je i isplativije nego primena samo termičkog tretmana (Režek Jambrak et al., 2009).

#### 2.4.2. Uticaj ultrazvuka na mlečnu mast

Ultrazvuk visoke snage se može koristiti za homogenizaciju mleka, zahvaljujući kavitaciji. Delovanjem ultrazvučnog talasa dolazi do ubrzanog mešanja slojeva mleka i razaranja masnih kapljica u tretiranom mleku, što omogućuje ravnomernu i brzu homogenizaciju. Primenom ultrazvuka snage oko 100 W dijametar masnih kapljica se može smanjiti na 1  $\mu\text{m}$  (Režek Jambrak et al., 2009). Vercet et al. (2002) su uočili da je nakon primenjene manotermosonifikacije mleka 99.9% masnih kapljica imalo dijametar do 1.6  $\mu\text{m}$ . Takođe, nakon primene ultrazvučnog tretmana mleka uočen je porast udela mlečne masti, što se može objasniti pucanjem membrana masnih kapljica pod dejstvom ultrazvuka (Herceg et al., 2009), čime mlečna mast postaje dostupnija za analitičko određivanje. Kao posledica smanjenja veličine masnih kapljica, nakon tretmana ultrazvukom mleko postaje tečnije što dovodi do smanjenja viskoziteta (Bermúdez-Aguire i Barbosa-Cánovas, 2011).

Prema Villamiel i De Jong (2000) adekvatnije smanjenje veličine masnih kapljica i njihova ravnomernija raspodela u mleku postiže se primenom termosonifikacije, pri kojoj se u toku ultrazvučnog tretmana koriste temperature u intervalu od 70 do 75.5°C. Istraživanja primene ultrazvuka u cilju adekvatne homogenizacije mleka vršili su i Wu et al. (2001), pri čemu su koristili ultrazvuk snage 90/225/450 W u trajanju 1/6/10 minuta na sobnoj temperaturi, dok je kao kontrolni uzorak mleko homogenizovano na standardan način na temperaturi od 60°C i pritisku 124 bara. Rezultati dobijeni u ovim istraživanjima pokazuju da je primenom ultrazvučnog tretmana jačine 225 W u trajanju od 10 minuta, kao i jačine 450 W u sva tri testirana tretmana (1, 6 i 10 min) dobijen jednak ili bolji efekt homogenizacije u odnosu na standardan postupak. Takođe, prema Deeth i Datta (2011) termosonifikacijom na 63°C dobija se belje i bolje homogenizovano mleko u poređenju sa konvencionalno pasterizovanim i homogenizovanim mlekom.

Prilikom tretiranja mleka ultrazvukom visoke snage dolazi do vrlo brzog povišenja temperature koja može negativno da utiče na pojedine komponente mleka, što je posebno izraženo u slučajevima neadekvatnog odabira frekvencije i intenziteta ultrazvuka. Ovo utiče na pogoršanje senzornih karakteristika mleka. Riener et al. (2009a) su korišćenjem gasne hromatografije i masene spektrometrije identifikovali

nekoliko isparljivih jedinjenja, prvenstveno aldehida i aromatičnih ugljovodonika, nastalih u mleku u toku ultrazvučnog tretmana. Pretpostavlja se da su aldehidi nastali kao posledica oksidacije lipida prisutnih u mleku prouzrokovane ultrazvukom, dok aromatični ugljovodonici verovatno nastaju cepanjem bočnih lanaca aminokiselina poput fenilalanina. Ovaj negativan uticaj ultrazvuka može se značajno smanjiti primenom ultrazvučnog tretmana snage 100 W (*Riener et al., 2009a*).

### 2.4.3. Uticaj ultrazvuka na proteine mleka

Među istraživanjima primene ultrazvuka u industriji mleka, najbrojnija su ona koja se bave promenama na proteinima mleka, pri čemu je većina autora svoja istraživanja usmerila na promene proteina surutke pod dejstvom ultrazvuka.

*Villamiel i De Jong (2000)* su ispitivali uticaj kombinacije ultrazvuka (20 kHz/150 W) i temperature (75.5°C) na proteine surutke, i došli do zaključka da je primenjeni ultrazvučni tretman doveo do denaturacije  $\beta$ -laktoglobulina i  $\alpha$ -laktalbumina, pri čemu je denaturacija bila izraženija u punomasnom mleku u odnosu na obrano mleko. Veći stepen denaturacije proteina surutke zabeležen je i u uzorcima kod kojih je paralelno sa ultrazvukom primenjen i termički tretman, u poređenju sa uzorcima kod kojih je ultrazvuk primenjen pri temperaturi od 30°C. Razlika u stepenu denaturacije pripisuje se većem sadržaju suve materije kod punomasnog mleka i/ili vezivanju proteina surutke za membrane masnih kapljica tokom homogenizacije. Takođe, nisu zabeležene promene na kazeinu, što je u saglasnosti sa teorijom *Taylor i Smith (cit. Villamiel i De Jong, 2000)* po kojoj ultrazvuk utiče na kvaternarnu i/ili terciarnu strukturu kazeinske micelle, ali ne dovodi do njenog rušenja.

*Režek-Jambrak et al. (2008)* ispitivali su uticaj ultrazvuka na neka funkcionalna svojstva rastvora proteina surutke primenom ultrazvuka niskog intenziteta (500 kHz) i ultrazvuka visokog intenziteta (20 kHz i 40 kHz) u trajanju od 15 i 30 minuta. Najveći uticaj na povećanje rastvorljivosti i sposobnost stvaranja pene uočen je primenom ultrazvuka frekvencije 20 kHz. Povećana sposobnost stvaranja pene u rastvorima proteina surutke je posledica delovanja ultrazvuka koji dovodi do smanjenja i ravnomerne distribucije čestica proteina (*Chandrapala et al., 2012*). Ultrazvuk niskog intenziteta (500 kHz) nije pokazao nikakav uticaj na sposobnost ispitivanih rastvora



proteina surutke da stvaraju penu. Rezultati ovih istraživanja ukazuju da su konformacione promene u strukturi proteina posledica fizičkog delovanja kavitacije (Ashokkumar et al., 2010). U daljim istraživanjima (Režek-Jambrak et al., 2010) utvrđeno je da primena ultrazvuka frekvencije 20 kHz značajno povećava električnu provodljivost i rastvorljivost, kao i da snižava tačku mržnjenja rastvora  $\alpha$ -laktalbumina.

Cameron et al. (2009) su ispitivanjem uticaja ultrazvuka visokog intenziteta na kvalitet mleka zaključili da ultrazvuk ne pokazuje negativan uticaj na proteine mleka, mlečnu mast i laktozu pa bi se mogao koristiti kao predtretman mleka namenjenog za proizvodnju sira. Međutim, pokazalo se da ultrazvuk visokog intenziteta ne inaktivše enzime poput laktoperoksidaze i alkalne fosfataze i trebalo bi ga primenjivati u kombinaciji sa blažim termičkim tretmanom.

U koloidnim rastvorima proteina surutke koji su tretirani ultrazvukom frekvencije 20 kHz uočene su značajne promene u rastvorljivosti, viskozitetu, čvrstini gela i sinerezisu (Ashokkumar et al., 2010). Takođe, nakon primene ultrazvuka prozračnost 5% rastvora koncentrata proteina surutke je značajno poboljšana usled smanjenja veličine nerastvorenih čestica, što je posledica fizičkog dejstva ultrazvuka.

#### **2.4.4. Uticaj ultrazvuka na fermentaciju mleka i karakteristike jogurta**

U dosadašnjim ispitivanjima uticaja primene ultrazvučnog tretmana u proizvodnji jogurta, najveći deo istraživanja odnosi se na fermentaciju mleka, iako svetska literatura još uvek raspolaže sa malo podataka.

U istraživanju uticaja ultrazvučnog tretmana na stepen hidrolize laktoze pomoću *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, Wang et al. (1996) su utvrdili da se puno bolji efekat postiže kada se mleko neposredno nakon inokulacije tretira ultrazvukom u poređenju sa mlekom koje nije tretirano ultrazvukom. Naime, pri fermentaciji na tradicionalan način, bez primene ultrazvučnog tretmana mleka, samo prisutne BMK vrše hidrolizu laktoze. Zbog toga stepen hidrolize laktoze zavisi od broja vijabilnih ćelija i njihove aktivnosti. S druge strane, tokom ultrazvučnog tretmana mleka dolazi do oštećenja ćelijskih membrana bakterija, pa deo  $\beta$ -galaktozidaze prelazi u mleko i vrši hidrolizu laktoze. U ovom slučaju, stepen hidrolize zavisi uglavnom od aktivnosti  $\beta$ -

galaktozidaze koja pokazuje veću sposobnost razgradnje laktoze van ćelija nego unutar njih.

Istraživanja *Nguyen et al. (2009)* su pokazala da je primena ultrazvuka snage 100 W u trajanju 7, 15 i 30 minuta uticala na znatno skraćanje vremena potrebnog za postizanje pH vrednosti 4.7 pri fermentaciji mleka kulturama *Bifidobacterium infantis*, *Bifidobacterium breve* ATCC 15700 i *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* BB-12.

*Riener et al. (2009b)* ispitivali su uticaj termosonifikacije na fizičko-hemijske karakteristike i mikrostrukturu jogurta u poređenju sa jogurtom proizvedenim na standardan način. Primenjeni termoultrazvučni tretman mleka rezultirao je kraćim trajanjem fermentacije, a proizvedeni jogurt je imao bolji viskozitet i veću sposobnost vezivanja vode u poređenju sa tradicionalno proizvedenim jogurtom. Osim toga, kod jogurta proizvedenog od mleka koje je podvrgnuto termosonifikaciji uočena je potpuno drugačija struktura koja podseća na strukturu pčelinjeg voska.

Slične rezultate dobili su i *Wu et al. (2001)* koji su ispitivali uticaj ultrazvuka na homogenizaciju mleka i trajanje fermentacije u procesu proizvodnje jogurta, kao i na pojedine karakteristike jogurta. Jogurt je proizveden na dva različita načina. Oba načina uključivala su termičku obradu mleka na 95°C/10 min i brzo hlađenje na 15°C, nakon čega je u prvom načinu proizvodnje mleko homogenizovano primenom ultrazvuka jačine 90 W, 225 W i 450 W u trajanju od 6 minuta. Nakon homogenizacije izvršena je inokulacija mleka dodatkom jogurtne kulture i praćen je proces fermentacije. Kod drugog načina proizvodnje jogurta mleko je inokulisano nakon termičkog tretmana, a zatim tretirano ultrazvukom iste snage u trajanju od 8 minuta. Kao kontrolni uzorak proizveden je jogurt na standardan način. Dobijeni rezultati ukazuju da primena ultrazvuka snage 225 W i 450 W u trajanju 8 minuta nakon inokulacije mleka jogurtom kulturom skraćuje postupak fermentacije i do 30 minuta u odnosu na kontrolni uzorak. Oba načina tretmana ultrazvukom rezultirala su većom sposobnošću vezivanja vode, manjim sinerezisom i većim viskozitetom u odnosu na kontrolni uzorak.

*Vercet et al. (2002)* su proučavali uticaj manotermosonifikacije na karakteristike jogurta. U ovom istraživanju korišćen je ultrazvuk frekvencije 20 kHz na temperaturi od 40°C i primenjen je pritisak od 2 kg/cm<sup>2</sup>. Rezultati su pokazali da je primenom ovakvog tretmana vreme fermentacije produženo, ali je čvrstina jogurta bila veća u odnosu na

standardno proizveden jogurt. Bolja tekstura jogurta proizvedenog primenom manotermosonifikacije može se objasniti produženom fermentacijom. Međutim, moguće je da manotermosonifikacija izaziva promene na membrani masnih kapljica čime se menja njihova sposobnost da stupaju u interakcije kako između sebe, tako i sa kazeinskim micelama. Takođe, ultrazvučni tretman dovodi do denaturacije i hidrolize proteina, što je verovatno imalo uticaja na čvrstinu gela. Osim toga, ne može se u potpunosti isključiti uticaj ultrazvuka na kazeinske micidele i elektroforetske komponente kazeina, iako su *Villamiel i de Jong (2000)* u svojim istraživanjima došli do zaključka da primenom ultrazvučnog tretmana ne dolazi do promena kazeinskih frakcija.

### **3. CILJ ISTRAŽIVANJA**

Zbog veće nutritivne vrednosti i terapijskih svojstava potrošnja kozjeg mleka i proizvoda od kozjeg mleka u poslednjim godinama raste. Međutim, specifičan proteinski sastav utiče na lošiju strukturu fermentisanih napitaka od kozijeg mleka, što otežava proizvodnju čvrstog jogurta. Kako bi se dobila zadovoljavajuća konzistencija čvrstog jogurta od kozjeg mleka, neophodno je povećati sadržaj suve materije bez masti, pa se u cilju poboljšanja reoloških karakteristika čvrstog jogurta od kozjeg mleka može vršiti dodavanje proteinskih koncentrata na bazi mleka. Takođe, mnoga istraživanja usmerena su na razvoj novih tehnika proizvodnje hrane, kako bi se poboljšao kvalitet finalnih proizvoda. Jedna od tih tehnika je i ultrazvuk visoke snage.

Imajući u vidu sve prethodno navedene činjenice osnovni cilj ovih istraživanja je bio da se ispita uticaj dodatka koncentrata proteina surutke i izolata proteina mleka, kao i efektivnost primene ultrazvučnog tretmana kozijeg mleka na karakteristike čvrstog jogurta od kozijeg mleka.

Prvi deo istraživanja je bio usmeren na ispitivanje uticaja fizičko-hemijskih karakteristika kozijeg mleka, pri čemu je za povećanje sadržaja suve materije bez masti korišćeno 0.5% i 1% koncentrata proteina surutke (KPS) i 0.5% i 1% izolata proteina mleka (IPM). Takođe, kozije mleko, bez i sa navedenim dodacima, podvrgnuto je delovanju ultrazvuka jačine 200W i 400W. Kombinovanjem različitog sadržaja dodatih proteina i jačine ultrazvuka dobijeno je 15 varijanti mleka koje je korišćeno za proizvodnju čvrstog jogurta. Kod svih varijanti mleka ispitan je uticaj dodataka različitih koncentracija KPS i IPM, kao i primenjenih ultrazvučnih tretmana ispitivanjem parametara kvaliteta kozijeg mleka pre i nakon dodavanja koncentrata proteina surutke i izolata proteina mleka, nakon termičkog tretmana, kao i nakon tretmana ultrazvukom.

U drugom delu ispitivan je uticaj dodatka proteinskih preparata na bazi mleka i ultrazvučnih tretmana na dužinu trajanja fermentacije, kao i promene pH vrednosti i viskoziteta tokom fermentacije.

Važan segment istraživanja predstavlja ispitivanje promena fizičko-hemijskih karakteristika čvrstog jogurta od kozijeg mleka tokom skladištenja u periodu od 21. dana, pa su u trećem delu istraživanja ispitane fizičko-hemijske karakteristike jogurta

tokom skladištenja u zavisnosti od navedenih faktora. S obzirom da je proizvodnja čvrstog jogurta od kozijeg mleka otežana zbog specifičnog proteinskog sastava kozijeg mleka, tokom skladištenja je ispitan i uticaj pomenutih dodataka i ultrazvučnog tretmana na viskozitet čvrstog jogurta od kozijeg mleka.

S obzirom da čvrsti jogurt ima tiksotropno ponašanje, odnosno da se vrednost viskoziteta menja i tokom vremena i sa promenom brzine smicanja, proučavan je uticaj navedenih faktora na promenu viskoziteta čvrstog jogurta pri konstantnoj brzini rotacije spindla, kao i pri različitim brzinama smicanja.

Tokom skladištenja jogurta dolazi do oslobađanja slobodnih masnih kiselina. Kako ultrazvučni tretman mleka dovodi do homogenizacije masnih kapljica, cilj istraživanja je bio da se ispituju promene u udelima slobodnih masnih kiselina koje nastaju u toku skladištenja jogurta.

Da bi se dobila potpunija slika o reološkim karakteristikama kiselog kazeinskog gela, cilj istraživanja je takođe bio ispitivanje mikrostrukture čvrstog jogurta.

Senzorni kvalitet proizvoda ima veliku ulogu u njegovoj prihvatljivosti od strane potrošača, pa je postizanje željenih senzornih svojstava jedan od najvažnijih pravaca u proizvodnji čvrstog jogurta od kozijeg mleka. Stoga je jedan od značajnih ciljeva istraživanja bio ispitivanje uticaja odabranih proteinskih koncentrata na bazi mleka i primenjenih ultrazvučnih tretmana na senzorne karakteristike proizvedenih varijanti čvrstog jogurta od kozijeg mleka.

## **4. MATERIJAL I METOD RADA**

Istraživanja su bila podeljena u tri faze sa ciljem ispitivanja mogućnosti korišćenja koncentrata proteina surutke (KPS) i izolata proteina mleka (IPM), kao i ultrazvučnog tretmana u proizvodnji čvrstog jogurta od kozijeg mleka.

Prvi deo istraživanja obuhvatio je ispitivanja fizičko-hemijskih karakteristika kozijeg mleka. Za povećanje sadržaja suve materije bez masti dodato je 0.5% i 1% koncentrata proteina surutke i 0.5% i 1% izolata proteina mleka. Takođe, kozije mleko, bez i sa navedenim dodacima, podvrgnuto je delovanju ultrazvuka jačine 200W i 400W. Kombinovanjem različitog sadržaja dodatih proteina i jačine ultrazvuka dobjeno je 15 varijanti mleka koje su korišćene za proizvodnju čvrstog jogurta. Parametri kvaliteta kozijeg mleka ispitani su pre i nakon dodavanja koncentrata proteina surutke i izolata proteina mleka, nakon termičkog tretmana, kao i nakon tretmana ultrazvukom.

Drugi deo istraživanja obuhvatio je proizvodnju čvrstog jogurta od svih navedenih varijanti mleka. U ovom delu istraživanja izvršno je ispitivanje toka fermentacije praćenjem dužine trajanja procesa fermentacije, kao i promene pH vrednosti i viskoziteta u toku fermentacije.

Treći deo istraživanja obuhvatio je ispitivanje pokazatelja kvaliteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka tokom skladištenja u trajanju od 21 dana kao što su: hemijski sastav, viskozitet, sinerezis i sposobnost vezivanja vode. Takođe, ispitivana je mikrostruktura i izvršena senzorna analiza dobijenih uzoraka čvrstog jogurta od kozijeg mleka.

### **4.1. MATERIJAL**

#### **4.1.1. Mleko**

Za sva istraživanja korišćeno je zbirno kozije mleko Sanske koze sa farme „Beocapra“, Kukujevci.

#### 4.1.2. Starter kultura

Jogurt je proizveden dodatkom jogurtne kulture FD-DVS YFL812 Yo-Flex (*Streptococcus thermophilus* i *Lactobacillus delbrueckii* spp. *bulgaricus*), (Chr. Hansen, Danska).

#### 4.1.3. Koncentrat proteina surutke

Za povećanje sadržaja suve materije bez masti korišćen je koncentrat proteina surutke Tekstrion Progel 800 (DMV International, Holandija), hemijskog sastava: proteini 78%, mlečna mast 6%, laktoza 5%, voda 5%, mineralne materije 4%. KPS je dodavan u koncentracijama 0.5% i 1%.

#### 4.1.4. Izolat proteina mleka

Izolat proteina mleka Promilk 852 A2 (Ingredia, Francuska) hemijskog sastava: proteini 81%, mlečna mast 1%, laktoza 5.5%, voda 5%, mineralne materije 7.5%, dodavan je mleku pre termičkog tretmana u koncentracijama 0.5% i 1%.

#### 4.1.5. Ultrazvučni tretman

Za tretman mleka ultrazvukom korišćeno je ultrazvučno vodeno kupatilo frekvencije 35 kHz (Raypa, Španija).

### 4.2. PROIZVODNJA ČVRSTOG JOGURTA OD KOZIJE MLEKA

Na osnovu dodatka različitih koncentracija proteinskih preparata za proizvodnju čvrstog jogurta korišćeno je pet varijanti kozijeg mleka:

- A. Kozije mleko,
- B. Kozije mleko sa dodatkom 0.5% KPS,
- C. Kozije mleko sa dodatkom 1% KPS,

D. Kozije mleko sa dodatkom 0.5% IPM, i

E. Kozije mleko sa dodatkom 1% KPS.

Od svake navedene varijante kozijeg mleka proizvedene su po tri serije uzoraka čvrstog jogurta u zavisnosti od primenjenog ultrazvučnog tretmana nakon termičkog tretmana mleka na temperaturi 92°C u trajanju od 10 minuta:

1. uzorci proizvedeni bez primene ultrazvuka,
2. uzorci proizvedeni tretiranjem ultrazvukom frekvencije 35 kHz, snage 200 W, na temperaturi 43°C u trajanju od 10 minuta, i
3. uzorci proizvedeni tretiranjem ultrazvukom frekvencije 35 kHz, snage 400 W, na temperaturi 43°C u trajanju od 10 minuta.

Nakon termičkog tretmana, i ultrazvučnog tretmana kod određenih uzoraka, mleko je inokulisano dodatkom starter kulture na temperaturi od 43°C. Obzirom da je predmet istraživanja čvrsti jogurt od kozijeg mleka, fermentacija se odvijala u ambalaži (čaše od 180 mL) do postizanja pH vrednosti 4.6. Po završenoj fermentaciji proizvedeni uzorci čvrstog jogurta su ohlađeni na temperaturu od 4-5°C i skladišteni na istoj temperaturi u frižideru 21 dan. Proizvodnja uzorka je ponovljena 3 puta.

Kombinovanjem različitih koncentracija KPS i KPM i ultrazvučnog tretmana mleka, proizvedeno je 15 varijanti čvrstog jogurta od kozijeg mleka, koje su prikazane u *Tabeli 5.*

*Tabela 5. Varijante čvrstog jogurta od kozijeg mleka*

	Opis uzorka	Oznaka uzorka
1	Kozije mleko, standardan način proizvodnje	A1
2	Kozije mleko, ultrazvuk snage 200 W	A2
3	Kozije mleko, ultrazvuk snage 400 W	A3
4	Kozije mleko + 0.5% KPS, standardan način proizvodnje	B1
5	Kozije mleko + 0.5% KPS, ultrazvuk snage 200 W	B2
6	Kozije mleko + 0.5% KPS, ultrazvuk snage 400 W	B3
7	Kozije mleko + 1% KPS, standardan način proizvodnje	C1
8	Kozije mleko + 1% KPS, ultrazvuk snage 200 W	C2
9	Kozije mleko + 1% KPS, ultrazvuk snage 400 W	C3
10	Kozije mleko + 0.5% IPM, standardan način proizvodnje	D1
11	Kozije mleko + 0.5% IPM, ultrazvuk snage 200 W	D2
12	Kozije mleko + 0.5% IPM, ultrazvuk snage 400 W	D3
13	Kozije mleko + 1% IPM, standardan način proizvodnje	E1
14	Kozije mleko + 1% IPM, ultrazvuk snage 200 W	E2
15	Kozije mleko + 1% IPM, ultrazvuk snage 400 W	E3



### 4.3. ANALIZE FUZIČKO-HEMIJSKIH KARAKTERISTIKA

#### 4.3.1. Mleko

Ispitivanja svih varijanti kozijeg mleka (sirovo, nakon dodatka KPS/IPM, nakon termičkog tretmana i nakon tretmana ultrazvukom) obuhvatila su sledeće analize: suva materija metodom sušenja na  $102\pm 2^{\circ}\text{C}$  (Carić *et al.*, 2000), proteini metodom po Kjeldahl-u (IDF 20B:1993), mlečna mast metodom po Gerberu (IDF 105:1985; Carić *et al.*, 2000), laktoza titracionom metodom (IDF 28:1974), mineralne materije metodom žarenja na  $550^{\circ}\text{C}$  (Carić *et al.*, 2000), titraciona kiselost po Soxhlet-Henkel-u (Carić *et al.*, 2000), pH vrednost pH-metrom sa kombinovanom elektrodom model Consort C 931.

#### 4.3.2. Čvrsti jogurt od kozijeg mleka

Hemijski sastav proizvedenog čvrstog jogurta od kozijeg mleka ispitan je 1., 7., 14. i 21. dana skladištenja sledećim metodama: suva materija metodom sušenja na  $102\pm 2^{\circ}\text{C}$  (Carić *et al.*, 2000), proteini metodom po Kjeldahl-u (IDF 20B:1993), mlečna mast metodom po Gerberu (IDF 105:1985; Carić *et al.*, 2000), laktoza titracionom metodom (IDF 28:1974), mineralne materije metodom žarenja na  $550^{\circ}\text{C}$  (Carić *et al.*, 2000). Takođe, ispitivana je titraciona kiselost potenciometrijskom metodom (IDF 150:1991), i pH vrednost pH-metrom sa kombinovanom elektrodom model Consort C 931.

Ispitivanje sposobnosti vezivanja vode izvršeno je prema metodi *Parnell-Clunies* (cit. *Riener et al.*, 2010). Uzorci (2x25g iz svake serije) su izmereni i inkubirani u tubama za centrifugu, a zatim ohlađeni i skladišteni na  $4^{\circ}\text{C}$ . 1., 7., 14. i 21. dana skladištenja uzorci su centrifugirani na 3000 g/10 min, nakon čega je izmerena masa izdvojene surutke. Rezultati su izraženi kao masa izdvojene surutke na 100 g jogurta.

Ispitivanje sinerezisa izvršeno je na sledeći način: 30 g nepromešanog jogurta je ravnomerno raspoređeno na Whatman No. 1 filter papiru koji je postavljen na levak iznad menzure od 50 mL. Nakon 5 h na temperaturi  $4^{\circ}\text{C}$  očitana je količina izdvojene surutke (*Riener et al.*, 2010).

#### 4.3.2.1. Viskozitet

U toku fermentacije kozijeg mleka praćena je promena viskoziteta konstantnom brzinom spindla (60 o/min). Očitavanja viskoziteta vršena su na svakih 30 min, počevši od momenta inokulacije (nulto očitavanje) do završetka fermentacije, odnosno sve do postizanja pH vrednost od 4.6. Ispitivanje su vršena u dva ponavljanja, pri čemu je za svako merenje korišćen novi uzorak. U istom vremenskom intervalu, praćena je i promena pH vrednosti pomoću pH-metra sa kombinovanom elektrodom, model Consort C 931.

Za određivanje viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka tokom skladištenja korišćen je viskozimetar Visco Basic+R (Fungilab, Španija). Sva ispitivanja su obavljena pri temperaturi od 20°C. Viskozitet je određivan 1., 7., 14. i 21. dana skladištenja.

Ispitivanja viskoziteta su izvršena primenom dve metode.

- a) Promena viskoziteta čvrstog jogurta tokom vremena, pri brzini rotacije spindla od 20 o/min

Ova metoda je bazirana na metodi *Labropoulos et al. (1984)*. Metoda predviđa da se očitavanja vrše u određenom vremenskom intervalu od momenta pojave vrednosti viskoziteta na displeju viskozimetra.

S obzirom da su u našm istraživanjima ispitivani uzorci čvrstog jogurta od kozijeg mleka različitog sadržaja suve materije, proizvedeni od mleka koje je tretirano pri različitim tretmanima ultrazvukom, vreme potrebno za početak očitavanja viskoziteta je bilo različito. Stoga su uzorci jogurta pre očitavanja viskoziteta pri brzini rotacije spindla od 20 o/min, podvrgnuti delovanju sile pri najvećoj brzini smicanja, tj. 100 o/min u trajanju od 30 s. Nakon toga, brzina rotacije spindla je podešena na 20 o/min, a očitavanja su vršena svakih 30 s, tokom 3 minuta. Ova istraživanja su izvršena u tri ponavljanja, a za svako vreme očitavanja je uzimana prosečna vrednost viskoziteta. Za svako ponavljanje je korišćen novi uzorak.

- b) Promena viskoziteta čvrstog jogurta pri različitim brzinama rotacije spindla

Druga metoda merenja viskoziteta koja se koristila u ovom delu istraživanja zasniva se na činjenici da kiseli kazeinski gel pokazuje tiksotropno ponašanje, tj. da se vrednost viskoziteta menja ne samo sa vremenom, već i sa intenzitetom primenjene sile.

Ova istraživanja su izvršena u tri ponavljanja, a kao vrednost viskoziteta uzimana je prosečna vrednost pri svakoj brzini rotacije spindla. Za svako ponavljanje korišćen je novi uzorak.

Očitavanja viskoziteta vršena su na istom uzorku pri delovanju različitih brzina rotacije spindla u vremenskim intervalima od 30 sekundi na sledeći način:

- 1) Merenja izvršena za gornju krivu (pri povećanju brzine rotacije spindla):
  - a) pri brzini rotacije spindla od 20 o/min, izvršeno je 6 očitavanja tokom tri minuta (svakih 30 sekundi),
  - b) pri brzinama rotacije spindla od 30, 50, 60 i 100 o/min, izvršena su po dva očitavanja, nakon 30 i 60 sekundi.
- 2) Vreme podvrgavanja gela delovanju maksimalne sile smicanja pri brzini rotacije od 100 o/min u toku 60 sekundi.
- 3) Merenja izvršena za donju krivu (pri smanjenju brzine rotacije spindla) izvršena su pri brzinama rotacije spindla od 100, 60, 50, 30 i 20 o/min i pri ovim brzinama rotacije spindla izvršena su po dva očitavanja vrednosti viskoziteta nakon 30 i 60 sekundi.

Na osnovu dobijenih vrednosti viskoziteta, napravljeni su grafikoni na kojima je izražena petlja histerezisa između gornje (povećanje brzine rotacije spindla) i donje (smanjenje brzine rotacije spindla) krive. Na osnovu podataka o vrednosti gornje i donje krive viskoziteta, izračunata je srednja vrednost viskoziteta, koja predstavlja prosečnu vrednost viskoziteta gornje i donje krive.

#### ***4.3.2.2. Slobodne masne kiseline***

Da bi se ispitaio uticaj jačine ultrazvučnog tretmana u uzorcima čvrstog jogurta od kozijeg mleka (A1, A2 i A3) tokom skladištenja je ispitan sastav i sadržaj slobodnih masnih kiselina.

Po metodi ustanovljenoj od strane *Alonso et al. (2003)*, primenjenoj sa manjim modifikacijama i u istraživanjima *Rodrigues et al. (2011)* i *Silva et al. (2011)*, kvantifikovan je sadržaj slobodnih masnih kiselina uz pripremu uzorka po sledećoj proceduri:

U 6 mL uzorka jogurta dodato je 12 mL 2-propanola i snažno promućkano, a zatim je dodato 9 mL heksana i snažno mućkano 3 min. Nakon toga, uzorak je stavljan u ultrazvučno vodeno kupatilo 30 min. Nakon odvajanja faza, gornji sloj filtriran je kroz anhidrovani natrijum sulfat. Sloj natrijum sulfata ispran je sa dodatnih 7 mL heksana. Lipidna frakcija sakupljena je u balonu sa okruglim dnom, i uparavana vakuum uparivačem na 40°C do konstantne mase. Dobijeni uzorci rastvoreni su u 500 µL heksana, prebačeni u mikrokivete, nakon čega je dodato 100 µL 1N rastvora natrijum hidroksida u metanolu. Smeša je izmešana na vibracionoj mešalici u toku 1 min, i nakon toga držana 15 min na 70°C u vodenom kupatilu.

Metilovanje slobodnih masnih kiselina u dobijenom uzorku vršeno je dodavanjem 200 µL 14% (w/v) bor trifluorida u metanolu u toku 30 min na sobnoj temperaturi. Nakon toga, dodato je 0.2 mL heksana. Dobijeni uzorci skladišteni su na temperaturi 20°C do analize.

Identifikacija slobodnih masnih kiselina i određivanje njihovog relativnog učešća izvršna je gasno-hromatografskom analizom korišćenjem aparata Agilent Technologies 7890A Gas Chromatograph (USA) sa plameno-jonizacionim detektorom. Separacija metilestara masnih kiselina izvršena je korišćenjem kapilarne kolone 112-88A7, HP-88 dimenzija 100 m x 0,25 mm x 0,2 µm. Kao noseći gas korišćen je He pri protoku od 105 mL/min. Uzorci su injektovani pri početnoj temperaturi termostata od 175°C, temperatura injektora je bila 250°C i temperatura detektora 280°C. Porast temperature termostata od 175°C do 220°C je programiran na 5°C/min.

Identifikacija masnih kiselina izvršena je upoređivanjem sa retencionim vremenom metil-estara iz referentnog rastvora (Supelco™ FAME Mix, USA).

#### **4.3.2.3. Mikrostruktura**

Mikrostruktura uzoraka proizvedenog čvrstog jogurta od kozijeg mleka ispitana je primenom „scanning“ elektronske mikroskopije (SEM), korišćenjem elektronskog mikroskopa JEOL JSM-6390 LV (USA). Priprema uzoraka čvrstog jogurta od kozijeg mleka obuhvatila je: fiksiranje u 2.8% rastvoru glutaraldehida, dehidrataciju u rastvoru etanola različitih koncentracija, ekstrakciju pomoću CHCl<sub>3</sub>, dehidrataciju u apsolutnom etanolu tokom 24 časa, sušenje primenom uređaja (CPD 030 „Critical Point Dryer“,

BAL-TEC, Nemačka) u toku 1 časa, i prevlačenje uzoraka slojem zlata (30 mA, 100 s), (SCD 005 sputter coater, BAL-TEC) (Gavarić *et al.*, 1989; Kalab, 1993; Sandoval-Castilla *et al.*, 2004). Pripremljeni uzorci posmatrani su elektronskim mikroskopom primenom SEM tehnike, pri naponu od 15 kV, pri magnifikaciji 5.000x i 10.000x.

#### **4.3.2.4. Senzorna analiza**

Uticao dodatih proteinskih preparata i primenjenog ultrazvučnog tretmana na formiranje razlike u senzornom kvalitetu proizvedenih uzoraka jogurta izvršila je petočlana stručna komisija metodom petobalnog bod sistema (Radovanović i Popov-Raljić, 2001). Obzirom da reprezentativna svojstva nemaju jednak uticaj na kvalitet, za svako odabrano svojstvo kvaliteta određen je koeficijent važnosti prema njegovom uticaju na ukupni kvalitet. Ispitivani parametri kvaliteta sa određenim koeficijentom važnosti obuhvatili su sledeće: izgled – 1, boja - 2, konzistencija – 4, miris – 3 i ukus – 10. Sabiranjem pojedinačnih korigovanih ocena dobijen je jedinstveni kompleksni pokazatelj koji se izražava kao % od maksimalno mogućeg kvaliteta. Deljenjem ove vrednosti sa zbirom koeficijenata važnosti (20) dobja se ponderisana srednja ocena koja takođe izražava sveukupni kvalitet proizvoda.

#### **4.3.3. Statistička analiza rezultata**

Statistička analiza je izvršena sa ciljem da se ispita uticaj dodavanja proteinskih koncentrata na bazi mleka i ultrazvučnog tretmana na parametre kvaliteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka (uzorci čvrstog jogurta od kozijeg mleka A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2, C3, D1, D2, D3, E1, E2 i E3). U istraživanju je korišćen dvofaktorijski eksperiment. Analiza varijanse (ANOVA) je izvršena programom STATISTICA 6.0 (StatSoft, USA). Razlika između srednjih vrednosti poređena je na nivou 5% statističke značajnosti korišćenjem LSD testa.

## 5. REZULTATI I DISKUSIJA

### 5.1. HEMIJSKI SASTAV MLEKA

Prvi deo istraživanja povezan je sa fizičko-hemijskim promenama mleka koje su posledica dodatka proteinskih preparata na bazi mleka, termičkog tretmana i ultrazvučnog tretmana kozijeg mleka.

Kod svih uzoraka ispitivan je sastav sirovog mleka, mleka nakon dodatka 0.5% i 1% koncentrata proteina surutke/izolata proteina mleka, termički tretiranog mleka, i mleka nakon ultrazvučnog tretmana. Rezultati iz ovog dela istraživanja prikazani su u *Tabeli 6.*

Iz podataka prikazanih u *Tabeli 6.*, kod svih ispitivanih uzoraka, može se uočiti porast sadržaja suve materije (SM), suve materije bez masti (SMBM) i sadržaja proteina nakon dodavanja koncentrata proteina surutke i izolata proteina mleka. Takođe, tokom termičkog tretmana mleka dolazi do povećanja sadržaja SM i SMBM, usled isparavanja dela vode iz mleka. Kod uzoraka A2, B2 i D2 uočeno je smanjenje sadržaja SMBM nakon ultrazvučnog tretmana mleka. Ovi rezultati su u skladu sa istraživanjem *Bermúdez-Aguirre et al. (2009)* koji su ustanovili da se primenom ultrazvučnog tretmana u kravljem mleku, pri temperaturi 63°C, smanjuje sadržaj SMBM. Međutim, u ostalim uzorcima mleka nakon ultrazvučnog tretmana zapaža se blago povećanje sadržaja SMBM ( $p>0.05$ ).

Primenom termičkog tretmana mleka došlo je do povećanja sadržaja proteina u svim uzorcima kozijeg mleka. Slični rezultati dobijeni su u istraživanjima uticaja termičkog tretmana na sadržaj proteina u kravljem mleku (*Rynne et al., 2004*). Nakon primenjenog ultrazvučnog tretmana, u uzorcima kozijeg mleka zabeležene su male varijacije u sadržaju proteina. U uzorcima D2 i E3 sadržaj proteina je smanjen za 0.01%, u uzorcima mleka B3 i C3 nije zabeležena promena u sadržaju proteina, dok je u svi ostalim uzorcima kozijeg mleka, nakon ultrazvučnog tretmana, uočen porast sadržaja proteina od 0.01% do 0.07% ( $p>0.05$ ). Promene u sadržaju proteina nastale kao rezultat delovanja ultrazvuka nisu statistički značajne, što je u skladu sa rezultatima *Wrigley i Lorca (1992)* koji su u svojim ispitivanjima zaključili da primena ultrazvučnog tretmana na temperaturama manjim od 50°C ne dovodi do promena u

sadržaju kazeina. Nasuprot tome, rezultati dobijeni u istraživanjima *Bermúdez-Aguirre et al. (2009)* pokazuju da je sadržaj proteina nakon primenjenog ultrazvučnog tretmana (24 kHz/400W/63°C/30 min.) značajno manji u odnosu na sirovo kravlje mleko. Smanjenje sadržaja proteina, zabeleženo u ovim ispitivanjima, autori objašnjavaju denaturacijom proteina pod uticajem ultrazvuka uz istovremenu primenu visoke temperature.

Kod uzoraka mleka A2, B2, C3, D2 i D3 nakon ultrazvučnog tretmana uočen je mali porast sadržaja mlečne masti (0.34%, 0.02%, 0.02%, 0.07% i 0.02%) ( $p > 0.05$ ). Prema *Vercet et al. (2002)* i *Herceg et al. (2009)* povećanje sadržaja mlečne masti verovatno je posledica delovanja ultrazvuka koji dovodi do razaranja masnih globula i homogenizacije mleka. Kavitacije koje se odvijaju tokom ultrazvučnog tretmana mleka dovode do razbijanja masnih kapljica, pri čemu mlečna mast postaje dostupnija za analitičko određivanje (*Bermúdez-Aguirre et al., 2009*). Međutim, razlike u sadržaju mlečne masti pre i nakon ultrazvučnog tretmana mleka uočene u ovim istraživanjima nisu statistički značajne. Kao posledica različitog hemijskog sastava sirovog mleka, nakon termičkog tretmana mleka, zabeležena je statistički značajna razlika u sadržaju mlečne masti između uzoraka C2 i C3.

Sadržaj laktoze u svim ispitivanim uzorcima kozijeg mleka raste nakon primene termičkog tretmana. Nasuprot tome, istraživanja brojnih autora su pokazala da se u kravljem mleku, nakon termičkog tretmana, sadržaj laktoze smanjuje (*Morrissey, 1985; Andrews, 1987; Jovanović et al., 1997; Vukićević et al., 1998; Denin Đurđević, 2001; Jovanović, 2001*). Primenjeni ultrazvučni tretmani takođe su doveli do povećanja sadržaja laktoze u ispitivanim uzorcima kozijeg mleka, osim u uzorku mleka C2, u kome je sadržaj laktoze nakon termičkog tretmana iznosio 4.58%, a nakon primene ultrazvuka 4.56%.

Povećanje titracione kiselosti mleka zabeleženo je kod svih uzoraka nakon dodavanja 0.5% i 1% KPS/IPM i rezultat je povećanja sadržaja suve materije bez masti usled povećanog pufernog kapaciteta mleka indukovanog većim sadržajem proteina i mineralnih materija. Iz podataka prikazanih u tabeli može se uočiti da dodatak 0.5% KPS nije uticao na promenu titracione kiselosti kozijeg mleka nakon ultrazvučnog tretmana. Takođe, kod uzoraka kozijeg mleka A3 nije zabeležena promena titracione kiselosti. Kod uzoraka kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS i 0.5% IPM, kao i kod

uzorka A2 uočeno je smanjenje titracione kiselosti, dok su uzorci sa dodatkom 1% IPM imali veću titracionu kiselost nakon tretiranja ultrazvukom. Porast titracione kiselosti je rezultat lipolize (Walstra et al., 2006), odnosno formiranja slobodnih masnih kiselina pod delovanjem ultrazvuka. Takođe, ultrazvučni tretman mleka može prouzrokovati formiranje nitrata, nitrita i H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, što može uticati na povećanje titracione kiselosti (Bermúdez-Aguirre et al., 2009).

Smanjenje pH vrednosti nakon termičkog tretmana uočeno je kod svih uzoraka kozijeg mleka. Isti trend zabeležen je i kod termički tretiranog kravljeg mleka (Jovanović, 2001). Sniženje pH vrednosti mleka nakon termičkog tretmana posledica je promena na proteinima, solima i laktozi pod dejstvom visokih temperatura. Razlike u pH vrednosti između uzoraka mleka rezultat su različite pH vrednosti sirovog mleka. Poređenjem kozijeg mleka pre termičkog tretmana i nakon primene ultrazvuka uočava se sniženje pH vrednosti kod svih ispitivanih uzoraka, međutim ove razlike nisu statistički značajne ( $p > 0.05$ ). Prema Walstra et al. (2006) kavitacije prouzrokuju hidrolizu estara i oslobađanje slobodnih masnih kiselina, što dovodi do smanjenja pH vrednosti. Takođe, kavitacije mogu prouzrokovati nastajanje slobodnih radikala koji doprinose smanjenju pH vrednosti nakon ultrazvučnog tretmana (Bermúdez-Aguirre i Barbosa-Cánovas, 2011). U istraživanjima uticaja ultrazvuka frekvencije 20 kHz na suspenzije proteina surutke takođe nisu zabeležene značajne razlike u pH vrednosti između kontrolnog uzorka i uzorka koji je podvrgnut delovanju ultrazvuka (Režek Jambrak et al., 2008).



Tabela 6. Hemijski sastav mleka

	Mleko	SM (%)	MM (%)	SMBM (%)	UN (%)	Proteini (%)	Laktoza (%)	Min. mat. (%)	Kiselost (°SH)	pH
A1	Sirovo	10.98±0.23	2.73±0.10aB	8.25±0.13aB	0.4421±0.0164	2.82±0.10aA	4.50±0.54	0.79±0.01	6.36±0.25	6.55±0.16aB
	T. t.	11.50±0.15	3.00±0.00aA	8.50±0.15aB	0.4552±0.0135	2.90±0.09aA	4.81±0.29	0.79±0.08	6.23±0.32	6.35±0.14aC
A2	Sirovo	12.05±0.66	3.33±0.26aA	8.72±0.40aA	0.4743±0.0494	3.02±0.31aA	4.37±0.14	0.85±0.02	6.92±1.36	6.55±0.03aB
	T. t.	12.38±0.34	3.33±0.20aA	9.05±0.24aA	0.4820±0.0382	3.08±0.25aA	4.40±0.06	0.87±0.02	6.87±1.24	6.42±0.02aB
	UZ 200W	12.56±0.63	3.67±0.36aA	8.89±0.28aA	0.4892±0.0457	3.13±0.29aA	4.50±0.09	0.89±0.03	6.05±1.34	6.48±0.03aB
A3	Sirovo	11.87±0.15	3.42±0.19aA	8.44±0.13aAB	0.4245±0.0066	2.71±0.04aA	4.67±0.27	0.77±0.00	5.65±0.23	6.72±0.02aA
	T. t.	12.29±0.24	3.66±0.19aA	8.63±0.31aB	0.4405±0.0038	2.81±0.03aA	4.90±0.18	0.79±0.01	5.52±0.15	6.63±0.03aA
	UZ 400W	12.31±0.19	3.50±0.09aA	8.81±0.11aA	0.4527±0.0107	2.89±0.07aA	5.14±0.13	0.81±0.01	5.51±0.32	6.62±0.03aA
B1	Sirovo	11.07±0.33	2.77±0.35aA	8.31±0.12bA	0.4050±0.0178	2.58±0.11bA	4.54±0.08	0.77±0.01	5.60±0.55	6.61±0.09aB
	+ 0.5% KPS	11.42±0.34	2.74±0.34aA	8.67±0.12aA	0.4616±0.0126	2.95±0.08aAB	4.54±0.09	0.78±0.03	5.86±0.53	6.62±0.09aB
	T. t.	11.72±0.44	2.87±0.28aB	8.86±0.21aA	0.4692±0.0157	2.99±0.10aB	4.69±0.08	0.82±0.01	5.78±0.46	6.56±0.02aAB
B2	Sirovo	10.99±0.29	2.93±0.21aA	8.05±0.28bA	0.4026±0.0186	2.57±0.12bA	4.74±0.25	0.81±0.05	5.30±0.42	6.61±0.01aB
	+ 0.5% KPS	11.53±0.20	2.93±0.22aA	8.60±0.08aA	0.4570±0.0235	2.92±0.15aB	4.74±0.26	0.84±0.05	5.44±0.41	6.62±0.01aB
	T. t.	11.70±0.23	3.07±0.21aA	8.72±0.15aA	0.4684±0.0272	2.99±0.17aB	4.92±0.29	0.87±0.06	5.51±0.44	6.55±0.02aB
	UZ 200W	11.75±0.23	3.09±0.25aAB	8.66±0.14aA	0.4717±0.0184	3.02±0.14aB	4.98±0.32	0.88±0.05	5.51±0.46	6.55±0.03aA
B3	Sirovo	11.41±0.30	3.19±0.16aA	8.22±0.17bA	0.4289±0.0067	2.74±0.04bA	4.57±0.21	0.78±0.01	5.46±0.27	6.72±0.07aA
	+ 0.5% KPS	11.79±0.23	3.19±0.16aA	8.60±0.12aA	0.4920±0.0066	3.14±0.04aA	4.58±0.22	0.81±0.03	5.60±0.15	6.72±0.06aA
	T. t.	12.02±0.10	3.30±0.15aA	8.72±0.06aA	0.5047±0.0051	3.22±0.03aA	4.62±0.23	0.80±0.00	5.45±0.12	6.65±0.06aA
	UZ 400W	12.06±0.17	3.31±0.15aA	8.75±0.06aA	0.5050±0.0045	3.22±0.03aA	4.70±0.24	0.80±0.01	5.45±0.14	6.65±0.06aA
C1	Sirovo	10.88±0.24	3.00±0.15bA	7.88±0.14bA	0.4295±0.0451	2.74±0.29 bA	4.36±0.12	0.83±0.07	6.00±0.64	6.56±0.04aA
	+ 1% KPS	11.64±0.31	3.00±0.15bA	8.64±0.17aA	0.5442±0.0389	3.47±0.25 aA	4.48±0.12	0.86±0.07	6.68±0.47	6.56±0.04aA
	T. t.	11.96±0.36	3.10±0.15aAB	8.86±0.22aA	0.5606±0.0415	3.58±0.26 aA	4.54±0.09	0.89±0.07	6.78±0.51	6.45±0.03aA
C2	Sirovo	10.98±0.30	2.99±0.17bA	7.99±0.16bA	0.4214±0.0209	2.69±0.13 bA	4.48±0.19	0.79±0.01	5.59±0.20	6.69±0.09aA
	+ 1% KPS	11.86±0.29	2.99±0.17bA	8.87±0.17aA	0.5295±0.0246	3.38±0.16 aA	4.48±0.17	0.81±0.01	5.89±0.64	6.67±0.08aA
	T. t.	12.06±0.38	3.17±0.05aA	8.89±0.34aA	0.5404±0.0281	3.45±0.18 aA	4.58±0.28	0.84±0.03	6.09±0.19	6.59±0.08aA
	UZ 200W	12.17±0.32	3.16±0.08aA	9.01±0.27aA	0.5445±0.0218	3.47±0.14 aA	4.56±0.26	0.84±0.01	6.05±0.42	6.58±0.08aA
C3	Sirovo	10.96±0.28	2.88±0.07bB	8.09±0.23bA	0.4200±0.0127	2.68±0.08 bA	4.56±0.17	0.79±0.04	5.22±0.06	6.74±0.13aA
	+ 1% KPS	11.73±0.31	2.88±0.07bB	8.86±0.25aA	0.5350±0.0139	3.41±0.09 aA	4.59±0.18	0.83±0.06	5.87±0.19	6.71±0.11aA
	T. t.	12.03±0.32	3.02±0.04aB	9.01±0.33aA	0.5511±0.0193	3.52±0.12 aA	4.63±0.15	0.84±0.07	5.86±0.15	6.64±0.10aA
	UZ 400W	12.10±0.28	3.04±0.05aB	9.06±0.26aA	0.5520±0.0087	3.52±0.05 aA	4.66±0.17	0.85±0.07	5.62±0.46	6.63±0.09aA

	Mleko	SM (%)	MM (%)	SMBM (%)	UN (%)	Proteini (%)	Laktoza (%)	Min. mat. (%)	Kiselost (°SH)	pH
D1	Sirovo	11.32±0.37	3.06±0.38 aA	8.26±0.13aA	0.4821±0.0459	3.07±0.29 bA	4.53±0.07	0.86±0.03	6.77±0.92	6.61±0.06aB
	+ 0.5% IPM	11.76±0.43	3.04±0.32 aA	8.71±0.19aA	0.5307±0.0464	3.39±0.30 aA	4.52±0.03	0.87±0.02	7.07±1.02	6.62±0.06aB
	T. t.	11.95±0.49	3.19±0.36 aA	8.76±0.19aA	0.5355±0.0428	3.42±0.27 aA	4.63±0.07	0.89±0.04	6.94±0.83	6.51±0.07bB
D2	Sirovo	11.40±0.64	3.23±0.40 aA	8.16±0.24bA	0.4829±0.0446	3.08±0.29 bA	4.36±0.03	0.85±0.05	6.70±0.45	6.64±0.03aB
	+ 0.5% IPM	11.80±0.59	3.26±0.38 aA	8.54±0.21aA	0.5323±0.0404	3.39±0.25 aA	4.37±0.03	0.88±0.03	6.72±0.28	6.63±0.02aB
	T. t.	12.05±0.67	3.30±0.38 aA	8.75±0.30aA	0.5333±0.0374	3.41±0.25 aA	4.55±0.07	0.88±0.06	7.11±0.74	6.53±0.03bB
	UZ 200W	12.07±0.66	3.37±0.43 aA	8.70±0.25aA	0.5322±0.0390	3.40±0.25 aA	4.58±0.10	0.88±0.06	6.91±0.50	6.53±0.03bB
D3	Sirovo	11.43±0.46	3.24±0.35 aA	8.19±0.15bA	0.4584±0.0150	2.92±0.10 bA	4.57±0.27	0.81±0.02	5.71±0.25	6.74±0.01abA
	+ 0.5% IPM	11.75±0.37	3.27±0.36 aA	8.48±0.12abA	0.5167±0.0119	3.30±0.07 aA	4.62±0.20	0.85±0.02	5.89±0.42	6.75±0.03aA
	T. t.	11.95±0.47	3.34±0.42 aA	8.61±0.16aA	0.5173±0.0047	3.30±0.03 aA	4.66±0.30	0.86±0.02	6.07±0.26	6.65±0.04bA
	UZ 400W	12.07±0.47	3.36±0.41 aA	8.70±0.17aA	0.5212±0.0089	3.33±0.06 aA	4.69±0.26	0.86±0.01	5.92±0.44	6.66±0.04bA
E1	Sirovo	11.31±0.61	3.17±0.38 aA	8.15±0.24bA	0.4316±0.0184	2.75±0.12 bA	4.62±0.12	0.81±0.04	5.29±0.39	6.74±0.01 aA
	+ 1% IPM	12.02±0.54	3.18±0.39 aA	8.84±0.15aA	0.5426±0.0042	3.46±0.03 aA	4.70±0.11	0.82±0.02	5.64±0.38	6.71±0.01 aA
	T. t.	12.34±0.47	3.28±0.42 aA	9.06±0.09aA	0.5601±0.0177	3.57±0.11 aA	4.78±0.12	0.84±0.02	5.84±0.37	6.62±0.04 aA
E2	Sirovo	11.30±0.43	3.10±0.30 aA	8.20±0.15bA	0.4457±0.0215	2.84±0.14 bA	4.52±0.16	0.83±0.02	5.10±0.15	6.72±0.06 aA
	+ 1% IPM	12.01±0.28	3.08±0.27 aA	8.93±0.08aA	0.5515±0.0227	3.53±0.14 aA	4.56±0.17	0.85±0.01	5.17±0.19	6.70±0.07 aA
	T. t.	12.22±0.21	3.26±0.31 aA	8.97±0.11aA	0.5523±0.0198	3.53±0.12 aA	4.74±0.16	0.87±0.03	5.41±0.22	6.61±0.08 aA
	UZ 200W	12.26±0.18	3.24±0.30 aA	9.02±0.15aA	0.5664±0.0165	3.61±0.11 aA	4.77±0.13	0.88±0.03	5.49±0.32	6.61±0.07 aA
E3	Sirovo	11.09±0.77	2.93±0.44 aA	8.15±0.35bA	0.4235±0.0187	2.70±0.12 bA	4.60±0.24	0.81±0.04	5.31±0.08	6.67±0.01 aA
	+ 1% IPM	11.94±0.74	2.93±0.44 aA	9.00±0.33aA	0.5390±0.0045	3.44±0.03 aA	4.68±0.21	0.82±0.03	5.68±0.00	6.64±0.02 aA
	T. t.	12.10±0.66	3.07±0.38 aA	9.03±0.27aA	0.5515±0.0055	3.52±0.04 aA	4.72±0.26	0.87±0.04	5.72±0.08	6.58±0.03 aA
	UZ 400W	12.10±0.71	3.07±0.38 aA	9.03±0.30aA	0.5500±0.0037	3.51±0.02 aA	4.76±0.28	0.87±0.04	5.80±0.10	6.58±0.02 aA

\*Vrednosti za isti uzorak sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po tretmanima mleka ( p<0.05)

\*\*Vrednosti za isti tretman mleka sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno za uzorke mleka iz iste grupe ( p<0.05)

## 5.2. FERMENTACIJA MLEKA

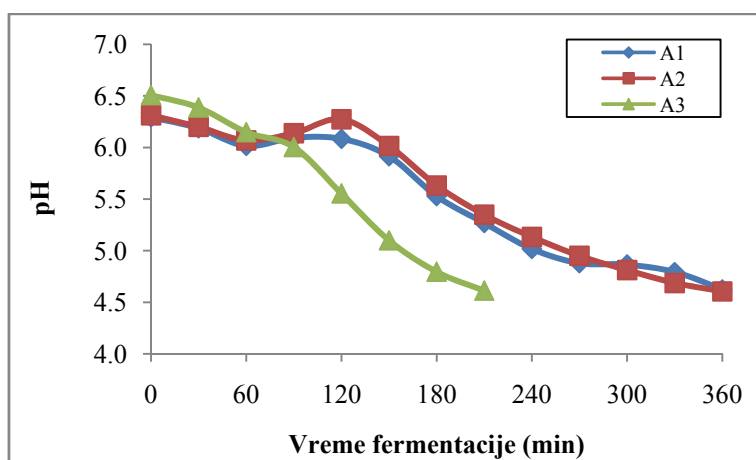
Fermentacija mleka je najznačajnija operacija u proizvodnji jogurta tokom koje dolazi do nastajanja gela čiju osnovu čini proteinski matriks. Shodno tome osobine dobijenog gela, kako fizičko-hemijske tako i senzorne, u velikoj meri zavise od toka fermentacije. Potrebno je da pad pH vrednosti tokom fermentacije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

Najznačajniji faktori koji utiču na formiranje kiselog kazeinskog gela su sadržaj kazeina, pH i sadržaj kalcijuma 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 (*Tamime i Robinson, 2000; Jumah et al., 2001; Robinson et al., 2006; Maćej et al., 2007*).

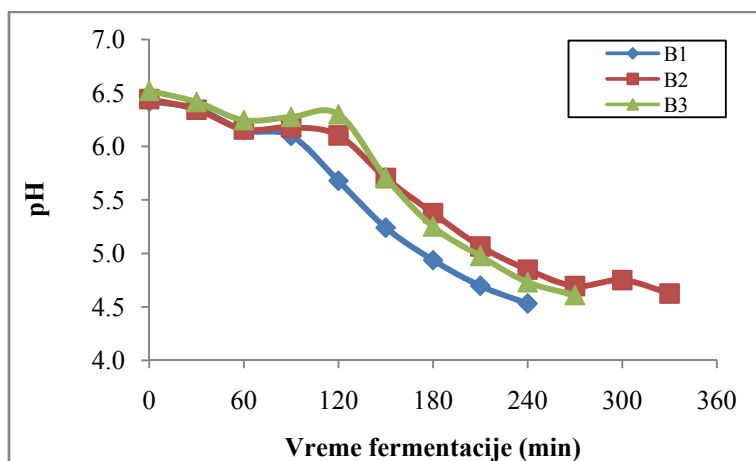
Fermentacija se odvijala na 43°C do postizanja pH vrednosti 4,6 kada je prekidana hlađenjem, jer bi dalji porast kiselosti doveo do kontrakcije gela i izdvajanje surutke na površini jogurta. Tok fermentacije praćen je merenjem pH vrednosti i viskoziteta, od momenta inokulacije, a zatim na svakih 30 minuta do pH 4.6.

### 5.2.1. Promena pH vrednosti tokom fermentacije

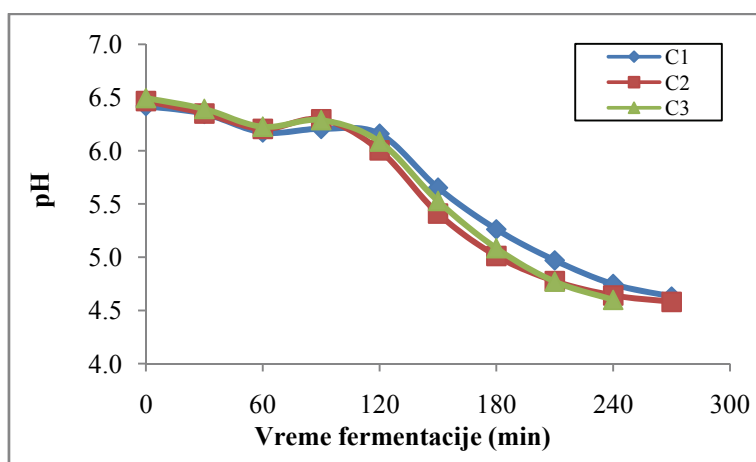
Promena pH vrednosti tokom fermentacije mleka prikazana je u u *Tabeli P1. (Prilog)* i na *Grafikonima 1., 2., 3., 4. i 5.*



Grafikon 1. Promena pH vrednosti tokom fermentacije kozijeg mleka



Grafikon 2. Promena pH vrednosti tokom fermentacije kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS



Grafikon 3. Promena pH vrednosti tokom fermentacije kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS

Iz Grafikona 1. se vidi da je fermentacija kozijeg mleka (uzorci A1) trajala 360 min. Isto vreme fermentacije zabeleženo je kod uzoraka kozijeg mleka tretiranog ultrazvukom snage 200 W (A2), dok je ultrazvuk snage 400 W povoljno uticao na fermentaciju mleka, pa je za uzorke A3 vreme fermentacije bilo znatno kraće (210 min). Takođe, najkraće vreme fermentacije kod uzoraka A3 može se pripisati količini laktoze, koja je kod ovih uzoraka najveća (5.14%). Duža fermentacija u odnosu na kravlje mleko može se objasniti proteinskim sastavom kozijeg mleka. Naime, zbog većeg udela proteina surutke i neproteinskog azota puferni kapacitet kozjeg mleka je viši u odnosu na kravlje mleko, što uslovljava sporiji pad pH vrednosti tokom fermentacije (Božanić *et al.*, 2002; Park i Guo, 2006).

Promena pH vrednosti tokom fermentacije je ujednačena kod uzoraka A1 i A2. Takođe, kao posledica pufernog kapaciteta kozijeg mleka, kod ovih uzoraka je uočen blag porast pH vrednosti. Kod uzoraka proizvedenih na standardan način, kao i kod uzoraka tretiranih ultrazvukom snage 200 W porast pH vrednosti je zabeležen u periodu od 60-og do 120-og minuta fermentacije. Opiranje promeni pH kod uzoraka koji su tretirani ultrazvukom (A2) takođe se može objasniti povoljnim dejstvom koje ultrazvuk ima na osobine proteina surutke (Režek Jambrak et al., 2009). Nasuprot tome, kod uzoraka tretiranih ultrazvukom snage 400 W (A3) nije zabeležen porast pH vrednosti tokom fermentacije. Takođe, nakon postizanja pH = 6.00 u 90-om min. fermentacije, kod ovih uzoraka se uočava izraženiji pad pH vrednosti u odnosu na uzorke A1 i A2 ( $p < 0.05$ ).

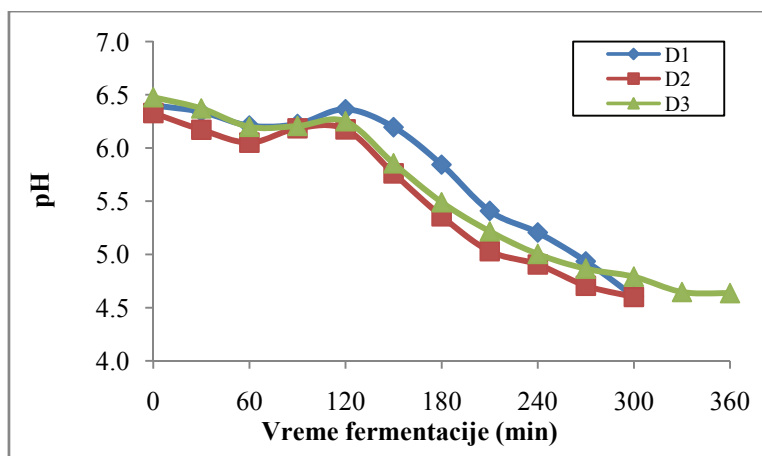
Promena pH vrednosti tokom fermentacije kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS prikazana je na *Grafikonu 2*. Nasuprot uzorcima A, najduže vreme fermentacije imali su uzorci sa najvećim sadržajem laktoze (uzorci tretirani ultrazvukom snage 200 W). Iako se dodatkom KPS povećava puferni kapacitet mleka, uzorci proizvedeni na standardan način ne pokazuju opiranje promeni pH vrednosti. Kod uzoraka B2 uočava se blagi porast pH od 6.16 do 6.18 u periodu od 60-og do 90-og min. fermentacije, dok u uzorcima B3 pH vrednost raste od 6.25 do 6.30 u periodu od 60-og do 120-og min. fermentacije. Promena pH vrednosti pokazuje sličan trend u svim uzorcima proizvedenim sa dodatkom 0.5% KPS. Najkraće vreme fermentacije u trajanju od 240 min. imali su uzorci B1. Fermentacija je najduže trajala kod uzoraka B2 (330 min.) iako su imali veći sadržaj laktoze za 0.29% i sličan sadržaj proteina kao uzorci B1 (*Tabela 6*). Duže vreme fermentacije uzoraka B3 u poređenju sa uzorcima B1 može se pripisati hemijskom sastavu mleka, odnosno sadržaju proteina. Prema *Raynal-Ljutovac et al. (2005)* mleko sa većim sadržajem proteina, naročito kazeina, ima veći puferni kapacitet, pa samim tim i duže trajanje fermentacije. S obzirom da je mleko korišćeno za proizvodnju uzoraka B3 imalo veći inicijalni sadržaj proteina u poređenju sa mlekom B1, fermentacija je trajala 30 min. duže.

Promena pH vrednosti tokom fermentacije kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS prikazana je na *Grafikonu 3*. Slična tendencija promene pH vrednosti tokom fermentacije uočena je kod svih uzoraka kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS. Ovakav trend zabeležen je i u istraživanjima *Wu et al. (2001)* koji su zaključili da ultrazvučni

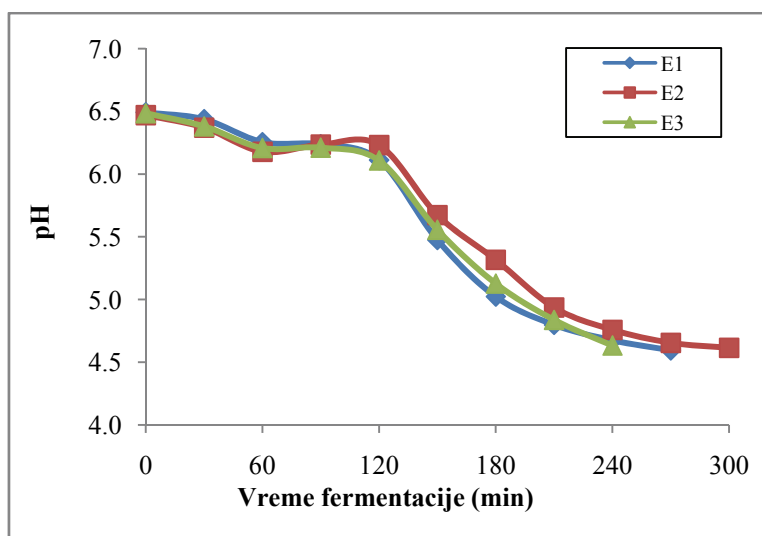
tretman pre inokulacije mleka starter kulturom ne utiče značajno na smanjenje vremena fermentacije. Takođe, u ispitivanjima *Riener et al. (2009b)* fermentacija mleka podvrgnutog termosonifikaciji je trajala nešto kraće u odnosu na standardan proces proizvodnje, ali nije utvrđena značajna razlika u trajanju fermentacije između ova dva načina proizvodnje. S obzirom da su uzorci mleka C1, C2 i C3 imali sličan hemijski sastav, razlika u trajanju fermentacije može se pripisati delovanju ultrazvuka. Najkraće vreme fermentacije (240 min.) imali su uzorci tretirani ultrazvukom snage 400 W. Ultrazvuk snage 200W nije imao uticaj na vreme fermentacije, pa je ona trajala identično kao i kod uzoraka proizvedenih na standardan način - 270 min. Porast pH vrednosti zabeležen je u periodu od 60-og do 90-og min. u svim uzorcima iz ove grupe.

U poređenju sa uzorcima proizvedenim od mleka sa dodatkom 0.5% KPS na standardan način (B1), uzorci C1 imali su duže vreme fermentacije za 30 min. Dobijeni podaci su u saglasnosti sa rezultatima istraživanja *Damin et al. (2009)* prema kojima se vreme fermentacije produžava sa povećanjem sadržaja dodatih KPS. Generalno, dodatak KPS skraćuje vreme fermentacije mleka (*Antunes et al., 2004*), što je potvrđeno i u ovom delu istraživanja.

Promena pH vrednosti tokom fermentacije kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM prikazana je na *Grafikonu 4*. Iako su uzorci kozijeg mleka D2 i D3 imali vrlo sličan hemijski sastav nakon ultrazvučnog tretmana, fermentacija je u uzorcima D3 trajala 60 min. duže, što ukazuje na negativan uticaj ultrazvuka snage 400W. Sa druge strane, vreme fermentacije bilo je identično za uzorke koji nisu tretirani ultrazvukom (D1) i uzorke podvrgnute delovanju ultrazvuka snage 200W (D2). Kod ovih uzoraka fermentacija je trajala 300 min. Porast pH vrednosti zabeležen je kod svih uzoraka u periodu od 60-og do 120-og min., pri čemu je najizraženiji porast pH uočen u uzorcima D1. Nakon 120 minuta fermentacije u ovim uzorcima pH vrednost iznosi 6.36, što je svega 0.04 pH jedinice manje u odnosu na pH vrednost na početku fermentacije. Takođe, najmanji pad pH vrednosti u vremenu 120-150. min. zabeležen je u uzorcima D1 i iznosi 0.16 pH jedinica. U istom vremenskom periodu pad pH vrednosti u uzorcima D2 iznosio je 0.42 pH jedinice, a u uzorcima D3 0.39 pH jedinica (*Tabela Pl., Prilog*).



Grafikon 4. Promena pH vrednosti tokom fermentacije kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM



Grafikon 5. Promena pH vrednosti tokom fermentacije kozijeg mleka sa dodatkom 1% IPM

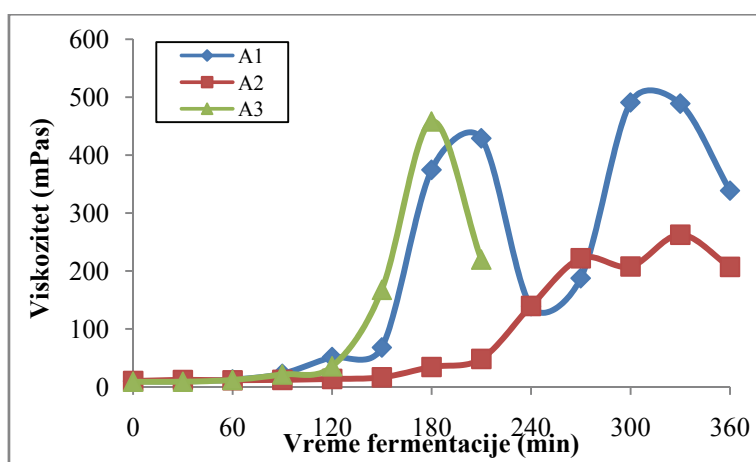
Promena pH vrednosti tokom fermentacije kozijeg mleka sa dodatkom 1% IPM prikazana je na *Grafikonu 5*. Kao i kod uzoraka sa dodatkom 1% KPS, i u ovoj grupi najkraće vreme fermentacije imali su uzorci tretirani ultrazvukom snage 400 W (240 min.), iako su neposredno pre inokulacije imali najniži sadržaj proteina, laktoze i mlečne masti. Najdužu fermentaciju u trajanju od 300 min. imali su uzorci E2. Po hemijskom sastavu uzorci mleka E1 i E2 su bili veoma slični, što ukazuje na negativan uticaj ultrazvuka snage 200 W na fermentaciju mleka u koje je dodato 1% IPM. Kod uzoraka E2 zabeležen je porast pH vrednosti od 6.16 do 6.24 u toku fermentacije, u

periodu od 60-og do 90-og min. U istom periodu, u uzorcima E3 pH vrednost se zadržala na istom nivou – 6.2, dok je u uzorcima E1 zabeležen konstantan pad pH vrednosti tokom fermentacije.

### 5.2.2. Promena viskoziteta tokom fermentacije

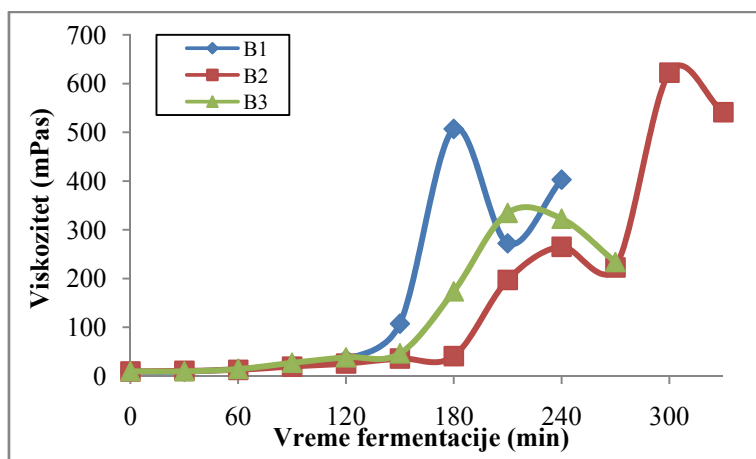
Iako sadržaj suve materije ima značajan uticaj na reološke karakteristike jogurta, povećanje viskoziteta mleka u toku fermentacije pripisuje se povećanom kapacitetu vezivanja vode od strane proteina (Tammime i Robinson, 2000). Promena viskoziteta tokom fermentacije je rezultat agregacije kazeinskih micela 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 (Parnell-Clunies et al., 1988a; Tammime i Robinson, 2000; Robinson et al., 2006; Maćej et al., 2007). Promena viskoziteta mleka tokom fermentacije može se pratiti u zavisnosti od vremena fermentacije, kao i u zavisnosti od promene pH vrednosti tokom fermentacije.

Promena viskoziteta tokom fermentacije mleka u zavisnosti od vremena prikazana je u Tabeli P2. (Prilog) i na Grafikonima 6., 7., 8., 9. i 10.



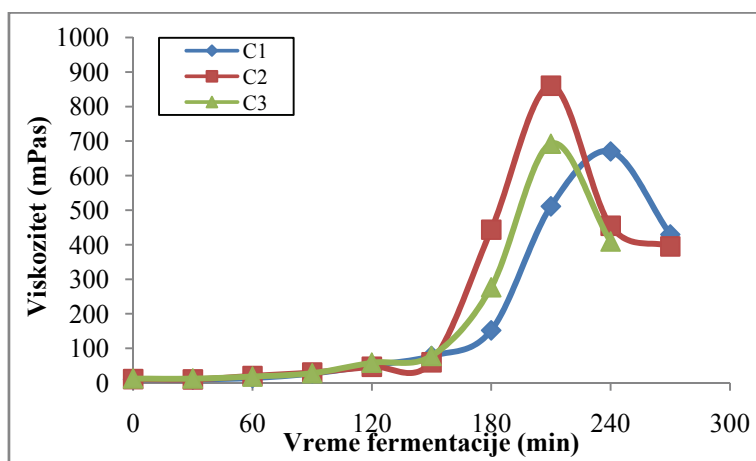
Grafikon 6. Promena viskoziteta tokom fermentacije kozijeg mleka





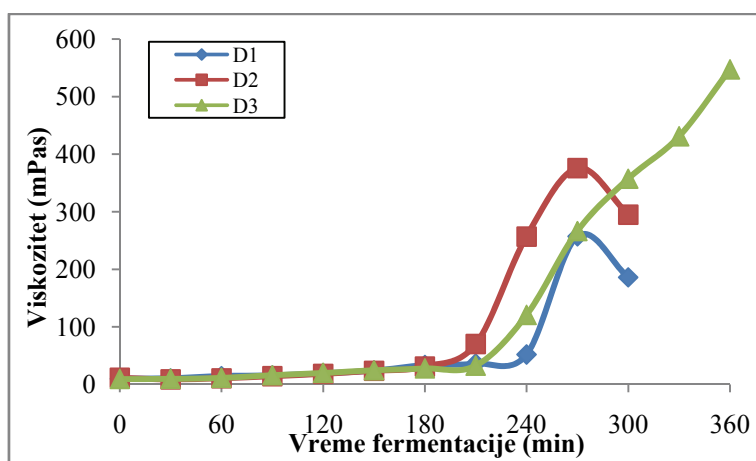
Grafikon 7. Promena viskoziteta tokom fermentacije kozijeg mleka sa dodatkom 0.5%

KPS



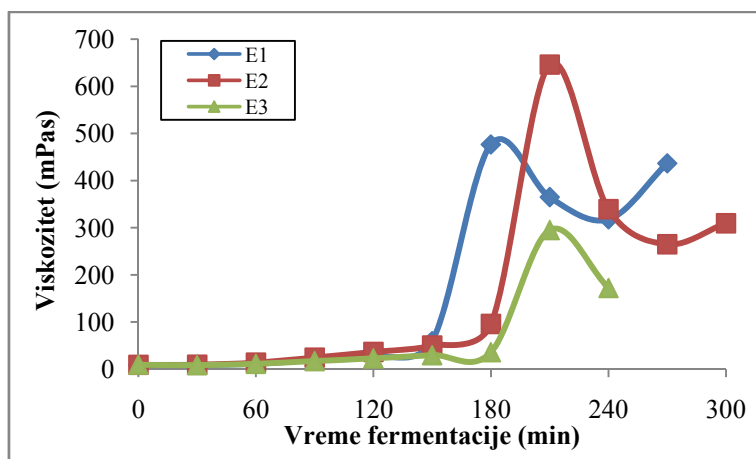
Grafikon 8. Promena viskoziteta tokom fermentacije kozijeg mleka sa dodatkom 1%

KPS



Grafikon 9. Promena viskoziteta tokom fermentacije kozijeg mleka sa dodatkom 0.5%

IPM



Grafikon 10. Promena viskoziteta tokom fermentacije kozijeg mleka sa dodatkom 1% IPM

Sa *Grafikona 6.* se mogu uočiti neobične promene viskoziteta u toku fermentacije uzoraka A1. Faza indukcije trajala je 150 min, nakon čega je u narednih 60 min zabeležen porast viskoziteta. Nakon 210 min fermentacije, u uzorcima A1 zabeležen je viskozitet od 428.9 mPas. U periodu 210-240 min, uočava se smanjenje vrednosti viskoziteta. U daljem toku fermentacije, viskozitet ponovo raste do maksimalne vrednosti od 491.0 mPas zabeležene nakon 300 min. U fazi sinerezisa, u intervalu 330-360 min uočeno je smanjenje viskoziteta za 150.1 mPas, pa je na kraju fermentacije viskozitet iznosio 338.8 mPas (*Tabela P2., Prilog*).

Kod uzoraka jogurta proizvedenih primenom ultrazvuka snage 200W (A2) primećeno je najduže trajanje indukcione faze – 210 min. U toku faze indukcije zabeleženo je smanjenje pH vrednosti od 6.31 to 5.35. S obzirom da su u ovom pH opsegu kazeinske micelle uniformne u pogledu veličine i distribucije, u prvih 210 min fermentacije nije zabeleženo značajnije povećanje viskoziteta (*Hassan et al., 1995; Jumah et al., 2001; Maćej et al., 2007*). Maksimalni viskozitet uzoraka A2 iznosio je 262.6 mPas, nakon 330 min. Na kraju fermentacije, najmanja vrednost viskoziteta među uzorcima jogurta proizvedenim od kozijeg mleka zabeležena je kod uzoraka A2 - 207.2 mPas ( $p > 0.05$ ).

Maksimalna vrednost viskoziteta kod uzoraka A3 iznosila je 458.1 mPas nakon 180 min fermentacije (*Tabela P2., Prilog*). Sa *Grafikona 6.* se može uočiti da je u narednih 30 min došlo do faze sinerezisa, što je posledica delimične dezintegracije

kazeinskih micela i formiranja malih agregata koje karakteriše porozna struktura (Jumah et al., 2001). Na kraju fermentacije viskozitet je iznosio 219.5 mPas.

Na *Grafikonu 7.* prikazana je promena viskoziteta tokom fermentacije kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS. Kod uzoraka B1 i B2 uočava se blago povećanje viskoziteta u prvih 150 minuta fermentacije, dok je kod uzoraka B3 faza indukcije trajala 180 minuta. Nakon 180 minuta fermentacije u uzorcima B1 zabeležena je maksimalna vrednost viskoziteta od 507.0 mPas ( $p < 0.05$ ). Na kraju fermentacije, prosečan viskozitet uzoraka B1 iznosio je 402.9 mPas (*Tabela P2., Prilog*). U poređenju sa uzorcima proizvedenim bez dodatka KPS (A1), fermentacija mleka sa dodatkom 0.5% KPS (uzorci B1) trajala je 120 min manje. Prema *Lucey i Singh (1998b)* dodatak KPS skraćuje vreme fermentacije, jer tokom termičkog tretmana dolazi do denaturacije dodatih proteina surutke, kao i proteina surutke koji se originalno nalaze u mleku, i njihove asocijacije sa kazeinskim micelama. Na taj način se obezbeđuje dodatno povezivanje unutar kiselog kazeinskog gela. Nasuprot tome, u istraživanjima *Isleten i Karagul-Yuceer (2006)*, dodatak izolata proteina surutke nije uticao na trajanje fermentacije. Ultrazvučni tretmani mleka sa dodatkom 0.5% KPS uticali su na produženje fermentacije u poređenju sa uzorcima proizvedenim na standardan način. Nakon 270 min razlika u vrednosti viskoziteta uzoraka B2 i B3 iznosila je svega 10.9 mPas ( $p > 0.05$ ). Međutim, kod uzoraka B3, izmerena vrednost je predstavljala i kraj fermentacije, dok je u uzorcima B2 u periodu od 270-og do 300-og min uočena faza flokulacije. Maksimalna vrednost viskoziteta uzoraka B2 zabeležena je nakon 300 min fermentacije - 622.7 mPas. Duža fermentacija uzoraka B2 i B3 verovatno je posledica delovanja ultrazvuka. Dobijeni rezultati su u skladu sa istraživanjima *Nguyen i Anema (2010)* koji su proučavali uticaj delovanja ultrazvuka na fermentaciju obranog kravljeg mleka dodatkom GDL-a. U istraživanju navedenih autora, ultrazvučni tretman mleka u trajanju od 30 min na temperaturi od 40°C uticao je na duže vreme fermentacije u poređenju sa uzorcima proizvedenim bez primene ultrazvuka. Kavitacije koje nastaju delovanjem ultrazvuka dovode do povećanja temperature mleka (*Cameron et al., 2009*), što utiče na denaturaciju proteina surutke i disocijaciju  $\kappa$ -kazeina i njegov prelazak iz micela u mlečni serum (*Guyomarc'h et al., 2003*). Na taj način dolazi do formiranja agregata između denaturisanih proteina surutke i  $\kappa$ -kazeina u serumu, što može produžiti trajanje fermentacije (*Nguyen i Anema, 2010*). Na kraju fermentacije, uzorci

B2 su imali veći viskozitet za 138.6 mPas ( $p>0.05$ ) i 307.5 mPas ( $p<0.05$ ) u poređenju sa uzorcima B1 i B3.

Promena viskoziteta tokom fermentacije kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS prikazana je na *Grafikonu 8*. Kod uzoraka C1, C2 i C3 u toku prvih 150 minuta fermentacije viskozitet pokazuje trend blagog rasta (faza indukcije). Viskozitet uzoraka C1 u periodu od 150-og do 240-og minuta raste do maksimalne vrednosti od 670.1 mPas usled agregacije kazeinskih micela, nakon čega je u narednih 30 min fermentacije zabeležena faza sinerezisa. Viskozitet uzoraka C1 je na kraju fermentacije iznosio 429.6 mPas i ujedno je najveća vrednost viskoziteta na kraju fermentacije (*Tabela P2., Prilog*). Maksimalna vrednost viskoziteta uzoraka C2 iznosila je 860.3 mPas i zabeležena je nakon 210 min fermentacije. Kod uzoraka C3 maksimalna vrednost viskoziteta je kao i kod uzoraka C2 utvrđena nakon 210 min fermentacije – 692.4 mPas. Na kraju fermentacije najmanji viskozitet zabeležen je kod uzoraka C2 – 395.3 mPas ( $p>0.05$ ).

Iz podataka prikazanih na *Grafikonu 9*, može se uočiti da je faza indukcije kod uzoraka proizvedenih od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM (D1) trajala 240 minuta. Sa druge strane, kod uzoraka koji su proizvedeni uz primenu ultrazvučnog tretmana (D2 i D3), blago povećanje viskoziteta zabeleženo je u prvih 210 min fermentacije. Maksimalne vrednosti viskoziteta uzoraka D1 i D2 zabeležene su nakon 270 min fermentacije – 257.2 mPas i 375.8 mPas ( $p<0.05$ ). Nakon faze sinerezisa, na kraju fermentacije u uzorcima D2 zabeležen je viskozitet veći za 108.9 mPas ( $p<0.05$ ) u poređenju sa uzorcima D1.

Kod uzoraka proizvedenih od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM uz primenu ultrazvuka snage 400 W nije uočena faza sinerezisa. Maksimalna vrednost viskoziteta od 547.2 mPas ( $p>0.05$ ) zabeležena je na kraju fermentacije. Kod ovih uzoraka fermentacija je trajala 60 min duže u poređenju sa uzorcima D1 i D2. Produžena fermentacija je verovatno posledica delovanja ultrazvuka veće snage koji je uticao na formiranje agregata u mlečnom serumu, kao i na smanjenje veličine kazeinskih micela (*Riener et al., 2009b; Nguyen i Anema, 2010*).

Na *Grafikonu 10* prikazana je promena viskoziteta tokom fermentacije kozijeg mleka sa dodatkom 1% IPM. Kod uzoraka proizvedenih na standardan način (E1), faza indukcije je zabeležena u prvih 150 min fermentacije kada su kazeinske micle

uniformne u pogledu veličine i distribucije (Heertje et al., 1985; Bringe i Kinsella, 1990; Hassan et al., 1995; Jumah et al., 2001; Maćej et al., 2007). Maksimalna vrednost viskoziteta uzoraka E1 zabeležena je nakon 180 min. fermentacije i iznosila je 476.8 mPas (Tabela P2., Prilog). Nasuprot tome, u uzorcima proizvedenim uz primenu ultrazvuka (E2 i E3) nakon 180 min zabeležene su znatno manje vrednosti viskoziteta – 96.1 mPas i 36.1 mPas, respektivno. Najveća vrednost viskoziteta u ovoj grupi uzoraka zabeležena je nakon 210 min fermentacije kod uzoraka E2 i iznosila je 646.0 mPas, što je za 281.2 mPas i 350.9 mPas ( $p < 0.05$ ) manje u poređenju sa vrednostima zabeleženim kod uzoraka E1 i E3. Najmanje vrednosti viskoziteta tokom fermentacije uočene su kod uzoraka E3, što je posledica smanjenja veličine kazeinskih micela i nastanka agregata u mlečnom serumu usled delovanja ultrazvuka. Maksimalni viskozitet uzoraka E3 iznosio je 295.1 mPas nakon 210 min fermentacije. Smanjenje viskoziteta zabeleženo je u fazi sinerezisa u periodu od 210-og do 240-og min kada dolazi do delimične dezintegracije kazeinskih micela i formiranja manjih agregata kazeina koje odlikuje poroznija struktura (Jumah et al., 2001), pa je na kraju fermentacije viskozitet uzoraka E3 iznosio 172.3 mPas, što je za 264.4 mPas ( $p < 0.05$ ) i 137.3 mPas ( $p > 0.05$ ) manja vrednost u poređenju sa viskozitetom zabeleženim na kraju fermentacije u uzorcima E1 i E2.

### **5.3. UTICAJ DODATKA KPS/IPM I PRIMENJENOG ULTRAZVUČNOG TRETMANA NA FIZIČKO-HEMIJSKE KARAKTERISTIKE ČVRSTOG JOGURTA OD KOZIJEG MLEKA TOKOM SKLADIŠTENJA**

#### **5.3.1. Hemijski sastav čvrstog jogurta**

Hemijski sastav uzoraka čvrstog jogurta od kozijeg mleka ispitivan je 1., 7., 14. i 21. dana skladištenja (*Tabela 7*). Na kraju ispitivanog perioda skladištenja došlo je razvoja plesni na površini uzoraka čvrstog jogurta proizvedenih od kozijeg mleka uz primenu ultrazvučnog tretmana snage 200 W (A2). Usled toga, ispitivanje parametara kvaliteta ove vrste čvrstog jogurta vrešeno je u periodu od 1-og do 14-og dana skladištenja.

Kod svih uzoraka čvrstog jogurta od kozijeg mleka uočava se smanjenje sadržaja suve materije prvog dana skladištenja u poređenju sa mlekom pre fermentacije, što je u saglasnosti sa rezultatima *Denin Đurđević et al. (2002a, 2002b)* i *Vučić et al. (2010, 2011)*. U toku skladištenja, kod svih uzoraka čvrstog jogurta od kozijeg mleka nije primećena značajna promena sadržaja suve materije. Međutim, 7. dana skladištenja sadržaj suve materije u uzorcima A1 bio je za 0.80% manji u poređenju sa uzorcima A2 ( $p < 0.05$ ).

Iz podataka prikazanih u *Tabeli 7*. može se uočiti da su tokom ispitivanog perioda skladištenja kod svih uzoraka zabeležene varijacije u sadržaju mlečne masti. Takođe, zabeležene su male razlike u sadržaju mlečne masti između uzoraka. Međutim, osim kod uzoraka čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS (B1, B2 i B3), promene sadržaja mlečne masti nisu bile statistički značajne. Prvog dana skladištenja, uzorci B3 imali su za 0.37% ( $p < 0.05$ ) i 0.16% ( $p > 0.05$ ) veći sadržaj mlečne masti u poređenju sa uzorcima B1 i B2. Međutim, nakon 14 dana, najveći sadržaj mlečne masti zabeležen je kod uzoraka B2 – 2.79%, što je za 0.37% ( $p < 0.05$ ) veća vrednost u odnosu na uzorke B1. Međutim, kao što je prikazano u *Tabeli 6*. sirovo mleko korrišćeno za proizvodnju jogurta B imalo je različit sadržaj mlečne masti. Usled toga, između uzoraka jogurta iz ove grupe su zabeležene razlike u sadržaju mlečne masti. U toku skladištenja, statistički značajna razlika u sadržaju mlečne masti

jedino je zabeležena kod uzoraka B1. Naime, 14. dana sadržaj mlečne masti je bio za 0.32% ( $p < 0.05$ ) manji u odnosu na vrednost dobijenu na kraju ispitivanog perioda skladištenja.

Značajne razlike u sadržaju proteina su utvrđene 7. i 14. dana skladištenja kod uzoraka čvrstog jogurta proizvedenih od kozijeg mleka (A1, A2 i A3). Međutim, sa povećanjem sadržaja proteina, dodatkom 0.5% i 1% KPS i IPM, promene u sadržaju proteina nisu imale statistički značaj, pa se može zaključiti da su primenjene starter kulture imale slabu proteolitičku aktivnost.

Takođe, tokom skladištenja jogurta uočava se blago smanjenje udela laktoze, što se može objasniti konverzijom laktoze od strane bakterija mlečne kiseline. Značajne promene u sadržaju laktoze tokom skladištenja uočene su kod uzoraka proizvedenih od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS, 0.5% i 1% IPM što je verovatno posledica povećanog rasta BMK (*Herrero i Requena, 2006*). Iz *Tabele 7.* se može uočiti da su najizraženije razlike u sadržaju laktoze zabeležene između uzoraka A1, A2 i A3, pri čemu su najmanji sadržaj laktoze tokom skladištenja imali uzorci proizvedeni uz primenu ultrazvuka snage 200 W ( $p < 0.05$ ). Međutim, ustanovljene razlike verovatno su posledica različitog hemijskog sastava mleka.

Tokom skladištenja nije primećena značajna promena sadržaja mineralnih materija, osim kod uzoraka B2, što je verovatno posledica eksperimentalne greške. Razlike u sadržaju mineralnih materija između uzoraka, koje se mogu uočiti u *Tabeli 6.*, su posledica inicijalnog sadržaja mineralnih materija u mleku koje je korišćeno za proizvodnju čvrstog jogurta.

Tabela 7. Hemijski sastav čvrstog jogurta tokom skladištenja

	Period skladištenja (dani)	SM (%)	MM (%)	SMBM (%)	UN (%)	Proteini (%)	Laktoza (%)	Min. mat. (%)
A1	1	10.86±0.07aA	2.69±0.21aA	8.17±0.25aB	0.4407±0.0122	2.81±0.08aA	4.14±0.15aAB	0.82±0.03aB
	7	10.89±0.10aB	2.86±0.19aA	8.03±0.11aB	0.4595±0.0137	2.93±0.09aAB	4.43±0.06aA	0.83±0.01aB
	14	10.94±0.04aA	2.93±0.11aA	8.01±0.13aB	0.4525±0.0195	2.89±0.13aB	3.99±0.27aAB	0.85±0.02aA
	21	10.98±0.08aA	2.79±0.22aA	8.19±0.17aA	0.4685±0.0094	2.99±0.07aA	3.87±0.25aA	0.85±0.02aA
A2	1	11.60±0.46aA	2.98±0.29aA	8.62±0.18aA	0.4992±0.0553	3.18±0.35aA	3.60±0.31aB	0.86±0.03aA
	7	11.69±0.70aA	3.04±0.36aA	8.64±0.38aA	0.5039±0.0411	3.22±0.26aA	3.51±0.67aB	0.88±0.03aA
	14	11.64±0.63aA	3.01±0.29aA	8.83±0.35aA	0.5185±0.0577	3.31±0.37aA	3.36±0.41aB	0.86±0.03aA
A3	1	11.13±0.40aA	3.25±0.31aA	7.88±0.28aB	0.4529±0.0259	2.89±0.16aA	4.47±0.11aA	0.80±0.01aB
	7	11.08±0.21aAB	2.93±0.29aA	8.14±0.20aB	0.4353±0.0103	2.78±0.07aB	4.31±0.20aA	0.80±0.03aB
	14	11.27±0.19aA	3.08±0.33aA	8.19±0.16aB	0.4421±0.0037	2.82±0.03aB	4.27±0.17aA	0.81±0.02aB
	21	11.26±0.13aA	2.75±0.12aA	8.51±0.04aA	0.4505±0.0074	2.87±0.05aA	4.28±0.03aA	0.80±0.01aB
B1	1	11.05±0.30aA	2.49±0.11bB	8.56±0.30abA	0.4687±0.0210	2.99±0.13aA	4.12±0.04aA	0.81±0.02aA
	7	10.95±0.45aA	2.69±0.15abA	8.26±0.04abA	0.4715±0.0254	3.01±0.16aA	4.21±0.13aA	0.80±0.03aAB
	14	11.00±0.33aA	2.42±0.00bcB	8.58±0.33aA	0.4799±0.0266	3.06±0.17aA	4.30±0.19aA	0.79±0.03aB
	21	10.95±0.32aA	2.74±0.25aA	8.21±0.35bA	0.4756±0.0193	3.03±0.12aA	4.21±0.02aA	0.80±0.03aB
B2	1	11.02±0.18aA	2.70±0.30aAB	8.32±0.14aA	0.4567±0.0131	2.91±0.09aA	4.33±0.70aA	0.80±0.04bA
	7	11.07±0.13aA	2.81±0.15aA	8.26±0.15aA	0.4880±0.0425	3.11±0.27aA	4.20±0.20aA	0.85±0.06aA
	14	11.11±0.17aA	2.79±0.11aA	8.32±0.11aA	0.4930±0.0438	3.14±0.28aA	4.08±0.08aA	0.85±0.04aA
	21	11.03±0.15aA	2.84±0.07aA	8.20±0.15aA	0.4895±0.0372	3.12±0.24aA	4.14±0.07aA	0.86±0.03aA
B3	1	11.34±0.16aA	2.86±0.15aA	8.48±0.04aA	0.5108±0.0108	3.26±0.07aA	4.38±0.09aA	0.79±0.01aA
	7	11.25±0.23aA	2.73±0.11aA	8.53±0.13aA	0.5034±0.0056	3.21±0.04aA	4.47±0.16aA	0.79±0.01aB
	14	11.19±0.13aA	2.65±0.04aAB	8.54±0.15aA	0.4922±0.0219	3.14±0.14aA	4.29±0.07aA	0.80±0.01aAB
	21	11.23±0.14aA	2.85±0.04aA	8.38±0.13aA	0.5045±0.0248	3.22±0.16aA	4.19±0.10aA	0.83±0.03aAB
C1	1	11.50±0.35aA	2.81±0.26aA	8.69±0.27aA	0.5485±0.0488	3.50±0.31aA	4.28±0.16aA	0.88±0.04aA
	7	11.23±0.45aA	2.76±0.25aA	8.47±0.40aA	0.5417±0.0402	3.45±0.26aA	4.08±0.07abA	0.88±0.05aA
	14	11.45±0.35aA	2.97±0.17aA	8.48±0.19aA	0.5689±0.0518	3.63±0.33aA	3.97±0.13bA	0.90±0.04aA
	21	11.38±0.37aA	2.93±0.18aA	8.44±0.21aA	0.5557±0.0651	3.54±0.42aA	3.90±0.19bA	0.93±0.04aA



C2	1	11.43±0.34aA	2.86±0.29aA	8.57±0.27aA	0.5115±0.0202	3.26±0.13aA	4.15±0.04abA	0.84±0.02aA
	7	11.47±0.33aA	2.82±0.13aA	8.64±0.28aA	0.5173±0.0124	3.30±0.08aA	4.23±0.15aA	0.85±0.03aA
	14	11.42±0.47aA	2.88±0.13aA	8.53±0.39aA	0.5278±0.0264	3.37±0.17aA	3.89±0.03bcA	0.86±0.03aA
	21	11.40±0.39aA	2.76±0.16aA	8.63±0.33aA	0.5374±0.0267	3.43±0.17aA	3.75±0.36cA	0.87±0.02aA
C3	1	11.50±0.28aA	2.66±0.07aA	8.84±0.28aA	0.5403±0.0197	3.45±0.13aA	4.37±0.13aA	0.84±0.06aA
	7	11.42±0.31aA	2.73±0.15aA	8.69±0.21aA	0.5411±0.0243	3.45±0.15aA	4.30±0.10aA	0.86±0.09aA
	14	11.46±0.31aA	2.88±0.07aA	8.57±0.31aA	0.5423±0.0190	3.46±0.12aA	4.14±0.13abA	0.85±0.04aA
	21	11.27±0.48aA	2.62±0.07aA	8.65±0.51aA	0.5507±0.0098	3.51±0.06aA	3.91±0.33bA	0.86±0.04aA
D1	1	11.58±0.48aA	2.86±0.33aA	8.72±0.19aA	0.5542±0.0409	3.54±0.26aA	4.34±0.08aA	0.91±0.03aA
	7	11.45±0.34aA	2.74±0.44aA	8.71±0.13aA	0.5536±0.0263	3.53±0.17aA	4.14±0.05abA	0.91±0.02aA
	14	11.32±0.48aA	2.93±0.44aA	8.39±0.21aAB	0.5440±0.0288	3.47±0.18aA	3.99±0.11bcA	0.90±0.03aA
	21	11.25±0.50aA	2.86±0.33aA	8.39±0.25aA	0.5461±0.0403	3.48±0.26aA	3.72±0.25cA	0.90±0.05aA
D2	1	11.55±0.67aA	2.86±0.50aA	8.69±0.19aA	0.5396±0.0437	3.44±0.28aA	4.21±0.03aA	0.86±0.04aA
	7	11.36±0.56aA	2.86±0.33aA	8.50±0.23abA	0.5375±0.0398	3.43±0.25aA	3.97±0.30abA	0.87±0.06aA
	14	11.22±0.53aA	3.03±0.38aA	8.19±0.19bB	0.5344±0.0335	3.41±0.22aA	3.76±0.20bA	0.86±0.03aA
	21	10.95±0.04aA	2.68±0.09aA	8.28±0.09abA	0.5184±0.0109	3.32±0.06aA	3.80±0.05bA	0.83±0.03aB
D3	1	11.44±0.43aA	2.96±0.27aA	8.49±0.23aA	0.5446±0.0113	3.47±0.07aA	4.15±0.07aA	0.88±0.03aA
	7	11.48±0.39aA	2.86±0.16aA	8.62±0.33aA	0.5383±0.0134	3.43±0.08aA	4.04±0.39abA	0.88±0.02aA
	14	11.60±0.41aA	2.84±0.20aA	8.77±0.25aA	0.5677±0.0215	3.62±0.14aA	4.07±0.26abA	0.89±0.03aA
	21	11.43±0.59aA	2.93±0.25aA	8.49±0.46aA	0.5446±0.0134	3.47±0.08aA	3.77±0.21bA	0.88±0.02aAB
E1	1	11.60±0.66aA	2.77±0.23aA	8.83±0.44aA	0.5485±0.0411	3.50±0.26aA	4.59±0.12aA	0.86±0.04aA
	7	11.73±0.54aA	2.80±0.39aA	8.93±0.18aA	0.5676±0.0190	3.62±0.12aA	4.48±0.10abA	0.87±0.05aA
	14	11.75±0.43aA	2.79±0.22aA	8.96±0.23aA	0.5744±0.0196	3.66±0.13aA	4.35±0.06abA	0.86±0.04aA
	21	11.64±0.75aA	2.66±0.32aA	8.97±0.44aA	0.5852±0.0508	3.73±0.32aA	4.22±0.09bA	0.86±0.05aA
E2	1	11.58±0.34aA	2.71±0.16aA	8.87±0.23aA	0.5321±0.0154	3.39±0.10aA	4.47±0.14aA	0.86±0.02aA
	7	11.59±0.33aA	2.81±0.21aA	8.79±0.16aA	0.5394±0.0256	3.44±0.16aA	4.49±0.10aA	0.87±0.04aA
	14	11.78±0.69aA	2.79±0.22aA	9.00±0.49aA	0.5869±0.0490	3.75±0.31aA	4.33±0.14abA	0.87±0.03aA
	21	11.45±0.55aA	2.71±0.11aA	8.74±0.44aA	0.5760±0.0462	3.68±0.30aA	4.13±0.06bAB	0.87±0.05aA
E3	1	11.68±0.80aA	2.84±0.22aA	8.69±0.51aA	0.5328±0.0240	3.40±0.16aA	4.44±0.24aA	0.89±0.06aA
	7	11.60±0.60aA	2.86±0.24aA	8.68±0.30aA	0.5510±0.0222	3.51±0.14aA	4.27±0.11abA	0.85±0.02aA
	14	11.55±0.81aA	2.71±0.18aA	8.73±0.54aA	0.5591±0.0400	3.57±0.25aA	4.04±0.29bcA	0.86±0.01aA
	21	11.37±0.90aA	2.59±0.28aA	8.62±0.57aA	0.5618±0.0544	3.59±0.35aA	3.79±0.49cB	0.89±0.05aA

\*Vrednosti sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja (  $p < 0.05$  )

\*\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno (  $p < 0.05$  )

### 5.3.2. Promena pH vrednosti i titracione kiselosti tokom skladištenja čvrstog jogurta od kozijeg mleka

Promena pH vrednosti i titracione kiselosti praćena je tokom 21. dana skladištenja za sve proizvedene uzorke čvrstog jogurta od kozijeg mleka, osim za uzorke A2, kod kojih je dinamika navedenih parametara kvaliteta praćena 14 dana. Sva ispitivanja vršena su u tri ponavljanja.

Promena pH vrednosti i titracione kiselosti tokom skladištenja uzoraka čvrstog jogurta od kozijeg mleka (A1, A2 i A3) prikazana je u *Tabeli 8.* i na *Grafikonu 11.*

*Tabela 8. Promena pH vrednosti i titracione kiselosti tokom skladištenja uzoraka čvrstog jogurta od kozijeg mleka*

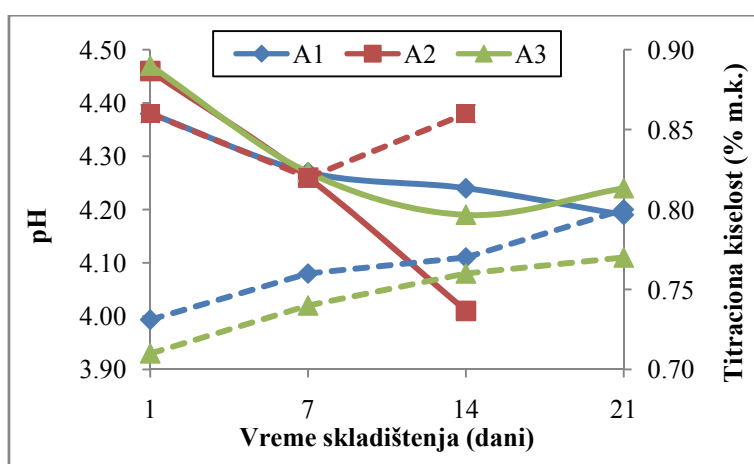
Uzorak jogurta	Vreme skladištenja (dani)	pH	Titraciona kiselost (% m.k.)
A1	1	4.38±0.10aA	0.73±0.05aB
	7	4.27±0.13aA	0.76±0.04aA
	14	4.24±0.23aA	0.77±0.01aA
	21	4.19±0.17aA	0.80±0.03aA
A2	1	4.46±0.10aA	0.86±0.13aA
	7	4.26±0.02aA	0.82±0.09aA
	14	4.01±0.19bA	0.86±0.09aA
A3	1	4.47±0.12aA	0.71±0.01aB
	7	4.27±0.07abA	0.74±0.02aA
	14	4.19±0.05bA	0.76±0.03aA
	21	4.24±0.10bA	0.77±0.01aA

\*Vrednosti sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja ( $p < 0.05$ )

\*\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno ( $p < 0.05$ )

U uzorcima jogurta proizvedenim od kozijeg mleka najveći pad pH vrednosti zabeležen je u prvih 7 dana skladištenja. Kod uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka na standardan način (A1) smanjenje pH vrednosti je iznosilo 0.11 pH jedinica ( $p > 0.05$ ). Kod uzoraka proizvedenih od ultrazvučno tretiranog mleka (A2 i A3) smanjenje pH vrednosti je nešto izraženije - 0.20 pH jedinica ( $p > 0.05$ ). U periodu od 7-og do 21-og dana skladištenja, smanjenje pH vrednosti manje je izraženo u uzorcima A1, pa je 21. dana pH vrednost iznosila 4.19. Nasuprot tome, kod uzoraka A2 je između 7. i 14. dana zabeležena najveća promena pH vrednosti - 0.25 pH jedinica ( $p < 0.05$ ). Uzorci A2 takođe pokazuju neuobičajne promene titracione kiselost tokom

skladištenja. U prvih 7 dana skladištenja zabeleženo je smanjenje titracione kiselosti od 0.04% m.k. ( $p>0.05$ ), da bi nakon 14 dana došlo do povećanja titracione kiselosti na nivo zabeležen 1. dana skladištenja. Primenjeni ultrazvučni tretman snage 200 W takođe je uticao na razlike u sadržaju mlečne kiseline 1. dana skladištenja ( $p<0.05$ ). U poslednjih 7 dana skladištenja je uočeno malo povećanje pH vrednosti kod uzoraka A3, što je verovatno posledica proteolitičkih promena. Međutim, titraciona kiselost uzoraka A3 je tokom celog perioda skladištenja pokazivala linearan rast, verovatno kao rezultat nagomilavanja pufernih supstanci.



Grafikon 11. Promena pH vrednosti i titracione kiselosti tokom skladištenja uzoraka čvrstog jogurta od kozijeg mleka

U Tabeli 9. i na Grafikonu 12. prikazana je dinamika pH vrednosti i titracione kiselosti tokom skladištenja jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS (B1, B2 i B3). Kao i kod uzoraka A, najveći pad pH vrednosti kod sva tri jogurta zabeležen je u prvih 7 dana skladištenja i iznosio je 0.18, 0.20 i 0.13 pH jedinica ( $p<0.05$ ). pH vrednost jogurta B1 se kretala od 4.38 prvog dana skladištenja do 4.21 nakon 21 dana skladištenja ( $p<0.05$ ). Tokom ispitivanog perioda skladištenja najveće pH vrednosti imali su uzorci B3. Sa druge strane, najveća titraciona kiselost tokom skladištenja zabeležena je kod uzoraka B1 ( $p<0.05$ ). U periodu od 7-og do 14-og dana, kod svih uzoraka jogurta zabeležene su male promene u sadržaju mlečne kiseline: 0.03%, 0.00% i 0.01% ( $p>0.05$ ). U poređenju sa jogurtom proizvedenim od kozijeg mleka (A1, A2 i A3) u uzorcima proizvedenim od mleka kome je dodato 0.5% KPS zabeležena je manja produkcija mlečne kiseline tokom skladištenja. Postacidifikacija,

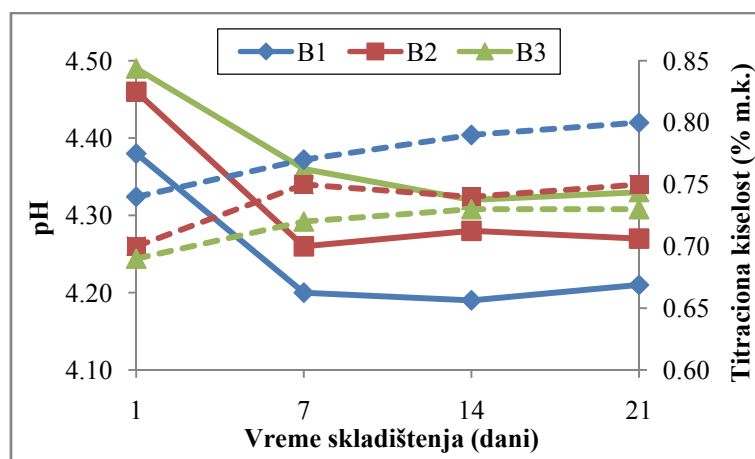
koja je rezultat metaboličke aktivnosti starter kulture, prvenstveno laktobacila, utiče na lošije senzorne osobine i smanjuje period održivosti jogurta (Béal et al., 1999; Zhao et al., 2006), pa se može zaključiti da dodatak 0.5% KPS ima pozitivan uticaj na kvalitet jogurta od kozijeg mleka.

Tabela 9. Promena pH vrednosti i titracione kiselosti tokom skladištenja uzoraka čvrstog jogurta od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS

Uzorak jogurta	Vreme skladištenja (dani)	pH	Titraciona kiselost (% m.k.)
B1	1	4.38±0.02aB	0.74±0.02cA
	7	4.20±0.10bB	0.77±0.02bA
	14	4.19±0.08bB	0.79±0.03abA
	21	4.21±0.02bA	0.80±0.03aA
B2	1	4.46±0.09aAB	0.70±0.03bB
	7	4.26±0.03bB	0.75±0.01aAB
	14	4.28±0.02bAB	0.74±0.01aB
	21	4.27±0.04bA	0.75±0.02aB
B3	1	4.49±0.04aA	0.69±0.01bB
	7	4.36±0.02bA	0.72±0.01aB
	14	4.32±0.01bA	0.73±0.01aB
	21	4.33±0.02bA	0.73±0.01aB

\*Vrednosti sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja ( $p < 0.05$ )

\*\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno ( $p < 0.05$ )



Grafikon 12. Promena pH vrednosti i titracione kiselosti tokom skladištenja uzoraka čvrstog jogurta od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS

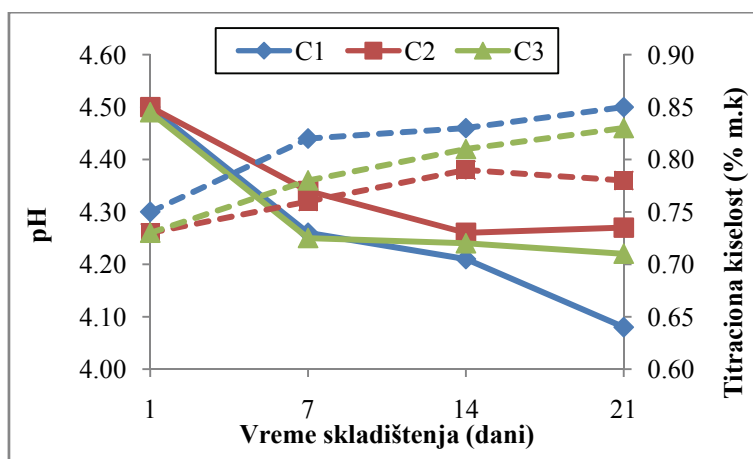
Podaci o promeni pH vrednosti i titracione kiselosti za jogurt proizveden od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS (C1, C2 i C3), prikazani su u *Tabeli 10.* i na *Grafikonu 13.*

*Tabela 10. Promena pH vrednosti i titracione kiselosti tokom skladištenja uzoraka čvrstog jogurta od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS*

Uzorak jogurta	Vreme skladištenja (dani)	pH	Titraciona kiselost (% m.k.)
C1	1	4.50±0.09aA	0.75±0.04bA
	7	4.26±0.01bAB	0.82±0.01aA
	14	4.21±0.10bcA	0.83±0.04aA
	21	4.08±0.02cB	0.85±0.01aA
C2	1	4.50±0.01aA	0.73±0.01bA
	7	4.34±0.03bA	0.76±0.00abB
	14	4.26±0.02cA	0.79±0.01aB
	21	4.27±0.04cA	0.78±0.02aB
C3	1	4.49±0.05aA	0.73±0.01cA
	7	4.25±0.02bB	0.78±0.01bB
	14	4.24±0.01bA	0.81±0.01abAB
	21	4.22±0.04bA	0.83±0.03aA

\*Vrednosti sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja ( $p < 0.05$ )

\*\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno ( $p < 0.05$ )



*Grafikon 13. Promena pH vrednosti i titracione kiselosti tokom skladištenja uzoraka čvrstog jogurta od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS*

Uzorci jogurta proizvedeni od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS, imali su nakon 1 dana skladištenja gotovo identične pH vrednosti – 4.50, 4.50 i 4.49. Najizraženiji pad pH vrednosti, kod sva tri jogurta, zabeležen je u periodu od 1-og do 7-

og dana skladištenja, a zabeležene pH vrednosti su se kretale u intervalu 4.25-4.34. U daljem periodu skladištenja, kod uzoraka proizvedenih od mleka koje je podvrgnuto delovanju ultrazvuka nisu zabeležene veće promene pH vrednosti. Međutim, u poslednjih 7 dana skladištenja, u uzorcima C1 uočen je značajniji pad pH vrednosti. U poređenju sa uzorcima C2 i C3, jogurt C1 je na kraju perioda skladištenja imao pH vrednost manju za 0.19, odnosno 0.14 pH jedinica ( $p < 0.05$ ). Titraciona kiselost svih uzoraka jogurta je rasla tokom perioda skladištenja, da bi nakon 21. dana skladištenja najveću titracionu kiselost (0.85% m.k.) imali uzorci jogurta proizvedeni od kozijeg mleka na standardan način. Na osnovu prikazanih podataka može se zaključiti da dodatak KPS, kao i primenjeni ultrazvučni tretmani mleka imaju za posledicu sporiji nastanak mlečne kiseline.

Promena pH vrednosti i titracione kiselosti tokom skladištenja jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM (D1, D2 i D3), prikazana je u Tabeli 11. i na Grafikonu 14.

Tabela 11. Promena pH vrednosti i titracione kiselosti tokom skladištenja uzoraka čvrstog jogurta od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM

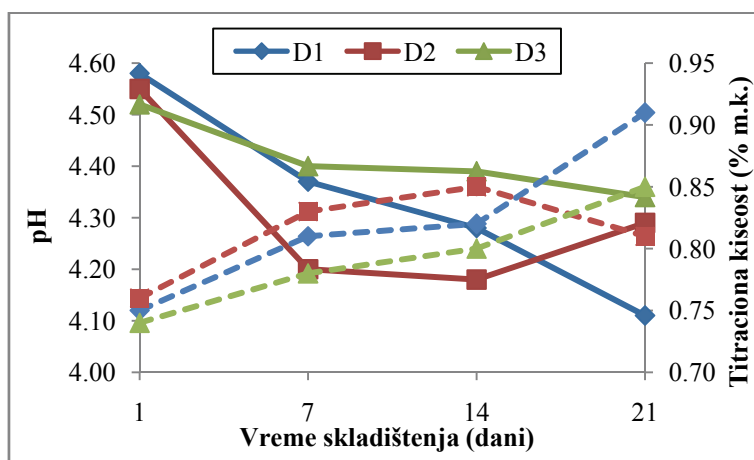
Uzorak jogurta	Vreme skladištenja (dani)	pH	Titraciona kiselost (% m.k.)
D1	1	4.58±0.04aA	0.75±0.01bA
	7	4.37±0.06bA	0.81±0.04aA
	14	4.28±0.01bcA	0.82±0.04aA
	21	4.11±0.25cB	0.91±0.17aA
D2	1	4.55±0.04aA	0.76±0.03aA
	7	4.20±0.25bA	0.83±0.10aA
	14	4.18±0.23bA	0.85±0.11aA
	21	4.29±0.02bAB	0.81±0.01aA
D3	1	4.52±0.01aA	0.74±0.02aA
	7	4.40±0.00aA	0.78±0.03aA
	14	4.39±0.02aA	0.80±0.02aA
	21	4.34±0.03aA	0.85±0.03aA

\*Vrednosti sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja ( $p < 0.05$ )

\*\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno ( $p < 0.05$ )

Za razliku od uzoraka A, B i C, kod uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM pad pH vrednosti 1. dana nakon proizvodnje bio je manje izražen, tako da se pH vrednost nakon prvog dana skladištenja kretala u intervalu 4.52-4.58. Najizraženije promene pH vrednosti mogu se uočiti kod uzoraka jogurta

proizvedenih na standardan način. Nakon 7 dana pH vrednost je bila manja za 0.21 pH jedinica, u odnosu na 1. dan skladištenja ( $p < 0.05$ ). U periodu od 14. do 21. dana skladištenja zabeležen je pad pH vrednosti od 0.17 pH jedinica ( $p > 0.05$ ). Nasuprot tome, primenjeni ultrazvučni tretmani usporavaju smanjenje pH vrednosti u kasnijem periodu skladištenja, pa kod uzoraka D3 nije ustanovljena značajna razlika u pH vrednostima zabeleženih tokom skladištenja. Takođe, kod uzoraka D2 nije ustanovljena značajna razlika između pH vrednosti zabeleženih 7., 14. i 21. dana skladištenja. Međutim, porast pH vrednosti koji je primećen 21. dana skladištenja kod uzoraka D2, praćen smanjenjem titracione kiselosti u istom periodu, verovatno je posledica proteolitičkih promena. Najveću titracionu kiselost imali su uzorci D1, na kraju ispitivanog perioda skladištenja – 0.91% m.k., ali primenjeni ultrazvučni tretmani mleka, kao i vreme skladištenja nisu imali uticaja na dinamiku titracione kiselosti jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM. U poređenju sa jogurtom proizvedenim od kozijeg mleka sa dodatkom KPS, uzorci kod kojih je mleku dodato 0.5% IPM imali su veću titracionu kiselost. Rezultati dobijeni ispitivanjem promene titracione kiselosti i pH vrednosti tokom skladištenja jogurta, u saglasnosti su sa podacima *Antunes et al. (2004)*. Prema ovim autorima, dodatak KPS utiče na sporiji razvoj kiselosti u poređenju sa jogurtom proizvedenim od mleka kome je dodato mleko u prahu. Brži razvoj kiselosti kod jogurta proizvedenog od mleka kome su dodati proizvodi na bazi kazeina je posledica većeg pufernog kapaciteta u poređenju sa jogurtom koji je proizveden od mleka sa dodatkom KPS.



Grafikon 14. Promena pH vrednosti i titracione kiselosti tokom skladištenja uzoraka čvrstog jogurta od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM

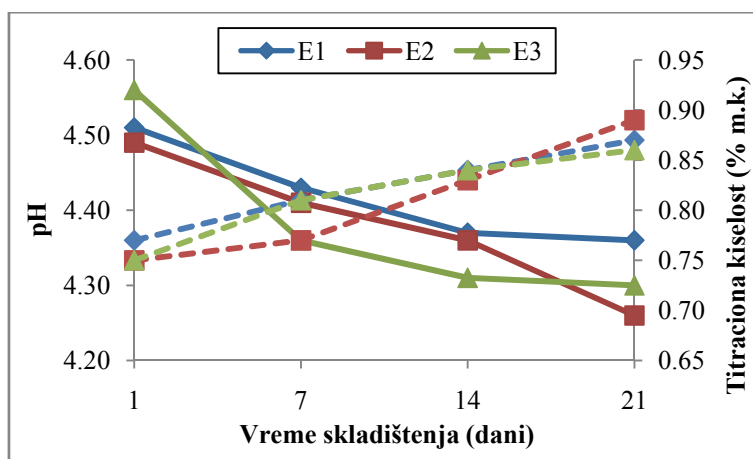
Promena pH vrednosti i titracione kislosti tokom skladištenja jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% IPM (E1, E2 i E3), prikazana je u Tabeli 12. i na Grafikonu 15.

Tabela 12. Promena pH vrednosti i titracione kislosti tokom skladištenja uzoraka čvrstog jogurta od kozijeg mleka sa dodatkom 1% IPM

Uzorak jogurta	Vreme skladištenja (dani)	pH	Titraciona kislost (% m.k.)
E1	1	4.51±0.06aA	0.77±0.02dA
	7	4.43±0.05abA	0.81±0.03cA
	14	4.37±0.01bA	0.84±0.01bA
	21	4.36±0.05bA	0.87±0.01aAB
E2	1	4.49±0.08aA	0.75±0.01cA
	7	4.41±0.08abA	0.77±0.01cB
	14	4.36±0.07bcA	0.83±0.01bA
	21	4.26±0.11cA	0.89±0.02aA
E3	1	4.56±0.03aA	0.75±0.03cA
	7	4.36±0.07bA	0.81±0.02bA
	14	4.31±0.07bA	0.84±0.01aA
	21	4.30±0.07bA	0.86±0.01aB

\*Vrednosti sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja ( $p < 0.05$ )

\*\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno ( $p < 0.05$ )



Grafikon 15. Promena pH vrednosti i titracione kislosti tokom skladištenja uzoraka čvrstog jogurta od kozijeg mleka sa dodatkom 1% IPM

Iz prikazanih podataka u Tabeli 12. može se uočiti da je vreme skladištenja uticalo na dinamiku pH vrednosti i titracione kislosti na nivou 0.05. Kod uzoraka proizvedenih na standardan način (E1), pH vrednost izmerena 1. dana nakon

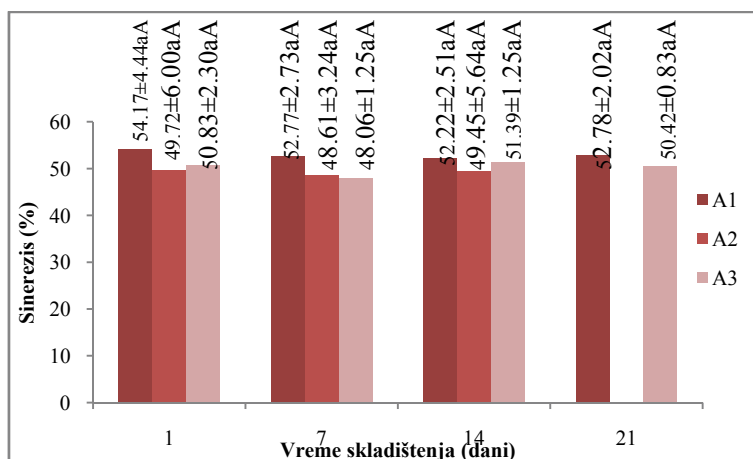


proizvodnje bila je za 0.14 i 0.15 pH jedinica veća u odnosu na vrednosti zabeležene 14. i 21. dana skladištenja ( $p < 0.05$ ). Uticaj vremena skladištenja još je izraženiji kod titracione kiselosti. Razlika u sadržaju mlečne kiseline na početku i na kraju ispitivanog perioda skladištenja iznosila je 0.10%. Kod jogurta proizvedenog od mleka koje je tretirano ultrazvukom snage 200 W (E2) pad pH vrednosti bio više izražen u periodu od 14. do 21. dana. Najmanja pH vrednost 21. dana skladištenja zabeležena je kod uzoraka A3 – 4.30. Iz podataka prikazanih na *Grafikonu 15.* može se uočiti linearni porast titracione kiselosti kod uzoraka E1 i E3. Najveća titraciona kiselost zabeležena je kod jogurta E2 na kraju ispitivanog perioda skladištenja – 0.89% m.k. Primenjeni ultrazvučni tretmani usloveli su razlike u sadržaju mlečne kiseline između uzoraka 7. i 21. dana skladištenja.

### 5.3.3. Promena vrednosti sinerezisa tokom skladištenja

Sinerezis predstavlja izdvajanje tečne faze iz kiselog kazinskog gela i nepoželjna je pojava kod čvrstog jogurta. Takođe, sinerezis se može objasniti brojem interakcija između kazeina i proteina surutke. Sa većim brojem veza, formira se umreženiji gel koji karakteriše veća sposobnost zadržavanja vode (*Parnell-Clunies et al., 1986b; Lee i Lucey, 2002*). Spontano izdvajanje surutke na površini gela rezultat je nestabilnosti i rearanžiranja proteinske mreže (*Lucey i Singh, 1998*). Primenjeni termički tretman mleka (92°C/10 min) dovodi do povećanja kazeinskih micela usled vezivanja denaturisanih proteina surutke i utiče na čvrstinu gela, modul viskoznosti, sposobnost vezivanja vode i sinerezis (*Parnell-Clunies et al., 1986b; Mottar et al., 1989; Lucey, 2002; Vasbinder et al., 2003*). Takođe, dodatak ingredijenata poput KPS i IPM mleku namenjenom za proizvodnju jogurta, dovodi do promenjenog odnosa kazein/proteini surutke, što utiče na viskozitet, sinerezis i sposobnost vezivanja vode. Prema *Guzmán-González et al. (1999, 2000)* dodatkom KPS može se proizvesti jogurt koji će imati manju sklonost ka izdvajanju surutke u poređenju sa jogurtom proizvedenim od mleka kome su dodavani koncentraciji proteina mleka,

Rezultati dobijeni ispitivanjem sinerezisa u toku skladištenja kod uzoraka čvrstog jogurta od kozijeg mleka (A) prikazani su na *Histogramu 1.*



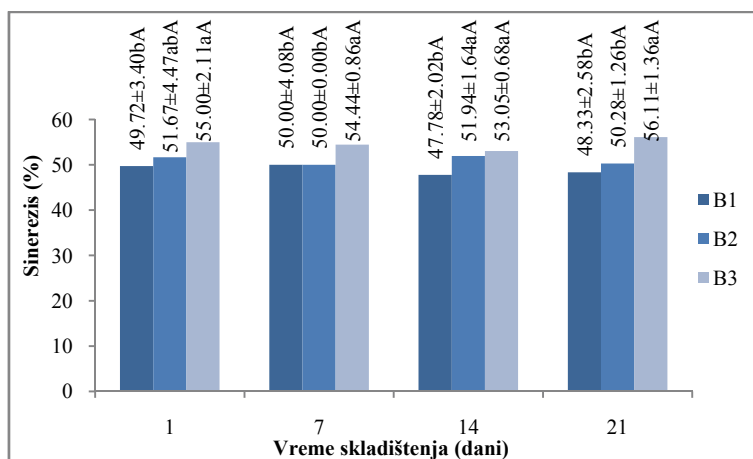
*Histogram 1. Promena vrednosti sinerezisa u toku skladištenja jogurta od kozijeg mleka*

\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno ( $p < 0.05$ )

\*\*Vrednosti sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja ( $p < 0.05$ )

Iz podataka prikazanih na *Histogramu 1.* može se uočiti da su u toku ispitivanog vremena skladištenja najveći sinerezis imali uzorci jogurta proizvedeni bez primene ultrazvuka (A1). Najmanje vrednosti sinerezisa 1. i 14. dana skladištenja zabeležene su kod uzoraka A2 (49.72% i 49.45%, respektivno), dok su 7. dana skladištenja najmanje izdvajanje surutke pokazali uzorci A3 (48.06%). Međutim, statistička analiza dobijenih rezultata pokazala je da razlike u količini izdvojene surutke nisu statistički značajne, pa se može zaključiti da primenjeni ultrazvučni tretmani nisu imali uticaja na sinerezis jogurta proizvedenog od kozijeg mleka. Najveći sinerezis u uzorcima A1 i A2 zabeležen je 1. dana skladištenja, kada je kiseli kazeinski gel najpodložniji rearanžiranju, jer je broj protein-protein veza manji nego kod starijih gelova. Nasuprot tome, kod uzoraka A3 najveća količina surutke izdvojena je nakon 14 dana skladištenja. U ovom periodu, u uzorcima A3 zabeležena je najmanja pH vrednost tokom skladištenja (*Tabela 8*). Prema *Harwalkar i Kalab (1986)* pri nižoj pH vrednosti dolazi do povećanja pozitivnog naelektrisanja unutar kazeinskih micela, a samim tim i do intermolekularnog odbijanja, što za posledicu ima povećanje pora u proteinskom matriksu, a samim tim i intenzivnije izdvajanje surutke. Poređenjem rezultata dobijenih 1., 7., 14. i 21. dana, za sve tri vrste jogurta, može se uočiti da vreme skladištenja takođe nije imalo uticaja na sinerezis.

Na *Histogramu 2.* prikazani su rezultati dobijeni ispitivanjem sinerezisa kod uzoraka proizvedenih od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS u toku skladištenja.



*Histogram 2. Promena vrednosti sinerezisa u toku skladištenja jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS*

\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno ( $p < 0.05$ )

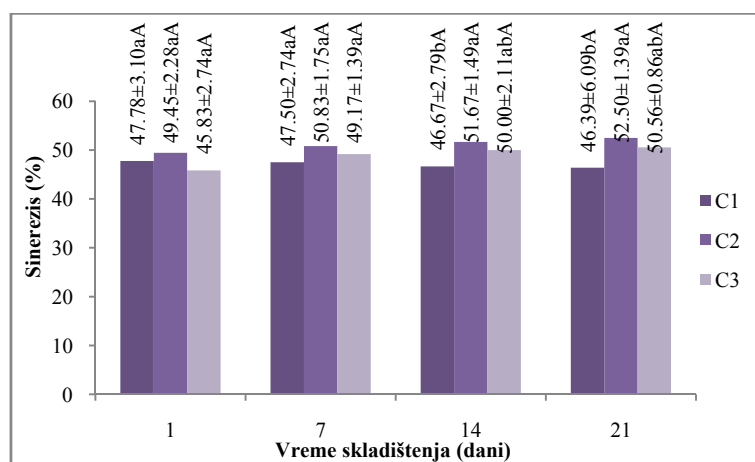
\*\*Vrednosti sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja ( $p < 0.05$ )

Manje količine izdvojene surutke zabeležene su u uzorcima jogurta proizvedenim od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS na standardan način (B), u odnosu na uzorke proizvedene bez dodatka KPS (A). Dodatak KPS uticao je na smanjenje sinerezisa usled kompaktnije strukture i imobilizacije slobodne vode, što je potvrđeno i u istraživanjima sprovedenim na jogurtu od kravljeg mleka (*Guzman-Gonzalez et al., 1999; Bhullar et al., 2002; Puvanenthiran et al., 2002*).

Iz podataka prikazanih na *Histogramu 2.* može se uočiti da ispitivani period skladištenja jogurta nije ima uticaja na izdvajanje surutke. Međutim, tokom ispitivanog vremena skladištenja najveći sinerezis zabeležen je u uzorcima proizvedenim uz primenu ultrazvuka snage 400 W (B3), dok je najmanja sklonost ka izdvajanju surutke uočena kod uzoraka proizvedenih na standardan način (B1). Prvog dana skladištenja iz uzoraka B3 izdvojeno je 5.28% više surutke u poređenju sa uzorcima B1 ( $p < 0.05$ ). Međutim, nije ustanovljena razlika između uzoraka B3 i B2, kao ni između uzoraka B1 i B2 ( $p > 0.05$ ). Značajno veći sinerezis ( $p < 0.05$ ) u uzorcima B3 u poređenju sa uzorcima B1 i B2 zabeležen je 7. i 21. dana skladištenja. Veće vrednosti sinerezisa zabeležene u uzorcima jogurta proizvedenim uz primenu ultrazvuka snage 400 W verovatno su posledica formiranja labavije i mekše strukture gela. Takođe, veći sinerezis može biti posledica zasićenja kapaciteta vezivanja vode u kazeinu, pre formiranja gela.

Promena sinerezisa tokom skladištenja jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS prikazana je na *Histogramu 3*.

Primena ultrazvuka dovodi do većeg stepena denaturacije proteina surutke (Villamiel i De Jong, 2000), pa bi se mogle očekivati manje vrednosti sinerezisa kod uzoraka u čijoj je proizvodnji primenjena termosonifikacija. Međutim, ultrazvučni tretman utiče na formiranje nežnijeg gela sa većim porama unutar proteinskog matriksa, pa su uzorci proizvedeni na standardan način (C1) imali manje izražen sinerezis 7., 14. i 21. dana skladištenja u odnosu na uzorke jogurta C2 i C3. Ultrazvuk snage 200 W primenjen u proizvodnji uzoraka C2 uticao je na veće vrednosti sinerezisa 14. i 21. dana skladištenja u poređenju sa uzorcima C1 za 5%, odnosno 6.11% ( $p < 0.05$ ). Nasuprot tome, ultrazvučni tretman snage 400 W nije imao uticaja na vrednosti sinerezisa, i u toku ispitivanog perioda skladištenja nisu zabeležene značajne razlike u količini izdvojene surutke između uzorka C3 i uzoraka jogurta C1 i C2. Takođe, prema podacima prikazanim na *Histogramu 3*, može se zaključiti da vreme skladištenja nije uticalo na količinu izdvojene surutke.

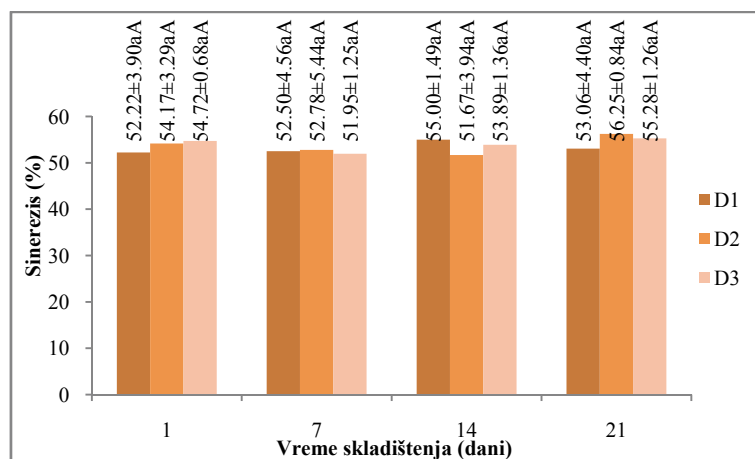


*Histogram 3. Promena vrednosti sinerezisa u toku skladištenja jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS*

\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno ( $p < 0.05$ )

\*\*Vrednosti sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja ( $p < 0.05$ )

Na *Histogramu 4*, prikazana je promena sinerezisa tokom skladištenja kod uzoraka čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM.



*Histogram 4. Promena vrednosti sinerezisa u toku skladištenja jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM*

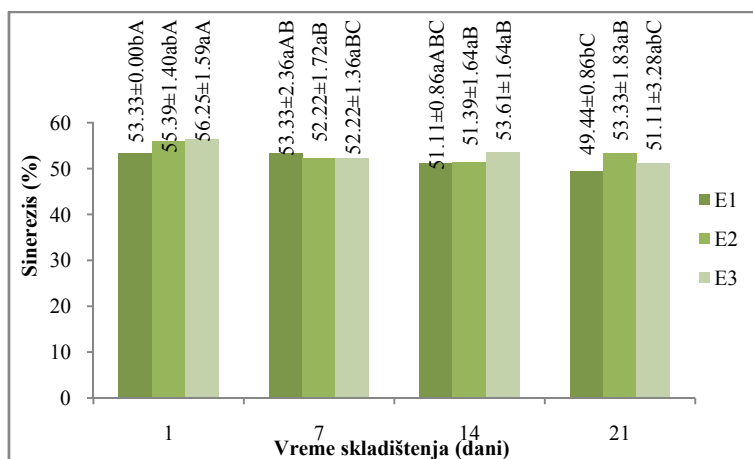
\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno ( $p < 0.05$ )

\*\*Vrednosti sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja ( $p < 0.05$ )

Prvog i 21. dana skladištenja najmanji sinerezis zabeležen je kod uzoraka D1 – 52.22% i 53.06%, respektivno. Najmanja vrednost sinerezisa u ovoj grupi uzoraka zabeležena je 14. dana kod jogurta D2 (51.67%). Međutim, prema podacima prikazanim na *Histogramu 4.* može se zaključiti da primenjeni ultrazvučni tretmani i vreme skladištenja nisu uticali na promenu vrednosti sinerezisa. Prema *Guzmán-González et al., (2000)* dodatak ingredijenata na bazi kazeina smanjuje sinerezis u čvrstom jogurtu u poređenju sa standardno proizvedenim jogurtom od kravljeg mleka. Međutim, u ovim istraživanjima uzorci jogurta proizvedeni od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM (D) pokazali su veću sklonost ka izdvajanju surutke u odnosu na uzorke proizvedene bez dodatka ingredijenata (A). Dobijeni rezultati verovatno su posledica nežnije strukture gela i većih pora u proteinskom matriksu.

Na *Histogramu 5.* prikazana je promena vrednosti sinerezisa kod uzoraka proizvedenih od kozijeg mleka sa dodatkom 1% IPM u toku skladištenja.

Prvog dana skladištenja uzorci E1 imali su manji sinerezis od uzoraka E2 i E3 za 2.06% ( $p > 0.05$ ) i 2.92% ( $p < 0.05$ ). Nakon 7 i 14 dana skladištenja nije zabeležena značajna razlika u količini izdvojene surutke između uzoraka E1, E2 i E3. Nasuprot tome, 21. dana skladištenja značajno veća sklonost ka izdvajanju surutke zabeležena je u uzorcima E2 (53.33%) u poređenju sa jogurtom E1 – 49.44% ( $p < 0.05$ ).



*Histogram 5. Promena vrednosti sinerezisa u toku skladištenja jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% IPM*

\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno ( $p < 0.05$ )

\*\*Vrednosti sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja ( $p < 0.05$ )

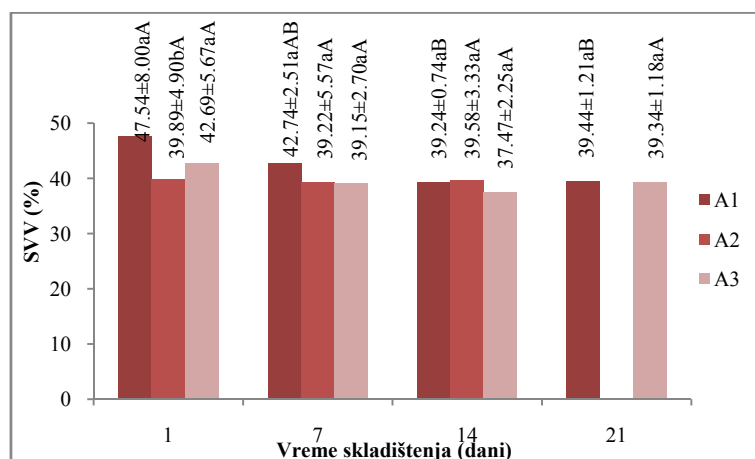
Vreme skladištenja takođe je uticalo na vrednosti sinerezisa. Kod uzoraka proizvedenih na standardan način (E1), 21. dana skladištenja sinerezis je bio za 3.89% manji u poređenju sa 1. danom skladištenja ( $p < 0.05$ ). Količina izdvojene surutke kod ovih uzoraka je takođe bila značajno manja 21. dana u odnosu na 7. dan skladištenja ( $p < 0.05$ ). Primenjeni ultrazvučni tretmani uticali su na promenu vrednosti sinerezisa tokom skladištenja kod uzoraka E2 i E3. Uzorci proizvedeni primenom ultrazvuka snage 200 W imali su veći sinerezis 1. dana u poređenju sa 7., 14. i 21. danom skladištenja za 3.17%, 4.00% i 2.06% ( $p < 0.05$ ). Nasuprot tome, u periodu od 7. do 21. dana skladištenja nisu primećene značajne razlike u vrednosti sinerezisa. Interakcija ultrazvučnog tretmana snage 400 W i vremena skladištenja uslovlila je značajne promene u količini izdvojene surutke kod uzoraka E3. Prvog dana nakon proizvodnje utvrđena je statistički značajna razlika u vrednosti sinerezisa u poređenju sa 7., 14. i 21. danom skladištenja. Takođe, sinerezis zabeležen 21. dana bio je manji u poređenju sa vrednošću nakon 7 i 14 dana skladištenja za 1.11% ( $p > 0.05$ ) i 2.50% ( $p < 0.05$ ).

#### 5.3.4. Promena sposobnosti vezivanja vode tokom skladištenja

Sposobnost vezivanja vode predstavlja količinu vode koju proteini mogu da absorbuju (*Parnell-Clunies et al., 1986b*). U toku termičkog tretmana mleka dolazi do

denaturacije proteina surutke i formiranja koagregata proteina mleka, što utiče na povećanu hidratisanost proteinske mreže. Denaturisani proteini surutke u gelu povećavaju površinu koja omogućava veću interakciju između proteina i vode i povećano zadržavanje vode u gelovima (*Parnell-Clunies et al., 1986b*). U jogurtu, veće kazeinske micelle i povećan broj interakcija između kazeina i proteina surutke dovode do formiranja poroznijeg gela koji može da zadrži veće količine vode (*Lee i Lucey 2003; Sodini et al., 2004*). Međutim, kovalentne veze koje nastaju prilikom vezivanja  $\beta$ -laktoglobulina i  $\kappa$ -kazeina smanjuju broj naelektrisanih grupa u gelu, što može dovesti do manje sposobnosti vezivanja vode (*Parnell-Clunies et al., 1986b*).

Na *Histogramu 6.* prikazana je promena sposobnosti vezivanja vode kod uzoraka proizvedenih od kozijeg mleka u toku skladištenja.



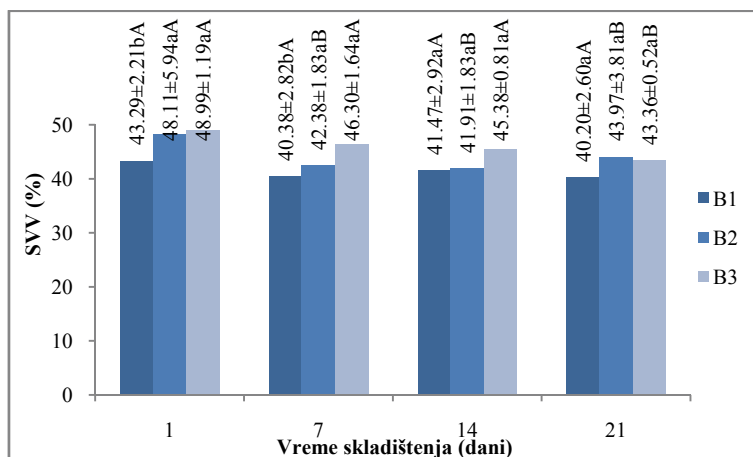
*Histogram 6. Promena sposobnosti vezivanja vode u toku skladištenja jogurta od kozijeg mleka*

\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno ( $p < 0.05$ )

\*\*Vrednosti sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja ( $p < 0.05$ )

Iz podataka prikazanih na *Histogramu 6.* može se uočiti da su 1. dana skladištenja najveću sposobnost vezivanja vode imali uzorci jogurta proizvedeni na standardan način (A1) – 47.54%, što za 4.80%, 8.30% i 8.10% ( $p < 0.05$ ) manje u poređenju sa uzorcima nakon 7, 14 i 21 dana skladištenja. Jogurt A3 je takođe imao najveću sposobnost vezivanja vode 1. dana skladištenja ( $p > 0.05$ ), dok su kod jogurta A2 vrednosti bile gotovo identične. Ovi rezultati nam ukazuju da u toku skladištenja nije došlo do promene hidratisanosti gelova proizvedenih uz primenu ultrazvuka.

Kod jogurta A2, 1. dana skladištenja, zabeležena je sposobnost vezivanja vode za 7.65% i 2.80% manja u poređenju sa uzorcima A1 i A3 ( $p < 0.05$ ). Međutim, u kasnijem periodu skladištenja nisu zabeležene značajne razlike između uzoraka.



*Histogram 7. Promena sposobnosti vezivanja vode u toku skladištenja jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS*

\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno ( $p < 0.05$ )

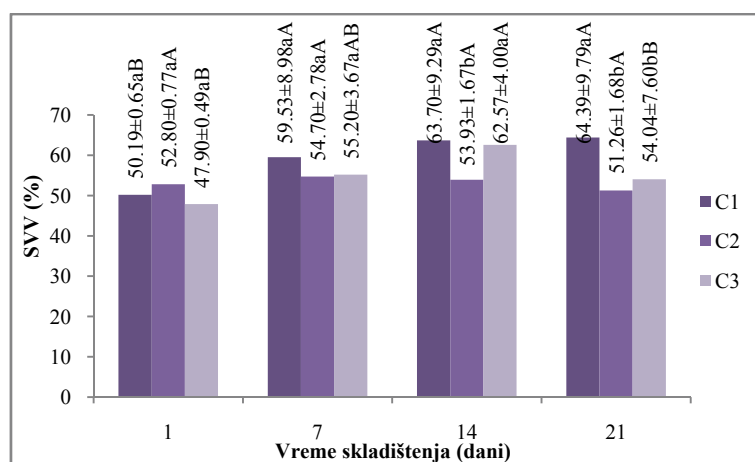
\*\*Vrednosti sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja ( $p < 0.05$ )

Iz podataka prikazanih na *Histogramu 7.* može se uočiti da su uzorci proizvedeni na standardan način (B1) imali najmanju sposobnost vezivanja vode tokom celokupnog perioda skladištenja. Nakon 1 i 7 dana skladištenja utvrđena je statistički značajna razlika u sposobnosti vezivanja vode između jogurta B1 i uzoraka B2 i B3. S obzirom da nije utvrđena razlika u sadržaju proteina između uzoraka (*Tabela 7*), razlike nastale u pogledu sposobnosti vezivanja vode mogu se pripisati masnim kapljicama, odnosno efektu homogenizacije koji ultrazvuk proizvodi. Kavitacije koje nastaju delovanjem ultrazvuka utiču na smanjenje veličine masnih kapljica i povećanje ukupne površine njihovih membrana za koje je vezan hidrofilni kazein (*Wu et al., 2001*). Usled toga, uzorci proizvedeni primenom ultrazvuka imaju veću sposobnost vezivanja vode. Takođe, prema *Tamime i Robinson (2000)* i *Riener et al. (2010)* homogenizacija mlečne masti poboljšava sposobnost proteina da zadrže vodu u gelu, usled smanjenja veličine masnih kapljica.

Iz podataka prikazanih na *Histogramu 7.* evidentno je da ultrazvuk snage 400 W ima veći uticaj na porast sposobnosti vezivanja vode. Međutim, 14. i 21. dana



skladištenja nije utvrđena razlika u SVV između uzoraka proizvedenih bez, i uz primenu ultrazvuka različite snage, što zači da su proteini u gelovima B1, B2 i B3 nakon 14 dana imali sličnu sposobnost da zadrže vodu unutar proteinskog matriksa. Promene u SVV u toku ispitivanog perioda skladištenja zabeležene su kod uzoraka proizvedenih uz primenu ultrazvuka. Uzorci B2 imali su značajno veću sposobnost vezivanja vode 1. dana skladištenja, u poređenju sa vrednostima dobijenim u ispitivanjima do kraja perioda skladištenja. Kod uzoraka B3, na kraju ispitivanog perioda skladištenja, zabeležena je sposobnost vezivanja vode manja u poređenju sa 1., 7. i 14. danom ispitivanja za 5.36%, 2.94% i 2.02% ( $p < 0.05$ ).



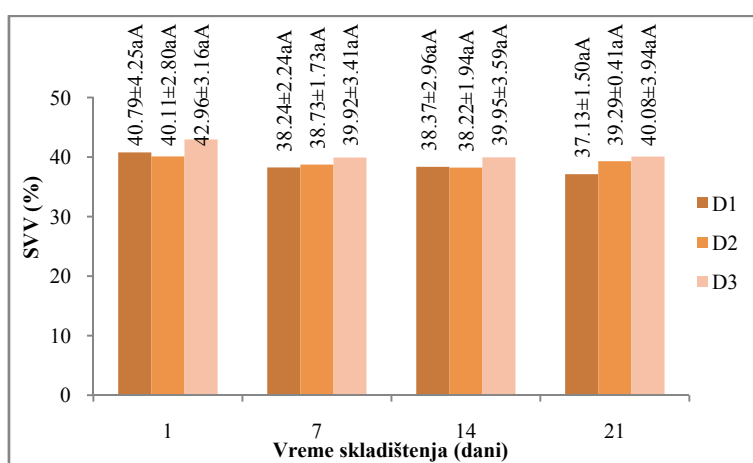
Histogram 8. Promena sposobnosti vezivanja vode u toku skladištenja jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS

\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno ( $p < 0.05$ )

\*\*Vrednosti sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja ( $p < 0.05$ )

U istraživanjima na jogurtu od kravljeg mleka (Cheng et al., 2003; Sodini et al., 2004) su ustanovili da se dodatkom proteina surutke povećava sposobnost vezivanja vode, što je posledica intenzivnijih interakcija između kazeina i proteina surutke. Kod jogurta od kozijeg mleka, takođe je u ovim istraživanjima najveća sposobnost vezivanja vode zabeležena kod uzoraka koji su proizvedeni od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS. Kod jogurta proizvedenog na standardan način, vrednosti SVV su se kretale od 50.19% prvog dana skladištenja, do 64.39% ( $p < 0.05$ ) kod jogurta starosti 21 dan. Kod jogurta C3 primećeno je povećanje SVV u periodu u prvih 14 dana skladištenja. Maksimalno zadržavanje vode u gelovima zabeleženo je 14. dana skladištenja i bilo je

za 14.67%, 7.37% i 8.53% ( $p < 0.05$ ) veće u poređenju sa jogurtom 1., 7. i 21. dana. Blaži ultrazvučni tretman mleka nije uticao na promenu sposobnosti vezivanja vode kod uzoraka C2 tokom skladištenja. Prema *Riener et al. (2009b)* interakcije između proteina, nastale kao posledica delovanja ultrazvuka, kao i između proteina i mlečne masti utiču na poboljšano vezivanje vode unutar gela, što nije potvrđeno u ovim istraživanjima. Međutim, treba imati u vidu da su istraživanja navedenih autora vršena na jogurtu od kravljeg mleka čiji je sastav, pogotovu u pogledu proteina, drugačiji u odnosu na kozije mleko.

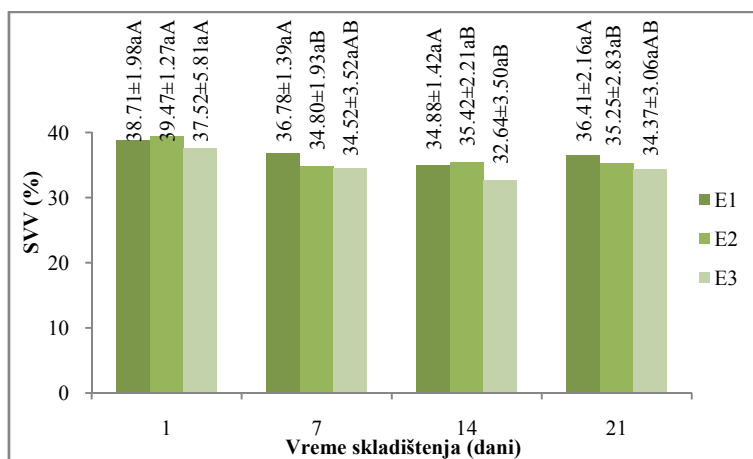


*Histogram 9. Promena sposobnosti vezivanja vode u toku skladištenja jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM*

\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno ( $p < 0.05$ )

\*\*Vrednosti sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja ( $p < 0.05$ )

Kao i pri ispitivanju sinerezisa, kod uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM primenjeni ultrazvučni tretmani nisu uticali na promenu sposobnosti vezivanja vode tokom skladištenja. U periodu od 1. do 21. dana skladištenja SVV se kretala od 40.79% do 37.1% kod uzoraka D1 i od 40.11 do 39.29% kod uzoraka D2. Nešto veće vrednosti zabeležene su kod jogurta D3 u poređenju sa uzorcima D1 i D2, pa je prvog dana nakon proizvodnje sposobnost vezivanja vode iznosila 42.96%, a na kraju ispitivanog perioda skladištenja zabeležena je vrednost od 40.08%. Iz prikazanih podataka se takođe može zaključiti da vreme skladištenja nije imalo uticaja na sposobnost gelova da zadrže vodu.



*Histogram 10. Promena sposobnosti vezivanja vode u toku skladištenja jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% IPM*

\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno ( $p < 0.05$ )

\*\*Vrednosti sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja ( $p < 0.05$ )

Najmanja sposobnost vezivanja vode zabeležena je kod uzoraka proizvedenih od kozijeg mleka sa dodatkom 1% IPM, što je verovatno posledica slabije strukture gelova. Takođe, pH vrednosti mleka iznad 6.7 zabeležene su pre termičkog tretmana kod uzoraka E1 i E2 (Tabela 6), što dovodi do disocijacije  $\kappa$ -kazeina iz kazeinske micelle. Samim tim, manji je stepen formiranja kompleksa između kazeina i proteina surutke (Anema i Klostermeyer, 1997; Anema i Li., 2000), a posledica toga je manja hidratisanost kazeinskih micela. Najmanju sposobnost vezivanja vode tokom skladištenja imali su uzorci proizvedeni primenom ultrazvučnog tretmana snage 400 W. Međutim, kako nisu zabeležene značajne razlike između uzoraka, može se zaključiti da primenjeni ultrazvučni tretmani nisu uticali na sposobnost gelova da zadrže vodu.

Sa druge strane, najveće vrednosti SVV kod uzoraka proizvedenih od mleka tretiranog ultrazvukom zabeležene su 1. dana skladištenja. Kod jogurta E2, SVV je bila veća na početku skladištenja za 4.67%, 4.05% i 5.10% ( $p < 0.05$ ) u odnosu na vrednosti zabeležene 7., 14. i 21. dana. Takođe, kod jogurta E3, najveći kapacitet vezivanja vode od 37.52% zabeležen je 1. dana skladištenja.

### 5.3.5. Uticaj ultrazvučnog tretmana mleka i perioda skladištenja na slobodne masne kiseline

Na sadržaj slobodnih masnih kiselina u jogurtu utiče tip starter kulture, vrsta i kvalitet sirovog mleka, uslovi fermentacije, hlađenja i skladištenja (*Ott et al., 2000*). U poređenju sa kravljim mlekom, kozije mleko ima veći sadržaj masnih kiselina kratkog i srednjeg lanca koje određuju specifičan ukus i miris kozijeg mleka (*Agnihotri i Prasad, 1993*). Takođe, lipoliza tokom koje dolazi do oslobađanja slobodnih masnih kiselina, ima značajan uticaj na formiranje ukusa i mirisa proizvoda od kozijeg mleka. Pored lipolize, na povećanje sadržaja slobodnih masnih kiselina utiču i mehanički tretmani mleka poput mešanja i homogenizacije, kao i termički tretman mleka (*Raynal-Ljutovac et al., 2006*). Termički tretmani mleka na temperaturama višim od 70°C mogu dovesti do denaturacije proteina koji se nalaze u sastavu membrane masnih kapljica. Takođe, na oštećenje membrana masnih kapljica utiče i mešanje mleka tokom termičkog tretmana. Samim tim, promene na masnim kapljicama koje nastaju tokom pasterizacije mleka mogu dovesti do povećanja sadržaja slobodnih masnih kiselina. Primena termičkog tretmana mleka u proizvodnji jogurta dovodi do inaktivacije lipaze, pa je smanjenje sadržaja mlečne masti u jogurtu, kao i porast sadržaja masnih kiselina (slobodnih ili esterifikovanih) posledica lipolize pod uticajem bakterija starter kulture (*Deeth, 2006*). Prema *Rao i Reddy (1984) cit. Tamime i Robinson (2000)* fermentacija mleka bakterijama *S. thermophilus*, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ili *L. acidophilus* dovodi do umerenog porasta sadržaja ukupnih slobodnih masnih kiselina, ali i do značajnog porasta sadržaja stearinske i oleinske kiseline.

Promena udela slobodnih masnih kiselina u čvrstom jogurtu tokom skladištenja, ispitivana je u uzorcima proizvedenim od kozijeg mleka na standardan način, i primenom ultrazvučnog tretmana snage 200 W i 400 W – uzorci jogurta A1, A2 i A3. Rezultati ovog dela istraživanja prikazani su u *Tabeli 13*.

Tabela 13. Sastav slobodnih masnih kiselina u uzorcima čvrstog jogurta od kozijeg mleka izražen kao udeo (%) u ukupnom sadržaju slobodnih masnih kiselina

Slobodne masne kiseline	Period skladištenja (dani)	Jogurt		
		A1	A2	A3
Kapronska (C6:0)	1	2.41	2.45	2.43
	7	2.43	2.36	2.36
	14	2.39	2.41	2.44
	21	2.48	2.40	2.41
	Xsr	2.43	2.41	2.41
Kaprilna (C8:0)	1	2.81	2.81	2.79
	7	2.80	2.72	2.75
	14	2.79	2.77	2.79
	21	2.80	2.79	2.81
	Xsr	2.80	2.77	2.78
Kaprinska (C10:0)	1	9.68	9.69	9.69
	7	9.75	9.60	9.64
	14	9.67	9.68	9.71
	21	9.66	9.62	9.70
	Xsr	9.69	9.65	9.69
Laurinska (C12:0)	1	4.22	4.24	4.23
	7	4.26	4.18	4.20
	14	4.23	4.21	4.19
	21	4.29	4.20	4.21
	Xsr	4.25	4.21	4.21
Miristinska (C14:0)	1	11.28	11.31	11.30
	7	11.36	11.18	11.23
	14	11.30	11.21	11.09
	21	11.16	11.17	11.17
	Xsr	11.28	11.22	11.20
Pentadekanska (C15:0)	1	1.03	1.03	1.04
	7	1.04	1.01	1.02
	14	1.03	1.01	1.03
	21	1.05	1.05	1.03
	Xsr	1.04	1.02	1.03
Palmitinska (C16:0)	1	31.25	31.18	31.45
	7	31.49	31.20	31.30
	14	31.40	31.35	31.28
	21	31.35	31.42	31.46
	Xsr	31.37	31.29	31.37
Margarinska (C17:0)	1	0.61	0.68	0.62
	7	-	0.63	0.62
	14	0.66	0.63	0.61
	21	0.61	0.60	0.63
	Xsr	0.63	0.63	0.62
Stearinska (C18:0)	1	7.77	7.37	8.20
	7	7.17	7.99	7.62
	14	7.03	8.13	9.28
	21	9.11	9.15	9.16
	Xsr	7.77	8.16	8.56

Oleinska (C18:1 n9)	1	19.43	19.62	19.56
	7	19.61	19.27	19.35
	14	19.41	19.25	19.19
	21	19.29	19.27	19.29
	Xsr	19.44	19.35	19.35
Vakcenska (C18:1 n7)	1	0.39	0.40	0.41
	7	0.41	0.42	0.41
	14	0.41	0.43	0.44
	21	0.44	0.42	0.45
	Xsr	0.41	0.42	0.43
Linolna (C18:2 n6)	1	2.72	2.63	2.86
	7	2.59	2.83	2.72
	14	2.53	2.85	2.82
	21	2.87	2.86	2.89
	Xsr	2.68	2.79	2.82
Zasićene masne kiseline		71.25	71.35	71.88
Nezasićene masne kiseline		22.53	22.56	22.60
Σ SCFFA (C6:0-C8:0)		5.23	5.18	5.19
Σ MCFFA (C10:0-C14:0)		25.21	25.08	25.10
Σ LCFFA (C16:0-C18:1)		62.30	62.64	63.15

Legenda: Σ SCFFA – ukupan udeo slobodnih masnih kiselina kratkog lanca,

Σ MCFFA - ukupan udeo slobodnih masnih kiselina srednjeg lanca,

Σ LCFFA - ukupan udeo slobodnih masnih kiselina dugog lanca

U svim ispitivanim uzorcima čvrstog jogurta od kozijeg mleka, najzastupljenije slobodne masne kiseline su palmitinska (C16:0), oleinska (C18:1 n9), miristinska (C14:0), kaprinska (C10:0) i stearinska (C18:0). Do sličnih rezultata u svojim istraživanjima došli su *Güler i Gürsoy-Balci (2011)*. Takođe, prema *Şenel et al. (2011)* najveći sadržaj među identifikovanim slobodnim masnim kiselinama u koncentrovanom jogurtu od kozijeg mleka imala je palmitinska kiselina.

Udeo slobodnih masnih kiselina srednjeg i dugog lanca značajno je veći u poređenju sa udelom slobodnih masnih kiselina kratkog lanca, kao i u odnosu na udeo nezasićenih slobodnih masnih kiselina u svim ispitivanim uzorcima čvrstog jogurta od kozijeg mleka. Ovakva raspodela slobodnih masnih kiselina posledica je različite tačke topljenja glicerida i njihove pozicije u masnim kapljicama. Naime, trigliceridi koji imaju visoku tačku topljenja su sastavni deo membrana masnih kapljica (*Đorđević, 1987; Tamime i Robinson, 2000*). Takođe, pri hlađenju ili kristalizaciji masti, trigliceridi sa visokom tačkom topljenja lociraju se na unutrašnjoj strani masnih globula, dok se trigliceridi sa niskom tačkom topljenja koncentrišu u jezgru masnih kapljica (*Marshall et al., 2003*). Trigliceridi koji u svom sastavu imaju zasićene masne kiseline dugog

lanca imaju visoku tačku topljenja. Sa druge strane, prisustvo nezasićeni masnih kiselina, kao i masnih kiselina kratkog lanca snižava njihovu tačku topljenja (*Taylor i MacGibbon, 2011*).

Najveći udeo slobodnih masnih kiselina kratkog lanca (C6:0 i C8:0) zabeležen je kod čvrstog jogurta od kozijeg mleka proizvedenog na standardan način (5.23%).

Najveći udeo kapronske kiseline (C6:0) zabeležen je 21. dana skladištenja kod čvrstog jogurta od kozjeg mleka proizvedenog na standardan način (2.48%). Sa druge strane, udeo kaprilne kiseline se nije značajnije menjao tokom skladištenja u svim ispitivanim uzorcima. Dobijeni rezultati su u skladu sa rezultatima istraživanja *Güler i Gürsoy-Balci (2011)*, u kojima je najveći sadržaj kapronske kiseline u jogurtu od kozijeg mleka zabeležen nakon 21 dan skladištenja, dok je kaprilna kiselina bila stabilna tokom skladištenja. Povećanje udela slobodnih masnih kiselina kratkog lanca (C6-C8) može se objasniti njihovim oslobađanjem iz triglicerida usled povećanja aktivnosti *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* tokom skladištenja (*Beshkova et al., 1998*). Međutim, u uzorcima čvrstog jogurta proizvedenim od kozijeg mleka koje je tretirano ultrazvukom, na kraju ispitivanog perioda skladištenja zabeleženo je malo smanjenje udela kapronske kiseline u odnosu na prvi dan skladištenja. Prema *Menendez et al. (2000)* smanjenje sadržaja isparljivih slobodnih masnih kiselina može biti posledica njihove oksidacije ili obrazovanja estara sa alkoholima nastalim kao rezultat metabolizma bakterija mlečne kiseline.

Kao i u slučaju udela slobodnih masnih kiselina kratkog lanca, najveći udeo slobodnih masnih kiselina srednjeg lanca zabeležen je kod uzoraka čvrstog jogurta od kozijeg mleka proizvedenog na standardan način. Najizraženije promene tokom skladištenja mogu se uočiti u promeni udela miristinske kiseline. U uzorcima čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka koje je tretirano ultrazvukom, najveći udeo miristinske kiseline je zabeležen je prvog dana skladištenja – 11.31% u jogurtu A2 i 11.30% u uzorcima A3. Na kraju ispitivanog perioda skladištenja, u oba jogurta udeo miristinske kiseline iznosio je 11.17%. S druge strane, u čvrstom jogurtu od kozijeg mleka proizvedenom na standardan način, udeo miristinske kiseline se tokom skladištenja kretao od 11.28% prvog dana, do 11.16% poslednjeg dana skladištenja. Najveća vrednost udela miristinske kiseline u ovim uzorcima iznosila je 11.36% i zabeležena je 7. dana skladištenja.

Kod uzoraka čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka podvrgnutog ultrazvučnom tretmanu, uočeno je povećanje udela zasićenih slobodnih masnih kiselina dugog lanca tokom skladištenja. S obzirom da ultrazvuk visoke snage dovodi do homogenizacije mleka (*Wu et al., 2001; Vercet et al., 2002; Herceg et al., 2009*), efekat lipolize je izraženiji u uzorcima jogurta proizvedenim od mleka koje je podvrgnuto ovakvom tretmanu. Usled homogenizacije povećava se ukupna površina masnih kapljica, čime je omogućeno veće dejstvo lipaze. Osim toga, novoobrazovani apsorpcioni sloj masnih kapljica je delimično obogaćen lipazom (*Dorđević, 1987; Tamime i Robinson, 2000*). Kako su trigliceridi koji sadrže zasićene masne kiseline dugog lanca najpodložniji lipolizi, očekivan je porast udela palmitinske i stearinske kiseline u uzorcima tretiranim ultrazvukom.

U uzorcima tretiranim ultrazvukom snage 200 W zabeležen je porast udela palmitinske kiseline od 31.18% do 31.42%, dok se udeo stearinske kiseline povećao od 7.37% prvog dana skladištenja do 9.15% dvadeset prvog dana skladištenja. U uzorcima A3 u prvih 14 dana skladištenja uočeno je smanjenje udela palmitinske kiseline, da bi 21. dana udeo ove kiseline u ukupnim slobodnim masnim kiselinama dostigao vrednost približnu udelu 1. dana skladištenja. Udeo stearinske kiseline u uzorcima čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka koje je tretirano ultrazvukom snage 400 W je varirao od 8.20% prvog dana skladištenja, do 9.16% na kraju ispitivanog perioda skladištenja. Varijacije u sadržaju palmitinske i stearinske kiseline zabeležene su i u uzorcima čvrstog jogurta od kozijeg mleka proizvedenog na standardan način. Kao i u uzorcima tretiranim ultrazvukom, udeli navedenih slobodnih masnih kiselina bili su veći 21. dana u poređenju sa vrednostima dobijenim 1. dana skladištenja.

Najveći prosečni udeo nezasićenih slobodnih masnih kiselina tokom skladištenja – 22.60%, zabeležen je kod uzoraka čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka koje je tretirano ultrazvukom snage 400 W, dok je najmanji udeo navedenih kiselina uočen kod jogurta proizvedenog na standardan način. Značajno smanjenje udela oleinske kiseline na kraju ispitivanog perioda skladištenja, u odnosu na prvi dan skladištenja, zabeleženo je u svim uzorcima čvrstog jogurta od kozijeg mleka, što je u skladu sa rezultatima istraživanja *Güler i Gürsoy-Balci (2011)*. Smanjenje udela oleinske kiseline izraženije je u uzorcima čvrstog jogurta proizvedenim od kozijeg mleka tretiranog ultrazvukom. Najveći prosečni udeo oleinske kiseline tokom



skladištenja uočen je kod uzoraka A1 – 19.44%. Nasuprot tome, udeo linolne kiseline je veći 21. dana, u poređenju sa vrednostima dobijenim 1. dana skladištenja. Najveći udeo linolne kiseline iznosio je 2.89%. i zabeležen je 21. dana skladištenja u uzorcima čvrstog jogurta od kozijeg mleka koje je tretirano ultrazvukom snage 400 W.

#### **5.4. UTICAJ DODATKA KPS/IPM I PRIMENJENOG ULTRAZVUČNOG TRETMANA NA VISKOZITET ČVRSTOG JOGURTA OD KOZIJE MLEKA TOKOM SKLADIŠTENJA**

##### **5.4.1. Promena viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka, pri brzini rotacije spindla od 20 o/min**

U ovoj fazi istraživanja ispitivan je uticaj vremena na promenu viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od:

- kozijeg mleka (uzorci A1, A2 i A3),
- kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% koncentrata proteina surutke (B1, B2, B3),
- kozijeg mleka sa dodatkom 1% koncentrata proteina surutke (C1, C2, C3),
- kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% izolata proteina mleka (D1, D2, D3), i
- kozijeg mleka sa dodatkom 1% izolata proteina mleka (E1, E2, E3).

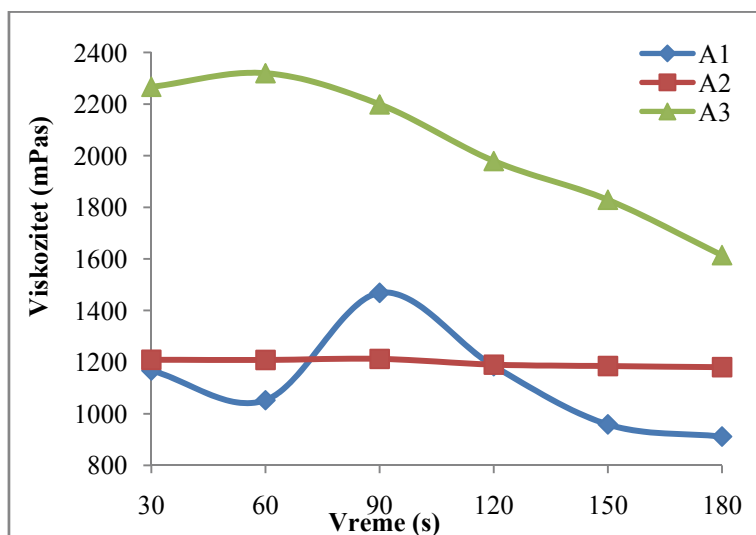
Ispitivanja su obuhvatila merenja viskoziteta tokom 3 minuta, na svakih 30 sekundi, pri konstantnoj brzini rotacije spindla od 20 o/min. Uzorci su ispitivani 1., 7., 14. i 21. dana skladištenja.

##### **5.4.1.1. Uticaj ultrazvučnog tretmana na promenu viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka tokom vremena**

Promena viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka, tokom skladištenja, prikazana je u *Tabeli P3. (Prilog)* i na *Grafikonima 16., 17., 18. i 19.*

Iz podataka prikazanih u *Tabeli P3.* i na *Grafikonu 16.* uočava se da je, prvog dana skladištenja, došlo do smanjenja viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka (A1), tokom vremena delovanja sile. Nakon 30 s viskozitet je iznosio 1167.3 mPas, a

nakon 180 s, 911.4 mPas. Ukupno smanjenje viskoziteta tokom tri minuta merenja iznosilo je 255.9 mPas. Takođe, u uzorcima A1 zabeleženo je odstupanje od tiksotropnog ponašanja kiselog kazeinskog gela. Nakon 90 s merenja viskozitet je bio veći nego na početku merenja, i iznosio je 1468.4 mPas.



Grafikon 16. Promena viskoziteta uzoraka jogurta 1. dana skladištenja,

A1 - čvrsti jogurt od kozijeg mleka; A2 - čvrsti jogurt od kozijeg mleka tretiranog UZ snage 200 W; A3 - čvrsti jogurt od kozijeg mleka tretiranog UZ snage 400 W

Kod čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka tretiranog ultrazvukom snage 200 W, 1. dana skladištenja, uočene su veoma male promene viskoziteta sa vremenom delovanja sile smicanja. Prosečna vrednost viskoziteta nakon 30 s, bila je 1209.1 mPas, dok je nakon 180 s vrednost viskoziteta bila manja i iznosila je 1180.6 mPas, što znači da je smanjenje viskoziteta iznosilo svega 28.5 mPas ( $p > 0.05$ ). Dobijeni rezultati ukazuju da je primenjeni ultrazvučni tretman (snage 200 W) doveo do formiranja ujednačene strukture gela. Blago odstupanje u tiksotropnom ponašanju uočeno je nakon 90 s merenja, kada je izmereni viskozitet bio veći u poređenju sa početnom vrednošću za 3.6 mPas.

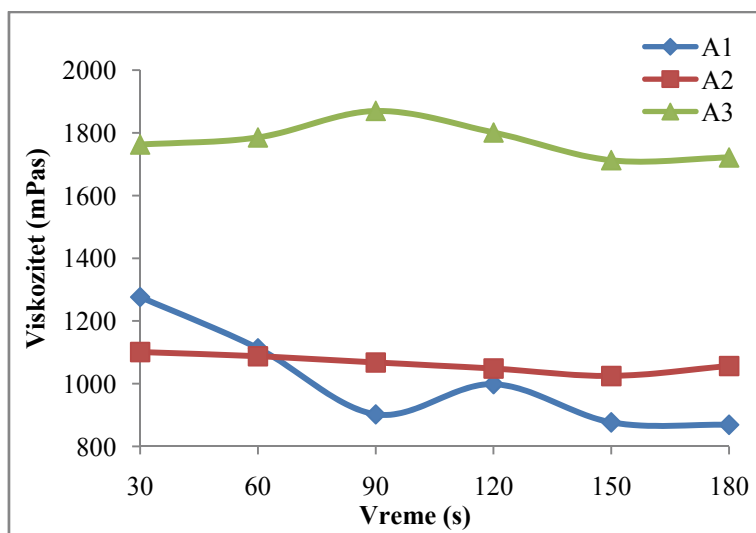
Najveće vrednosti viskoziteta prvog dana skladištenja zabeležene su kod čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka tretiranog ultrazvukom snage 400 W (A3). Nakon 30 s merenja viskozitet je iznosio 2266.8 mPas, a nakon 180 s zabeležena je prosečna vrednost viskoziteta od 1614.3 mPas. Smanjenje viskoziteta iznosilo je 652.5 mPas ( $p < 0.05$ ), što ukazuje na obimnije narušavanje strukture gela u odnosu na uzorke

A1 i A2. Kod ove serije uzoraka takođe je uočeno odstupanje od tiksotropnog ponašanja, pa je nakon 60 s merenja vrednost viskoziteta bila veća za 53.1 mPas u poređenju sa vrednošću nakon 30 s.

Iz *Tabele P3.* i *Grafikona 16.* se može uočiti da 1. dana skladištenja najmanje vrednosti viskoziteta ima čvrsti jogurt od kozijeg mleka proizveden na standardan način (A1), dok čvrsti jogurt proizveden od kozijeg mleka tretiranog ultrazvukom snage 400 W (A3) ima najveće vrednosti viskoziteta. Nakon 30 s merenja razlika viskoziteta uzoraka čvrstog jogurta A1 i čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka tretiranog ultrazvukom snage 200 W (A2) iznosila je 41.8 mPas. Na kraju merenja, nakon 180 s delovanja sile, razlika u vrednosti viskoziteta uzoraka A1 i A2 iznosila je 269.2 mPas, što ukazuje na strukturne razike unutar proteinskog matriksa. Najmanja razlika u vrednosti viskoziteta zabeležena je između jogurta A1 i A2 nakon 120 s i iznosila je 5.8 mPas. Veće vrednosti viskoziteta uzoraka A2 u poređenju sa jogurtom A1 mogu se pripisati većem sadržaju suve materije, prvenstveno proteina i mlečne masti (*Tabela 7.*). Vrednosti viskoziteta čvrstog jogurta A3 značajno su veće u poređenju sa vrednostima viskoziteta uzoraka jogurta A1 i A2 tokom celokupnog vremena ispitivanja. Nakon 30 s delovanja sile viskozitet uzoraka čvrstog jogurta A3 bio je veći u odnosu na vrednosti izmerene za uzorke čvrstog jogurta A1 i A2 za 1099.5 mPas, odnosno 1057.7 mPas, respektivno. Smanjene viskoziteta tokom vremena najviše je izraženo kod uzoraka A3, tako da su razlike u vrednosti viskoziteta nakon 180 s između jogurta A3 i uzoraka jogurta A1 i A2 iznosile 702.9 mPas i 433.7 mPas, respektivno.

Značajno veće vrednosti viskoziteta ( $p < 0.05$ ) jogurta A3 u poređenju sa jogurtom A1 i A2, mogu se pripisati većem sadržaju mlečne masti, s obzirom da su uzorci A1 i A3 imali sličan sadržaj proteina, a najveći sadržaj proteina zabeležen je kod jogurta A2. Veći sadržaj mlečne masti dovodi do povećanja viskoziteta jogurta, što je potvrđeno i u istraživanjima *De Lorenzi et al. (1995)*. Takođe, homogenizacija mleka povećava viskozitet jogurta (*Tamime i Robinson, 1988; Tamime et al., 1996*). S obzirom da ultrazvuk visoke snage dovodi do homogenizacije mleka, uzorci čvrstog jogurta proizvedeni od kozijeg mleka tretiranog ultrazvukom imali su veći viskozitet prvog dana skladištenja. Do sličnih rezultata u ispitivanju jogurta od kravljeg mleka došli su *Wu et al. (2001)* i *Riener et al. (2009b)*.

Promena viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg meka proizvedenog na standardan način (A1) i čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka tretiranog ultrazvukom snage 200 W i 400 W (A2 i A3) 7. dana skladištenja prikazana je u *Tabeli P3.* i na *Grafikonu 17.*



*Grafikon 17. Promena viskoziteta uzoraka jogurta 7. dana skladištenja,*

*A1 - čvrsti jogurt od kozijeg mleka; A2 - čvrsti jogurt od kozijeg mleka tretiranog UZ snage 200 W; A3 - čvrsti jogurt od kozijeg mleka tretiranog UZ snage 400 W*

Nakon 7 dana skladištenja najveće vrednosti viskoziteta zabeležene su kod uzoraka A3. Prosečna vrednost viskoziteta nakon 30 s iznosila je 1762.7 mPas, a nakon 180 s 1721.6 mPas. Ukupno smanjenje viskoziteta tokom merenja iznosi 41.1 mPas ( $p > 0.05$ ), što je za 611.4 mPas manje nego kod gela starog 1 dan. Na osnovu razlike u smanjenju viskoziteta tokom ispitivanja, može se zaključiti da su strukturne promene u kiselom kazeinskom gelu dovele do očvršćavanja proteinskog matriksa. U poređenju sa gelom nakon jednog dana skladištenja, početni viskozitet je bio manji za 504.1 mPas, dok je vrednost viskoziteta na kraju merenja bila veća za 107.3 mPas. Dobijeni rezultati ukazuju da se kiseli kazeinski gel menja tokom skladištenja. Nakon sedam dana skladištenja, delovanje sile dovodi do manjeg obima narušavanja strukture gela, pa se može zaključiti da je ultrazvuk snage 400 W uticao na obrazovanje stabilnijeg proteinskog matriksa. Takođe, 7. dana skladištenja, kod uzoraka A3 uočeno je odstupanje od tiksotropnog ponašanja. Najveća vrednost viskoziteta zabeležena je

nakon 90 s delovanja sile, i iznosila je 1869.8 mPas, dok je najveće smanjenje viskoziteta, koje je iznosilo 50.2 mPas, ustanovljeno nakon 150 s.

Kao i 1. dana skladištenja, u uzorcima A1 je nakon 7 dana zabeležena najmanja vrednost viskoziteta na kraju merenja – 868.9 mPas (*Tabela P3. i Grafikon 17.*). U poređenju sa gelom starim 1 dan, nakon 7 dana skladištenja, krajnja prosečna vrednost viskoziteta bila je manja za 42.5 mPas ( $p>0.05$ ). Međutim, početna vrednost viskoziteta, nakon 30 s, iznosila je 1276.6 mPas, što je za 109.3 mPas manje u odnosu na 1. dan skladištenja. Ukupno smanjenje viskoziteta od početka do kraja ispitivanja iznosilo je 407.7 mPas. Suprotno od uzoraka čvrstog jogurta A3, u uzorcima A1 je nakon 7 dana skladištenja zabeleženo veće smanjenje viskoziteta tokom merenja za 151.8 mPas u odnosu na 1. dan skladištenja. Ovakvi rezultati ukazuju da je 7. dana skladištenja u čvrstom jogurtu od kozijeg mleka proizvedenom na standardan način došlo do izraženijeg narušavanja strukture tokom delovanja sile. Odstupanje od tiksotropnog ponašanja uočeno je nakon 120 s, kada je vrednost viskoziteta bila za 96.1 mPas veća u odnosu na vrednost zabeleženu nakon 90 s merenja.

Iz *Tabele P3. i Grafikona 17.* se može uočiti da je 7. dana skladištenja prosečna vrednost viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka tretiranog ultrazvukom snage 200 W (A2), nakon 30 s iznosila 1101.2 mPas i da je bila za 107.9 mPas manja nego kod gela starog 1 dan. Ukupno smanjenje viskoziteta tokom vremena iznosilo je 44.7 mPas ( $p>0.05$ ). Kod ovih uzoraka uočava se ujednačeno smanjenje viskoziteta u toku delovanja sile, za prosečno 20 mPas. Odstupanje od tiksotropnog ponašanja zabeleženo je nakon 180 s, kada je viskozitet iznosio 1056.5 mPas, i bio za 31.7 mPas veći u odnosu na vrednost viskoziteta nakon 150 s. Na osnovu prikazanih podataka, uočava se da je čvrsti jogurt proizveden od kozijeg mleka tretiranog ultrazvukom snage 200 W, kao i prvog dana skladištenja imao ujednačenu strukturu gela.

Sedmog dana skladištenja vrednosti viskoziteta uzoraka čvrstog jogurta A1 veće su nakon 30 i 60 s merenja u poređenju sa vrednostima viskoziteta uzoraka A2 za 175.4 mPas i 25.7 mPas, respektivno. S obzirom da tokom delovanja sile smicanja dolazi do obimnijeg narušavanja strukture gela kod uzoraka A1 u odnosu na uzorke A2, u daljem toku merenja uočen je veći viskozitet uzoraka proizvedenih od kozijeg mleka tretiranog ultrazvukom snage 200 W. Nakon 180 s merenja u uzorcima A2 zabeležena je vrednost

viskoziteta veća za 187.6 mPas. Kao i prvog dana skladištenja, razlike u vrednostima viskoziteta 7. dana skladištenja najveće su između jogurta A3 i uzoraka A1 i A2. Nakon 180 s viskozitet uzoraka A3 bio je veći za 852.7 mPas i 879.7 mPas ( $p < 0.05$ ) u odnosu na vrednosti viskoziteta zabeležene za uzorke A1 i A2. Iz prikazanih podataka u *Tabeli P3.* takođe se može zaključiti da ultrazvučni tretman kozijeg mleka dovodi do formiranja stabilne strukture gela nakon 7 dana skladištenja.

Nakon termičkog tretmana, formirani koagregati proteina mleka i agregati denaturisanih proteina surutke povećavaju hidrofилnost i poboljšavaju reološke karakteristike gela (Lucey, 2001; 2002; Pereira et al., 2003; van Vliet et al., 2004). Međutim, manji udeo  $\alpha_{s1}$ -kazeina i veći dijametar kazeinskih micela utiču na lošije reološke karakteristike čvrstog jogurta od kozijeg mleka (Park i Guo, 2006). S obzirom da je glavni nosilac strukture kazeinske micelle  $\beta$ -kazein, iako najhidrofobniji kazein, u određenom stepenu može biti lociran na površini micela (Pešić et al., 2011). Takođe, prema istim autorima, odnos proteini surutke/kazein u kozijem mleku je veći u odnosu na kravlje mleko, što takođe utiče na manji viskozitet jogurta od kozijeg mleka. Prema Pešić et al. (2012) nakon termičkog tretmana kozijeg mleka ( $90^{\circ}\text{C}/10$  min) više od 95% proteina surutke je denaturisano i locirano na površini, ali i u unutrašnjosti kazeinskih micela. Značajno veći viskozitet čvrstog jogurta A3 ( $p < 0.05$ ) posledica je delovanja ultrazvuka. Prema Madadlou et al. (2010) ultrazvučni tretman mleka dovodi do povećanja ukupne površine kazeinskih micela, što utiče na formiranje većeg broja veza i samim tim umreženijeg gela.

Promena viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka proizvedenog na standardan način (A1) i čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka tretiranog ultrazvukom snage 200 W i 400 W (A2 i A3) 14. dana skladištenja prikazana je u *Tabeli P3.* i na *Grafikonu 18.*

Kao što se vidi u *Tabeli P3.* i sa *Grafikona 18.*, nakon 14 dana skladištenja, najveće vrednosti viskoziteta ima čvrsti jogurt proizveden od kozijeg mleka tretiranog ultrazvukom snage 400 W (A3). Međutim, nakon 30 s delovanja sile smicanja, razlika u vrednosti viskoziteta jogurta A3 i čvrstog jogurta od kozijeg mleka proizvedenog na standardan način (A1) iznosi svega 26.5 mPas. Izraženija razlika u vrednosti viskoziteta na početku merenja uočava se između uzoraka proizvedenih od kozijeg mleka tretiranog ultrazvukom – A2 i A3, pri čemu je gel A3 imao veći viskozitet za 691.7 mPas

( $p < 0.05$ ). Razlika u viskozitetu uzoraka proizvedenih od kozijeg mleka koje je tretirano ultrazvukom je izraženija nakon 180 s i iznosi 939.7 mPas. Čvrsti jogurt od kozijeg mleka proizveden na standardan način ima najveće smanjenje viskoziteta tokom vremena, tako da je razlika u vrednosti viskoziteta uzoraka A1 i uzoraka A3 na kraju ispitivanog vremena iznosila 765.1 mPas ( $p < 0.05$ ).

Sa *Grafikona 18.* se vidi da je najizraženije smanjenje viskoziteta u uzorcima A1, nakon 14 dana skladištenja, zabeleženo nakon 60 s. Prva zabeležena vrednost, nakon 30 s, bila je 1844.8 mPas, što je ujedno i najveća zabeležena vrednost viskoziteta uzoraka A1. Nakon 60 s zabeleženo je smanjenje viskoziteta za 292.1 mPas, dok je na kraju merenja zabeleženo smanjenje viskoziteta za 673.7 mPas ( $p < 0.05$ ). Na osnovu prikazanih podataka u tabeli može se zaključiti da je proteinski matriks čvrstog jogurta od kozijeg mleka proizvedenog na standardan način, znatno stabilniji 1. i 7. dana skladištenja, iako je njegov viskozitet najveći nakon 14 dana skladištenja. Viskozitet zabeležen nakon 14 dana skladištenja veći je u odnosu na 1. i 7. dan skladištenja za 259.7 mPas, odnosno 302.2 mPas, respektivno.

Nakon 14 dana skladištenja čvrsti jogurt A2 pokazuje pravo tiksotropno ponašanje, pa je najmanja vrednost viskoziteta zabeležena nakon 180 s i iznosila je 996.5 mPas. Ukupno smanjenje viskoziteta tokom ispitivanog vremena iznosilo je 183.1 mPas ( $p > 0.05$ ), što je najveće smanjenje viskoziteta tokom vremena u toku ispitivanog perioda skladištenja. Takođe, najmanja vrednost viskoziteta nakon 180 s delovanja sile zabeležena je 14. dana skladištenja i bila je manja za 184.1 mPas i 60.0 mPas, u poređenju sa vrednostima zabeleženim 1. i 7. dana skladištenja, respektivno.

Nakon 14 dana skladištenja, čvrsti jogurt proizveden od kozijeg mleka tretiranog ultrazvukom snage 400 W (A3) pokazuje netipično ponašanje za kisele kazeinske gelove. Vrednost viskoziteta na kraju merenja iznosila je 1936.2 mPas i bila veća za 64.9 mPas ( $p > 0.05$ ) nego na početku merenja. Najmanji viskozitet zabeležen je nakon 120 s delovanja sile kada je iznosio 1850.4 mPas, dok je najveća vrednost viskoziteta od 2044.7 mPas zabeležena nakon 150 s. Takođe, gel star 14 dana imao je veće vrednosti viskoziteta, nakon 150 s, u odnosu na gelove stare 1 i 7 dana, za 215.9 mPas i 332.2 mPas ( $p > 0.05$ ).

Promena viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka proizvedenog na standardan način (A1) i čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka tretiranog

ultrazvukom snage 400 W (A3) 21. dana skladištenja prikazana je u *Tabeli P3.* i na *Grafikonu 19.*

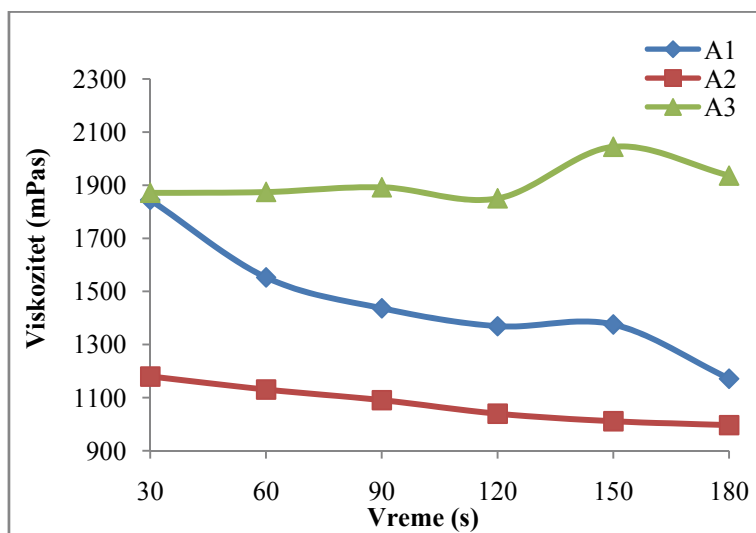
Čvrsti jogurt od kozijeg meka proizveden na standardan način (A1), 21. dana skladištenja ne pokazuje odstupanja od tiksotropnog ponašanja, pa je na kraju merenja zabeležena najmanja vrednost viskoziteta od 862.5 mPas, što je za 351.3 mPas manje u poređenju sa početnom vrednošću viskoziteta. U odnosu na 1. dan skladištenja, početna vrednost viskoziteta je veća za 46.5 mPas, međutim, poređenjem sa početnim vrednostima viskoziteta za gelove stare 7 i 14 dana, uočava se da je 21. dana skladištenja viskozitet nakon 30 s manji za 62.8 mPas i 631.0 mPas, respektivno. Nakon 180 s merenja, najveća razlika u vrednosti viskoziteta takođe je zabeležena između gelova starih 14 i 21 dan ( $p>0.05$ ). Iz podataka prikazanih u *Tabeli P3.* uočava se da su se vrednosti viskoziteta gelova starih 7 i 21 malo razlikovale, naročito nakon 150 s i 180 s. Viskozitet zabeležen u navedenim vremenskim intervalima bio je manji kod gela starog 21 dan za svega 1.1 mPas i 6.4 mPas ( $p>0.05$ ). Nakon povećanja viskoziteta 14. dana skladištenja, sa daljim starenjem gela, struktura proteinskog matriksa jogurta proizvedenog na standardan način, postaje slična strukturi nakon 7 dana skladištenja.

Nasuprot tome, iz podataka na *Grafikonu 19.*, uočava se da čvrsti jogurt proizveden od kozijeg mleka tretiranog ultrazvukom snage 400 W (A3), nakon 60 s ima veći viskozitet u poređenju sa vrednošću na početku merenja za 134.6 mPas. Za razliku od uzoraka A1, kod uzoraka A3 nije uočeno ujednačeno smanjenje viskoziteta tokom vremena delovanja sile smicanja. Ukupno smanjenje viskoziteta iznosilo je 602.6 mPas ( $p<0.05$ ). Poredeći sa vrednostima viskoziteta čvrstog jogurta A1, možemo zaključiti da manja početna vrednost viskoziteta čvrstog jogurta A1 ima za posledicu i manje smanjenje viskoziteta tokom vremena. Nakon 30 s viskozitet jogurta A3 bio je veći za 808.1 mPas. Još izraženija razlika u viskozitetu ova dva uzorka jogurta uočava se nakon 60 s i iznosi 1010.6 mPas, dok je najmanja nakon 180 s merenja – 556.8 mPas ( $p<0.05$ ).

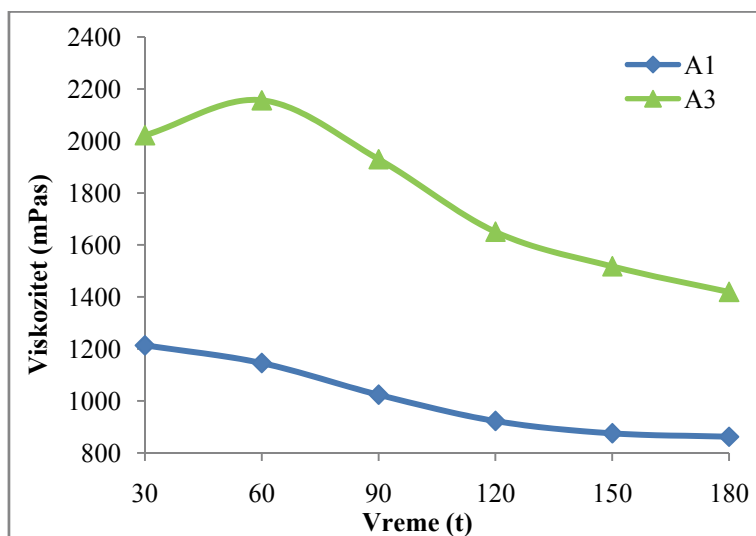
Poredeći vrednosti viskoziteta uzoraka čvrstog jogurta A3 tokom skladištenja, može se zaključiti da je najmanji viskozitet od 1419.3 mPas zabeležen 21. dana skladištenja, nakon 180 s delovanja sile smicanja. U odnosu na 1. dan skladištenja, početna vrednost viskoziteta gela starog 21 dan bila je manja za 244.9 mPas. Međutim, gelovi stari 7 i 14 dana imali su manju početnu vrednost viskoziteta u poređenju sa vrednošću 21. dana skladištenja za 259.2 mPas i 150.6 mPas, respektivno. Na kraju



merjenja, nakon 180 s, viskozitet gela starog 21 dan je manji u odnosu na gelove starosti 1, 7 i 14 dana za 195.0 mPas, 302.3 mPas i 516.9 mPas, respektivno.



Grafikon 18. Promena viskoziteta uzoraka jogurta 14. dana skladištenja, A1 - čvrsti jogurt od kozijeg mleka; A2 - čvrsti jogurt od kozijeg mleka tretiranog UZ snage 200 W; A3 - čvrsti jogurt od kozijeg mleka tretiranog UZ snage 400 W

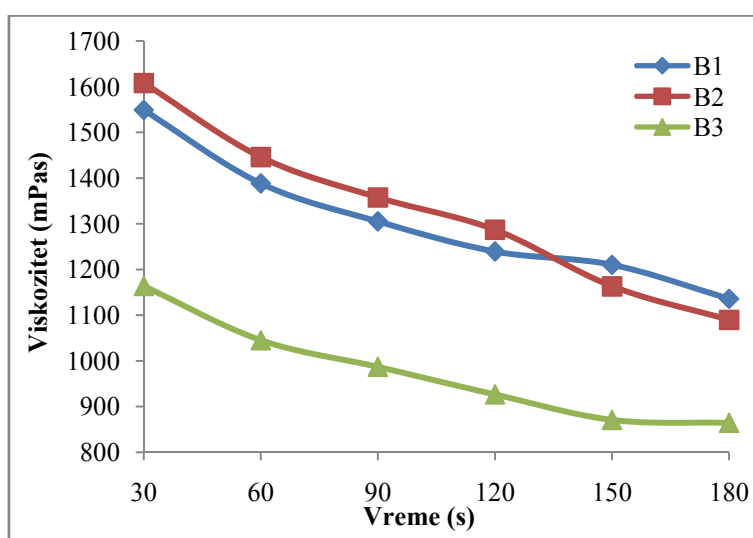


Grafikon 19. Promena viskoziteta uzoraka jogurta 21. dana skladištenja, A1 - čvrsti jogurt od kozijeg mleka; A2 - čvrsti jogurt od kozijeg mleka tretiranog UZ snage 200 W; A3 - čvrsti jogurt od kozijeg mleka tretiranog UZ snage 400 W

#### 5.4.1.2. Uticaj dodatka 0.5% koncentrata proteina surutke i ultrazvučnog tretmana na promenu viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka tokom vremena

Promena viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS, tokom skladištenja, prikazana je u *Tabeli P4. (Prilog)* i na *Grafikonima 20., 21., 22. i 23.*

Iz podataka prikazanih u *Tabeli P4.* i na *Grafikonu 20.* može se uočiti da, prvog dana skladištenja, uzorci čvrstog jogurta proizvedeni od mleka sa dodatkom 0.5% KPS pokazuju tiksotropno ponašanje. Čvrsti jogurt proizveden na standardan način od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS (B1), imao je početnu vrednost viskoziteta od 1549.1 mPas. Nakon 180 s delovanja sile, zabeležen je viskozitet od 1136.0 mPas, što znači da je smanjenje viskoziteta iznosilo 413.1 mPas ( $p < 0.05$ ).



*Grafikon 20. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 0.5% KPS 1. dana skladištenja,*

*B1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; B2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; B3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W*

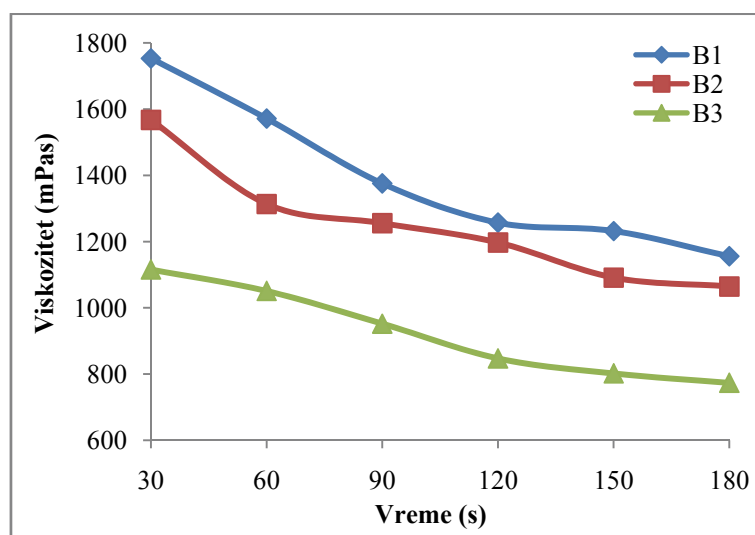
Najveće vrednosti viskoziteta zabeležene su u uzorcima čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS, koje je nakon termičkog tretmana tretirano ultrazvukom snage 200 W (B2). Prosečna vrednost viskoziteta zabeležena nakon 30 s iznosila je 1608.1 mPas. Ukupno smanjenje viskoziteta iznosilo

je 518.4 mPas ( $p < 0.05$ ), i veće je za 105.3 mPas, u poređenju sa čvrstim jogurtom proizvedenim bez ultrazvučnog tretmana. Dobijeni podaci ukazuju da je ultrazvuk snage 200 W uticao na formiranje umreženijeg, ali i nežnijeg gela, pa dužim delovanjem sile smicanja dolazi do njegovog intenzivnijeg narušavanja, u odnosu na gel proizveden bez primene ultrazvuka. Prema *Riener et al. (2009b)* ultrazvučni tretman mleka može dovesti do disocijacije kazeinskih micela na submicelle, koje tokom fermentacije formiraju umreženiji gel, sklon rearanžiranju. U takvom gelu dolazi do povezivanja kazeinskih submicela i denaturisanih proteina surutke. Takođe, usled homogenizacije koje ultrazvuk proizvodi, u jogurtu je prisutan veći broj masnih kapljica manjeg dijametra koje su delimično prekrivene kazeinom i učestvuju u formiranju proteinskog matriksa (*Stelios i Emmanuel, 2004*), što za posledicu ima veći viskozitet gela. Prosečne vrednosti viskoziteta jogurta B2 su u prvih 120 s bile veće u odnosu na vrednosti zabeležene za uzorke jogurta B1. Nakon 150 s, zabeležen je viskozitet uzoraka B2 od 1163.2 mPas, što je za 47.0 mPas ( $p > 0.05$ ) manja vrednost u poređenju sa viskozitetom jogurta B1. Takođe, na kraju ispitivanog perioda merenja viskozitet čvrstog jogurta proizvedenog bez primene ultrazvuka bio je veći za 46.3 mPas ( $p > 0.05$ ).

Iz *Tabele P4.* i *Grafikona 20.* se može uočiti da 1. dana skladištenja čvrsti jogurt proizveden od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS, u čijoj je proizvodnji korišćen ultrazvuk snage 400 W (B3) ima najmanje vrednosti viskoziteta. Nakon 30 s merenja, u uzorcima B3 je zabeležen viskozitet od 1163.8 mPas, što je za 385.3 mPas ( $p < 0.05$ ) i 444.3 mPas ( $p < 0.05$ ) manja vrednost u poređenju sa vrednostima viskoziteta uzoraka B1 i B2. Na kraju merenja, prosečan viskozitet uzoraka B3 bio je manji u odnosu na vrednosti zabeležene za uzorka B1 i B2 za 271.6 mPas i 225.3 mPas ( $p < 0.05$ ). Ukupno smanjenje prosečne vrednosti viskoziteta tokom ispitivanog perioda merenja za uzorke čvrstog jogurta B3 iznosilo je 299.4 mPas ( $p < 0.05$ ), što je za 113.7 mPas i 219.0 mPas manje smanjenje viskoziteta u poređenju sa uzorcima jogurta B1 i B2. Dobijeni rezultati potvrđuju da postoje razlike u strukturi proteinskog matriksa koje su posledica delovanja ultrazvuka. Poznato je da struktura i reološke karakteristike jogurta zavise od sadržaja suve materije, proteina i mlečne masti, kao i od odnosa kazein/proteini surutke (*Keogh i O’Kennedy, 1998; Oliveira, 2001; Sodini et al., 2004; Herrero i Requena, 2006*). Na osnovu podataka prikazanih u *Tabeli 7.*, može se uočiti da je u odnosu na uzorke B1 i B2, čvrsti jogurt od kozijeg mleka B3 imao veći sadržaj suve materije,

proteina i mlečne masti. Samim tim, bilo je logično očekivati i veće vrednosti viskoziteta, što u ovim istraživanjima nije bio slučaj. Zbog većeg sadržaja mlečne masti u jogurtu B3 i intenzivnijeg ultrazvučnog tretmana mleka, ukupna površina masnih kapljica je znatno veća u ovim uzorcima nego u jogurtima B1 i B2. Veći broj masnih kapljica koje na svojoj površini imaju manju količinu adsorbovanih proteina utiče na formiranje nežnijeg gela. Samim tim, pri delovanju sile smicanja dolazi do lakšeg narušavanja strukture gela i cepanja proteinskog matriksa, što je uticalo na manje vrednosti viskoziteta jogurta B3.

Promena viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg meka sa dodatkom 0.5% KPS proizvedenog na standardan način (B1) i čvrstog jogurta proizvedenog primenom ultrazvuka snage 200 W i 400 W (B2 i B3) 7. dana skladištenja prikazana je u *Tabeli P4.* i na *Grafikonu 21.*



*Grafikon 21. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 0.5% KPS 7. dana skladištenja,*

*B1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; B2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; B3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W*

Nakon 7 dana skladištenja, najveće vrednosti viskoziteta tokom vremena delovanja sile smicanja, zabeležene su u uzorcima B1. Nakon 30 s viskozitet je iznosio 1753.3 mPas, dok je na kraju merenja prosečna vrednost viskoziteta bila 1155.7mPas. Ukupno smanjenje viskoziteta iznosilo je 597.6 mPas ( $p < 0.05$ ). U poređenju sa gelom

1. dana skladištenja, ukupno smanjenje viskoziteta je bilo veće za 184.5 mPas ( $p>0.05$ ), što ukazuje na izraženije narušavanje strukture tokom delovanja sile.

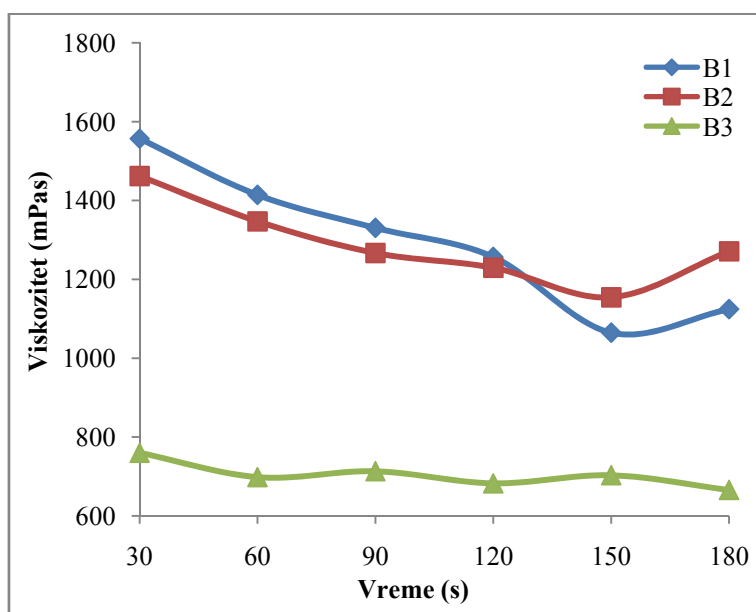
Nakon 7 dana skladištenja, u uzorcima čvrstog jogurta B2 zabeleženo je smanjenje viskoziteta u odnosu na gel star 1 dan pri svim vremenskim intervalima delovanja sile. Početna vrednost viskoziteta iznosila je 1567.6 mPas i bila je za 40.5 mPas manja u odnosu na prvi dan skladištenja. Nakon 180 s merenja zabeležen je viskozitet od 1064.6 mPas, što je za 25.1 mPas manja vrednost nego prvog dana skladištenja. Ovako male razlike u viskozitetu tokom skladištenja govore o maloj promeni u strukturi gela, što se pre svega odnosi na njegovu čvrstinu i elastičnost. Ukupno smanjenje viskoziteta tokom delovanja sile smicanja, 7. dana skladištenja, u uzorcima čvrstog jogurta B2 iznosilo je 503.0 mPas ( $p<0.05$ ). Poređenjem sa gelom 1. dana skladištenja, može se uočiti da je ukupno smanjenje viskoziteta nakon 7 dana skladištenja manje za 15.4 mPas ( $p>0.05$ ), što takođe potvrđuje pretpostavku da u jogurtu B2 nije došlo do značajnije promene strukture nakon 7 dana skladištenja.

Kao i 1. dana skladištenja, najmanje vrednosti viskoziteta su nakon 7 dana zabeležene u uzorcima jogurta B3. U odnosu na 1. dan skladištenja, nakon 30 s i 180 s viskozitet je bio manji za 48.0 mPas i 90.8 mPas ( $p>0.05$ ). Ukupno smanjenje viskoziteta 7. dana skladištenja, tokom 180 s merenja, iznosilo je 342.2 mPas ( $p<0.05$ ). Na osnovu podataka o smanjenju viskoziteta jogurta B2 može se zaključiti da je u gelovima proizvedenim od mleka tretiranog ultrazvukom došlo do narušavanja strukture u istom obimu. U odnosu na gel proizveden na standardan način, narušavanje strukture gelova B2 i B3 bilo je manje izraženo.

Iz *Grafikona 21.* se može uočiti da su 7. dana skladištenja svi uzorci čvrstog jogurta proizvedeni od mleka sa dodatkom 0.5% KPS imali tipično tiksotropno ponašanje. Poredeći vrednosti viskoziteta nakon 30 s merenja može se uočiti da je jogurt B1 imao veće prosečne vrednosti viskoziteta u odnosu na uzorke jogurta B2 i B3 za 185.7 mPas ( $p>0.05$ ) i 637.5 mPas ( $p<0.05$ ). Nakon 180 s delovanja sile smicanja, razlike u vrednostima viskoziteta uzoraka čvrstog jogurta proizvedenog od mleka sa dodatkom 0.5% KPS su manje izražene u odnosu na početak merenja. Prosečan viskozitet jogurta B1 bio je veći u poređenju sa vrednostima viskoziteta zabeleženim za uzorke B2 i B3 za 91.1 mPas ( $p>0.05$ ) i 382.1 mPas ( $p<0.05$ ). Interesantno je da je viskozitet jogurta B1 zabeležen na kraju merenja bio veći u odnosu na viskozitet

uzoraka jogurta B3 na početku merenja za 39.9 mPas. Na osnovu dobijenih rezultata očigledno je da jogurt proizveden uz primenu ultrazvučnog tretmana snage 400 W ima nežniju strukturu gela i manji viskozitet i nakon 7 dana skladištenja.

Promena viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg meka sa dodatkom 0.5% KPS proizvedenog na standardan način (B1) i čvrstog jogurta proizvedenog primenom ultrazvuka snage 200 W i 400 W (B2 i B3) 14. dana skladištenja prikazana je u *Tabeli P4.* i na *Grafikonu 22.*



*Grafikon 22. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 0.5% KPS 14. dana skladištenja,*

*B1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; B2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; B3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W*

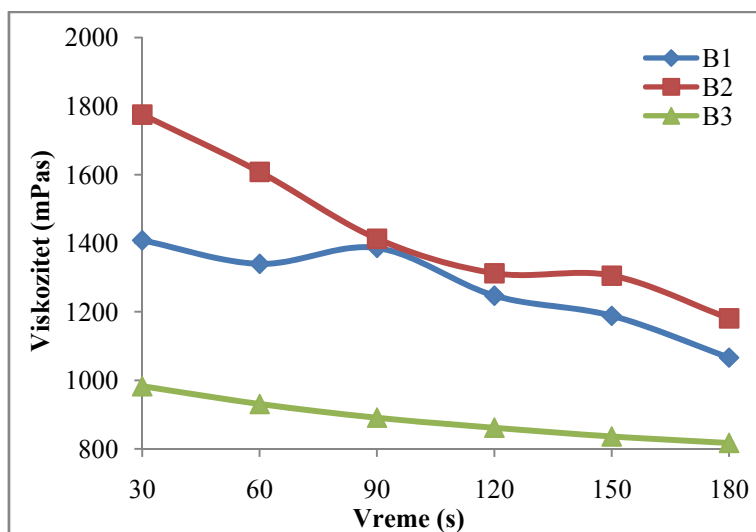
Kao i 1. i 7. dana skladištenja, najmanje vrednosti viskoziteta zabeležene su u uzorcima čvrstog jogurta B3. Nakon 30 s merenja zabeležena je vrednost viskoziteta od 759.9 mPas, što je u poređenju sa uzorcima B1 i B2 manja vrednost za 797.2 mPas i 702.2 mPas, respektivno. Kod jogurta B3 uočeno je malo odstupanje od tiksotropnog ponašanja nakon 90 s, kada je zabeležena vrednost viskoziteta veća za 14.9 mPas ( $p > 0.05$ ) u odnosu na vrednost izmerenu nakon 60 s merenja. Takođe, nakon 150 s viskozitet je bio veći za 20.5 mPas ( $p > 0.05$ ) u poređenju sa prosečnim viskozitetom zabeleženim nakon 120 s delovanja sile. Na kraju merenja prosečna vrednost viskoziteta

iznosila je 665.7 mPas, što je za 198.7 mPas ( $p < 0.05$ ) i 107.9 mPas ( $p < 0.05$ ) manje u poređenju sa viskozitetom gelova starih 1 i 7 dana. Takođe, ovo je ujedno i najmanja vrednost viskoziteta zabeležena tokom celokupnog perioda skladištenja u svim ispitivanim uzorcima čvrstog jogurta proizvedenim od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS. Ukupno smanjenje viskoziteta iznosilo je 94.2 mPas, što govori o stabilnosti kiselog kazeinskog gela. Takođe se može zaključiti da manja početna vrednost viskoziteta ima za posledicu i manje smanjenje viskoziteta tokom vremena.

Viskozitet čvrstog jogurta B1 je 14. dana skladištenja imao slične vrednosti kao 1. dana skladištenja. Ukupno smanjenje viskoziteta tokom vremena delovanja sile smicanja iznosilo je 432.6 mPas ( $p < 0.05$ ). Na kraju ispitivanog vremena od 180 s, zabeležena je veća vrednost viskoziteta od 59.7 mPas u poređenju sa viskozitetom zabeleženim nakon 150 s merenja. Najveća razlika u vrednosti viskoziteta 7. i 14. dana skladištenja uočava se nakon 30 s – 196.2 mPas, dok je najmanja razlika zabeležena nakon 120 s i iznosi svega 0.5 mPas.

Nakon 14 dana skladištenja, u uzorcima čvrstog jogurta B2 zabeležene su manje vrednosti viskoziteta u odnosu na 1. i 7. dan skladištenja. Početna vrednost viskoziteta od 1462.1 mPas je najmanja zabeležena vrednost viskoziteta nakon 30 s delovanja sile u jogurtu B2 tokom celokupnog perioda skladištenja. Manji viskozitet na početku merenja, je kao i kod jogurta B3, uticao na manje smanjenje viskoziteta tokom vremena, koje je iznosilo 190.9 mPas. Vrednost viskoziteta zabeležena nakon 180 s iznosila je 1271.2 mPas, i bila je za 181.5 mPas i 206.6 mPas veća u odnosu na prvi i sedmi dan skladištenja. Dobijeni podaci potvrđuju da se kiseli kazeinski gel menja tokom skladištenja. Takođe, jogurt B2 je 14. dana skladištenja imao veću vrednost viskoziteta nakon 180 s delovanja sile smicanja u poređenju sa jogurtima B1 i B3 za 146.7 mPas ( $p > 0.05$ ) i 605.5 mPas ( $p < 0.05$ ).

U *Tabeli P4.* i na *Grafikonu 23.* je prikazana promena viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg meka sa dodatkom 0.5% KPS proizvedenog na standardan način (B1) i čvrstog jogurta proizvedenog primenom ultrazvuka snage 200 W i 400 W (B2 i B3) nakon 21 dana skladištenja.



Grafikon 23. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 0.5% KPS 21. dana skladištenja,

B1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; B2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; B3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W

Najveći viskozitet 21. dana skladištenja zabeležen je u uzorcima čvrstog jogurta B2. Početna vrednost viskoziteta iznosila je 1775.4 mPas, i ujedno je najveća vrednost viskoziteta zabeležena nakon 30 s, u svim uzorcima jogurta, tokom celokupnog perioda skladištenja. U toku delovanja sile, jogurt B2 je imao tipično tiksotropno ponašanje, pa je nakon 180 s izmeren viskozitet od 1180.9 mPas, što znači da je smanjenje viskoziteta iznosilo 594.5 mPas. Na osnovu dobijenih rezultata, može se zaključiti da je najizraženije narušavanje strukture jogurta B2 zabeleženo 21. dana skladištenja. Viskozitet jogurta B2, nakon 180 s delovanja sile, je bio veći za 114.5 mPas ( $p > 0.05$ ) u odnosu na vrednosti viskoziteta jogurta B1 i za 363.8 mPas ( $p < 0.05$ ) veći u poređenju sa viskozitetom jogurta B2.

Najmanje vrednosti viskoziteta jogurta B1 u toku ispitivanog vremena skladištenja, zabeležene su nakon 21. dana. Iz podataka u *Tabeli P4.* može se uočiti da je nakon 30 s delovanja sile viskozitet iznosio 1408.3 mPas, dok je nakon 180 s zabeležena vrednost viskoziteta od 1066.4 mPas. Ukupno smanjenje viskoziteta iznosilo je 341.9 mPas, što potvrđuje pretpostavke o promeni strukture proteinskog matriksa tokom skladištenja. U intervalu 60-90 s ovaj gel pokazuje malo odstupanje od tiksotropnog ponašanja, kada je zabeleženo povećanje viskoziteta za 46.5 mPas. U

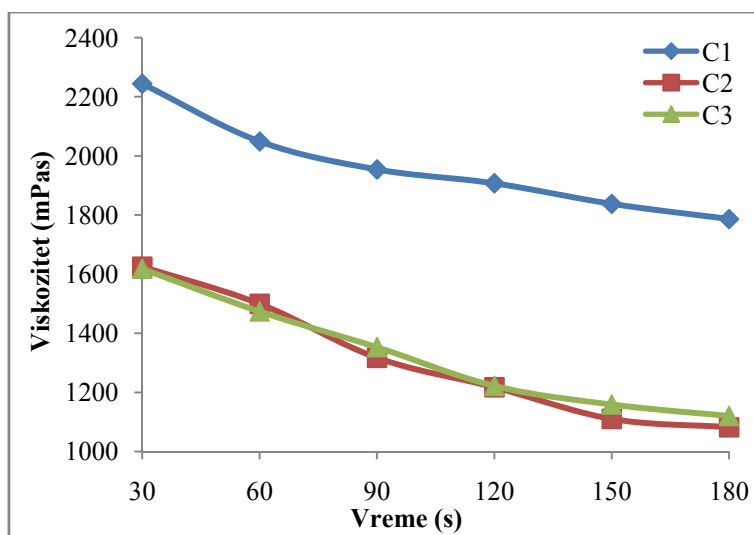


poređenju sa jogurtom B3, 21. dana skladištenja, viskozitet uzoraka čvrstog jogurta B1 bio je veći za 249.3 mPas ( $p < 0.05$ ).

U uzorcima čvrstog jogurta B3 je zabeleženo povećanje viskoziteta u odnosu na 14. dan skladištenja. Nakon 180 s viskozitet je iznosio 817.1 mPas, što znači da je u periodu 7-14. dana skladištenja viskozitet povećan za 151.4 mPas ( $p < 0.05$ ). Sa *Grafikona 23.* se može uočiti da je u uzorcima čvrstog jogurta B3 došlo do linearnog smanjenja viskoziteta tokom vremena delovanja sile, a ukupno smanjenje viskoziteta je iznosilo 165.6 mPas.

#### 5.4.1.3. Uticaj dodatka 1% koncentrata proteina surutke i ultrazvučnog tretmana na promenu viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka tokom vremena

Promena viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS, tokom skladištenja, prikazana je u *Tabeli P5. (Prilog)* i na *Grafikonima 24., 25., 26. i 27.*



*Grafikon 24. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 1% KPS 1. dana skladištenja,*

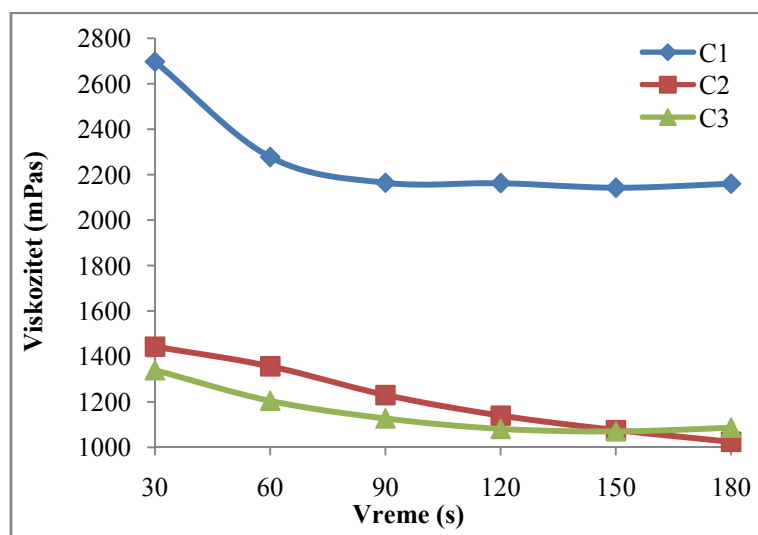
*C1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; C2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; C3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W*

U *Tabeli P5.* i na *Grafikonu 24.* prikazana je promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 1% KPS 1. dana skladištenja pri konstantnoj brzini rotacije spindla. Kod svih uzoraka proizvedenih od kozijeg mleka sa 1% KPS uočava se linearno smanjenje viskoziteta tokom delovanja sile smicanja. U poređenju sa uzorcima proizvedenim uz primenu ultrazvučnog tretmana, jogurt C1 je imao veće vrednosti viskoziteta tokom 3 min. delovanja sile smicanja. Nakon 30 s viskozitet jogurta C1 bio je veći za 618.9 mPas i 625.8 mPas ( $p < 0.05$ ) u odnosu na uzorke C2 i C3. Najveća razlika u viskozitetu uzoraka C1 i C2 iznosila je 727.7 mPas ( $p < 0.05$ ) i zabeležena je nakon 150 s delovanja sile smicanja, dok je najveća razlika između uzoraka C1 i C3 uočena nakon 120 s i iznosila je 685.7 mPas ( $p < 0.05$ ). Takođe, kod uzoraka proizvedenih bez primene ultrazvuka, uočen je manji sinerezis 1. dana skladištenja (*Histogram 2.*). Kao što se može videti u *Tabeli P5.* i na *Grafikonu 24.*, prvog dana skladištenja uzorci C2 i C3 su imali slične vrednosti viskoziteta tokom 3 min. delovanja sile. Značajno manji viskozitet uzoraka C2 i C3 u odnosu na uzorke C1 posledica je delovanja ultrazvuka. Delovanjem ultrazvuka povećava se broj masnih kapljica koje su istovremeno i manjeg prečnika. Usled povećanog sadržaja proteina surutke, dodatkom 1% KPS, osim kazeina za površinu nastalih masnih kapljica vezuju se i denaturisani proteini surutke. Gel koji je nastao fermentacijom od ovakvog mleka je mekši i lakše dolazi do narušavanja njegove strukture pod dejstvom mehaničke sile. Osim toga, usled izmenjene površine masnih kapljica, verovatno da su uzorci C2 i C3 imali manji sadržaj rastvorljivih denaturisanih proteina surutke, čime bi se mogao objasniti manji viskozitet ovih uzoraka u poređenju sa jogurtom C1.

Promena viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg meka sa dodatkom 1% KPS proizvedenog na standardan način (C1) i čvrstog jogurta proizvedenog primenom ultrazvuka snage 200 W i 400 W (C2 i C3) 7. dana skladištenja prikazana je u *Tabeli P5.* i na *Grafikonu 25.*

Iz *Grafikona 25.* se vidi da su nakon 7 dana skladištenja najveći viskozitet imali uzorci C1. U poređenju sa uzorcima 1. dana skladištenja viskozitet jogurta C1 je bio veći tokom ispitivanog vremena delovanja sile. Najveća razlika u viskozitetu uočena je nakon 30 s i iznosila je 453.7 mPas ( $p > 0.05$ ), dok je najmanja razlika u viskozitetu uzoraka starosti 7 i 1 dan zabeležena nakon 90 s - 210.6 mPas ( $p > 0.05$ ). Ukupno smanjenje viskoziteta 7. dana skladištenja, tokom 180 s merenja, iznosilo je 537.4 mPas

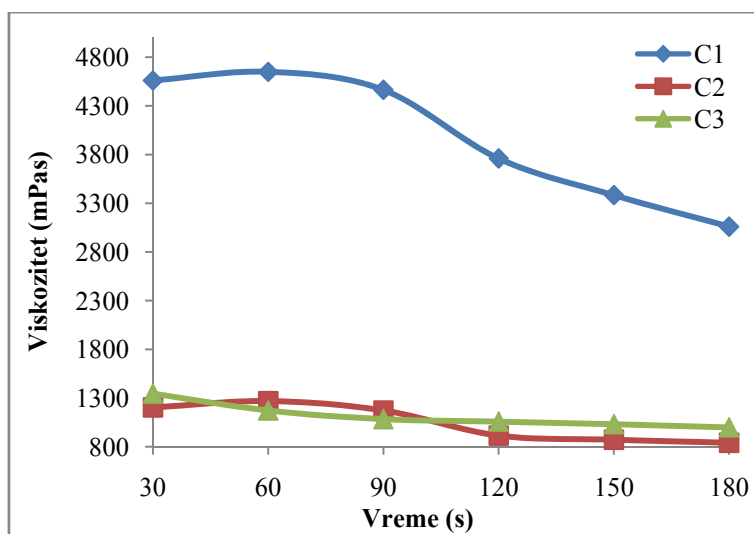
( $p < 0.05$ ). Nasuprot tome, kod uzoraka proizvedenih uz primenu ultrazvuka, 7. dana skladištenja zabeležene su manje vrednosti viskoziteta u odnosu na uzorke stare 1 dan. Usled toga, između jogurta C1 i uzoraka C2 i C3 su primećene veće razlike u viskozitetu 7. dana u odnosu na 1. dan skladištenja. Nakon 30 s delovanja sile smicanja zabeležene su veće vrednosti viskoziteta jogurta C1 u odnosu na uzorke C2 i C3 za 1254.1 mPas ( $p < 0.05$ ) i 1357.8 mPas ( $p < 0.05$ ). Kao i 1. dana skladištenja između uzoraka C2 i C3 zabeležene su male razlike u viskozitetu tokom delovanja sile smicanja ( $p > 0.05$ ). U odnosu na uzorke 1. dana skladištenja, viskozitet uzoraka C2 je 7. dana nakon 30 s merenja bio manji za 181.6 mPas ( $p > 0.05$ ). Sa daljim delovanjem sile smicanja, razlika u viskozitetu je manje izražena i nakon 180 s iznosi 56.7 mPas ( $p > 0.05$ ). Slične promene viskoziteta u toku prvih 7 dana skladištenja zabeležene su i kod uzoraka C3. Nakon 30 s viskozitet je 7. dana bio manji za 278.4 mPas ( $p > 0.05$ ), dok je na kraju merenja razlika u viskozitetu iznosila 33.1 mPas ( $p > 0.05$ ). Ovi podaci nam ukazuju da je 7. dana skladištenja došlo do malih promena u strukturi uzoraka proizvedenih od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS koje nisu značajno uticale na viskozitet, odnosno da su sve tri varijante jogurta bile stabilne u toku 7 dana skladištenja.



Grafikon 25. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 1% KPS 7. dana skladištenja,

C1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; C2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; C3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W

Na *Grafikonu 26.* i u *Tabeli P5.* prikazana je promena viskoziteta uzoraka proizvedenih od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS 14. dana skladištenja. Kod jogurta C1 uočeno je malo odstupanje od tiksotropnog ponašanja, pa je viskozitet nakon 60 s, bio veći 88.9 mPas ( $p>0.05$ ) u poređenju sa vrednošću koja je zabeležena nakon 30 s delovanja sile smicanja. Najveće vrednosti viskoziteta uzoraka C1 zabeležene su 14. dana skladištenja. U poređenju sa 1. danom skladištenja viskozitet je nakon 30 s, 60 s i 90 s delovanja sile bio veći za 2316.5 mPas, 2600.4 mPas i 2510.2 mPas ( $p<0.05$ ). i 7 dana zabeležene U istim vremenskim intervalima delovanja sile, viskozitet uzoraka C1 starosti 14 dana bio je veći u odnosu na viskozitet uzoraka starih 7 dana za 1862.8 mPas, 23171.7 mPas i 2299.6 mPas ( $p<0.05$ ). Ovi podaci ukazuju da sa starenjem gela dolazi do povećanja vrednosti viskoziteta usled formiranja većeg broja protein-protein veza. Takođe, veća sposobnost vezivanja vode zabeležena je nakon 14 dana skladištenja (*Histogram 8.*), što se odrazilo na veći viskozitet uzoraka C1 u ovom periodu skladištenja.



*Grafikon 26. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 1% KPS 14. dana skladištenja,*

*C1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; C2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; C3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W*

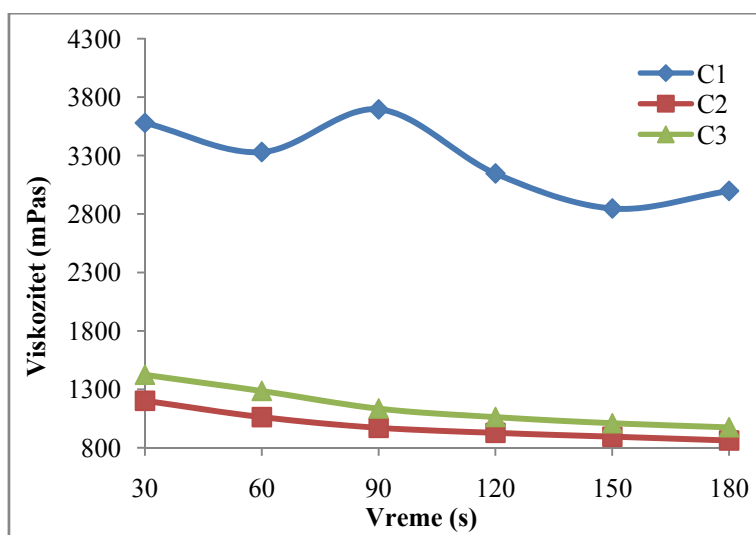
Kod uzoraka C2 i C3 nakon 14. dana zabeleženo je smanjenje viskoziteta u poređenju sa 1. i 7. danom skladištenja. Međutim, ove razlike nisu bile statistički značajne. Kao i 1. i 7. dana skladištenja, između uzoraka C2 i C3 zabeležene su male

razlike u vrednosti viskoziteta. Nakon 30 s delovanja sile smicanja viskozitet jogurta C2 bio je manji za 140.9 mPas ( $p>0.05$ ), dok su nakon 150 s i 180 s delovanja sile vrednosti viskoziteta jogurta C2 bile manje za 159.3 mPas ( $p>0.05$ ) i 157.9 mPas ( $p>0.05$ ) u poređenju sa uzorcima C3. Ukupno smanjenje viskoziteta je iznosilo 363.4 mPas kod uzoraka C2 i 346.5 mPas kod uzoraka C3. Iz prikazanih podataka se može zaključiti da jačina primenjenih ultrazvučnih tretmana, kao i vreme skladištenja nisu uticali na strukturu uzoraka C2 i C3. Međutim, primenjeni ultrazvučni tretmani uticali su na značajno manje vrednosti viskoziteta uzoraka C2 i C3 u poređenju sa jogurtom C1. Najveća razlika u viskozitetu navedenih uzoraka zabeležena je nakon 60 s delovanja sile smicanja, kada je viskozitet jogurta bio veći za 3380.3 mPas i 3477.1 mPas u poređenju sa uzorcima C2 i C3 ( $p<0.05$ ). Velike razlike u viskozitetu verovatno su posledica delovanja ultrazvuka na mlečnu mast i proteine surutke, što je uslovalo formiranje mekšeg gela koji se lakše narušava pod dejstvom sile smicanja.

Na kraju ispitivanog perioda skladištenja, najveći viskozitet zabeležen je kod uzoraka C1 (*Tabela P5. i Grafikon 27.*) U ovom periodu skladištenja kod jogurta C1 uočeno je odstupanje od tiksotropnog ponašanja, pa je nakon 90 s viskozitet bio veći za 364.6 mPas u odnosu na vrednost zabeleženu nakon 60 s delovanja sile smicanja. U poređenju sa jogurtom starosti 14. dana uočene su manje vrednosti viskoziteta, pri čemu je značajno manji viskozitet zabeležen jedino nakon 60 s delovanja sile smicanja 1318.6 mPas ( $p<0.05$ ). Takođe, 21. dana skladištenja uzorci C1 su imali manju vrednost ukupnog smanjenja viskoziteta za 917.5 mPas. Ovo nam ukazuje da je na kraju ispitivanog perioda skladištenja struktura gelova C1 bila otpornija na delovanje sile smicanja, te da je došlo do manjeg obima narušavanja tokom delovanja sile u trajanju od 3 min. U poređenju sa uzorcima C2 i C3, jogurt C1 je kao i u ranijem periodu skladištenja imao značajno veći viskozitet.

Kod uzoraka C2 i C3 su 21. dana skladištenja zabeležene male razlike u vrednostima viskoziteta u svim ispitivanim intervalima delovanja sile smicanja. Ukupno smanjenje viskoziteta uzoraka C2 i C3 iznosilo je 339.2 mPas i 449.1 mPas ( $p<0.05$ ). U poređenju sa uzorcima 1., 7. i 14. dana skladištenja, kod uzoraka C2, kao i kod jogurta C3 nisu ustanovljene značajne razlike u vrednostima viskoziteta. Dobijeni podaci navode na zaključak da se od mleka sa dodatkom 1% KPS primenom ultrazvuka nakon termičkog tretmana može proizvesti čvrsti jogurt, čiji je proteinski matriks stabilan

tokom skladištenja. Rezultati dobijeni u ovom delu istraživanja ukazuju da jačina ultrazvučnog tretmana nije imala uticaj na viskozitet i strukturu gelova. Takođe, vreme skladištenja nije uticalo na promenu viskoziteta uzoraka proizvedenih uz primenu ultrazvuka. Međutim, značajno veće vrednosti viskoziteta tokom celokupnog perioda skladištenja imali su uzorci proizvedeni na standardan način.



Grafikon 27. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 1% KPS 21. dana skladištenja,

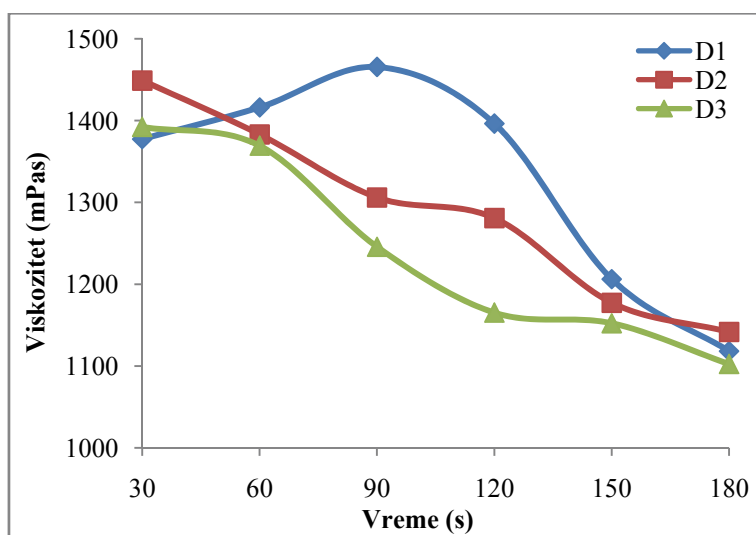
C1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; C2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; C3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W

#### 5.4.1.4. Uticaj dodatka 0.5% izolata proteina mleka i ultrazvučnog tretmana na promenu viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka tokom vremena

Promena viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM, tokom skladištenja, prikazana je u Tabeli P6. (Prilog) i na Grafikonima 28., 29., 30. i 31.

Iz podataka prikazanih u Tabeli P6. i na Grafikonu 28. može se uočiti da su prvog dana skladištenja uzorci proizvedeni od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM imali slične vrednosti viskoziteta tokom 180 s delovanja sile smicanja pri konstantnoj brzini rotacije spindla od 20 o/min ( $p > 0.05$ ). Najmanje razlike u viskozitetu ovih

uzoraka zabeležene su nakon 180 s delovanja sile, kada je viskozitet jogurta D2 bio veći od vrednosti viskoziteta zabeleženih za uzorke D1 i D3 za 48.1 i 17.5 mPas ( $p>0.05$ ). Kod jogurta D1 uočeno je odstupanje od tiksotropnog ponašanja, pa su nakon 60 s, 90 s i 120 s zabeležene veće vrednosti viskoziteta za 38.7 mPas 88.1 mPas i 18.9 mPas ( $p>0.05$ ) u poređenju sa prosečnim viskozitetom koji su ovi uzorci imali nakon 30 s delovanja sile smicanja. Ukupno smanjenje viskoziteta zabeleženo nakon 3 min. delovanja sile je kod uzoraka D1, D2 i D3 iznosilo 259.2 mPas, 307.3 mPas i 289.8 mPas. Ovi podaci nam ukazuju da primenjeni ultrazvučni tretmani mleka nisu uticali na strukturu gelova, odnosno da su 1. dana skladištenja uzorci imali gelove ujednačene strukture i slične umreženosti.



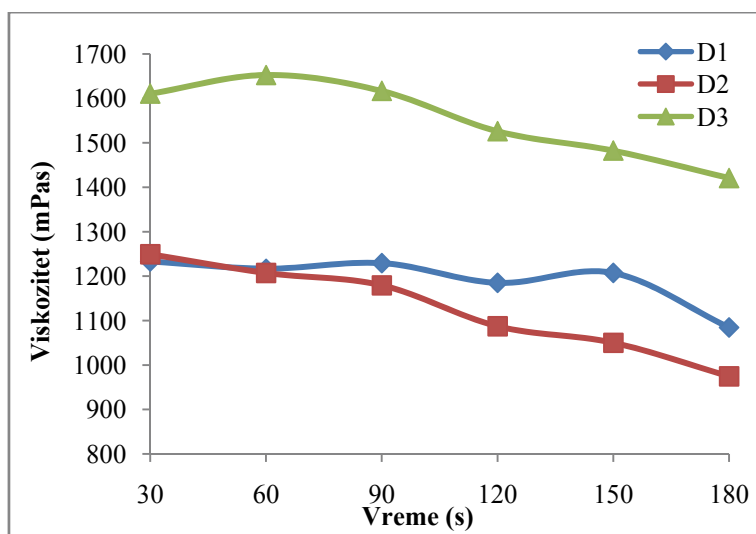
Grafikon 28. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 0.5% IPM 1. dana skladištenja,

D1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; D2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; D3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W

Nakon 7 dana skladištenja (Tabela P6 . i Grafikon 29.), najveći viskozitet tokom 180 s delovanja sile imali su uzorci D3 ( $p<0.05$ ). U periodu 30 – 60 s delovanja sile, kod ovih uzoraka je zabeleženo povećanje viskoziteta za 42.0 mPas ( $p>0.05$ ). Najveća razlika u viskozitetu između uzoraka D3 i D1 iznosila je 435.7 mPas ( $p<0.05$ ) i zabeležena je nakon 60 s, dok je najveća razlika u vrednostima viskoziteta između jogurta D3 i D2 od 446.0 mPas ( $p<0.05$ ) ustanovljena nakon 3 min. merenja. U toku delovanja sile smicanja u trajanju od 180 s nisu primećene značajne razlike u

viskozitetu gelova D1 i D2, iako je na početku merenja viskozitet jogurta D2 bio veći za 16.1 mPas ( $p>0.05$ ), a nakon 180 s jogurt D1 je imao veći viskozitet za 109.9 mPas ( $p>0.05$ ). Ukupno smanjenje viskoziteta kod uzoraka D1 i D2 je iznosilo 148.9 mPas ( $p>0.05$ ) i 190.0 mPas ( $p>0.05$ ), pa se može zaključiti da primenjena mahnička sila nije uticala na značajnije narušavanje strukture ovih uzoraka. Nasuprot tome, kod uzoraka D2 zabeleženo je ukupno smajenje viskoziteta od 274.8 mPas ( $p<0.05$ ), što ukazuje na značajno narušavanje strukture proteinskog matriksa pod delovanjem sile smicanja.

U poređenju sa 1. danom skladištenja, kod uzoraka D1 i D2 nisu primećene razlike u viskozitetu, što ukazuje na stabilnost navedenih gelova u toku prvih 7 dana skladištenja. Međutim, kod jogurta D3 su 7. dana uočene značajno veće vrednosti viskoziteta u poređenju gelovima starim 1 dan. Nakon 90 s, 120 s, 150 s i 180 s delovanja sile viskozitet je bio veći za 371.1 mPas, 360.8 mPas, 330.3 mPas i 318.2 mPas ( $p<0.05$ ), što ukazuje na formiranja većeg broja protein-protein veza i očvršćavanje proteinskog matriksa tokom skladištenja.



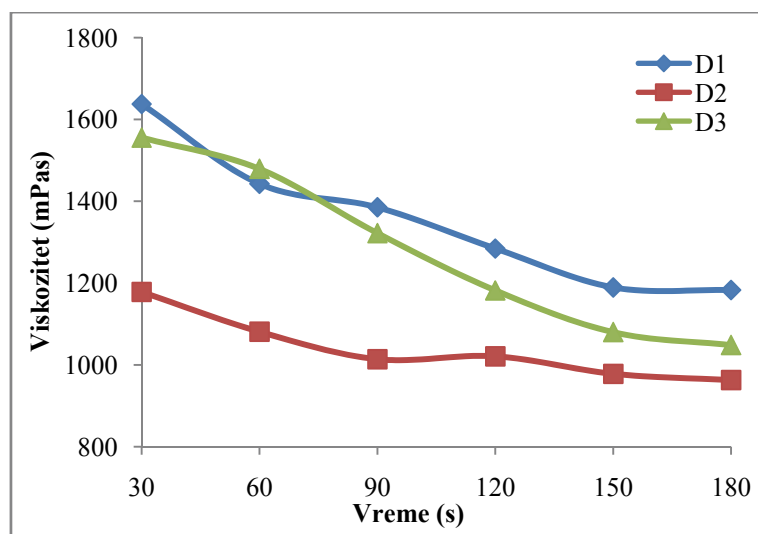
Grafikon 29. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 0.5% IPM 7. dana skladištenja,

D1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; D2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; D3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W

Iz podataka prikazanih u Tabeli P6. i na Grafikonu 30. može se uočiti da je 14. dana skladištenja nakon 30 s delovanja sile najveći viskozitet imao jogurt D1. U odnosu na uzorke D2 i D3 prosečna vrednost viskoziteta uzoraka D1 bila je veća za 459.4 mPas



( $p < 0.05$ ) i 82.3 mPas ( $p > 0.05$ ). Sa daljim delovanjem sile smicanja najveći viskozitet je, osim nakon 60 s, takođe zabeležen kod jogurta D1. Razlike u viskozitetu uzoraka D1 i D3 zabeležene tokom delovanja sile u trajanju od 3 min. su male. Takođe, ukupno smanjenje viskoziteta je kod uzoraka D3 bilo veće za svega 52.3 mPas. Ovi podaci nam ukazuju da su 14. dana skladištenja uzorci D1 i D3 imali sličnu strukturu gelova, što potvrđuje pretpostavku da promene na mlečnoj masti i proteinima nastale kao posledica delovanja ultrazvuka snage 400 W nisu uticale na umreženost gelova i njihovu sposobnost da zadrže vodu (*Histogram 9.*). Međutim, ultrazvuk snage 200 W imao je znatno veći uticaj na strukturu jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM. Jogurt D2 imao je značajno manje vrednosti viskoziteta u prvih 90 s merenja u poređenju sa uzorcima D1 i D3. Sa daljim delovanjem sile smicanja, razlike u viskozitetu su manje izražene ( $p > 0.05$ ), a ukupno smanjenje viskoziteta je bilo manje za 239.4 mPas i 291.7 mPas u odnosu na uzorke D1 i D2, što ukazuje na manji obim narušavanja strukture jogurta D2.



Grafikon 30. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 0.5% IPM 14. dana skladištenja,

D1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; D2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; D3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W

U poređenju sa uzorcima 7. dana skladištenja, nakon 30 s delovanja sile, u jogurtu D1 zabeležen je veći viskozitet za 404.5 mPas ( $p < 0.05$ ), dok u daljem periodu delovanja sile smicanja nisu uočene značajne razlike u viskozitetu jogurta D1 u periodu

od 1. do 14. dana skladištenja. Male promene u viskozitetu tokom skladištenja ukazuju da u uzorcima D1 nije bilo značajnijih promena strukture proteinskog matriksa, što potvrđuju i rezultati dobijeni ispitivanjem sinerezisa i sposobnosti vezivanja vode (*Histogrami 4. i 9., Poglavlja 5.3.3. i 5.3.4.*). Kod uzoraka proizvedenih uz primenu ultrazvučnog tretmana snage 200 W (D2) uočene su manje vrednosti viskoziteta tokom delovanja sile, u odnosu na 7. dan skladištenja ( $p > 0.05$ ), što ukazuje na male promene u strukturi jogurta u ovom periodu skladištenja. U poređenju sa gelom 1. dana skladištenja, kod jogurta D2 zabeležene su manje vrednosti viskoziteta nakon 60 s i 90 s delovanja sile smicanja za 301.9 i 292.1 mPas ( $p < 0.05$ ). U poređenju sa gelovima starim 7 dana, nakon 14 dana skladištenja uzorci D3 su imali slične vrednosti viskoziteta nakon 30 s i 60 s merenja. Međutim, dužim delovanjem sile smicanja ustanovljeno je izraženije smanjenje viskoziteta kod jogurta starog 14 dana. Nakon 90 s viskozitet je bio manji za 294.9 mPas, dok je na kraju merenja razlika u viskozitetu iznosila 377.2 mPas ( $p < 0.05$ ). Ovi podaci nam ukazuju da u jogurtu D3, 14. dana skladištenja, dolazi do većeg obima narušavanja strukture sa produženim delovanjem sile smicanja.

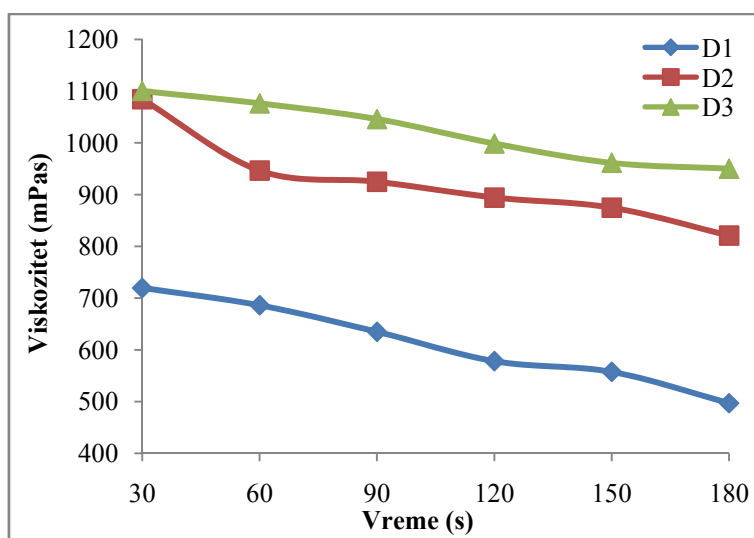
Promena viskoziteta jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM 21. dana skladištenja prikazana je u *Tabeli P6.* i na *Grafikonu 31.*

Za razliku od 14. dana skladištenja, jogurt D1 je nakon 21. dana imao najmanji viskozitet zabeležen tokom 3 min. delovanja sile. Nakon 30 s viskozitet ovih uzoraka bio je manji za 365.1 mPas i 380.3 mPas ( $p < 0.05$ ) u poređenju sa vrednostima dobijenim za uzorke D2 i D3. Iz prikazanih rezultata očigledno je da primena ultrazvučnih tretmana u proizvodnji jogurta od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM dovodi do formiranja čvršćeg i umreženijeg gela. Prema *Riener et al. (2009b)* ultrazvučni tretman dovodi do povećanja ukupne površine kazeinskih micela koje se dodatno povezuju u toku skladištenja (*Madadlou et al., 2010*), što dovodi do formiranja umreženijeg gela. Najveće vrednosti viskoziteta zabeležene su kod uzoraka D3, mada nisu ustanovljene značajne razlike u viskozitetu jogurta D2 i D3. Ovi podaci nam ukazuju da jačina primenjenog ultrazvučnog tretmana nije uticala na viskozitet gelova na kraju ispitivanog perioda skladištenja. Međutim, između ovih uzoraka uočena je razlika u ukupnom smanjenju viskoziteta tokom 180 s delovanja sile koji je iznosilo 263.7 mPas ( $p < 0.05$ ) i 150.3 mPas ( $p > 0.05$ ). Rezultati dobijeni u ovom delu istraživanja

ukazuju da se primenom jačeg ultrazvučnog tretmana mleka dobija kiseli kazeinski gel koji nakon 21 dana skladištenja ima strukturu otporniju na duže delovanje sile smicanja.

Najveće smanjenje viskoziteta tokom skladištenja zabeleženo je kod uzoraka D1. U odnosu na 14. dan skladištenja, kada su zabeležene najveće vrednosti viskoziteta, jogurt star 21 dan imao je značajno manji viskozitet tokom 3 min. delovanja sile. Najveća razlika od 918.3 mPas ( $p < 0.05$ ) zabeležena je nakon 30 s, dok je najmanja razlika u viskozitetu uočena nakon 150 s i iznosila je 632.1 mPas ( $p < 0.05$ ). Značajno manje vrednosti viskoziteta 21. dana skladištenja zabeležene su i u odnosu na gelove stare 1 i 7 dana (*Tabela P6 ., Prilog*). Ovi podaci ukazuju da u toku skladištenja od 14. do 21. dana dolazi do smanjenja broja proteinskih veza, što za posledicu ima smanjenje viskoziteta.

Nasuprot tome, kod jogurta D2 primećena je relativno stabilna struktura gela tokom skladištenja. Manji viskozitet zabeležen je 21. dana u poređenju sa vrednostima viskoziteta jogurta starosti 1 dan (*Tabela P6*). Međutim, u odnosu na 7. i 14. dan, 21. dana skladištenja zabeležene su male razlike u viskozitetu jogurta D2 tokom delovanja sile smicanja. Na osnovu ovih rezultata može se zaključiti da ultrazvučni tretman snage 200 W dovodi do formiranja gela koji je stabilan tokom skladištenja.



Grafikon 31. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 0.5% IPM 21. dana skladištenja,

D1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; D2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; D3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W

Iz podataka prikazanih u *Tabeli P6.* može se uočiti da u prvih 7 dana skladištenja nije došlo do značajnijih promena u strukturi gela D3. Poređenjem vrednosti viskoziteta 21. i 14. dana skladištenja uočava se da je nakon 30 s i 60 s viskozitet gelova starih 21 dan bio manji za 455.2 mPas i 402.9 mPas ( $p < 0.05$ ). Sa daljim delovanjem sile nisu zabeležene značajne razlike u viskozitetu u poslednjih 7 dana skladištenja, što ukazuje na sličnu strukturu proteinskog matriksa. Međutim, u poređenju sa gelovima starim 1 i 7 dana, viskozitet jogurta D3 bio je značajno manji 21. dana skladištenja u svim vremenskim intervalima merenja. Ovi podaci ukazuju da se u kiselom kazeinskom gelu tokom skladištenja odvijaju promene koje vode slabljenju strukture proteinskog matriksa.

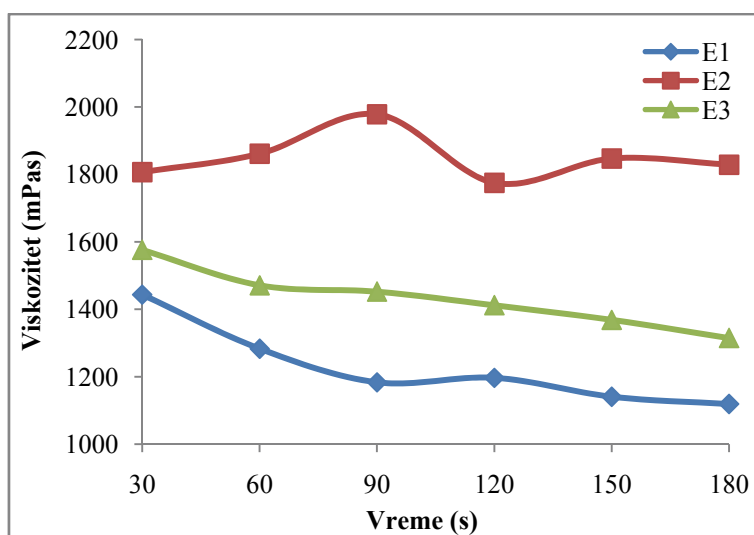
#### **5.4.1.5. Uticaj dodatka 1% izolata proteina mleka i ultrazvučnog tretmana na promenu viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka tokom vremena**

Promena viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% IPM, tokom skladištenja, prikazana je u *Tabeli P7. (Prilog)* i na *Grafikonima 32., 33., 34. i 35.*

Najveće vrednosti viskoziteta prvog dana skladištenja zabeležene su kod jogurta proizvedenog mleka tretiranog ultrazvukom snage 200 W (E2). Kod ovih uzoraka je uočeno i odstupanje u tiksotropnom ponašanju. Nakon 30 s merenja viskozitet je bio veći za 54.8 mPas, dok je u narednih 30 s povećanje viskoziteta iznosilo 117.0 mPas ( $p > 0.05$ ). Najmanji viskozitet uzoraka E2 zabeležen je nakon 120 s delovanja sile smicanja. Takođe, jogurt E2 je imao veći viskozitet na kraju merenja u odnosu na vrednost zabeleženu nakon 30 s za 22.1 mPas ( $p > 0.05$ ).

Nasuprot tome, kod uzoraka E3 može se uočiti smanjenje viskoziteta tokom vremena delovanja sile. Ukupno smanjenje viskoziteta tokom tri minuta merenja iznosilo je 261.6 mPas ( $p < 0.05$ ). Tokom delovanja sile smicanja u uzorcima E3 su zabeležene manje vrednosti viskoziteta u poređenju sa jogurtom E2. Najveća razlika uočava se nakon 90 s i iznosi 526.2 mPas ( $p < 0.05$ ). Manji viskozitet jogurta E3 verovatno je posledica mekše i nežnije strukture gela usled delovanja ultrazvuka veće snage.

Kao što se vidi sa *Grafikona 32.*, prvog dana skladištenja, najmanje vrednosti viskoziteta ima čvrsti jogurt proizveden na standardan način (E1). Ukupno smanjenje viskoziteta iznosilo je 324.4 mPas ( $p < 0.05$ ). U poređenju sa jogurtom E3 nisu zabeležene značajne razlike u viskozitetu tokom delovanja sile. Međutim, izraženija razlika u vrednosti viskoziteta uočava se u odnosu na uzorke E2. Nakon 90 s delovanja sile, jogurt proizveden na standardan način imao je manji viskozitet za 795.1 mPas ( $p < 0.05$ ) u poređenju sa jogurtom E2, dok je na kraju merenja razlika iznosila 709.7 mPas ( $p < 0.05$ ). Dobijeni rezultati nam ukazuju da se od kozijeg mleka sa dodatkom 1% IPM primenom ultrazvuka snage 200 W može dobiti jogurt većeg viskoziteta.

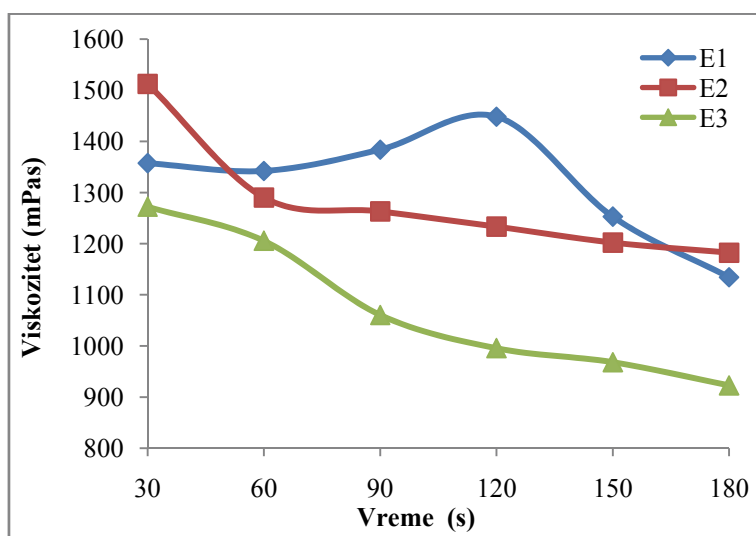


*Grafikon 32. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 1% IPM 1. dana skladištenja,*

*E1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; E2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; E3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W*

Na *Grafikonu 33.* prikazana je promena viskoziteta E varijanti jogurta 7. dana skladištenja. Nakon 30 s delovanja sile, najveći viskozitet od 1512.5 mPas imao je jogurt E2. Nakon početnog pada viskoziteta u periodu od 30 – 60 s od 222.1 mPas, kod jogurta E2 primećeno je malo smanjenje viskoziteta daljim delovanjem sile, što ukazuje da nakon početnog narušavanja strukture gela, pod dejstvom sile smicanja, dolazi do uspostavljanja ravnoteže i nastajanja većeg broja protein-protein veza. U poređenju sa 1. danom skladištenja, viskozitet je manji za 294.4 mPas. Razlika je još izraženija sa daljim delovanjem sile, pa nakon 90 s iznosi 715,4 mPas ( $p < 0.05$ ). Takođe, ukupno

smanjenje viskoziteta je kod jogurta E2 značajno veće nego prvog dana nakon proizvodnje – 330.2 mPas. U poređenju sa jogurtom E1, veći viskozitet uzoraka E2 zabeležen je samo nakon 30 s. Daljim delovanjem sile smicanja, najveće vrednosti viskoziteta uočene su kod jogurta E1. Iz priloženih podataka se uočava da je tokom skladištenja došlo do slabljenja strukture gela E2. Osim manjeg viskoziteta, kod uzoraka E2 je uočen i manji otpor prema delovanju sile u odnosu na jogurt starosti 1 dan, ali i u poređenju sa jogurtom proizvedenim na standardan način.



Grafikon 33. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 1% IPM 7. dana skladištenja,

E1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; E2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; E3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W

Lakše raskidanje veza unutar proteinskog matriksa može se videti i kod jogurta proizvedenog uz primenu jačeg ultrazvučnog tretmana (E3). Značajno manje vrednosti viskoziteta u donosu na 1. dan skladištenja zabeležene su tokom delovanja sile smicanja. Nakon 180 s viskozitet je iznosio 922.9 mPas, što je za 391.8 mPas ( $p < 0.05$ ) manje nego 1. dana. Manji viskozitet 7. dana skladištenja jogurt E3 je imao i u poređenju sa uzorcima E1 i E2. Nakon dva minuta merenja viskozitet jogurta E3 bio je manji u odnosu na jogurt E1 za 452.7 mPas ( $p < 0.05$ ).

Nakon 7 dana skladištenja početni viskozitet jogurta E1 bio je manji za 86.2 mPas, ali je krajnja vrednost viskoziteta bila veća za 15.2 mPas u poređenju sa jogurtom 1. dana skladištenja ( $p > 0.05$ ). Kao i kod jogurta starosti 1 dan, odstupanje u

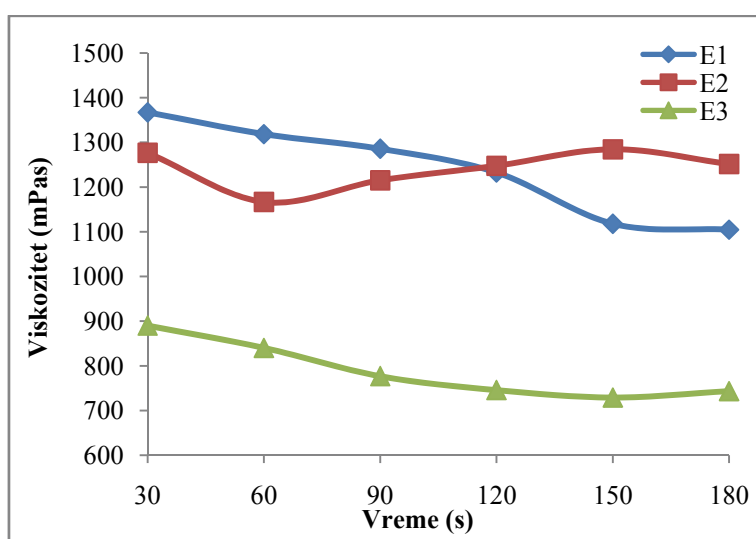
tiksotropnom ponašanju je primećeno nakon 120 s, kada je i zabeleženo maksimalno smanjenje viskoziteta od 251.4 mPas. Iako su razlike u viskozitetu male, očigledno je da se proteinski matriks menja tokom skladištenja, i da kod jogurta proizvedenog na standardan način dolazi od manjeg obima narušavanja strukture pod dejstvom sile smicanja.

Promena viskoziteta tokom vremena, pri brzini rotacije spindla 20 o/min, 14. dana skladištenja prikazana je na *Grafikonu 34*. Najmanje vrednosti viskoziteta tokom vremena delovanja sile zabeležene su kod uzoraka E3. Nakon 30 s merenja viskozitet uzoraka E3 bio je manji u poređenju sa viskozitetom jogurta E1 za 477.3 mPas ( $p < 0.05$ ), dok je između jogurta E2 i E3 ustanovljena značajna razlika od 508.6 mPas ( $p < 0.05$ ) na kraju merenja, nakon 180 s delovanja sile. Ove vrednosti ukazuju na strukturne razlike unutar proteinskog matriksa. Ukupno smanjenje viskoziteta nakon 180 s delovanja sile kod uzoraka E1, E2 i E3 iznosilo 262.5 mPas, 25.0 mPas i 146.6 mPas, respektivno. Ovo nam ukazuje da je stabilniji proteinski matriks obrazovan od mleka koje je tretirano ultrazvukom snage 200 W. Kako u toku 14 dana skladištenja nije utvrđena značajna razlika u viskozitetu uzoraka E1 i E2, može se zaključiti da se primenom ultrazvuka snage 200 W dobija gel boljih reoloških karakteristika. Međutim, u daljem periodu skladištenja dolazi do značajnih promena u viskozitetu uzoraka E2.

Kod jogurta E1 je nakon 14 dana skladištenja zabeležena početna vrednost viskoziteta koja je za 76.5 mPas ( $p > 0.05$ ) manja u odnosu na jogurt starosti 1 dan, i za 9.7 mPas ( $p > 0.05$ ) veća u poređenju sa jogurtom nakon 7 dana skladištenja. Još manje razlike ustanovljene su nakon 180 s delovanja sile. Slične vrednosti viskoziteta, zabeležene tokom vremena pri konstantnoj brzini rotacije spindla, ukazuju da tokom skladištenja nije došlo do značajnijih strukturnih promena jogurta E1. Kod jogurta E2 u periodu od 7-og do 14-og dana skladištenja nisu uočene značajne razlike u viskozitetu. Manji viskozitet jogurta starog 14 dana u odnosu na uzorke 7. dana skladištenja zabeležen je nakon 30 s, 60 s i 90 s delovanja sile. Međutim, u periodu od 120-180 s viskozitet gela starog 14 dana je bio veći za 14.1 mPas, 82.2 mPas i 69.4 mPas ( $p > 0.05$ ).

Najveće razlike u viskozitetu tokom 14 dana skladištenja zabeležene su kod jogurta E3. U odnosu na 7. dan skladištenja, jogurt star 14 dana imao je manji viskozitet tokom izlaganja sili smicanja pri brzini rotacije spindla od 20 o/min. Značajna razlika u

vrednosti viskoziteta zabeležena je samo nakon 30 s delovanja sile, i iznosila je 382.4 mPas ( $p>0.05$ ). Međutim, u poređenju sa vrednostima zabeleženim 1. dana skladištenja, viskozitet jogurta E3 starog 14 dana bio je znatno manji. Dobijeni podaci ukazuju da u gelu formiranom od mleka E koje je tretirano ultrazvukom snage 400 W tokom skladištenja dolazi do smanjenja broja proteinskih veza, što utiče na smanjenje viskoziteta. Takođe, veći broj masnih kapljica formiranih usled delovanja ultrazvuka dovodi do formiranja mekšeg i nežnijeg gela koji se lakše narušava tokom delovanja sile smicanja.



Grafikon 34. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 1% IPM 14. dana skladištenja,

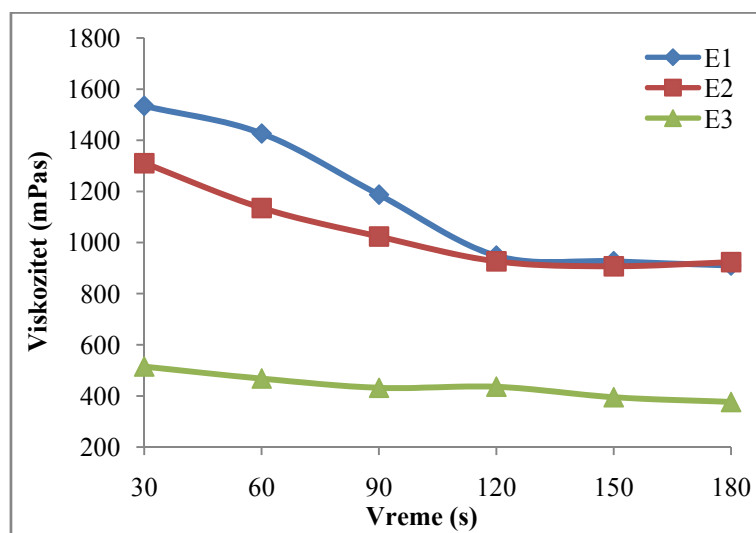
E1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; E2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; E3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W

Na Grafikonu 35. i u Tabeli P7. prikazana je promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 1% IPM 21. dana skladištenja.

Nakon 21 dana skladištenja kod svih varijanti jogurta E uočeno je tiksotropno ponašanje. Najveći viskozitet u toku 150 s delovanja sile zabeležen je u uzorcima čvrstog jogurta E1. Početna vrednost viskoziteta bila je za 223.9 mPas ( $p>0.05$ ) i 1019.9 mPas ( $p<0.05$ ) veća u poređenju sa uzorcima E2 i E3. Manje razlike u vrednostima viskoziteta uočavaju se u daljem periodu delovanja sile smicanja, pa je nakon 180 s jogurt E1 imao veći viskozitet od uzoraka E3 za 534.1 mPas ( $p<0.05$ ), dok je u odnosu na uzorke E2 viskozitet bio manji za 13.5 mPas ( $p>0.05$ ). Ukupno smanjenje viskoziteta



jogurta E1 tokom delovanja sile iznosilo je 624.4 mPas ( $p < 0.05$ ), što je najveća vrednost zabeležena 21. dana. Na kraju ispitivanog perioda skladištenja takođe je uočena značajna razlika u viskozitetu uzoraka proizvedenih od ultrazvučno tretiranog mleka. Iako je znatno manji obim narušavanja strukture gela uočen kod jogurta E3 (Tabela P7) dobijeni podaci ukazuju da je pod delovanjem ultrazvuka veće snage formiran manje umrežen gel. Primenom intenzivnijeg ultrazvučnog tretmana povećava se broj masnih kapljica, kao i njihova ukupna površina, što bi trebalo da dovede do formiranja gela većeg viskoziteta. Međutim, iz prikazanih rezultata se može zaključiti da u mleku sa većim odnosom kazein:proteini surutke pod uticajem ultrazvuka veće snage dolazi do većeg stepena denaturacije i hidrolize proteina, te da je kod ovih uzoraka izraženiji uticaj ultrazvuka na proteine mleka u odnosu na mlečnu mast.



Grafikon 35. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 1% IPM 21. dana skladištenja,

E1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; E2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; E3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W

Iz podataka prikazanih u Tabeli P7. može se uočiti da vreme skladištenja nije imalo značajniji uticaj na viskozitet jogurta E1, iako je 21. dana zabeležen najmanji otpor gela prema delovanju sile smicanja. Nasuprot tome, kod uzoraka proizvedenih od mleka sa dodatkom 1% IPM koje je tretirano ultrazvukom, tokom skladištenja zabeležene su značajne promene u vrednosti viskoziteta. Kod jogurta E2 najveći viskozitet zabeležen je 1. dana skladištenja ( $p < 0.05$ ). Najizraženije slabljenje strukture

ovog jogurta uočeno je u prvih 7 dana skladištenja, dok u periodu od 7-og do 21-og dana nisu zabeležene značajne razlike u vrednostima viskoziteta, što govori o ujednačenoj strukturi gelova u ovom periodu skladištenja. Međutim, intenzivniji ultrazvučni tretman mleka uticao je na formiranje strukture jogurta koja je bila znatno podložnija promenama tokom skladištenja. Najmaje vrednosti viskoziteta jogurta E3 tokom 180 s delovanja sile zabeležene su 21. dana skladištenja. U poređenju sa jogurtom starim 1 dan, viskozitet je bio manji za prosečno 995.5 mPas ( $p < 0.05$ ). Značajne razlike u viskozitetu jogurta E3 takođe su uočene kod uzoraka starih 7 i 21 dan. U odnosu na jogurt 14. dana skladištenja, uzorci E3 su nakon 30 s delovanja sile imali manji viskozitet za 375.1 mPas ( $p < 0.05$ ), dok u daljem toku delovanja sile nisu uočene značajne razlike između gelova starosti 14 i 21 dan.

#### **5.4.2. Promena viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka pri različitim brzinama rotacije spindla**

Usled promene intenziteta primenjene sile smicanja, u tiksotropnim sistemima kao što je jogurt, uočava se promena vrednosti viskoziteta. Zbog toga je u ovoj fazi istraživanja ispitivan uticaj različitih brzina smicanja na promenu viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka. Kako bi se ispitalo ponašanje kiselog kazeinskog gela od kozijeg mleka pri velikim brzinama rotacije spindla, nakon povećanja brzine rotacije spindla do 100 o/min, gel je podvrgnut daljem delovanju iste sile smicanja u trajanju od 1 minuta, a zatim je brzina rotacije spindla smanjivana do početne vrednosti od 20 o/min. Vrednosti viskoziteta su izražene kao prosečne vrednosti viskoziteta pri svim brzinama rotacije spindla gornje krive (povećanje brzine rotacije spindla) i donje krive (smanjenje brzine rotacije spindla).

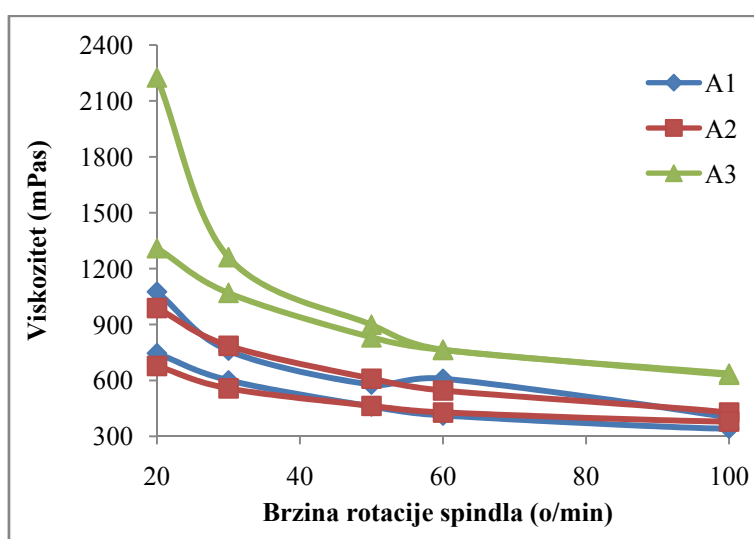
##### **5.4.2.1. Uticaj ultrazvučnog tretmana na vrednost viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka pri različitim brzinama rotacije spindla**

Povećanjem brzine rotacije spindla, odnosno intenziteta sile smicanja dolazi do smanjenja viskoziteta jogurta. Manje vrednosti viskoziteta posledica su povećane

deformacije kiselog kazeinskog gela usled većeg intenziteta sile smicanja (*de Lorenzi et al., 1995; Hassan et al., 1996a; Hess et al., 1997*).

Uticaj primenjenog ultrazvučnog tretmana kozijeg mleka na vrednosti viskoziteta čvrstog jogurta, 1. dana skladištenja, pri različitim brzinama rotacije spindla, prikazan je na *Grafikonu 36.* i u *Tabeli P8. (Prilog)*.

Iz podataka prikazanih na *Grafikonu 36.* uočava se da je prvog dana skladištenja, sa povećanjem brzine rotacije spindla, došlo do smanjenja viskoziteta svih ispitivanih uzoraka čvrstog jogurta od kozijeg mleka.



*Grafikon 36. Promena viskoziteta uzoraka jogurta pri različitim brzinama rotacije spindla 1. dana skladištenja,*

*A1 - čvrsti jogurt od kozijeg mleka; A2 - čvrsti jogurt od kozijeg mleka tretiranog UZ snage 200 W; A3 - čvrsti jogurt od kozijeg mleka tretiranog UZ snage 400 W*

U uzorcima čvrstog jogurta od kozijeg mleka, proizvedenim na standardan način (A1), uočeno je smanjenje vrednosti viskoziteta sa povećanjem brzine rotacije spindla od 20-100 o/min (gornja kriva). Takođe, pri 100 o/min, nakon što je gel podvrgnut delovanju sile smicanja u trajanju od 1 minuta zabeleženo je smanjenje viskoziteta od 58.9 mPas, što ukazuje na značajno narušavanje strukture gela prilikom delovanja većih intenziteta sile smicanja. Sa smanjenjem brzine rotacije spindla, od 100 o/min do 20 o/min (donja kriva), dolazi do povećanja viskoziteta uzoraka jogurta, što je posledica oporavljanja sistema (*De Lorenzi et al., 1995*). Kao posledica narušene strukture gela, vrednosti viskoziteta donje krive manje su u poređenju sa vrednostima

dobijenim za gornju krivu. Pri brzini rotacije spindla od 20 o/min vrednosti viskoziteta za gornju i donju krivu iznosile su 1075.8 mPas i 745.9 mPas, respektivno. Smanjenje vrednosti viskoziteta zabeleženo je sa povećanjem brzine rotacije spindla od 20 o/min do 50 o/min. Međutim, sa povećanjem intenziteta sile smicanja, pri brzinama rotacije spindla od 50 o/min i 60 o/min, u uzorcima čvrstog jogurta A1, uočeno je odstupanje od tiksotropnog ponašanja. Viskozitet izmeren pri brzini rotacije spindla od 50 o/min bio je manji od vrednosti viskoziteta zabeležene pri brzini rotacije spindla od 60 o/min za 31.7 mPas ( $p > 0.05$ ).

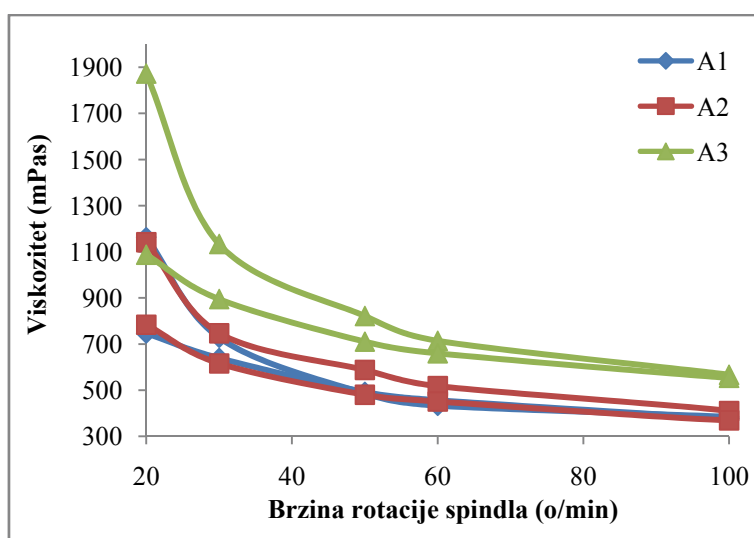
Kod uzoraka čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka koje je tretirano ultrazvukom snage 200 W (A2) uočeno je tipično tiksotropno ponašanje kiselog kazeinskog gela. Zabeležene vrednosti viskoziteta za gornju i donju krivu pri brzini rotacije spindla od 20 o/min bile su 988.9 mPas i 678.1 mPas, respektivno ( $p < 0.05$ ). Prema podacima prikazanim u *Grafikonu 36*, uzorci A2 imali su manji viskozitet za 86.9 mPas u poređenju sa uzorcima čvrstog jogurta A1, nakon početnog delovanja sile pri najmanjoj brzini rotacije spindla (20 o/min). Međutim, na kraju ispitivanja, pri istoj brzini rotacije spindla, uzorci čvrstog jogurta A2 imali su veće vrednosti viskoziteta u odnosu na gelove A1. Na osnovu ovoga može se zaključiti da su 1. dana skladištenja uzorci A2 imali čvršću i elastičniju strukturu u poređenju sa uzorcima jogurta A1.

Kao i u ispitivanjima viskoziteta pri konstantnoj brzini smicanja, najveće vrednosti viskoziteta 1. dana skladištenja, pri svim brzinama rotacije spindla imali su uzorci čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka koje je tretirano ultrazvukom snage 400 W - A3 ( $p < 0.05$ ). Do sličnih rezultata došli su *Wu et al. (2001)* koji su za homogenizaciju kravljeg mleka koristili ultrazvuk snage 225 W i 450 W u trajanju od 6 minuta. U istraživanju navedenih autora, jogurt proizveden primenom ultrazvuka imao je veći viskozitet u poređenju sa uzorkom proizvedenim bez ultrazvučnog tretmana. Početna vrednost viskoziteta, izmerena pri brzini rotacije spindla od 20 o/min iznosila je 2225.9 mPas, dok je na kraju merenja zabeležena vrednost viskoziteta od 1309.9 mPas. Ukupno smanjenje viskoziteta iznosilo je 916.1 mPas. Nasuprot tome, razlika u vrednosti viskoziteta pri najmanjoj brzini rotacije spindla u uzorcima A1 i A2 iznosila je 330.0 mPas i 310.8 mPas, respektivno. Na osnovu ovih podataka može se zaključiti da gel proizveden od kozijeg mleka koje je tretirano ultrazvukom snage 400 W pokazuje velike vrednosti viskoziteta pri malim brzinama smicanja. Međutim, sa povećanjem

brzine smicanja, dolazi do intenzivnijeg narušavanja strukture gela. Kod uzoraka čvrstog jogurta A3 takođe je uočena i najmanja razlika između gornje i donje krive pri brzinama rotacije spindla od 60 o/min i 100 o/min – 1.7 mPas i 7.2 mPas, respektivno. Na osnovu prikazanih podataka može se zaključiti da primenjeni ultrazvuk snage 400 W dovodi do formiranja gela koji karakteriše veliki početni viskozitet, ali i nežnija struktura. Pri manjim brzinama smicanja dolazi do intenzivnog narušavanja strukture gela, dok delovanje većih brzina smicanja, ne utiče na značajnije narušavanje strukture.

Kao što je prethodno rečeno, u ispitivanjima viskoziteta pri konstantnoj brzini rotacije spindla, značajno veći viskozitet uzoraka A3, u poređenju sa uzorcima jogurta A1 i A2 ( $p < 0.05$ ) može se pripisati većem sadržaju mlečne masti uzoraka jogurta A3 i ultrazvučnom tretmanu mleka snage 400 W. S obzirom da jogurt proizveden od homogenizovanog mleka ima veći viskozitet (*Tamime et al., 1996*), može se pretpostaviti da će se jogurt proizveden od mleka koje je tretirano ultrazvukom odlikovati većim viskozitetom. Veći broj masnih kapljica manjeg prečnika koji nastaje delovanjem ultrazvuka 400 W dovodi do formiranja gela većeg viskoziteta. Međutim, ovakav gel je takođe i nežnije strukture, što se ogleda u njegovom intenzivnijem rušenju pri delovanju sile smicanja.

Zavisnost viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka 7. dana skladištenja, od brzine rotacije spindla prikazana je na *Grafikonu 37*.



*Grafikon 37. Promena viskoziteta uzoraka jogurta pri različitim brzinama rotacije spindla 7. dana skladištenja,*

*A1 - čvrsti jogurt od kozijeg mleka; A2 - čvrsti jogurt od kozijeg mleka tretiranog UZ snage 200 W; A3 - čvrsti jogurt od kozijeg mleka tretiranog UZ snage 400 W*

Nakon 7 dana skladištenja, srednja vrednost viskoziteta uzoraka A1, pri brzini rotacije spindla od 20 o/min, bila je 1163.5 mPas. Sa povećanjem brzine smicanja, dolazi do značajnijeg narušavanja strukture gela, pa viskozitet pri brzini rotacije spindla od 30 o/min iznosi 727.6 mPas. Pri brzini smicanja od 50 o/min vrednosti viskoziteta dobijene za gornju krivu manje su za 6.5 mPas u poređenju sa vrednostima dobijenim za donju krivu. Viskozitet na kraju merenja je iznosio 746.4 mPas.

Pri brzini rotacije spindla od 20 o/min veći viskozitet za 87.6 mPas je zabeležen nakon 7 dana skladištenja u poređenju sa gelom starim 1 dan ( $p > 0.05$ ). Međutim, sa povećanjem brzine rotacije spindla (gornja kriva), uzorci jogurta A1 7. dana skladištenja imali su manje vrednosti viskoziteta u odnosu na 1. dan. Nasuprot tome, u gelu starosti 7 dana uočene su veće vrednosti viskoziteta za donju krivu. Ukupno smanjenje viskoziteta pri 20 o/min iznosi 330.0 mPas i 417.1 mPas, respektivno, za gelove stare 1 i 7 dana. Iako je početna vrednost viskoziteta veća, razlika u viskozitetu između gornje i donje krive, ukazuje da je kod uzoraka jogurta 7. dana skladištenja izraženije narušavanje strukture pod dejstvom sile smicanja, u poređenju sa jogurtom 1. dana skladištenja.

Iz *Grafikona 37.* se može videti da su 7. dana skladištenja za uzorke A1 i A2 zabeležene slične vrednosti viskoziteta. Vrednosti viskoziteta uzoraka A2 za gornju i donju krivu, pri brzini rotacije spindla od 20 o/min, iznose 1141.9 mPas i 784.1 mPas, respektivno. Viskozitet zabeležen za gornju krivu pri brzinama rotacije spindla 30, 50, 60 i 100 o/min je veći u odnosu na vrednosti viskoziteta uzoraka A1. Nasuprot tome, pri istim brzinama rotacije spindla u donjoj krivi, nešto veće vrednosti zabeležene su u uzorcima A1. Na kraju merenja, pri brzini rotacije spindla od 20 o/min viskozitet uzoraka A2 bio je veći za 37.7 mPas u poređenju sa uzorcima A1.

U poređenju sa gelom 1. dana skladištenja, uzorci jogurta A2 stari 7 dana imali su veći viskozitet za 153.0 mPas ( $p > 0.05$ ) pri brzini rotacije spindla od 20 o/min. Kao posledica većeg viskoziteta pri manjim brzinama rotacije spindla nakon 7 dana skladištenja, narušavanje strukture sa povećanjem brzine smicanja uticalo je na manje vrednosti viskoziteta pri većim brzinama rotacije spindla. U odnosu na 1. dan skladištenja, vrednosti viskoziteta pri 20 o/min bile su veće kod gelova starih 7 dana,

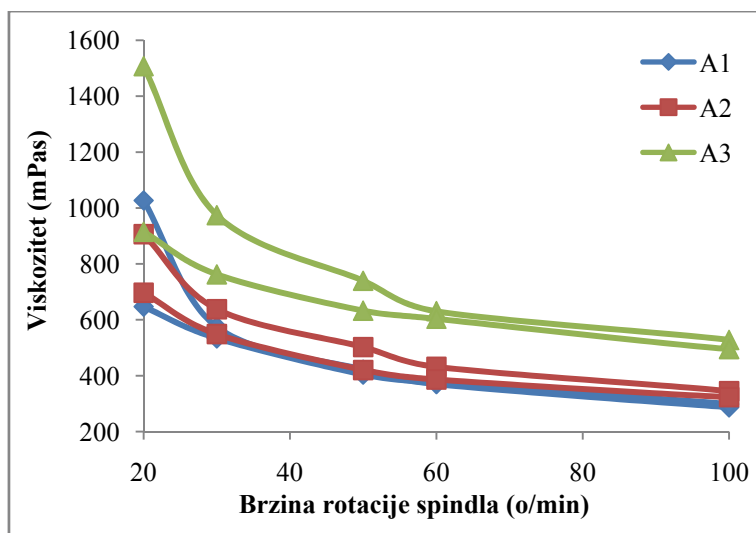
kao i ukupno smanjenje viskoziteta, pa se može zaključiti da je kao i kod jogurta A1, izraženije rušenje strukture nakon 7 dana skladištenja.

Kao i 1. dana skladištenja, kod gelova starih 7 dana najveće vrednosti viskoziteta zabeležene su u uzorcima jogurta A3. Usled velike vrednosti viskoziteta na početku merenja od 1872.4 mPas, najveći pad viskoziteta sa povećanjem brzine rotacije spindla na 30 o/min zabeležen je u ovim uzorcima jogurta. Razlika u vrednosti viskoziteta gornje i donje krive, pri brzini rotacije spindla od 20 o/min u uzorcima A3 je iznosila 785.3 mPas, dok je u gelovima A1 i A2 zabeleženo ukupno smanjenje viskoziteta od 417.1 i 357.9 mPas ( $p < 0.05$ ). Na osnovu dobijenih vrednosti može se zaključiti da rušenje strukture najizraženije kod uzoraka čvrstog jogurta A3, što je posledica delovanja ultrazvuka snage 400 W koji dovodi do stvaranja većeg broja masnih kapljica.

Suprotno od gelova A1 i A2, nakon 7 dana skladištenja u uzorcima jogurta A3 zabeležen je manji pad viskoziteta pri 20 o/min. Ukupno smanjenje viskoziteta iznosilo je 785.3 mPas, što je za 130.7 mPas manja vrednost u poređenju sa uzorcima jogurta A3 1. dana skladištenja. Prikazani podaci ukazuju da promene strukture gela A3 nakon 7 dana skladištenja dovode do povećanja otpora proteinskog matriksa.

Na *Grafikonu 38.* je prikazana promena viskoziteta uzoraka jogurta pri različitim brzinama rotacije spindla 14. dana skladištenja.

Nakon 14 dana skladištenja najveće vrednosti viskoziteta, pri svim brzinama rotacije spindla zabeležene su kod jogurta A3 ( $p < 0.05$ ). Ukupno smanjenje viskoziteta iznosilo je 592.6 mPas ( $p < 0.05$ ), što govori o značajnom rušenju strukture gela pod dejstvom sile smicanja. Najveći otpor prema delovanju sile, nakon 14 dana, zabeležen je kod uzoraka A2 kod kojih je ukupno smanjenje viskoziteta tokom vremena iznosilo 209.8 mPas. Pri 20 o/min gelovi A2 imali su manji viskozitet u poređenju sa jogurtom A1 za 120.4 mPas ( $p > 0.05$ ). Međutim, sa povećanjem sile smicanja, u jogurtu proizvedenom uz primenu ultrazvuka snage 200 W uočene su veće vrednosti viskoziteta nego kod uzoraka proizvedenih na standardan način. Takođe, vrednosti viskoziteta dobijene za donju krivu kod uzoraka A2 bile su veće u poređenju sa viskozitetom zabeleženim pri merenjima za gornju krivu uzoraka A1. S obzirom da između viskoziteta jogurta A1 i A2 nisu utvrđene značajne razlike, može se zaključiti da su ova dva uzorka imala sličnu strukturu gela.



Grafikon 38. Promena viskoziteta uzoraka jogurta pri različitim brzinama rotacije spindla 14. dana skladištenja,

A1 - čvrsti jogurt od kozijeg mleka; A2 - čvrsti jogurt od kozijeg mleka tretiranog UZ snage 200 W; A3 - čvrsti jogurt od kozijeg mleka tretiranog UZ snage 400 W

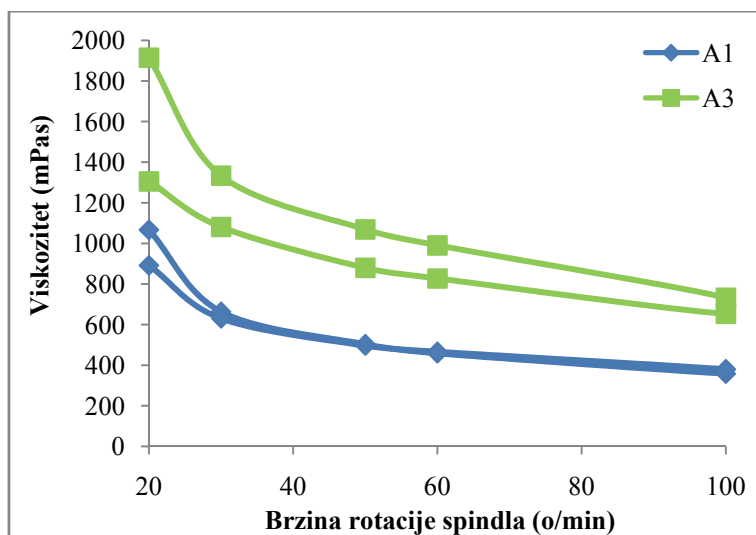
U poređenju sa gelovima starim 1 i 7 dana, uzorci A1 su nakon 14 dana skladištenja pri 30 o/min (gornja kriva) imali manji viskozitet za 184.8 mPas i 152.4 mPas ( $p < 0.05$ ). Pri svim ostalim brzinama rotacije spindla, nisu uočene značajne razlike između gelova starih 14 dana i jogurta nakon 1 i 7 dana skladištenja. Slično kao kod jogurta A1, uzorci proizvedeni delovanjem ultrazvuka snage 200 W su nakon 14 dana skladištenja imali manje vrednosti viskoziteta pri svim brzinama rotacije spindla u poređenju sa gelovima starim 1 i 7 dana. Značajna razlika u viskozitetu tokom skladištenja uzoraka A2 zabeležena je pri 20 o/min. U odnosu na gel starosti 1 dan viskozitet je bio manji za 82.1 mPas ( $p > 0.05$ ), dok je u poređenju sa gelom nakon 7 dana skladištenja viskozitet bio veći za 235.1 mPas ( $p < 0.05$ ).

Najveći uticaj vremena skladištenja na viskozitet jogurta zabeležen je kod uzoraka A3. Nakon 14 dana skladištenja, pri 20 o/min zabeležen je manji viskozitet u poređenju sa gelovima starosti 1 i 7 dana za 718.3 mPas i 364.8 mPas ( $p < 0.05$ ). Značajne razlike u viskozitetu utvrđene su i sa povećanjem brzine rotacije spindla na 30 o/min. Nakon 14. dana viskozitet je bio manji za 286.8 mPas i 158.8 mPas ( $p < 0.05$ ). Vrednost ukupnog smanjenja viskoziteta takođe je bila najmanja nakon 14 dana skladištenja. Na osnovu prikazanih podataka može se zaključiti da u jogurtu



proizvedenom od mleka tretiranog ultrazvukom snage 400 W, dolazi do značajnih promena strukture tokom skladištenja koje se ogledaju u manjem viskozitetu, ali i većoj otpornosti gela na delovanje sile smicanja.

Promena viskoziteta uzoraka jogurta pri različitim brzinama rotacije spindla 21. dana skladištenja prikazana je u *Tabeli P8.* i na *Grafikonu 39.*



*Grafikon 39. Promena viskoziteta uzoraka jogurta pri različitim brzinama rotacije spindla 21. dana skladištenja,*

*A1 - čvrsti jogurt od kozijeg mleka; A2 - čvrsti jogurt od kozijeg mleka tretiranog UZ snage 200 W; A3 - čvrsti jogurt od kozijeg mleka tretiranog UZ snage 400 W*

S obzirom na kraću održivost jogurta A2, na *Grafikonu 39.* su prikazani podaci o promeni viskoziteta uzoraka A1 i A3. Kao i u prethodnom periodu skladištenja, značajno veće vrednosti viskoziteta pri delovanju sile smicanja zabeležene su kod uzoraka A3. Ukupno smanjenje viskoziteta je u gelovima A3 bilo za 434.5 mPas ( $p < 0.05$ ) veće u poređenju sa jogurtom A1, što ukazuje na manju otpornost strukture gela. Ovu pretpostavku potvrđuje i smanjenje viskoziteta od 79.7 mPas ( $p < 0.05$ ) nakon delovanja maksimalne sile smicanja u trajanju od 1 min utvrđeno 21. dana skladištenja kod uzoraka A3.

Vreme skladištenja nije imalo značajan uticaj na viskozitet jogurta A1. Pri 20 o/min, viskozitet je 21. dana bio veći za 39.7 mPas ( $p > 0.05$ ) u odnosu na vrednosti zabeležene nakon 14 dana skladištenja. Takođe, vrednosti viskoziteta su na kraju ispitivanog perioda skladištenja bile manje u odnosu na 1. i 7. dan za 8.9 mPas i 96.6

mPas ( $p < 0.05$ ). Međutim, vreme skladištenja, kao i intenzitet sile smicanja imali su značajan uticaj na viskozitet jogurta A3. Na početku merenja, pri 20 o/min, 21. dana skladištenja zabeležen je manji viskozitet u poređenju sa jogurtom 1. dana za 311.1 mPas ( $p < 0.05$ ). Takođe, vrednosti viskoziteta su u bile veće za 42.4 mPas ( $p > 0.05$ ) i 407.2 mPas ( $p < 0.05$ ) u odnosu na viskozitet zabeležen nakon 7 i 14 dana skladištenja. Veće vrednosti viskoziteta na kraju skladištenja zabeležene su i sa povećanjem brzine rotacije spindla. Pri 60 o/min viskozitet je bio veći za 225.0 mPas, 276.6 mPas i 359.6 mPas ( $p < 0.05$ ) u poređenju sa vrednostima zabeleženim kod gelova starih 1, 7 i 14 dana. Pozitivan uticaj ultrazvuka na viskozitet jogurta od kravljeg mleka utvrđen je u istraživanjima *Wu et al. (2001)* i *Riener et al. (2009b)*. Iz prikazanih rezultata u ovom delu istraživanja može se zaključiti da ultrazvuk snage 400 W utiče na formiranje kiselog kazeinskog gela od kozijeg mleka koji ima značajno veći viskozitet u poređenju sa jogurtom proizvedenim na standardan način, kao i jogurtom proizvedenim uz primenu blažeg ultrazvučnog tretmana.

Da bi se utvrdio uticaj primenjenog ultrazvučnog tretmana mleka i perioda skladištenja na viskozitet čvrstog jogurta od kozijeg mleka, izvršeno je poređenje srednjih vrednosti viskoziteta gornje i donje krive. Rezultati poređenja su prikazani u *Tabeli 14.*, *Grafikonu 40.* i *Histogramu 11.*

Prema podacima prikazanim u *Tabeli 14.* i na *Grafikonu 40a.* može se uočiti da su 1. dana skladištenja, pri svim brzinama rotacije spindla, najveće srednje vrednosti viskoziteta zabeležene u uzorcima čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka tretiranog ultrazvukom snage 400 W ( $p < 0.05$ ). Pri brzini rotacije spindla od 20 o/min najmanja srednja vrednost viskoziteta zabeležena je u uzorcima jogurta A2 – 911.2 mPas, dok su najveće srednje vrednosti viskoziteta imali uzorci A3 – 1996.9 mPas. Sa povećanjem brzine rotacije spindla uočava se smanjenje srednje vrednosti viskoziteta kod svih uzoraka čvrstog jogurta. Pri 30 o/min u gelovima A2 zabeležena je manja srednja vrednost viskoziteta u poređenju sa uzorcima jogurta A1 za 8.4 mPas ( $p > 0.05$ ). Međutim, pri većim brzinama rotacije spindla, pri 50, 60 i 100 o/min, uzorci čvrstog jogurta proizvedeni od mleka tretiranog ultrazvukom snage 200 W pokazuju veće srednje vrednosti viskoziteta ( $p > 0.05$ ).

Tabela 14. Uticaj ultrazvučnog tretmana i vremena skladištenja na promenu srednje vrednosti viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka

Uzorak	Vreme skladištenja (dani)	Brzina rotacije spindla (o/min)				
		20	30	50	60	100
		Viskozitet (mPas)				
A1	1	993.3abB	680.6aB	519.4aB	510.9aB	371.0aB
	7	1059.2aB	683.5aB	488.8aB	444.5abB	380.7aB
	14	932.2bB	554.6aB	413.2aB	372.1bB	293.1aB
	21	1023.1aB	646.8aB	500.3aB	462.3abB	368.9aB
A2	1	911.2bB	672.2aB	536.8aB	487.3aB	404.0aB
	7	1052.4aB	681.5aB	534.1aB	484.4aB	389.5aB
	14	854.4bB	593.8aB	461.7aB	409.4aB	334.3aB
A3	1	1996.9aA	1165.6aA	865.1bA	764.4bA	633.7abA
	7	1676.1bA	1014.0bA	765.9bcA	686.7bcA	559.9bcA
	14	1359.4cA	868.6cA	686.2cA	617.2cA	511.5bcA
	21	1762.4bA	1207.6aA	974.5aA	908.8aA	692.8aA

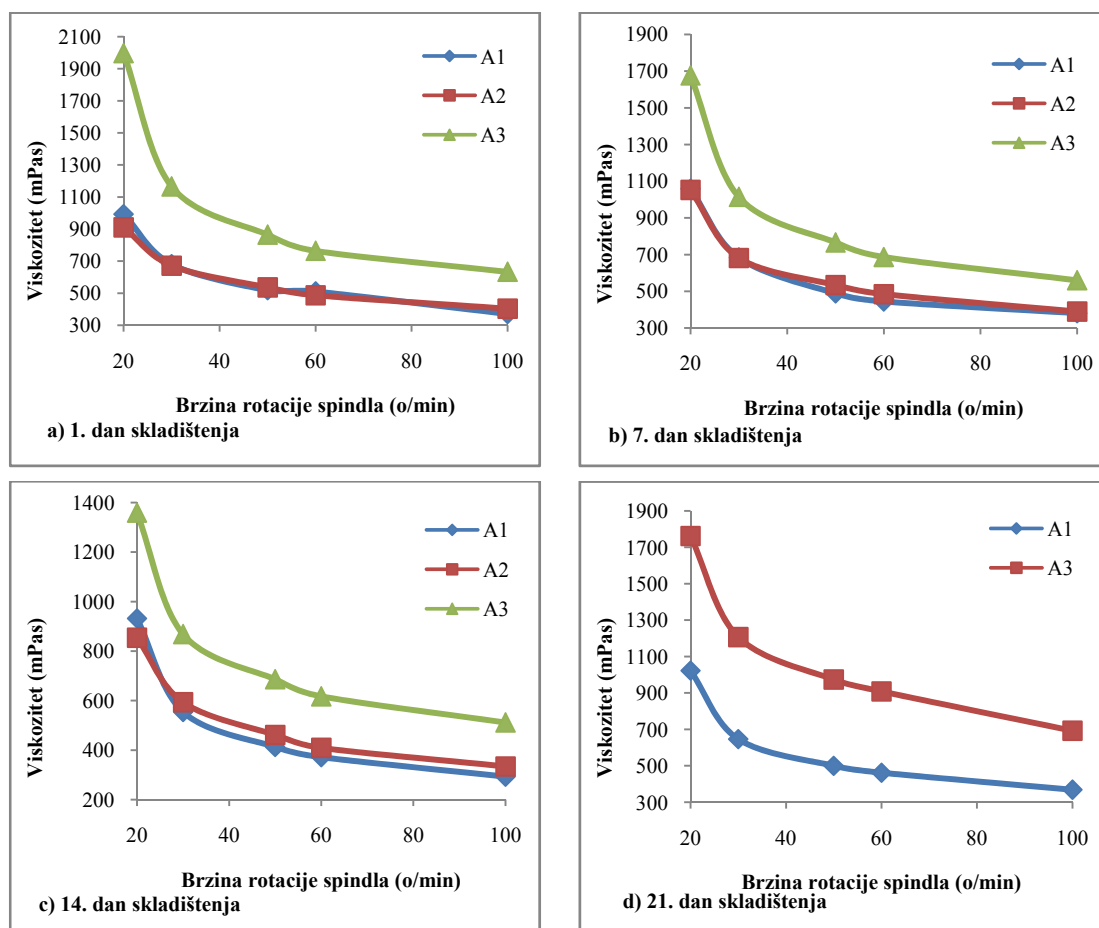
\*Vrednosti sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja ( $p < 0.05$ )

\*\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno ( $p < 0.05$ )

Iz Tabele 14. i sa Grafikona 40b. se vidi da nakon 7 dana skladištenja najveće vrednosti viskoziteta pri brzini rotacije spindla od 20 o/min, pokazuju uzorci A3 - 1676.1 mPas ( $p < 0.05$ ). Takođe, sa povećanjem brzine rotacije spindla, najveće srednje vrednosti viskoziteta zabeležene su kod uzoraka A3 ( $p < 0.05$ ). Kao i 1. dana skladištenja, najmanje vrednosti zabeležene su u uzorcima A2. Razlika između viskoziteta gelova A1 i A2 iznosi svega 6.8 mPas. Pri 30 o/min, razlika u srednjoj vrednosti viskoziteta uzoraka A1 i A2 je još manja i iznosi 2.0 mPas. Sa daljim povećanjem brzine smicanja, gelovi proizvedeni od kozijeg mleka tretiranog ultrazvukom snage 200 W pokazuju manju promenu strukture, pa su srednje vrednosti viskoziteta uzoraka A2 veće u odnosu na vrednosti zabeležene za uzorke jogurta A1. Najveća razlika u viskozitetu uočava se pri brzini rotacije spindla od 50 o/min i iznosi 45.3 mPas ( $p > 0.05$ ). Pri većim brzinama smicanja, razlika u srednjim vrednostima viskoziteta uzoraka A1 i A2 je manja i pri 100 o/min iznosi 8.8 mPas ( $p > 0.05$ ). Na osnovu prikazanih podataka se može zaključiti da tretman kozijeg mleka ultrazvukom snage 400 W utiče na formiranje gela koji je otporniji na delovanje brzine smicanja u poređenju sa gelom proizvedenim na standardan način i jogurtom proizvedenim od mleka tretiranog ultrazvukom snage 200 W.

Iz Tabele 14. i Grafikona 40d. se vidi da su 21. dana skladištenja uzorci čvrstog jogurta A3 imali značajno veće srednje vrednosti viskoziteta u poređenju sa gelovima A1, pri svim brzinama rotacije spindla. Pri maksimalnom delovanju sile smicanja

zabeležena je najmanja razlika u viskozitetu ovih uzoraka od 323.9 mPas ( $p < 0.05$ ). Pri manjim brzinama rotacije spindla, razlike u srednjim vrednostima viskoziteta su izraženije, pa su pri 20 o/min uzorci A3 imali viskozitet veći za 739.3 mPas ( $p < 0.05$ ).



Grafikon 40. Uticaj ultrazvučnog tretmana na promenu srednje vrednosti viskoziteta uzoraka jogurta,

A1 – čvrsti jogurt od kozijeg mleka; A2 - čvrsti jogurt od kozijeg mleka tretiranog UZ snage 200 W; A3 - čvrsti jogurt od kozijeg mleka tretiranog UZ snage 400 W

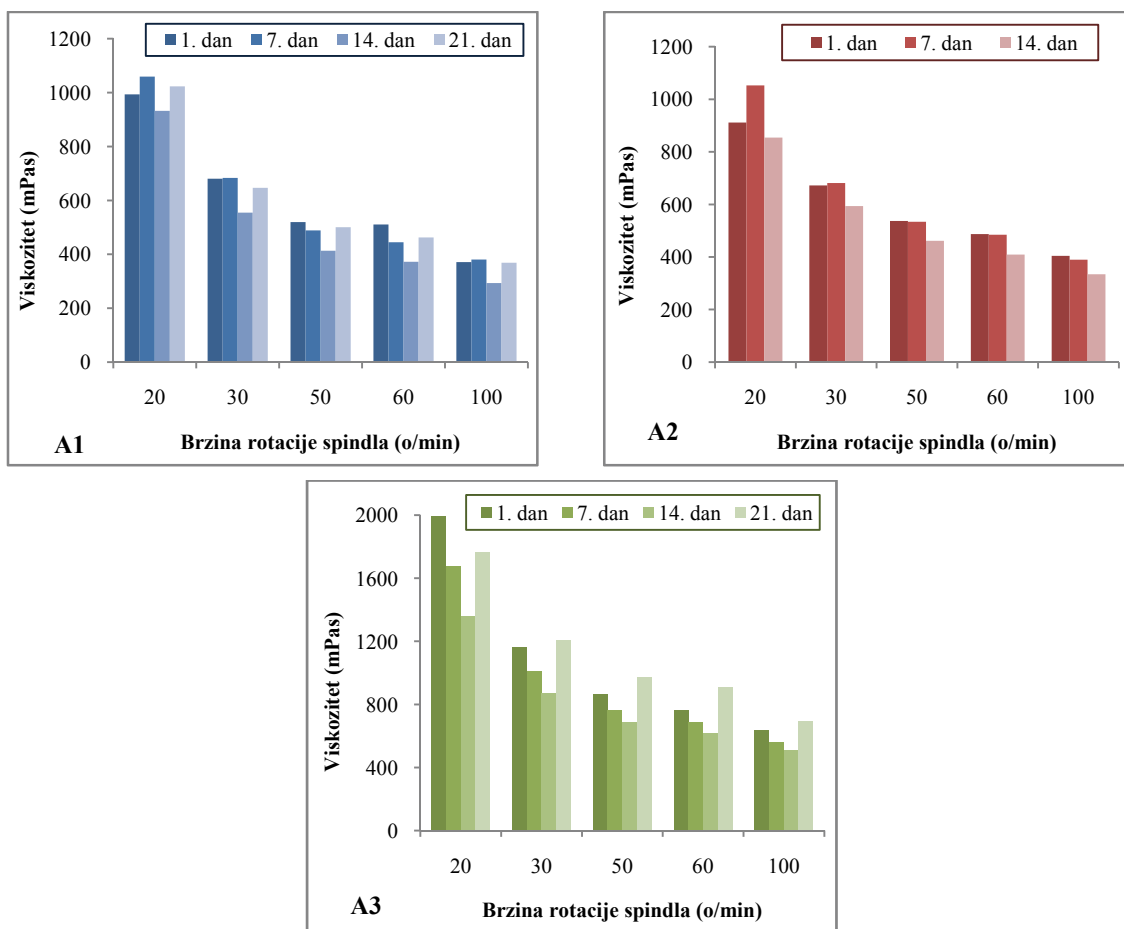
Promena srednje vrednosti viskoziteta uzoraka čvrstog jogurta od kozijeg mleka, 14. dana skladištenja, prikazana je u Tabeli 14. i na Grafikonu 40c. Najveće srednje vrednosti viskoziteta, pri svim brzinama rotacije spindla, zabeležene su u uzorcima čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka tretiranog ultrazvukom snage 400 W. Najmanja razlika u vrednosti viskoziteta kod gelova dobijenih primenom ultrazvučnog tretmana, starih 14 dana, zabeležena je pri brzini rotacije spindla od 100 o/min i iznosi 177.2 mPas ( $p < 0.05$ ). Manje razlike u vrednostima viskoziteta uočene se između

uzoraka čvrstog jogurta proizvedenog na standardan način i uzoraka proizvedenih uz primenu ultrazvuka snage 200 W. Kod ovih gelova, najveća razlika srednjih vrednosti viskoziteta zabeležena je pri 20 o/min – 77.8 mPas ( $p>0.05$ ), pri čemu su na ovoj brzini rotacije spindla uzorci A1 pokazivali veći viskozitet. Sa povećanjem brzine rotacije spindla, pri 30, 50, 60 i 100 o/min, gelovi proizvedeni od kozijeg mleka tretiranog ultrazvukom snage 200 W, imali su veće vrednosti viskoziteta u odnosu na standardno proizveden jogurt za 39.2, 48.5, 37.3 i 41.2 mPas ( $p>0.05$ ).

Uticaoj perioda skladištenja na srednje vrednosti viskoziteta uzoraka čvrstog jogurta od kozijeg mleka prikazan je u *Histogramu 11*.

Iz *Tabele 14*. i *Histograma 11*. se može uočiti da su uzorci čvrstog jogurta od kozijeg mleka proizvedeni na standardan način (A1), pri brzini rotacije spindla od 20 o/min, imali najveću srednju vrednost viskoziteta 7. dana skladištenja koja iznosi 1059.2 mPas. Takođe, pri 30 o/min i 100 o/min, najveći viskozitet zabeležen je 7. dana skladištenja. Međutim pri 50 o/min, gel star 1 dan ima za 30.6, 106.3 i 19.2 mPas veći viskozitet u odnosu na gelove stare 7, 14 i 21 dan ( $p>0.05$ ). Srednje vrednosti viskoziteta dobijene pri brzini rotacije spindla 60 o/min, takođe su najveće u uzorcima 1. dana skladištenja, pa ovaj gel ima za 66.4 mPas ( $p>0.05$ ), 138.8 mPas ( $p<0.05$ ) i 48.6 mPas ( $p>0.05$ ) veći viskozitet u poređenju sa vrednostima dobijenim nakon 7, 14 i 21 dan skladištenja ( $p>0.05$ ). Najmanji viskozitet pri svim brzinama rotacije spindla zabeležen je 14. dana skladištenja.

U uzorcima čvrstog jogurta proizvedenim od kozijeg mleka tretiranog ultrazvukom snage 200 W (A2), najveće srednje vrednosti viskoziteta, pri malim brzinama smicanja (20 i 30 o/min), zabeležene su nakon 7 dana skladištenja – 1052.4 i 681.5 mPas, respektivno. Pri 50 i 60 o/min, srednje vrednosti viskoziteta uzoraka čvrstog jogurta A2 su 1. dana skladištenja bile veće u poređenju sa gelovima starim 7 dana za svega 2.7 mPas i 3.0 mPas ( $p>0.05$ ). Najveću srednju vrednost viskoziteta pri 100 o/min imali su gelovi starosti 1 dan – 404.0 mPas, što je za 3.59% i 17.26% veća vrednost u odnosu na gelove starosti 7, odnosno 14 dana, respektivno. Na osnovu ovoga može se zaključiti da čvrsti jogurt proizveden od kozijeg mleka tretiranog ultrazvukom snage 200 W, pokazuje najveći otpor promeni strukture pod dejstvom sile smicanja 1. dana skladištenja.

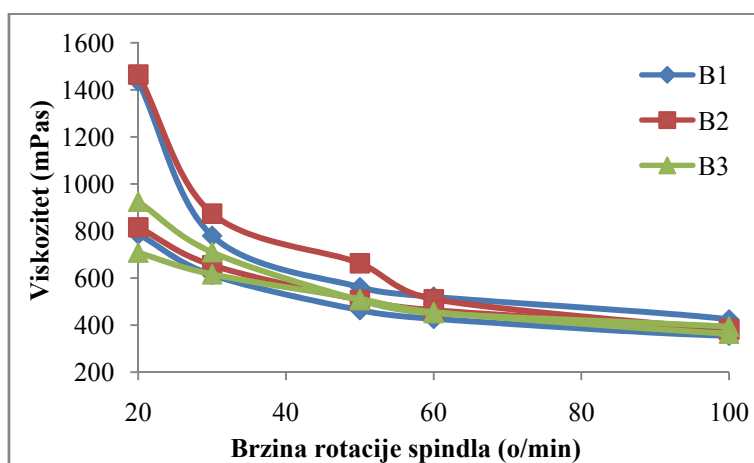


*Histogram 11. Uticaj perioda skladištenja na srednje vrednosti viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka*

U pogledu stabilnosti strukture proteinskog matriksa čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka koje je tretirano ultrazvukom snage 400 W, može se zaključiti da najmanji otpor prema delovanju sile smicanja ovi uzorci pokazuju nakon 14 dana skladištenja, kada su zabeležene najmanje vrednosti viskoziteta pri svim brzinama rotacije spindla. Pri 20 o/min, 1. dana skladištenja, viskozitet je bio veći za 16.07%, 31.92% i 11.74% u poređenju sa gelovima starosti 7, 14 i 21 dan ( $p < 0.05$ ). Sa povećanjem brzine smicanja, najveće vrednosti viskoziteta zabeležene su u uzorcima 21. dana skladištenja. Pri maksimalnoj brzini rotacije spindla, gel starosti 21 dan imao je veće srednje vrednosti viskoziteta u odnosu na uzorke 1., 7. i 14. dana skladištenja za 59.2 mPas ( $p > 0.05$ ), 133.0 mPas ( $p < 0.05$ ) i 181.3 mPas ( $p < 0.05$ ).

#### 5.4.2.2. Uticaj dodatka 0.5% koncentrata proteina surutke i ultrazvučnog tretmana na promenu viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka pri različitim brzinama rotacije spindla

Uticaj primenjenog ultrazvučnog tretmana na vrednost viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS, nakon 1 dana skladištenja, prikazan je u *Tabeli P9.* i na *Grafikonu 41.*



*Grafikon 41. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 0.5% KPS pri različitim brzinama rotacije spindla 1. dana skladištenja, B1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; B2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; B3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W*

Prema podacima prikazanim u *Grafikonu 41.* može se uočiti da su pri malim brzinama rotacije spindla (20 o/min) uzorci B1 i B2 imali slične vrednosti viskoziteta. Na početku merenja (gornja kriva), zabeležen je viskozitet od 1436.9 mPas i 1465.5 mPas, respektivno. Takođe, u merenjima za donju krivu, pri brzini rotacije spindla od 20 o/min, uzorci jogurta B2 imali su nešto veći viskozitet u poređenju sa uzorcima B1, 816.0 mPas i 786.7 mPas, respektivno. Ukupno smanjenje viskoziteta u uzorcima B1 i B2 iznosilo je 650.2 mPas i 649.5 mPas, respektivno, pa bi se moglo zaključiti da je u gelovima B1 i B2 došlo do sličnog obima rušenja strukture. Međutim, pri većim brzinama smicanja (50 o/min i 60 o/min) uočava se razlika u ponašanju pomenutih gelova. Naime, u gelu proizvedenom primenom ultrazvučnog tretmana snage 200 W, zabeleženo je smanjenje viskoziteta za 152.9 mPas ( $p < 0.05$ ) sa porastom brzine rotacije

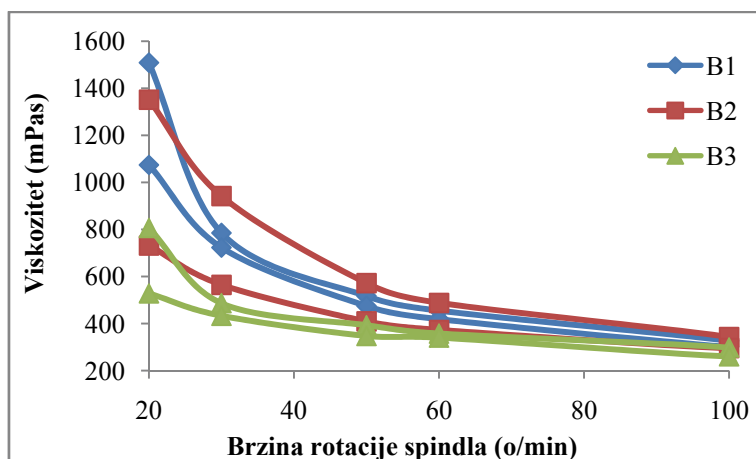
spindla od 50-60 o/min. Nasuprot tome, u gelu proizvedenom na standardan način smanjenje viskoziteta je iznosilo 41.3 mPas ( $p > 0.05$ ), što nas navodi na zaključak da čvrsti jogurt B1 ima strukturu gela koja je otpornija na delovanje sile smicanja. Takođe, u uzorcima jogurta B1 uočava se linearno smanjenje i povećanje viskoziteta sa promenom brzine rotacije spindla.

Za razliku od čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka, kod uzoraka proizvedenih od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS, najmanje vrednosti viskoziteta zabeležene su kod čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka koje je tretirano ultrazvukom snage 400 W. Manje vrednosti viskoziteta uzoraka jogurta B3 mogu se pripisati većem sadržaju mlečne masti, u poređenju sa uzorcima B1 i B2. Prema *Becker i Puhan (1989)* veći sadržaj mlečne masti dovodi do boljih reoloških karakteristika kiselog kazeinskog gela, Međutim, evidentno je da je u ovim istraživanjima ultrazvuk snage 400 W imao uticaja na formiranje strukture proteinskog matriksa. Usled efekta homogenizacije koji je posledica delovanja ultrazvuka, formiran je veći broj masnih kapljica, što je uticalo na povećanje ukupne površine. Određeni udeo nastalih masnih kapljica se ponaša kao pseudokazeinske čestice i učestvuje u formiranju proteinskog matriksa. Veći broj masnih kapljica utiče na formiranje nežnijeg gela i njegovo intenzivnije rušenje pod dejstvom sile smicanja, pa samim tim i na manji viskozitet.

Ukupno smanjenje viskoziteta u uzorcima B3 iznosi 216.3 mPas ( $p < 0.05$ ), što je i najmanje smanjenje viskoziteta u uzorcima proizvedenim od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS prvog dana skladištenja. Takođe, kod gelova B3 zabeleženo je smanjenje viskoziteta od svega 29.7 mPas ( $p > 0.05$ ) pri 100 o/min, nakon što je gel podvrgnut delovanju sile smicanja u trajanju od 1 minuta. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da ultrazvuk veće snage (400 W) dovodi do obrazovanja gela, koji, iako manjeg viskoziteta, ima kompaktniju strukturu otporniju na delovanje sile smicanja.

Na *Grafikonu 42* prikazana je promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 0.5% KPS pri različitim brzinama rotacije spindla 7. dana skladištenja.





Grafikon 42. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 0.5% KPS pri različitim brzinama rotacije spindla 7. dana skladištenja, B1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; B2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; B3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W

Nakon 7 dana skladištenja, najveći viskozitet pri brzini rotacije spindla od 20 o/min zabeležen je u uzorcima B1 – 1509.0 mPas, što je za 157.1 mPas ( $p>0.05$ ) i 702.9 mPas ( $p<0.05$ ) veća vrednost u poređenju sa uzorcima B2 i B3. Ukupno smanjenje viskoziteta pri ovoj brzini smicanja iznosilo je 434.4 mPas, što je za 215.8 mPas manja vrednost u poređenju sa 1. danom skladištenja. Takođe, pri brzinama smicanja (50 o/min, 30 o/min i 20 o/min) gel pokazuje veće vrednosti viskoziteta u donjoj krivi. Dobijeni rezultati pokazuju da se sa starenjem gela, povećava otpor proteinskog matriksa, kao i da tokom skladištenja dolazi do rearanžiranja strukture proteinskog matriksa, i povećanja broja veza unutar proteinskog matriksa.

Viskozitet uzoraka B2 linearno opada sa povećanjem primenjene brzine smicanja. Vrednosti viskoziteta gornje i donje krive, pri brzini rotacije spindla od 20 obrt/min, iznose 1351.9 mPas i 731.8 mPas, respektivno (*Tabela P9*). Ukupno smanjenje viskoziteta zabeleženo u uzorcima B3 je iznosilo 620.1 mPas ( $p<0.05$ ), što je i najveća vrednost zabeležena 7. dana skladištenja. Takođe, vrednost viskoziteta pri 100 o/min je opala za 46.9 mPas ( $p>0.05$ ), nakon što je gel podvrgnut delovanju maksimalne sile u toku 1 minuta, tako da se može zaključiti da sa povećanjem brzine smicanja dolazi do značajnog narušavanja strukture gela. Kao rezultat, vrednosti viskoziteta donje krive su znatno manje od vrednosti dobijenih za viskozitet gornje krive. Na osnovu prikazanih podataka se može zaključiti da u gelu dobijenom od

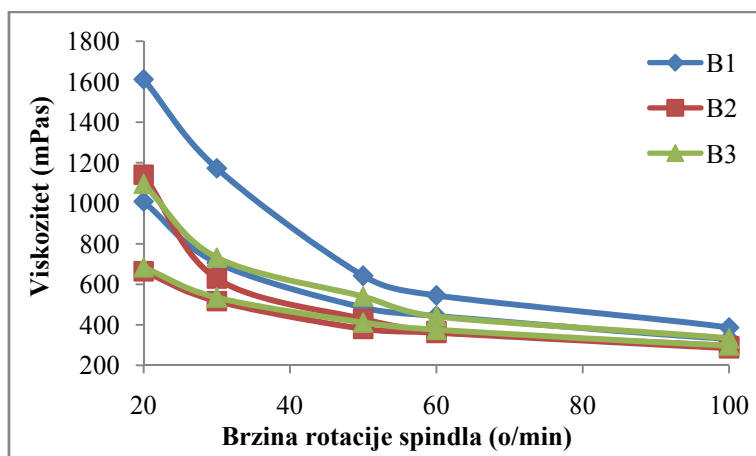
kozijeg mleka koje je tretirano ultrazvukom snage 200 W dužim delovanjem većih brzina smicanja dolazi do značajnog narušavanja strukture. Vrednosti viskoziteta pri svim brzinama rotacije spindla, osim pri 30 o/min, u uzorcima čvrstog jogurta B2 bile su manje u poređenju sa 1. danom skladištenja ( $p > 0.05$ ).

U poređenju sa gelom B1, pri svim brzinama rotacije spindla, u uzorcima jogurta B2 zabeležene su manje vrednosti viskoziteta. Vrednost viskoziteta uzoraka B1 bila je veća na početku merenja, ali je sa povećanjem brzine rotacije spindla na 30 o/min zabeležen najveći pad viskoziteta upravo kod gela proizvedenog na standardan način – 723.9 mPas ( $p < 0.05$ ). Iako je gel B1 imao najveći viskozitet na početku merenja, narušavanje strukture usled delovanja sile smicanja dovelo je do smanjenja viskoziteta pri većim brzinama rotacije spindla.

Nakon 7 dana skladištenja, najmanje vrednosti viskoziteta pri svim brzinama rotacije spindla zabeležene su u uzorcima čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS koje je tretirano ultrazvukom snage 400 W. Pri brzini rotacije spindla od 20 o/min, viskozitet gela B3 je iznosio 806.1 mPas, što je veća vrednost u odnosu na viskozitet od 731.8 mPas zabeležen za donju krivu u uzorcima B2 pri istoj brzini rotacije spindla ( $p < 0.05$ ). Daljim povećanjem brzine rotacije spindla na 30 o/min gel B3 pokazuje smanjenje viskoziteta na 486.6 mPas. Smanjenje viskoziteta zabeleženo je i pri delovanju većih brzina smicanja. Ukupno smanjenje viskoziteta iznosilo je 277.8 mPas ( $p < 0.05$ ), što je i najmanje smanjenje viskoziteta 7. dana skladištenja, pa možemo zaključiti da je gel B3 otporniji na delovanje sile smicanja u poređenju sa uzorcima čvrstog jogurta B1 i B2, iako pokazuje najmanje vrednosti viskoziteta.

U poređenju sa prvim danom skladištenja, dobijeni rezultati pokazuju da je viskozitet manji pri svim brzinama rotacije spindla, kao i da je ukupno smanjenje viskoziteta veće za 61.4 mPas. Prema izloženim podacima možemo pretpostaviti da je primenom ultrazvučnog tretmana snage 400 W došlo do formiranja nežnijeg gela u kome je tokom skladištenja došlo do promena koje su uslovile slabljenje proteinskog matriksa.

Na *Grafikonu 43*, prikazana je promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 0.5% KPS pri različitim brzinama rotacije spindla 14. dana skladištenja.



Grafikon 43. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 0.5% KPS pri različitim brzinama rotacije spindla 14. dana skladištenja, B1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; B2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; B3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W

Nakon 14 dana skladištenja, najveće vrednosti viskoziteta zabeležene pri brzini rotacije spindla od 20 o/min imali su uzorci B1, dok su najmanji viskozitet imali uzorci jogurta B3, 1612.2 mPas i 1096.0 mPas, respektivno (*Tabela P9*). Ukupno smanjenje viskoziteta iznosilo je 603.1 mPas ( $p < 0.05$ ), što je i najveće smanjenje viskoziteta zabeleženo 14. dana skladištenja. Smanjenje viskoziteta u uzorcima jogurta B2 i B3 je pri brzini rotacije spindla od 20 o/min iznosilo 476.8 mPas i 412.1 mPas ( $p < 0.05$ ), što znači da je gel B3 najmanje podložan promeni strukture usled delovanja sile smicanja. Takođe, sa *Grafikona 43.* se može uočiti da su 14. dana skladištenja uzorci čvrstog jogurta B1 imali najveću površinu petlje histerezisa, odnosno najveći stepen tiksotropije što ukazuje na veći stepen rušenja i brže oporavljanje strukture gela tokom delovanja sile smicanja (*Benezech i Maingonnat, 1994; Hassan et al., 2003*).

U poređenju sa gelovima 1. dana skladištenja, uzorci jogurta B1 su nakon 14 dana imali veće vrednosti viskoziteta pri svim brzinama smicanja, osim pri brzini rotacije spindla od 100 o/min. Takođe, nakon izlaganja gela maksimalnoj brzini smicanja, u uzorcima B1 je nakon 14 dana skladištenja zabeleženo manje smanjenje viskoziteta za 13.6 mPas u poređenju sa uzorcima jogurta 1. dana skladištenja. Na osnovu ovoga možemo zaključiti da tokom skladištenja u uzorcima jogurta proizvedenim od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS na standardan način, dolazi do

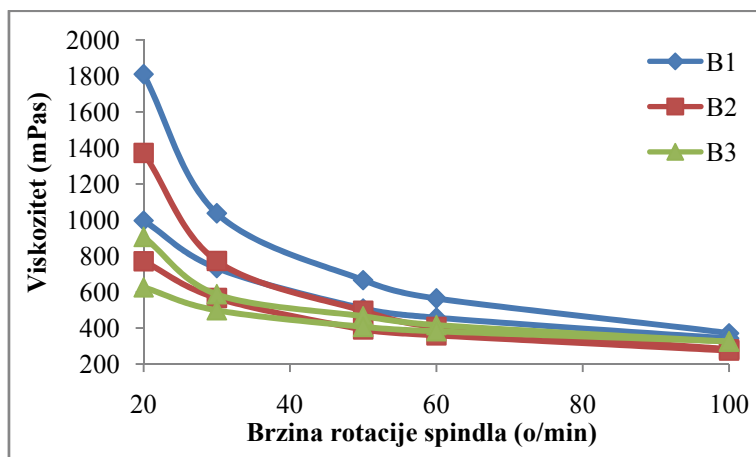
strukturnih promena proteinskog matriksa pri kojima se formira veći broj proteinskih veza koje se opiru tečenju i dovode do očvršćavanja gela.

Pri brzini rotacije spindla od 20 o/min u gelovima B2 zabeležene su nešto veće vrednosti viskoziteta – 1141.5 mPas, u poređenju sa gelovima B3 u čiji je viskozitet iznosio 1096.0 mPas. Međutim, primena većih brzina smicanja imala je manji uticaj na strukturu gela B3, pa su vrednosti viskoziteta zabeležene za gornju krivu pri brzini rotacije spindla od 30, 50, 60 i 100 o/min bile veće u poređenju sa vrednostima izmerenim za uzorke jogurta B2 za 103.0, 110.9, 72.2 i 37.9 mPas ( $p>0.05$ ). Takođe, vrednosti viskoziteta donje krive uzoraka B3 bile su veće u odnosu na vrednosti zabeležene kod uzoraka B2. Pri brzini rotacije spindla od 60 o/min viskozitet gelova B3 bio je veći za 6.1 mPas u odnosu na vrednost viskoziteta uzoraka B2 zabeležene za gornju krivu.

Suprotno od jogurta proizvedenog na standardan način, u uzorcima B2 je tokom 14 dana skladištenja uočeno smanjenje viskoziteta pri svim brzinama rotacije spindla. Takođe, razlika u vrednostima viskoziteta pri brzini rotacije spindla od 20 o/min (gornja i donja kriva) se smanjuje sa starošću gela, pa je 14. dana skladištenja manja za 172.6 mPas ( $p<0.05$ ) i 143.3 mPas ( $p>0.05$ ) u poređenju sa gelovima 1. i 7. dana skladištenja. S obzirom da u mleku koje je podvrgnuto dejstvu ultrazvuka dolazi do disocijacije kazeinskih micela na submicelle (*Riener et al., 2009b*), koje sa denaturisanim proteinima surutke stvaraju umreženiji gel, može se pretpostaviti da tokom skladištenja dolazi do rearanžiranja gela i smanjenja broja protein-protein veza.

Nakon 14 dana skladištenja, u uzorcima jogurta B3 zabeležene su veće vrednosti viskoziteta pri svim brzinama rotacije spindla u poređenju sa vrednostima viskoziteta 7. dana skladištenja. U odnosu na 1. dan skladištenja, viskozitet je pri brzini rotacije spindla od 20 o/min bio veći za 171.5 mPas ( $p<0.05$ ). Međutim, sa povećanjem brzine smicanja, nakon 14 dana skladištenja, zabeležene su manje vrednosti viskoziteta. Ukupno smanjenje viskoziteta bilo je nakon 14 dana skladištenja veće za 195.7 i 134.3 mPas u odnosu na gelove starosti 1 i 7 dana. Ovo potvrđuje pretpostavku da su gelovi sa većom inicijalnom vrednošću viskoziteta manje otporni na promenu strukture pod dejstvom većih brzina smicanja.

Uticaj primenjenog ultrazvučnog tretmana na vrednost viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS, nakon 21 dana skladištenja, prikazan je na *Grafikonu 44*.



*Grafikon 44. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 0.5% KPS pri različitim brzinama rotacije spindla 21. dana skladištenja, B1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; B2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; B3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W*

Na kraju ispitivanog perioda skladištenja, u uzorcima B1 je zabeležena najveća vrednost viskoziteta pri brzini rotacije spindla od 20 o/min – 1809.9 mPas (*Tabela P9*). Međutim, u uzorcima B1, 21. dana skladištenja, takođe je zabeleženo veliko smanjenje viskoziteta sa povećanjem brzine rotacije spindla. Velike brzine smicanja, uticale su na vrednosti viskoziteta donje krive, pa je vrednost viskoziteta pri 20 o/min kod donje krive bila za 813.1 mPas ( $p < 0.05$ ) manja od vrednosti viskoziteta gornje krive, što je i najveće zabeleženo smanjenje viskoziteta u svim uzorcima, tokom celokupnog perioda skladištenja. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da se tokom skladištenja, u jogurtu proizvedenom na standardan način od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS odvijaju promene koje vode ka formiranju čvršćeg gela koji je istovremeno podložniji rušenju strukture pri većim brzinama smicanja.

U poređenju sa uzorcima jogurta B2 i B3, čvrsti jogurt B1 imao je veći viskozitet pri brzini rotacije spindla od 20 o/min za 905.9 mPas i 904.0 mPas ( $p < 0.05$ ). Sa povećanjem brzine smicanja, razlike u vrednostima viskoziteta su manje izražene, pa

je pri najvećoj brzini rotacije spindla viskozitet uzoraka jogurta B1 veći za 225.8 mPas i 370.7 mPas u odnosu na uzorke B2 i B3 ( $p < 0.05$ ).

Pri brzini rotacije spindla od 30 o/min viskozitet gelova B2 (gornja kriva) bio je veći za 39.6 mPas u odnosu na vrednost viskoziteta uzoraka B1 zabeležene za donju krivu. Takođe, pri istoj brzini rotacije spindla, u uzorcima B3, pri merenjima za gornju krivu, zabeležen je veći viskozitet za 20.5 mPas u poređenju sa vrednošću viskoziteta uzoraka jogurta B2 zabeležene za donju krivu.

Kao što je prikazano u *Tabeli P9.*, vrednosti viskoziteta pri brzini rotacije spindla od 20 o/min, u uzorcima jogurta B2 i B3 iznose 1373.1 mPas i 905.9 mPas, respektivno. Jogurt B3 ima veće vrednosti viskoziteta od uzoraka jogurta B2 pri 60 i 100 o/min kod gornje krive, i pri 100, 60 i 50 o/min kod donje krive.

Nakon 21 dana skladištenja, pri brzini rotacije spindla od 20 o/min, u uzorcima čvrstog jogurta B2 zabeležene su manje vrednosti viskoziteta u odnosu na 1. dan skladištenja ( $p > 0.05$ ), kao i veći viskozitet u poređenju sa jogurtom starim 7 ( $p > 0.05$ ) i 14 dana ( $p < 0.05$ ). Osim toga, pri delovanju maksimalne brzine rotacije spindla, uzorci B2 imali su najmanje vrednosti viskoziteta tokom celokupnog perioda skladištenja. Međutim, smanjenje viskoziteta od 7.0 mPas zabeleženo 21. dana skladištenja, nakon delovanja sile smicanja u trajanju od 1 min, pri maksimalnoj brzini rotacije spindla, ukazuje na manji obim narušavanja strukture gela pod uticajem velike brzine smicanja, u poređenju sa gelovima 7. i 14. dana skladištenja.

Vrednosti viskoziteta pri 20 o/min (donja kriva) za uzorke jogurta B1, B2 i B3 su 21. dana skladištenja iznosile 996.8, 771.0 i 626.1 mPas, respektivno. Ukupno smanjenje viskoziteta u uzorcima jogurta B1, B2 i B3 iznosilo je 813.1, 602.1 i 279.8 mPas ( $p < 0.05$ ). Na osnovu ovoga se može zaključiti da iako su uzorci jogurta B3 imali najmanje vrednosti viskoziteta zabeležene za gornju i donju krivu, pri brzini rotacije spindla od 20 o/min, delovanje sile smicanja pri različitim brzinama rotacije spindla je najmanje uticalo promenu strukture gela.

U odnosu na 1. i 14. dan skladištenja, pri brzini rotacije spindla od 20 o/min, u uzorcima čvrstog jogurta B3 starog 21 dan, zabeležene su manje vrednosti viskoziteta za 14.6 i 190.1 mPas, respektivno, ali je u poređenju sa jogurtom 7. dana skladištenja, viskozitet bio veći za 99.8 mPas ( $p > 0.05$ ). Delovanje sile smicanja je imalo manji uticaj na strukturu jogurta B3 21. dana skladištenja, u poređenju sa jogurtom starim 7 dana.

Naime, vrednosti viskoziteta jogurta starog 21 dan, u donjoj krivi pri 30, 50, 60 i 100 o/min, bile su veće nego kod uzoraka jogurta 7. dana skladištenja u gornjoj krivi. Takođe, viskozitet jogurta B3 starosti 21 dan, u gornjoj krivi pri brzinama rotacije spindla od 30, 50, 60 i 100 o/min bile su manje od vrednosti viskoziteta zabeleženih u donjoj krivi 1. dana skladištenja, pri istim brzinama smicanja, što govori o manjem narušavanju strukture jogurta 1. dana nakon proizvodnje.

Uticao primenjenog ultrazvučnog tretmana mleka na srednje vrednosti viskoziteta čvrstog jogurta, proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS, pri različitim brzinama rotacije spindla prikazan je u *Tabeli 15.* i na *Grafikonu 45.*

*Tabela 15. Uticaj ultrazvučnog tretmana i vremena skladištenja na promenu srednje vrednosti viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS*

Uzorak	Vreme skladištenja (dani)	Brzina rotacije spindla (o/min)				
		20	30	50	60	100
		Viskozitet (mPas)				
B1	1	1274.4cA	696.8cA	512.9aA	473.7aA	389.9aA
	7	1400.4bcA	754.1bcA	495.9aA	436.9aA	313.8aA
	14	1461.4abA	939.9aA	563.5aA	494.6aA	358.7aA
	21	1606.9aA	885.3abA	587.4aA	510.8aA	357.1aA
B2	1	1303.1aA	764.5aA	585.4aA	487.1aA	382.2aA
	7	1196.9aB	753.6aA	491.0abA	430.6aA	319.3aA
	14	1022.3bB	573.1bB	404.3bA	364.9aA	289.9aA
	21	1222.5aB	670.0abB	444.2abA	382.7aA	278.6aA
B3	1	870.4abB	663.2aA	508.7aA	453.3aA	378.5aA
	7	736.7bC	459.7bB	370.0aA	348.9aA	279.3aA
	14	993.0aB	633.5aB	475.4aA	408.5aA	315.5aA
	21	836.0abC	543.1abB	435.7aA	399.1aA	324.9aA

\*Vrednosti sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja ( $p < 0.05$ )

\*\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno ( $p < 0.05$ )

Kao što se vidi iz *Tabele 15.* i *Grafikona 45a*, 1. dana skladištenja, čvrsti jogurt proizveden od kozijeg mleka tretiranog ultrazvukom snage 200 W (B2), ima veće srednje vrednosti viskoziteta pri brzinama rotacije spindla od 20, 30, 50 i 60 o/min, u poređenju sa uzorcima čvrstog jogurta proizvedenim na standardan način (B1) i uzorcima jogurta proizvedenim od kozijeg mleka koje je tretirano ultrazvukom snage 400 W (B3). Međutim, pri brzini rotacije spindla od 100 o/min, najveće srednje vrednosti viskoziteta zabeležene su u jogurtu proizvedenom bez ultrazvučnog tretmana – 389.9 mPas. Najmanje srednje vrednosti viskoziteta pri svim brzinama rotacije spindla

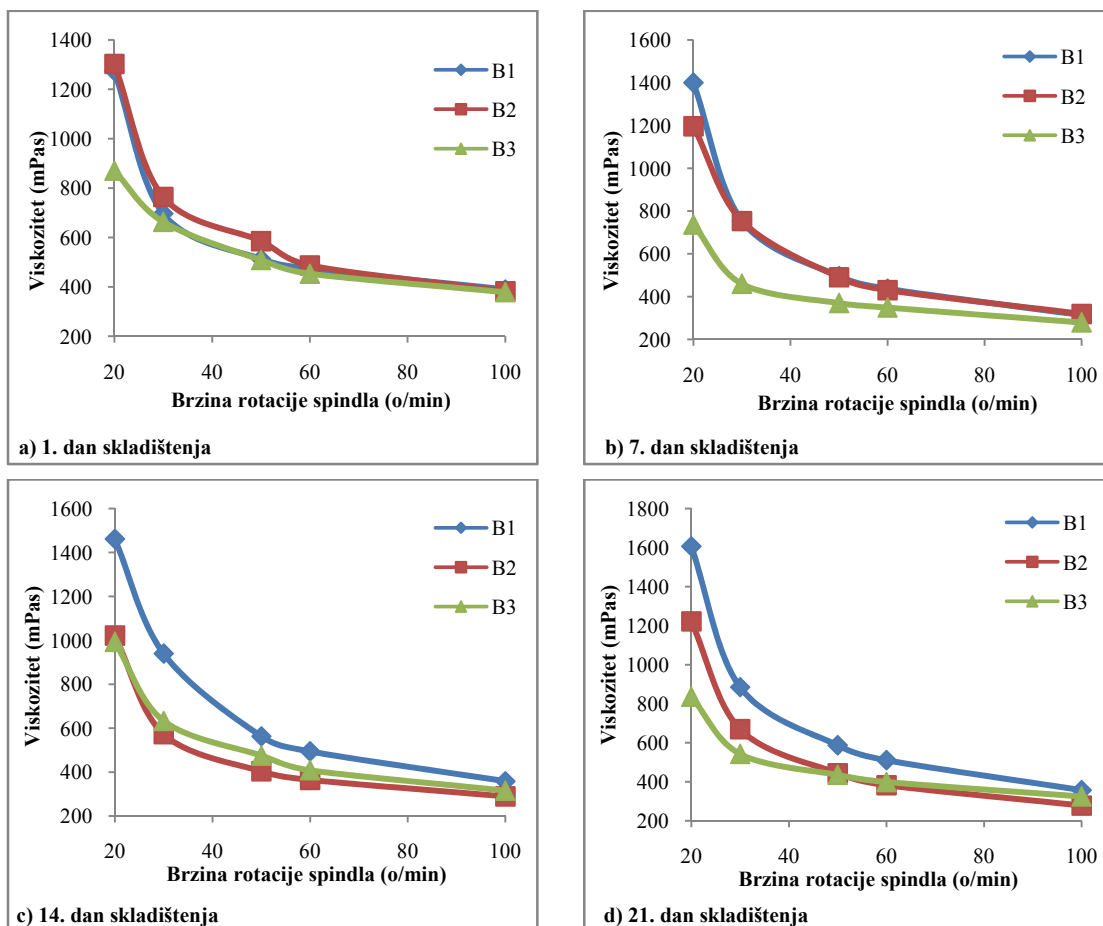
imali su uzorci jogurta B3, pa je pri 20 o/min njihov viskozitet bio manji za 403.9 mPas i 432.7 mPas u poređenju sa uzorcima jogurta B1 i B2 ( $p < 0.05$ ). Sa povećanjem brzine smicanja, dolazi do smanjenja razlike u vrednostima viskoziteta između uzoraka B1, B2 i B3. Na 50 o/min, viskozitet gelova B1 je veći u odnosu na uzorke jogurta B3 za svega 4.2 mPas ( $p > 0.05$ ), dok je pri delovanju maksimalne brzine smicanja srednja vrednost viskoziteta uzoraka jogurta B3 manja u poređenju sa gelovima B1 i B2 za 11.4 mPas, odnosno 3.7 mPas ( $p > 0.05$ ).

Nakon 7 dana skladištenja, najveće srednje vrednosti viskoziteta pri 20, 30, 50 i 60 o/min, zabeležene su u uzorcima čvrstog jogurta proizvedenim na standardan način. Iz podataka prikazanih u *Tabeli 15.* i na *Grafikonu 45b.* može se uočiti da su najmanje srednje vrednosti viskoziteta pri svim brzinama rotacije spindla imali uzorci B3. Ovo nam ukazuje da tretiranje kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS ultrazvukom snage 400 W dovodi do formiranja mekšeg kiselog kazeinskog gela. Takođe, može se pretpostaviti da se proteinske veze unutar takvog proteinskog matriksa lakše kidaju pod dejstvom sile smicanja. Blaži ultrazvučni tretman (snage 200 W) nije imao velikog uticaja na strukturu proteinskog matriksa, pa su razlike u srednjim vrednostima viskoziteta uzoraka čvrstog jogurta B1 i B2 male pri svim brzinama rotacije spindla, osim pri 20 o/min – 203.5 mPas ( $p < 0.05$ ). Pri brzini rotacije spindla od 30 o/min, viskozitet gelova B1 je veći za svega 0.5 mPas, dok je pri 100 o/min zabeležen veći viskozitet u uzorcima B2 za 5.5 mPas ( $p > 0.05$ ). Male razlike u vrednostima viskoziteta uzoraka B1 i B2 navode na zaključak da su gelovi proizvedeni na standardan način i primenom ultrazvuka snage 200 W od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5 % KPS, nakon 7 dana skladištenja, slične umreženosti.

Uticaj primenjenog ultrazvučnog tretmana na promenu srednje vrednosti viskoziteta uzoraka čvrstih jogurta B, 14. dana skladištenja prikazan je u *Tabeli 15.* i *Grafikonu 45c.* Najveće srednje vrednosti viskoziteta pri svim brzinama rotacije spindla imali uzorci B1. Pri 20 o/min viskozitet uzoraka B2 bio je za 439.1 mPas ( $p < 0.05$ ) manji u odnosu na uzorke B1, ali i za 29.3 mPas ( $p > 0.05$ ) manji u poređenju sa gelovima B3. Pri većim brzinama rotacije spindla (30, 50, 60 i 100 o/min), najmanje srednje vrednosti viskoziteta imali su uzorci B2. Evidentno je da tokom skladištenja čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS koje je tretirano ultrazvukom snage 200 W dolazi do slabljenja proteinskog matriksa. Nešto veće



vrednosti viskoziteta uzoraka B3 pri većim brzinama rotacije spindla, u poređenju sa uzorcima čvrstog jogurta B2, ukazuju na strukturu koja je otpornija na velike brzine smicanja.



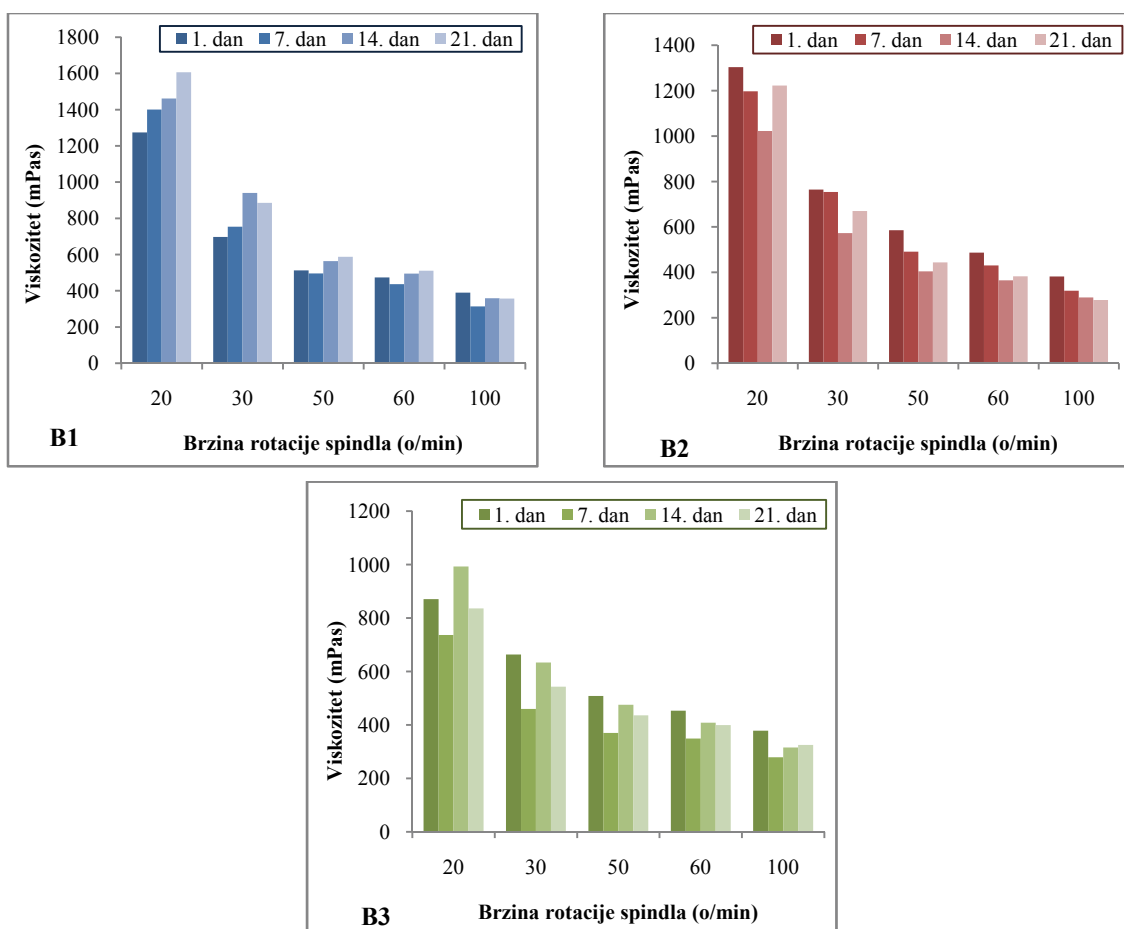
Grafikon 45. Uticaj ultrazvučnog tretmana na promenu srednje vrednosti viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 0.5% KPS,

B1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; B2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; B3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W

Kao i 14. dana, nakon 21 dana skladištenja najveće srednje vrednosti viskoziteta pri svim brzinama rotacije spindla imali su uzorci B1 (Grafikon 45d). Pri 20 o/min, veće srednje vrednosti viskoziteta za 386.5 mPas ( $p < 0.05$ ) zabeležene su u uzorcima B2, u odnosu na jogurt B3. Međutim, pri većim brzinama rotacije spindla, uzorci čvrstog jogurta B3 imali su veće srednje vrednosti viskoziteta od gelova B2. Razlika u vrednostima viskoziteta pri 60 i 100 o/min je iznosila 16.4 mPas i 46.3 mPas ( $p > 0.05$ ). Ovi podaci nam ukazuju da se od kozijeg mleka u kome je izmenjen odnos

kazein:proteini surutke dodatkom 0.5% KPS, može proizvesti čvrsti jogurt koji karakteriše dobar viskozitet i proteinski matriks koji se opire promeni strukture pri delovanju sile smicanja. S druge strane, tretiranje ovakvog mleka ultrazvukom dovodi do formiranja manje umreženog i mekšeg gela, čija se struktura značajno menja tokom skladištenja. Ultrazvuk veće snage (400 W) dovodi do formiranja gela, koji ima manji viskozitet, ali je otporniji na delovanje sile smicanja u poređenju sa jogurtom proizvedenim uz primenu ultrazvuka manje snage (200 W).

Promena srednje vrednosti viskoziteta uzoraka čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS, tokom skladištenja prikazana je u *Tabeli 15.* i *Histogramu 12.*



*Histogram 12. Uticaj perioda skladištenja na srednje vrednosti viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS*

U čvrstom jogurtu proizvedenom od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS na standardan način (B1), pri brzini rotacije spindla od 20 o/min, najveća srednja vrednost viskoziteta od 1606.9 mPas zabeležena je 21. dana skladištenja. Pri ovoj brzini rotacije spindla, srednja vrednost viskoziteta 21. dana skladištenja bila je veća za 332.5 mPas ( $p < 0.05$ ), 206.5 mPas ( $p < 0.05$ ) i 145.5 mPas ( $p > 0.05$ ) u poređenju sa gelovima starosti 1, 7 i 14 dana, respektivno. Sa povećanjem brzine smicanja na 30 o/min, 1. dana skladištenja je zabeležena najmanja vrednost viskoziteta, koja je bila za 4.09%, 16.63% i 11.73% manja u odnosu na gelove stare 1, 7 i 14 dana, respektivno. Sa daljim povećanjem brzine rotacije spindla, razlike u srednjoj vrednosti viskoziteta se smanjuju tokom skladištenja. Pri 50 o/min viskozitet gelova starosti 21 dan bio je za 74.5 mPas, 91.5 mPas i 23.9 mPas veći u odnosu na gelove nakon 1, 7 i 14 dana skladištenja ( $p > 0.05$ ). Pri maksimalnom delovanju sile smicanja, razlika u viskozitetu gelova starosti 14 i 21 dan iznosi svega 1.6 mPas ( $p > 0.05$ ).

U uzorcima čvrstog jogurta proizvedenim primenom ultrazvuka snage 200 W (B2), najveće srednje vrednosti viskoziteta, pri svim brzinama rotacije spindla zabeležene su 1. dana skladištenja. U poređenju sa gelovima 7., 14. i 21. dana skladištenja, uzorci čvrstog jogurta B2 su 1. dana nakon proizvodnje, pri 20 o/min imali za 8.10% ( $p > 0.05$ ), 21.55% ( $p < 0.05$ ) i 6.18% ( $p > 0.05$ ) veće srednje vrednosti viskoziteta. U toku ispitivanog perioda skladištenja, najmanje srednje vrednosti viskoziteta, pri brzinama rotacije spindla od 20, 30, 50 i 60 o/min zabeležene su kod gelova starih 14 dana, što je u saglasnosti sa podacima o promeni viskoziteta čvrstog jogurta tokom vremena pri konstantnoj brzini rotacije spindla, koji su izloženi u poglavlju. Međutim, pri maksimalnoj brzini rotacije spindla, najmanja srednja vrednost viskoziteta zabeležena je kod uzoraka jogurta starosti 21 dan i iznosila je 278.6 mPas ( $p < 0.05$ ), što je 27.11% manja vrednost u odnosu na 1. dan skladištenja, i za 11.3 mPas ( $p > 0.05$ ) manja vrednost viskoziteta u poređenju sa gelovima starim 14 dana. S obzirom da ultrazvučni tretman mleka utiče na formiranje nežnijeg i umreženijeg gela (*Riener et al. 2009b*), tokom skladištenja dolazi do raskidanja starih i formiranja novih veza što ima za posledicu slabljenje strukture i njen manji otpor prema delovanju sile smicanja.

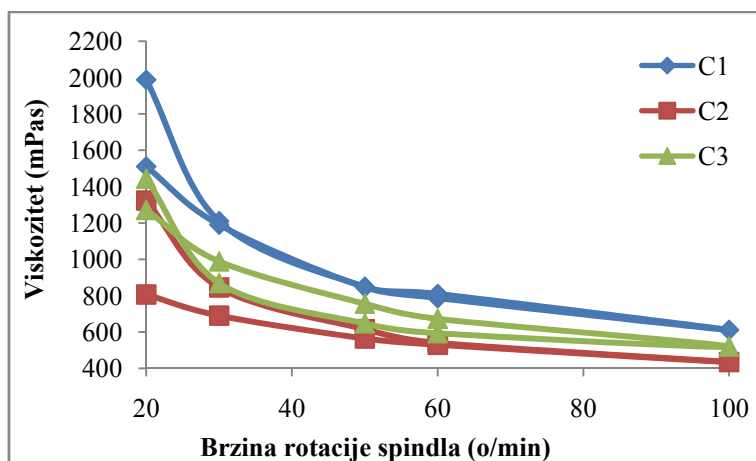
Kao što se može videti iz *Tabele 15.* i *Histograma 12.*, čvrsti jogurt proizveden od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS tretiranog ultrazvukom snage 400 W ima najveće srednje vrednosti viskoziteta pri 30, 50, 60 i 100 o/min, 1. dana skladištenja.

Najveća srednja vrednost viskoziteta pri brzini rotacije spindla od 20 o/min zabeležena je u uzorcima jogurta starim 14 dana, i iznosila je 993.0 mPas, što je za 12.30% ( $p>0.05$ ), 25.81% ( $p<0.05$ ) i 15.81% ( $p>0.05$ ) veća vrednost u odnosu na uzorke jogurta stare 1, 7 i 21 dan. Najmanje srednje vrednosti viskoziteta, pri svim brzinama smicanja, zabeležene su 7. dana skladištenja. U poređenju sa jogurtom starim 1 dan, pri 20 o/min, gelovi stari 7 dana imali su manju srednju vrednost viskoziteta za 133.7 mPas ( $p>0.05$ ). Takođe, kod gelova starih 14 dana uočene su veće srednje vrednosti viskoziteta pri 30, 50 i 60 o/min u poređenju sa uzorcima jogurta starim 21 dan. Pri brzini rotacije spindla od 100 o/min zabeleženo je jedino povećanje viskoziteta za gel star 21 dan, koje u odnosu na gel star 14 dana iznosi 9.4 mPas ( $p>0.05$ ).

#### **5.4.2.3. Uticaj dodatka 1% koncentrata proteina surutke i ultrazvučnog tretmana na promenu viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka pri različitim brzinama rotacije spindla**

Uticaj primenjenog ultrazvučnog tretmana na vrednost viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS, nakon 1 dana skladištenja, prikazan je u *Tabeli P10.* i na *Grafikonu 46.*

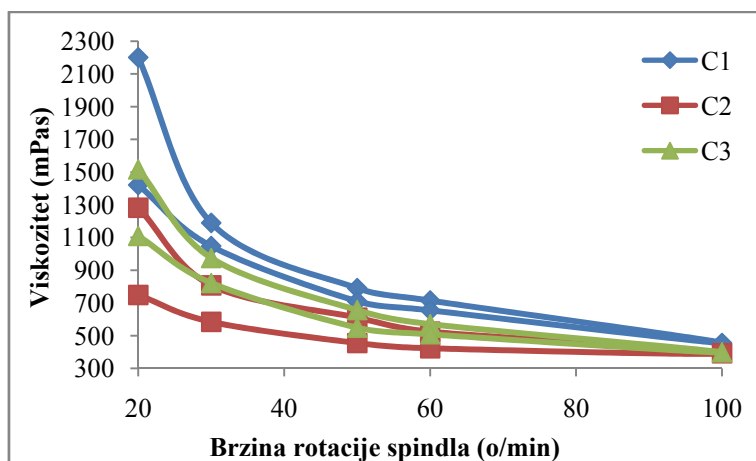
Prvog dana skladištenja najveće vrednosti viskoziteta, pri svim brzinama rotacije spindla, zabeležene su kod uzoraka C1. Pri 20 o/min, viskozitet uzoraka C1 bio je za 664.6 mPas i 544.7 mPas veći u poređenju sa vrednostima viskoziteta uzoraka C2 i C1 ( $p<0.05$ ). Pri istoj brzini rotacije spindla, u merenjima za donju krivu, uzorci C1 su imali za 477.8 mPas manji viskozitet ( $p<0.05$ ). Međutim, pri većim brzinama rotacije spindla nisu zabeležene značajne razlike u vrednostima viskoziteta dobijenim za gornju i donju krivu. Na osnovu ovoga može se zaključiti da jogurt proizveden na standardan način, od mleka kome je dodato 1% KPS, 1. dana skladištenja ima stabilnu strukturu, otpornu na delovanje sile smicanja.



Grafikon 46. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 1% KPS pri različitim brzinama rotacije spindla 1. dana skladištenja, C1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; C2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; C3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W

Kod uzoraka proizvedenih od mleka koje je tretirano ultrazvukom (C2 i C3), prilikom merenja za gornju i donju krivu zabeležene su slične vrednosti viskoziteta ( $p > 0.05$ ), što navodi na zaključak da jačina ultrazvuka primenjenog u ovim istraživanjima nije imala uticaja na strukturu kiselog kazeinskog gela. Međutim, na kraju merenja, pri brzini rotacije spindla od 20 o/min uzorci C3 su u poređenju sa jogurtom C2 imali veći viskozitet za 456.6 mPs ( $p < 0.05$ ). Takođe, ukupno smanjenje viskoziteta je za uzorke C2 i C3 iznosilo 516.9 mPas i 171.2 mPas, respektivno. Iako su gelovi proizvedeni od mleka tretiranog ultrazvukom imali sličnu otpornost na delovanje sile smicanja, jogurt proizveden primenom ultrazvučnog tretmana snage 400 W pokazao je veće vrednosti viskoziteta i brže oporavljanje sistema. Veće vrednosti viskoziteta jogurta C3 u odnosu na uzorke C2 verovatno su posledica homogenizacije koja nastaje pri delovanju ultrazvuka. Naime, uzorci C2 imali su veći sadržaj mlečne masti u poređenju sa jogurtom C3 (Tabela 7.), pa je samim tim formirani gel nežnije strukture koja je podložnija rušenju pod dejstvom sile smicanja.

Na Grafikonu 47. prikazana je promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 1% KPS pri različitim brzinama rotacije spindla 7. dana skladištenja.



Grafikon 47. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 1% KPS pri različitim brzinama rotacije spindla 7. dana skladištenja, C1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; C2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; C3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W

Kao i prvog dana, nakon 7 dana skladištenja najveće vrednosti viskoziteta zabeležene su kod jogurta C1. U poređenju sa uzorcima jogurta C2 i C3, uzorci C1 imali su veći viskozitet pri brzini rotacije spindla od 20 o/min za 918.79 mPas i 684.9 mPas ( $p < 0.05$ ). Sa povećanjem brzine smicanja, razlike u vrednostima viskoziteta su manje izražene, pa je pri 50 o/min viskozitet jogurta C1 veći za 179.8 mPas i 133.9 mPas u odnosu na uzorke C2 i C3 ( $p > 0.05$ ). S obzirom da veće inicijalne vrednosti viskoziteta utiču na intenzivnije rušenje strukture sa povećanje intenziteta sile smicanja, najveća razlika u viskozitetu sa povećanjem brzine rotacije spindla od 20 o/min na 30 o/min zabeležena je kod uzoraka C1 – 1012 mPas ( $p < 0.05$ ). Ukupno smanjenje viskoziteta pri 20 o/min iznosi 780.5 mPas, što je za 302.7 mPas veća vrednost u poređenju sa jogurtom 1. dana skladištenja (*Tabela P10*). Razlika u viskozitetu između gornje i donje krive, ukazuje da promene u strukturi gela koje se odvijaju u toku prvih 7 dana skladištenja dovode do izraženijeg narušavanja strukture pod dejstvom sile smicanja.

Iz *Grafikona 47.* se može uočiti da 7. dana skladištenja između vrednosti viskoziteta uzoraka C2 i C3 dobijenih za gornju krivu nisu zabeležene značajne razlike. Pri maksimalnoj brzini rotacije spindla u jogurtu C2 zabeleženo je smanjenje viskoziteta od 61.9 mPas, dok je kod uzoraka C3 smanjenje viskoziteta iznosilo 20.0 mPas, što ukazuje na manji obim narušavanja strukture uzoraka C3 prilikom delovanja velike

brzine smicanja. Sa smanjenjem brzine rotacije spindla do 50 o/min takođe nisu zabeležene značajne razlike u vrednostima viskoziteta uzoraka C2 i C3. Međutim, pri 30 o/min, kod gelova C2 je uočen manji viskozitet za 237.5 mPas ( $p < 0.05$ ). Sa daljim smanjenjem brzine rotacije spindla na 20 o/min razlika je još izraženija, pa je jogurt C3 imao veći viskozitet za 360.5 mPas ( $p < 0.05$ ) u poređenju sa uzorcima C2. Kao i 1. dana, manji viskozitet jogurta C2 verovatno je posledica njegove nežnije strukture.

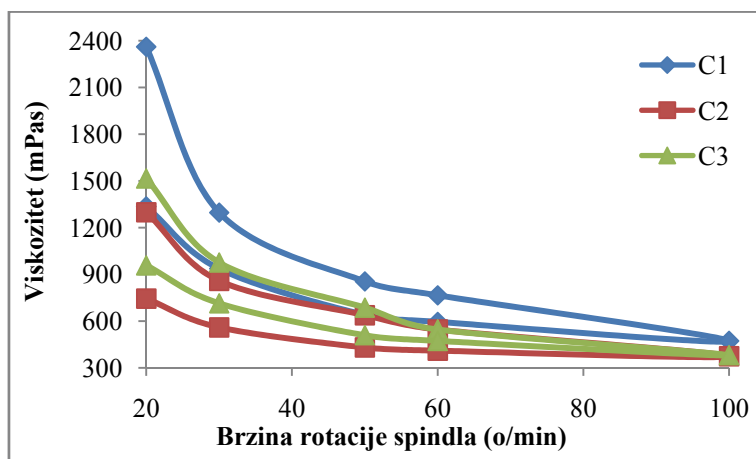
Kao i 1. dana skladištenja, kod gelova starih 7 dana najmanje vrednosti viskoziteta zabeležene su u uzorcima jogurta C2. U poređenju sa 1. danom skladištenja, viskozitet uzoraka C2 starih 7 dana, pri brzini rotacije spindla od 20 o/min, bio je manji za 40.8 mPas ( $P > 0.05$ ). Takođe, ukupno smanjenje viskoziteta je nakon 7 dana bilo veće za 16.6 mPas. Međutim, kako pri svim brzinama rotacije spindla nisu zabeležene značajne razlike u vrednostima viskoziteta, možemo zaključiti da od 1-og do 7-og dana skladištenja nije došlo do promene strukture proteinskog matriksa.

Kao i kod uzoraka C1, 7. dana skladištenja su kod jogurta C3 zabeležene veće vrednosti viskoziteta pri 20 o/min - 1516.7 mPas, kao i ukupno smanjenje viskoziteta (*Tabela P10*). Pri brzini rotacije spindla od 50 o/min (donja kriva), 7. dana skladištenja viskozitet je bio veći za 206.5 mPas ( $p < 0.05$ ). Međutim, razlika u vrednostima viskoziteta zabeleženim 1. i 7. dana skladištenja pri ostalim brzinama rotacije spindla nije bila statistički značajna. Na osnovu prikazanih podataka može se zaključiti da ultrazvučni tretman snage 400 W, kao i tretman snage 200 W, utiče na formiranje gela čija je struktura stabilna u toku prvih 7 dana skladištenja.

Na *Grafikonu 48*. je prikazana promena viskoziteta uzoraka jogurta pri različitim brzinama rotacije spindla 14. dana skladištenja.

U poređenju sa gelovima 1. i 7. dana skladištenja, uzorci jogurta C1 su nakon 14 dana imali veće vrednosti viskoziteta pri 20 o/min za 373.5 mPas ( $p < 0.05$ ) i 160.2 mPas ( $p > 0.05$ ) (*Tabela P10*). Takođe, ukuno smanjenje viskoziteta je nakon 14 dana skladištenja bilo veće za 548.5 mPas i 245.8 mPas u poređenju sa gelovima starim 1 i 7 dana. Dobijeni rezultati ukazuju da se unutar kiselog kazeinskog gela proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS tokom skladištenja odvijaju promene koje vode ka izraženijem rušenju strukture usled delovanja sile smicanja. Nasuprot tome, u periodu od 7-og do 14-og dana skladištenja, kod gelova proizvedenih od mleka koje je tretirano ultrazvukom (C2 i C3) zabeležene su male razlike u viskozitetu pri svim brzinama

rotacije spindla, što ukazuje na male promene proteinskog matriksa u ovom periodu skladištenja.



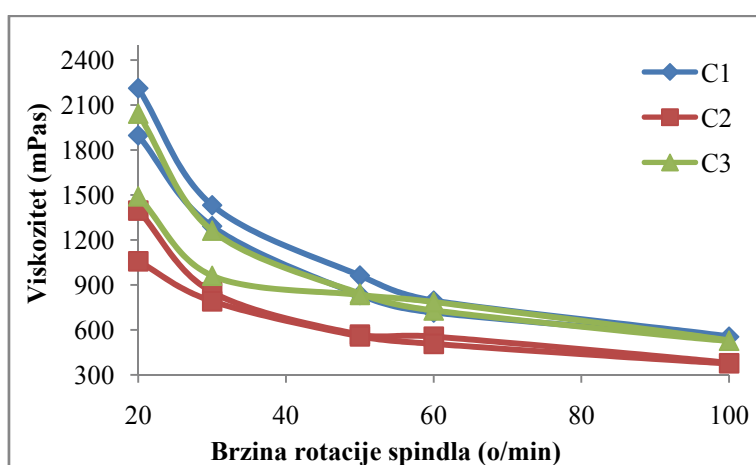
Grafikon 48. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 1% KPS pri različitim brzinama rotacije spindla 14. dana skladištenja, C1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; C2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; C3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W

Najveće vrednosti viskoziteta pri merenjima za gornju i donju krivu, nakon 14 dana skladištenja zabeležene su kod uzoraka C1. Pri brzini rotacije spindla od 20 o/min viskozitet uzoraka C1 je iznosio 2361.8 mPas, što je ujedno i najveća vrednost viskoziteta zabeležena tokom skladištenja u ovoj grupi uzoraka (Tabela P10). U poređenju sa vrednostima zabeleženim za uzorke C2 i C3 viskozitet je bio veći za 1062.6 mPas i 846.2 mPas ( $p < 0.05$ ). Značajna razlika u viskozitetu između jogurta C1 i uzoraka proizvedenih od ultrazvučno tretiranih mleka (C2 i C3) zabeležena je i pri brzinama rotacije spindla od 30 o/min i 60 o/min (gornja kriva). Takođe, pri merenjima za donju krivu, ustanovljene su različite vrednosti viskoziteta pri 30 o/min, kada je viskozitet uzoraka C1 bio veći za 376.5 mPas i 222.0 mPas u poređenju sa viskozitetom uzoraka C2 i C3 ( $p < 0.05$ ). Na kraju merenja, pri 20 o/min, uzorci C1 su imali veći viskozitet od uzoraka C2 i C3 za 590.4 mPas i 377.1 mPas ( $p < 0.05$ ), dok je pri istoj brzini rotacije spindla jogurt C3 imao veći viskozitet od uzoraka C2 za 213.3 mPas ( $p < 0.05$ ). S obzirom da je jogurt C1 imao najveći viskozitet na početku merenja, najintenzivnije rušenje strukture gela sa povećanjem intenziteta sile smicanja uočeno je kod ovih uzoraka. Najveća vrednost ukupnog smanjenja viskoziteta takođe je



zabeležena kod uzoraka proizvedenih na standardan način – 1026.3 mPas ( $p < 0.05$ ). Smanjenje viskoziteta u uzorcima jogurta C2 i C3 je pri brzini rotacije spindla od 20 o/min iznosilo 554.1 mPas i 557.3 mPas ( $p < 0.05$ ). Razlika u smanjenju viskoziteta od svega 3.2 mPas između uzoraka C2 i C3 ukazuje na isti obim narušavanja strukture uzoraka proizvedenih od mleka koje je tretirano ultrazvukom različite snage.

Uticaj primenjenog ultrazvučnog tretmana na vrednost viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS, nakon 21 dan skladištenja, prikazan je na *Grafikonu 49*.



*Grafikon 49. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 1% KPS pri različitim brzinama rotacije spindla 21. dana skladištenja, C1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; C2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; C3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W*

Najveća vrednost viskoziteta pri brzini rotacije spindla od 20 o/min, 21. dana skladištenja, zabeležena je kod uzoraka C1 – 2211.6 mPas. U istom periodu, uzorci C3 su imali za 169.6 mPas manji viskozitet u poređenju sa uzorcima C1 ( $p > 0.05$ ), ali i za 645.4 mPas veći viskozitet u odnosu na jogurt C2. U poređenju sa jogurtom C3, uzorci C1 imali su veće vrednosti viskoziteta pri svim brzinama rotacije spindla, osim pri 50 o/min i 60 o/min u merenjima za donju krivu. Takođe, pri svim brzinama rotacije spindla viskozitet uzoraka C1 bio je veći u poređenju sa vrednostima zabeleženim za uzorke C2. Na kraju merenja, pri 20 o/min, viskozitet jogurta C1 bio je veći u poređenju sa viskozitetom uzoraka C2 i C3 za 840.1 mPas i 407.5 mPas ( $p < 0.05$ ). Takođe, viskozitet jogurta C3 bio je veći za 432.6 mPas u odnosu na viskozitet uzoraka C2

( $p < 0.05$ ). Kod uzoraka C3 je pri brzini rotacije spindla od 60 o/min uočeno odstupanje od tiksotropnog ponašanja. Pri merenjima za donju krivu zabeležen je veći viskozitet za 57.0 mPas. Takođe, u ovim uzorcima je nakon delovanja maksimalne sile smicanja u trajanju od 1 min. uočeno povećanje viskoziteta za 27.1 mPas ( $p > 0.05$ ). Iz *Grafikona 49.* se može uočiti da su uzorci C2 imali najmanji stepen tiksotropije, odnosno da je delovanjem sile smicanja došlo da manjeg obima narušavanja i oporavljanja strukture gela.

Nakon 21 dan skladištenja, pri brzini rotacije spindla od 20 o/min (gornja kriva), u uzorcima čvrstog jogurta C1 zabeležene su veće vrednosti viskoziteta u odnosu na 1. i 7. dan skladištenja za 373.5 mPas ( $p < 0.05$ ) i 10.0 mPas ( $p > 0.05$ ), kao i manji viskozitet u poređenju sa jogurtom starim 14 dana - 150.2 mPas ( $p > 0.05$ ). U poređenju sa jogurtom starim 1 dan, manji viskozitet je zabeležen pri maksimalnoj brzini rotacije spindla, kao i pri 60 o/min i 50 o/min (donja kriva). Ovi podaci nam ukazuju da je kod gela starosti 21 dan intenzivnije rušenje strukture gela pri delovanju maksimalne sile smicanja, kao i da je njegovo oporavljanje sporije pri delovanju većih brzina rotacije spindla u poređenju sa jogurtom 1. dana skladištenja. Osim toga, na osnovu prikazanih podataka o vrednostima viskoziteta pri 20 o/min (mereno za donju krivu), kao i rezultata koji govore o ukupnom smanjenju viskoziteta, može se zaključiti da je u jogurtu C1 tokom skladištenja došlo do formiranja većeg broja protein-protein veza, usled čega je struktura gela bila stabilnija 21. dana u poređenju sa jogurtom nakon 7 i 14 dana skladištenja.

Najveći viskozitet jogurta C2 zabeležen je 21. dana skladištenja. Na kraju merenja pri 20 o/min, viskozitet je 21. dana bio veći za 250.8 mPas ( $p < 0.05$ ), 308.2 mPas ( $p < 0.05$ ) i 312.5 mPas ( $p < 0.05$ ) u poređenju sa uzorcima 1., 7. i 14. dana skladištenja. Takođe, najveće vrednosti viskoziteta jogurta C3 zabeležene su 21. dana skladištenja. Značajne razlike u vrednostima viskoziteta uočene su pri brzini rotacije spindla od 20 o/min u merenjima za gornju i donju krivu. Poredeći uzorke C3 14. i 21. dana skladištenja može se uočiti da je početni viskozitet 21. dana skladištenja bio veći za 526.4 mPas ( $p < 0.05$ ) u poređenju sa jogurtom starim 1 dan. Međutim, daljim delovanjem sile smicanja došlo je do sličnog obima narušavanja strukture. Osim toga, najmanji uticaj delovanja sile smicanja na strukturu jogurta C3 zabeležen je 1. dana skladištenja.

Uticaj primenjenog ultrazvučnog tretmana mleka i vremena skladištenja na srednju vrednost viskoziteta čvrstog jogurta, proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS, pri različitim brzinama rotacije spindla prikazan je u *Tabeli 16.* i na *Grafikonu 50.*

*Tabela 16. Uticaj ultrazvučnog tretmana i vremena skladištenja na promenu srednje vrednosti viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1%*

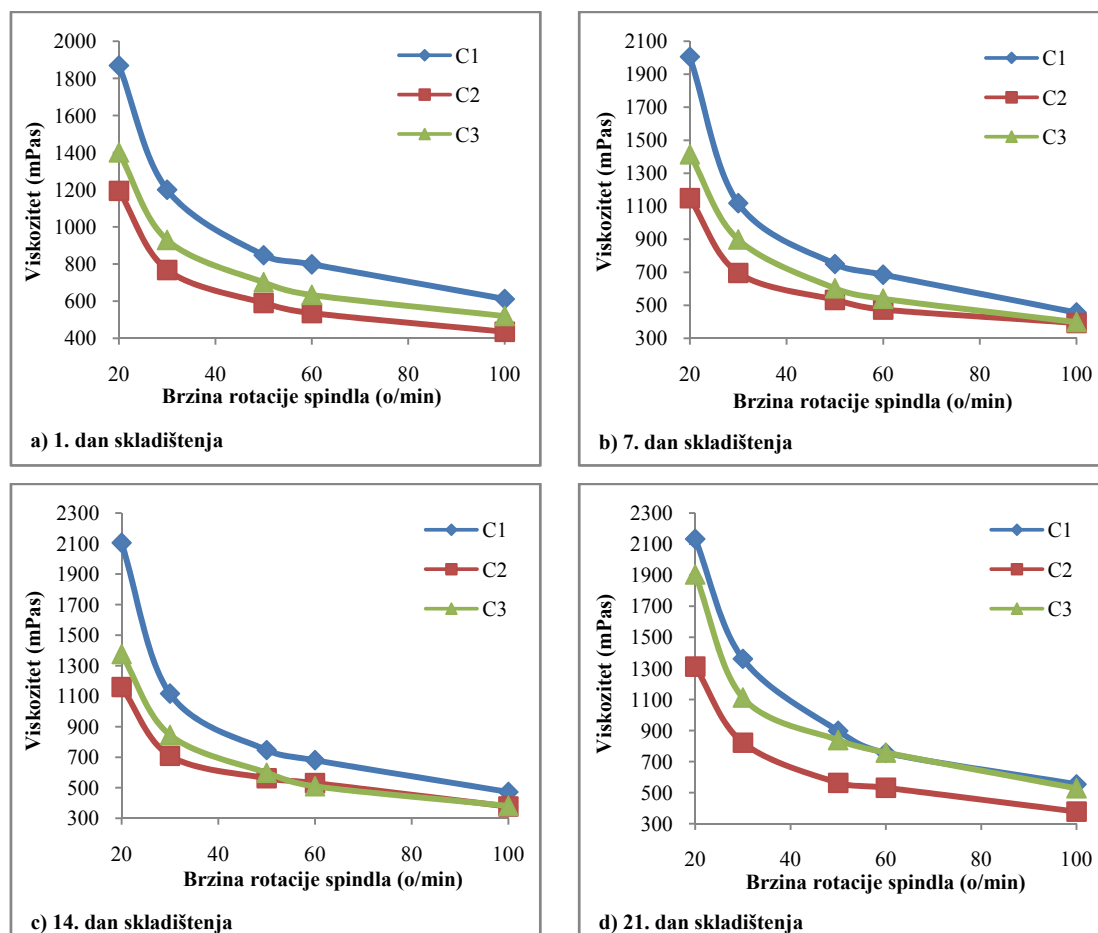
## KPS

Uzorak	Vreme skladištenja (dani)	Brzina rotacije spindla (o/min)				
		20	30	50	60	100
		Viskozitet (mPas)				
C1	1	1868.9aA	1200.1abA	848.0aA	798.5aA	611.3aA
	7	2006.5abA	1118.6bA	750.5aA	685.2aA	456.1bA
	14	2105.2aA	1117.1bA	747.4aA	680.9aA	472.6bA
	21	2133.1aA	1361.7aA	897.4aA	755.8aA	553.7abA
C2	1	1194.5aB	768.2aB	590.4aB	535.6aB	435.3aA
	7	1149.5aB	696.3aB	533.0aA	474.1aA	392.8aA
	14	1160.7aB	709.8aB	562.9aA	531.2aA	377.8aA
	21	1311.8aC	821.6aC	562.9aA	531.2aB	377.8aA
C3	1	1400.8bB	929.1abB	701.5abAB	633.3abAB	519.6aA
	7	1415.0bB	898.5bAB	602.9bA	539.6bA	397.7aA
	14	1376.3bB	845.8bB	598.5bA	509.7bA	381.2aA
	21	1904.0aB	1111.6aB	837.8aA	757.7aA	527.4aA

\*Vrednosti sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja ( $p < 0.05$ )

\*\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno ( $p < 0.05$ )

Prvog dana skladištenja, pri svim brzinama rotacije spindla čvrsti jogurt proizveden od kozijeg mleka na standardan način (C1), ima najveće srednje vrednosti viskoziteta, dok su najmanje srednje vrednosti viskoziteta zabeležene u jogurtu proizvedenom od kozijeg mleka koje je tretirano ultrazvukom snage 200 W (C2). Pri 20 o/min kod jogurta C1 zabeležen je viskozitet veći za 674.4 mPas ( $p < 0.05$ ) i 468.1 mPas ( $p < 0.05$ ) u poređenju sa uzorcima C2 i C3. Takođe, srednja vrednost viskoziteta jogurta C3 bila je veća za 206.3 mPas ( $p > 0.05$ ) u odnosu na jogurt C2. Značajne razlike u srednjoj vrednosti viskoziteta zabeležene su između jogurta C1 i uzoraka C2 i C3 i sa povećanjem brzine rotacije spindla na 30 o/min. Pri 50 o/min i 60 o/min razlika u viskozitetu uočena je između uzoraka C1 i C2, pri čemu su uzorci proizvedeni na standardan način imali veću srednju vrednost viskoziteta za 257.6 mPas ( $p < 0.05$ ), odnosno 262.9 mPas ( $p < 0.05$ ). Nasuprot tome, pri delovanju maksimalne sile smicanja nisu zabeležene značajne razlike u srednjim vrednostima viskoziteta između uzoraka.



Grafikon 50. Uticaj ultrazvučnog tretmana na promenu srednje vrednosti viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 1% KPS,

C1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; C2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; C3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W

Nakon 7 dana skladištenja najveće srednje vrednosti viskoziteta zabeležene su kod uzoraka C1, pri svim brzinama rotacije spindla. Takođe, kao 1. dana nakon proizvodnje, najmanje srednje vrednosti viskoziteta imali su uzorci C2. Značajno veći viskozitet jogurta C1 u poređenju sa jogurtom C2 zabeležen je pri brzinama rotacije spindla od 20 o/min i 30 o/min, dok je značajna razlika u srednjoj vrednosti viskoziteta između uzoraka C1 i C3 uočena jedino pri 20 o/min – 591.5 mPas ( $p < 0.05$ ). Veća razlika u viskozitetu uzoraka C1 pri delovanju minimalne i maksimalne sile smicanja, u poređenju sa uzorcima C2 i C3, ukazuje da iako većeg viskoziteta, gel proizveden na standardan način ima slabiju strukturu, manje otpornu na rušenje pod dejstvom sile smicanja. Pri svim brzinama rotacije spindla, 7. dana skladištenja, veće srednje

vrednosti viskoziteta zabeležene su kod uzoraka C3 u poređenju sa jogurtom C2. Međutim, kako ove razlike nisu statistički značajne, može se zaključiti da jačina primenjenog ultrazvučnog tretmana nije imala uticaja na srednje vrednosti viskoziteta, odnosno da su uzorci C2 i C3 imali gelove slične strukture.

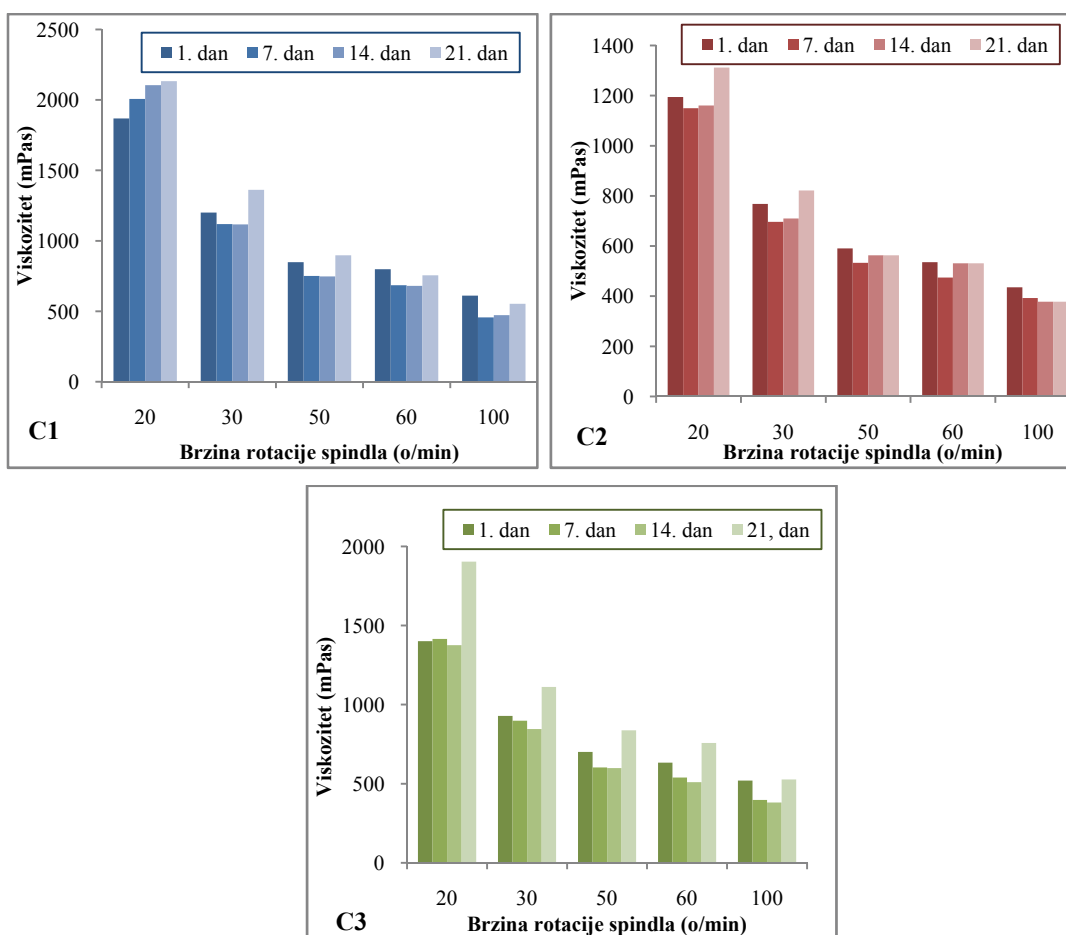
Iz podataka prikazanih u *Tabeli 16.* i na *Grafikonu 50c.* može se uočiti da u period od 7-og do 14-og dana skladištenja nije došlo do značajnijih promena u strukturi gelova. Kao i 7. dana, najveće srednje vrednosti viskoziteta pri svim brzinama rotacije spindla imali su uzorci C1. Najmanje vrednosti pri 20, 30, 50 i 100 o/min zabeležene su kod jogurta C2. Pri brzini rotacije spindla od 60 o/min jogurt C3 je imao manji viskozitet u poređenju sa uzorcima C1 i C2 za 149.7 mPas i 21.5 mPas ( $p > 0.05$ ).

Uticaj primenjenog ultrazvučnog tretmana na promenu srednje vrednosti viskoziteta uzoraka čvrstih jogurta C, 21. dana skladištenja prikazan je u *Tabeli 16.* i *Grafikonu 50d.* Kao i u prethodnom periodu skladištenja, najveće srednje vrednosti viskoziteta pri svim brzinama rotacije spindla (osim pri 60 o/min) imali uzorci C1. Pri 20 o/min viskozitet uzoraka C2 bio je za 821.3 mPas ( $p < 0.05$ ) manji u odnosu na jogurt C1, i za 592.2 mPas ( $p < 0.05$ ) manji u poređenju sa viskozitetom jogurta C3. Sa povećanjem brzine rotacije spindla na 30 o/min, takođe su uočene značajne razlike u viskozitetu gelova. Srednja vrednost viskoziteta jogurta C2 bila je manja u poređenju sa vrednostima zabeleženim za uzorke C1 i C3 za 540.1 mPas i 290.0 mPas ( $p < 0.05$ ). Pri većim brzinama rotacije spindla (50, 60 i 100 o/min) nisu zabeležene značajne razlike u srednjoj vrednosti viskoziteta između uzoraka C1, C2 i C3. Iz prikazanih podataka može se zaključiti da se dobar viskozitet čvrstog jogurta od kozijeg mleka može postići dodatkom 1% KPS. Primenom ultrazvučnog tretmana smanjuje se viskozitet jogurta, ali se povećava njegova opornost prema delovanju sile smicanja. Takođe, ultrazvuk snage 400 W dovodi do formiranja gela koji karakteriše veći viskozitet u poređenju sa jogurtom proizvedenim uz primenu ultrazvuka snage 200 W.

Uticaj vremena skladištenja na promenu srednje vrednosti viskoziteta uzoraka čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS, prikazan je u *Tabeli 16.* i na *Histogramu 13.*

U čvrstom jogurtu proizvedenom od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS na standardan način (C1), pri brzini rotacije spindla od 20 o/min, najveća srednja vrednost viskoziteta zabeležena je 21. dana skladištenja - 2133.1 mPas. U poređenju sa

vrednostima zabeleženim 1., 7. i 14. dana skladištenja viskozitet jogurta starog 21 dan bio je veći za 264.2 mPas ( $p < 0.05$ ), 126.6 mPas ( $p > 0.05$ ) i 27.9 mPas ( $p > 0.05$ ). Razlike u srednjoj vrednosti viskoziteta se smanjuju tokom skladištenja sa povećanjem brzine rotacije spindla. Pri 30 o/min najveći viskozitet takođe je zabeležen 21. dana skladištenja - 1361.7 mPas, što je za 243.1 mPas i 244.6 mPas ( $p < 0.05$ ) veća vrednost u odnosu na viskozitet gela nakon 7 i 14 dana skladištenja. Sa druge strane, razlika u viskozitetu između 7. i 14. dana iznosila je samo 1.5 mPas ( $p > 0.05$ ). Takođe, pri većim brzinama rotacije spindla (50, 60 i 100 o/min) nije ustanovljena značajna razlika u viskozitetu gelova tokom skladištenja.



*Histogram 13. Uticaj perioda skladištenja na srednje vrednosti viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS*

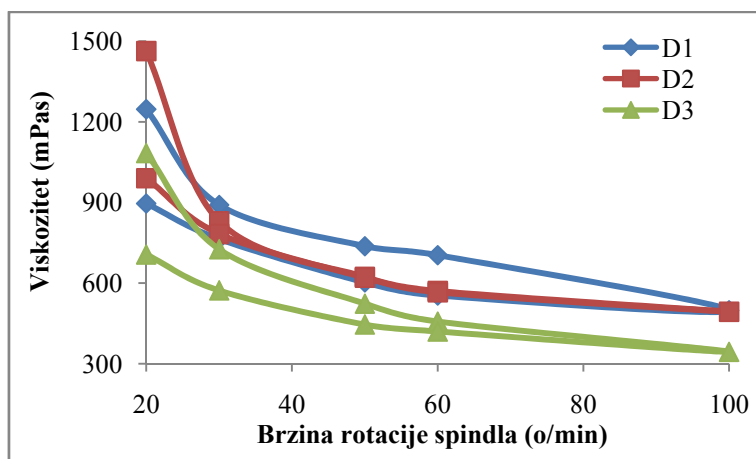
U uzorcima čvrstog jogurta proizvedenim primenom ultrazvuka snage 200 W (C2), najveće srednje vrednosti viskoziteta, pri brzinama rotacije spindla od 20 o/min i

30 o/min zabeležene su 21. dana skladištenja. Sa povećanjem brzine rotacije spindla (50, 60 i 100 o/min), najveći viskozitet zabeležen je kod gelova starih 1 dan. Međutim, pri svim primenjenim brzinama rotacije spindla, tokom skladištenja nisu zabeležene statistički značajne razlike u srednjim vrednostima viskoziteta jogurta C2. Na osnovu toga može se pretpostaviti da tokom skladištenja nije došlo do značajnih promena u viskozitetu i strukturi gelova proizvedenih od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KS uz primenu ultrazvuka snage 200 W.

Kod uzoraka čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS i uz primenu ultrazvuka snage 400 W (C3) najveće srednje vrednosti viskoziteta pri svim brzinama rotacije spindla zabeležene su 21. dana skladištenja. Ovakvi rezultati ukazuju da je sa starenjem gela došlo do formiranja većeg broja protein-protein veza, što je uticalo na povećanje viskoziteta. Takođe, homogenizovane masne kapljice, nastale kao posledica delovanja ultrazvuka, učestvuju u formiranju čvršćeg gela (*Stelios i Emmanuel, 2004*), međutim takav gel je manje otporan na dejstvo sile smicanja. Najveće razlike po danima skladištenja primećene su pri brzini rotacije spindla od 20 o/min. Vrednosti zabeležene 21. dana skladištenja bile su veće za 503.2 mPas, 489.0 mPas i 527.7 mPas ( $p < 0.05$ ) u poređenju sa viskozitetom gelova 1., 7. i 14. dana skladištenja. Značajne razlike u viskozitetu tokom skladištenja primećene su i pri većim brzinama rotacije spindla. Pri 60 o/min viskozitet je 21. dana bio veći za 124.4 ( $p > 0.05$ ), 218.1 mPas ( $p < 0.05$ ) i 248.0 mPas ( $p < 0.05$ ). Pri maksimalnoj brzini rotacije spindla nisu zabeležene značajne razlike srednjih vrednosti viskoziteta tokom skladištenja.

#### **5.4.2.4. Uticaj dodatka 0.5% izolata proteina mleka i ultrazvučnog tretmana na promenu viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka pri različitim brzinama rotacije spindla**

Uticaj primenjenog ultrazvučnog tretmana na vrednost viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM, 1. dana skladištenja, prikazan je u *Tabeli P11. (Prilog)* i na *Grafikonu 51*.

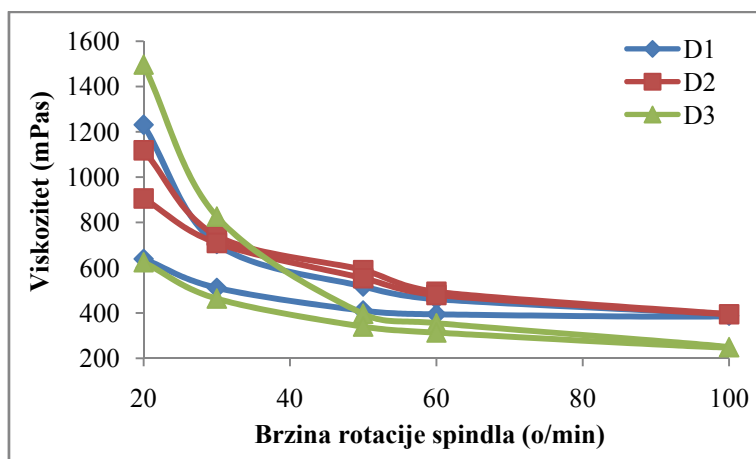


*Grafikon 51. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 0.5% IPM pri različitim brzinama rotacije spindla 1. dana skladištenja, D1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; D2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; D3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W*

Prvog dana skladištenja, najveće vrednosti viskoziteta pri 20 o/min zabeležene su kod uzoraka D2. U poređenju sa uzorcima D1 i D2, viskozitet jogurta D3 je bio veći za 216.5 mPas i 379.8 mPas ( $p < 0.05$ ). Pri ovoj brzini rotacije spindla takođe je utvrđena značajna razlika u viskozitetu uzoraka D1 i D2 – 163.3 mPas ( $p < 0.05$ ). Iz *Grafikona 51.* se može uočiti da je sa povećanjem brzine smicanja rušenje strukture gela D2 bilo izraženije u poređenju sa jogurtom D1, pa su pri merenjima za gornju krivu zabeležene veće vrednosti viskoziteta kod jogurta proizvedenog na standardan način. Takođe, kod uzoraka D1 je zabeleženo manje ukupno smanjenje viskoziteta za 122.4 mPas. Međutim, najmanji stepen tiksotropije uočava se kod uzoraka D2. Razlike u viskozitetu zabeležene za gornju i donju krivu nisu bile značajne, pa se može zaključiti da je 1. dana skladištenja jogurt D2 imao stabilnu strukturu proteinskog matriksa. Najmanje vrednosti viskoziteta, pri svim brzinama rotacije spindla zabeležene su kod jogurta D3. Ukupno smanjenje viskoziteta je kod ovih uzoraka iznosilo 377.5 mPas ( $p < 0.05$ ).

Nakon 7 dana skladištenja došlo je do promene u strukturi jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM, što je prikazano na *Grafikonu 52.*





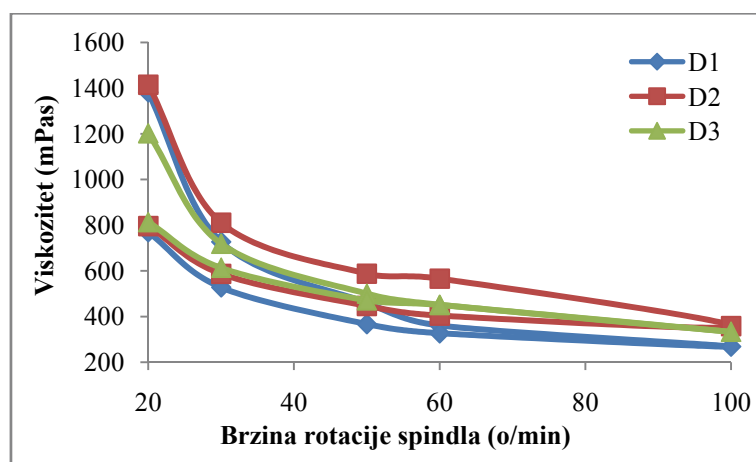
Grafikon 52. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 0.5% IPM pri različitim brzinama rotacije spindla 7. dana skladištenja, D1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; D2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; D3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W

Najstabilniji proteinski matriks, je kao i 1. dana skladištenja imao jogurt D2. Ukupno smanjenje viskoziteta je iznosilo 212.8 mPas ( $p < 0.05$ ), što je najmanja vrednost zabeležena u toku skladištenja u grupi uzoraka proizvedenih od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM (Tabela P11). Međutim, za razliku od 1. dana skladištenja, najveća početna vrednost viskoziteta zabeležena je kod jogurta D3 – 1497.3 mPas. U poređenju sa uzorcima D1 i D2, viskozitet jogurta D3 je pri 20 o/min bio veći za 266.1 mPas ( $p < 0.05$ ) i 378.5 mPas ( $p < 0.05$ ). Sa povećanjem brzine rotacije spindla, razlika u viskozitetima uzoraka je manje izražena, pa je pri 30 o/min kod jogurta D3 zabeležen veći viskozitet u odnosu na uzorke D1 i D2 za 120.7 mPas ( $p > 0.05$ ) i 84.2 mPas ( $p > 0.05$ ). Kao što se iz Grafikona 52. može videti, pri delovanju velikih brzina smicanja viskozitet uzoraka D3 bio je manji od viskoziteta uzoraka D1 i D2. Dobijeni podaci ukazuju da ultrazvuk snage 400 W dovodi do stvaranja nežnijeg gela, manje otpornog na delovanje sile smicanja, što je verovatno posledica homogenizacije mlečne masti.

U poređenju sa 1. danom skladištenja, kod uzoraka D1 su zabeležene manje vrednosti viskoziteta pri svim brzinama rotacije spindla (Tabela P11). Takođe, ukupno smanjenje viskoziteta je bilo veće za 241.2 mPas, što govori o slabljenju proteinskog matriksa u prvih 7 dana skladištenja. Sa druge strane, vreme skladištenja nije imalo uticaja na viskozitet uzoraka proizvedenih od kozijeg mleka koje je tretirano ultrazvukom. Manje vrednosti viskoziteta uzoraka D2 nakon 7 dana skladištenja, u

poređenju sa jogurtom starosti 1 dan, zabeležene su pri svim brzinama rotacije spindla. Međutim, značajna razlika u vrednosti viskoziteta zabeležena je samo pri 20 o/min – 344.8 mPas ( $p < 0.05$ ). Kod uzoraka D3 takođe je zabeležena značajna razlika u viskozitetu 1. i 7. dana skladištenja samo pri brzini rotacije spindla od 20 o/min. Dobijeni podaci nam ukazuju da tretiranje kozijeg mleka ultrazvukom utiče na formiranje kiselog kazeinskog gela koji je otporan na promene strukture u prvih 7 dana skladištenja.

Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 0.5% IPM 14. dana skladištenja pri različitim brzinama rotacije spindla prikazana je na *Grafikonu 53*.



*Grafikon 53. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 0.5% IPM pri različitim brzinama rotacije spindla 14. dana skladištenja, D1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; D2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; D3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W*

Iz *Grafikona 53*. se može uočiti da je nakon 14 dana skladištenja došlo do ujednačavanja strukture uzoraka D1, D2 i D3. Najveće vrednosti viskoziteta (gornja kriva) zabeležene su u uzorcima D2, dok su najveće vrednosti viskoziteta pri merenjima za donju krivu uočene kod uzoraka D3. Pri brzini rotacije spindla od 20 o/min, viskozitet gela D2 je iznosio 1415.3 mPas, što je veća vrednost u odnosu na viskozitet uzoraka D1 i D3 za 33.1 mPas ( $p > 0.05$ ) i 212.9 mPas ( $p < 0.05$ ) (*Tabela P11*). Daljim povećanjem brzine rotacije spindla na 30 o/min gel D2 pokazuje smanjenje viskoziteta za 604.3 mPas ( $p < 0.05$ ). Ukupno smanjenje viskoziteta iznosilo je 618.8 mPas ( $p < 0.05$ ).

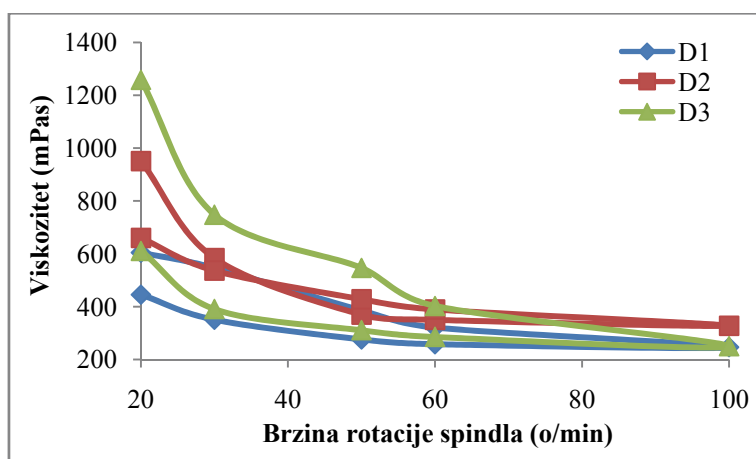
Kod jogurta D1 zabeležena je najmanja vrednost viskoziteta pri 20 o/min (donja kriva). Osim toga, najmanji viskozitet pri 100 o/min zabeležen je upravo kod uzoraka D1, dok je ukupno smanjenje viskoziteta iznosilo 612.9 mPas ( $p < 0.05$ ). Razlika u ukupnom smanjenju viskoziteta od 5.9 mPas između jogurta D1 i D2 potvrđuje pretpostavku o sličnoj strukturi njihovih gelova. Nasuprot tome, u jogurtu D3 je zabeleženo smanjenje viskoziteta od 388.9 mPas ( $p < 0.05$ ), što ukazuje na manji stepen narušavanja strukture u poređenju sa uzorcima D1 i D2. Na osnovu ovoga se može pretpostaviti da je kod jogurta D3 delovanjem maksimalne sile smicanja došlo do manjeg narušavanja strukture.

U poređenju sa 1. danom skladištenja, jogurt D1 je imao manji viskozitet 14. dana, pri 30, 50, 60 i 100 o/min, u merenjima za gornju i donju krivu. Takođe, značajno manja otpornost gela na delovanje maksimalne sile smicanja zabeležena je nakon 14 dana skladištenja. Veće ukupno smanjenje viskoziteta za 262.1 mPas potvrđuje pretpostavku o slabljenju strukture gela tokom skladištenja. Međutim, u odnosu na 7. dan skladištenja nisu zabeležene značajne razlike u viskozitetu jogurta D1. Vreme skladištenja takođe je uticalo na viskozitet jogurta D2, pa je otpornost gela na velike brzine smicanja značajno manja u poređenju sa jogurtom starosti 1 dan. U odnosu na jogurt 7. dana skladištenja, značajne razlike u viskozitetu uočene su pri malim brzinama rotacije spindla. Početni viskozitet, pri 20 o/min, bio je veći za 296.5 mPas ( $p < 0.05$ ). Međutim, prema podacima prikazanim u *Tabeli P11*, može se zaključiti da u periodu od 7-og do 14-og dana skladištenja nije došlo do značajnih promena u strukturi kiselog kazeinskog gela. Najmanje promene viskoziteta u toku 14 dana skladištenja zabeležene su kod jogurta D3.

Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 0.5% IPM pri različitim brzinama rotacije spindla 21. dana skladištenja prikazana je u *Tabeli P11*, i na *Grafikonu 54*.

Nakon 21 dan skladištenja, najveće vrednosti viskoziteta pri svim brzinama rotacije spindla (gornja kriva) zabeležene su kod uzoraka D3. Pri 20 o/min viskozitet jogurta D3 bio je veći za 653.9 mPas ( $p < 0.05$ ) i 307.2 mPas ( $p < 0.05$ ) u poređenju sa vrednostima zabeleženim za uzorke D1 i D2. S obzirom da veća inicijalna vrednost viskoziteta uslovljava manji otpor kiselog kazeinskog gela na delovanje većih brzina smicanja, kod jogurta D3 je takođe uočena i najveća vrednost ukupnog smanjenja

viskoziteta – 647.5 mPas ( $p < 0.05$ ). S druge strane, blaži ultrazvučni tretman kozijeg mleka uticao je na formiranje gela koji je otporniji na delovanje sile smicanja, pa je ukupno smanjenje viskoziteta kod uzoraka D2 iznosilo 291.0 mPas ( $p < 0.05$ ). Na osnovu ovih podataka može se zaključiti da intenzivniji ultrazvučni tretman dovodi do formiranja gela koji je manje otporan na dejstvo sile smicanja. Veći početni viskozitet jogurta D3 i intenzivnije narušavanje njegove strukture pri većim brzinama rotacije spindla verovatno su posledica većeg broja masnih kapljica nastalih kao posledica homogenizacije ultrazvukom snage 400 W. Najveća površina petlje histerezisa (Grafikon 54.) uočena kod uzoraka D3, takođe ukazuje na na veći stepen rušenja i oporavljanja strukture gela tokom delovanja sile smicanja (Hassan et al., 2003).



Grafikon 54. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 0.5% IPM pri različitim brzinama rotacije spindla 21. dana skladištenja, D1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; D2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; D3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W

Najmanje vrednosti viskoziteta na kraju ispitivanog perioda skladištenja zabeležene su kod jogurta D1 (Tabela P11. i Grafikon 54.). Ukupno smanjenje viskoziteta iznosilo je 158.9 mPas ( $p < 0.05$ ), što je najmanja vrednost zabeležena u toku skladištenja. Razlika u viskozitetu pomenutog gela i uzoraka D2 i D3 potvrđuje pretpostavku da ultrazvučni tretman mleka utiče na formiranje nežnijeg i umreženijeg gela, što rezultira većim viskozitetom, ali i manjom otpornošću na delovanje sile smicanja.

U poslednjih 7 dana skladištenja, kod uzoraka D1 je uočeno značajno smanjenje viskoziteta. Najizraženije razlike u vrednostima viskoziteta mogu se uočiti pri malim

brzinama rotacije spindla - 20 o/min i 30 o/min. U poređenju sa vrednostima zabeleženim nakon 1, 7 i 14 dana, uzorci D1 su na kraju skladištenja imali manji viskozitet pri 20 o/min za 642.4 mPas ( $p < 0.05$ ), 626.5 mPas ( $p < 0.05$ ) i 777.5 mPas ( $p < 0.05$ ). Promene koje nastaju u kiselom kazeinskom gelu proizvedenom od mleka sa 0.5% IPM, očigledno se odvijaju u pravcu smanjenja proteinskih veza i slabljenja strukture proteinskog matriksa.

Kod jogurta proizvedenog od kozijeg mleka koje je tretirano ultrazvukom snage 200 W, najmanje vrednosti viskoziteta zabeležene su 21. dana skladištenja. Pri 20 o/min, uočene su manje vrednosti viskoziteta za 512.2 mPas ( $p < 0.05$ ), 167.4 mPas ( $p < 0.05$ ) i 463.9 mPas ( $p < 0.05$ ) u poređenju sa gelovima starim 1, 7 i 14 dana. Sa povećanjem brzine rotacije spindla, takođe su uočene značajne razlike u viskozitetu. Pri 60 o/min kod gelova D2 je 21. dana zabeležen manji viskozitet u odnosu na 1., 7. i 14. dan skladištenja za 220.5 mPas ( $p < 0.05$ ), 143.6 mPas ( $p < 0.05$ ) i 215.7 mPas ( $p < 0.05$ ). Nasuprot tome, primenjeni ultrazvučni tretman snage 400 W uticao je na formiranje strukture gela koji je bio relativno stabilan tokom skladištenja.

Uticao primenjenog ultrazvučnog tretmana mleka i vremena skladištenja na srednju vrednost viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM, pri različitim brzinama rotacije spindla prikazan je u *Tabeli 17.* i na *Grafikonu 55.*

Prvog dana skladištenja pri 20 o/min, kod jogurta D2 zabeležen je viskozitet veći za 185.9 mPas ( $p < 0.05$ ) i 355.9 mPas ( $p < 0.05$ ) u poređenju sa uzorcima D1 i D3. Međutim, sa povećanjem brzine rotacije spindla najveće vrednosti viskoziteta zabeležene su kod uzoraka D1. Pri brzini rotacije spindla od 30 o/min, kod jogurta D2 uočena je veća srednja vrednost viskoziteta u odnosu na jogurt D3 za 138.2 mPas ( $p > 0.05$ ), kao i manja vrednost viskoziteta za 82.2 mPas ( $p > 0.05$ ) u poređenju sa jogurtom D1. Daljim povećanjem brzine rotacije spindla do 60 o/min, u uzorcima D1 i D2 uočene su slične vrednosti viskoziteta. Takođe, pri brzinama rotacije spindla većim od 20 o/min nisu zabeležene značajne razlike u viskozitetu uzoraka D2 i D3. Osim toga, primenjeni ultrazvučni tretmani nisu uticali na viskozitet zabeležen pri delovanju maksimalne sile smicanja. Na osnovu izloženih podataka bi se moglo zaključiti da jogurt proizveden od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM na standardan način ima gel otporniji na veće brzine smicanja, što je značajno u proizvodnji čvrstog jogurta.

Tabela 17. Uticaj ultrazvučnog tretmana i vremena skladištenja na promenu srednje vrednosti viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5%

## IPM

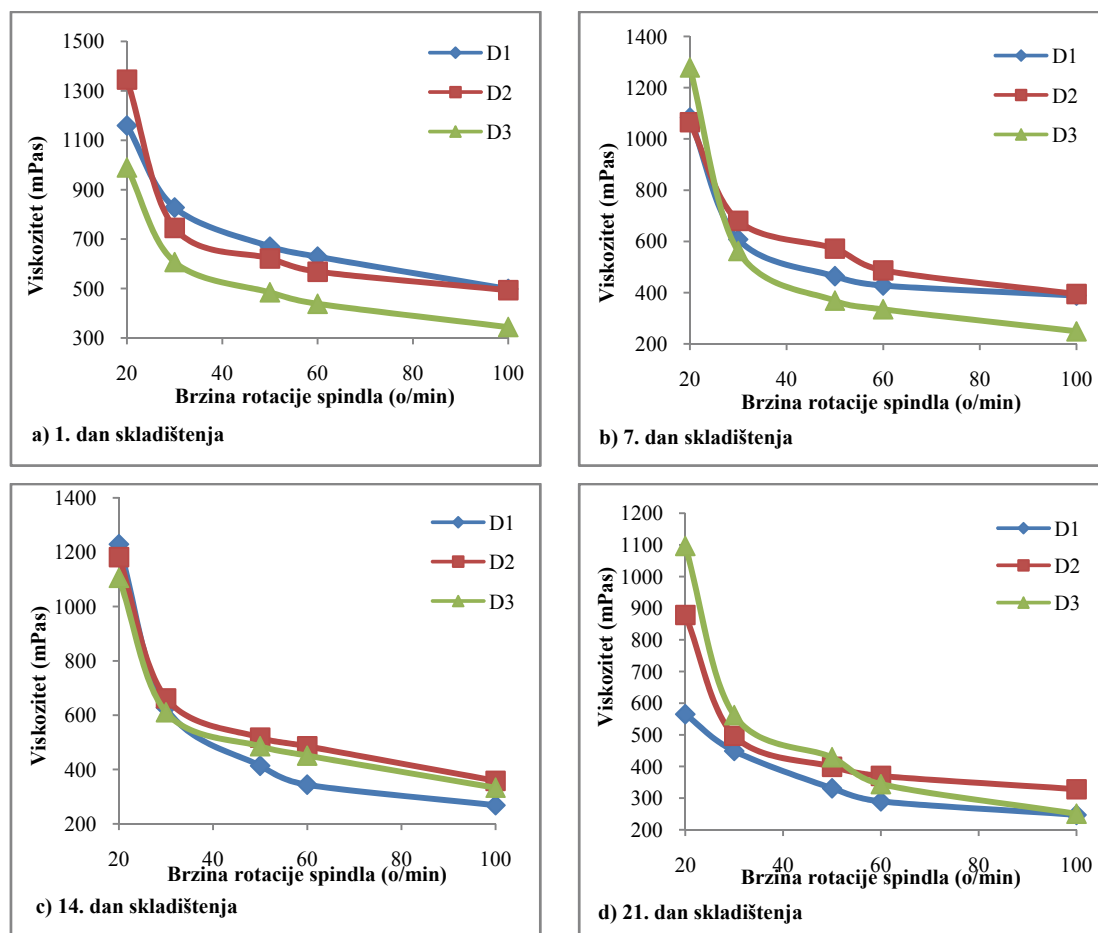
Uzorak	Vreme skladištenja (dani)	Brzina rotacije spindla (o/min)				
		20	30	50	60	100
		Viskozitet (mPas)				
D1	1	1159.4abB	827.6aA	669.9aA	628.9aA	498.0aA
	7	1083.2bB	608.2bA	464.1bA	427.9bAB	388.4abA
	14	1229.0aA	627.4bA	413.4bA	343.9bA	268.5bcA
	21	565.0cC	448.8cA	330.9bA	289.6bA	246.9cA
D2	1	1345.3aA	745.4aAB	621.6aAB	568.2aAB	493.5aA
	7	1065.6bB	680.3aA	571.9aA	486.8abA	394.8abA
	14	1181.7bA	661.9aA	517.2abA	485.3abA	358.4abA
	21	878.7cB	496.9bA	399.1bA	370.0bA	328.0bA
D3	1	989.4bC	607.2aB	484.5aB	438.1aB	344.1aA
	7	1279.1aA	562.0aA	368.3aA	334.6aB	248.8aA
	14	1105.2bA	610.7aA	485.5aA	451.0aA	332.8aA
	21	1096.7bA	561.9aA	428.8aA	344.1aA	250.2aA

\*Vrednosti sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja ( $p < 0.05$ )

\*\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno ( $p < 0.05$ )

Kod gelova starih 7 dana, pri 20 o/min najveću srednju vrednost viskoziteta pokazuju gelovi D3. Ova razlika iznosi 195.9 mPas ( $p < 0.05$ ) u odnosu na gel D1, odnosno 213.5 mPas ( $p < 0.05$ ) u odnosu na jogurt D2. Sa povećanjem brzine rotacije spindla na 30 o/min i 50 o/min nije uočena značajna razlika u viskozitetu između uzoraka. Međutim, pri 60 o/min jogurt D2 je imao veći viskozitet za 58.9 mPas ( $p > 0.05$ ) i 152.2 mPas ( $p < 0.05$ ) u odnosu na uzorke D1 i D3.

Nakon 14 dana skladištenja, pri svim brzinama rotacije spindla nisu zabeležene značajne razlike u srednjim vrednostima viskoziteta između uzoraka čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM. Može se pretpostaviti da su promene koje su se odvijale u periodu od 7-og do 14-og dana skladištenja dovele do ujednačavanja strukture ispitivanih uzoraka čvrstog jogurta, odnosno da primenjeni ultrazvučni tretmani nakon 14 dana skladištenja nisu uticali na viskozitet.



Grafikon 55. Uticaj ultrazvučnog tretmana na promenu srednje vrednosti viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 0.5% IPM,

D1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; D2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; D3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W

Pri 20 o/min, 21. dana skladištenja, najmanji viskozitet imali su uzorci D1 – 565.9 mPas ( $p < 0.05$ ). Pri istoj brzini rotacije spindla između uzoraka D2 i D3 je zabeležena razlika u viskozitetu od 218.0 mPas ( $p < 0.05$ ). Međutim, sa povećanjem brzine rotacije spindla, razlike u viskozitetu pomenutih gelova su manje izražene. Najveća razlika zabeležena je između uzoraka D3 i D1 pri 30 o/min – 113.0 mPas ( $p > 0.05$ ). Takođe, najmanja razlika u srednjoj vrednosti viskoziteta zabeležena je između gelova D3 i D1, i iznosila je svega 3.2 mPas ( $p > 0.05$ ).

Iz prikazanih podataka može se zaključiti da primenjeni ultrazvučni tretmani nisu imali veliki uticaj na viskozitet jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM, osim pri brzini rotacije spindla od 20 o/min. Međutim,

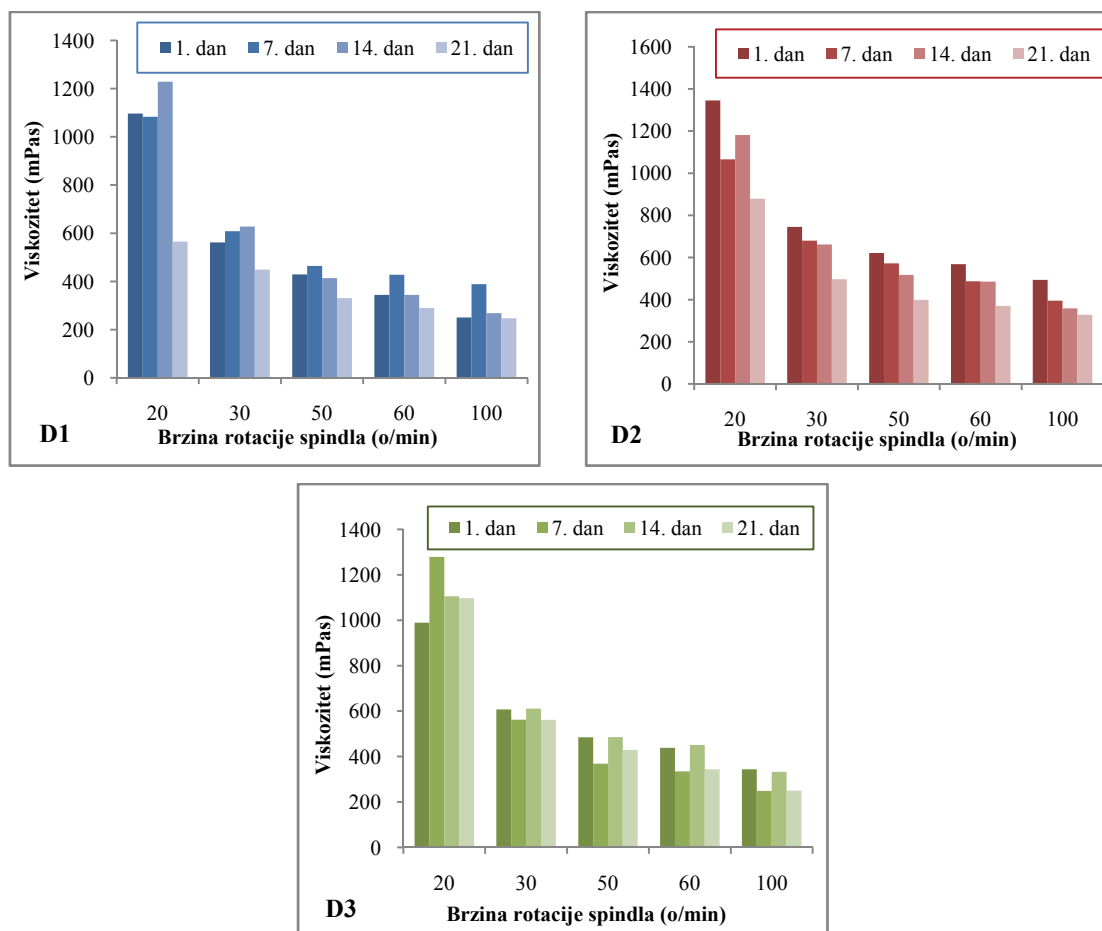
homogenizacija mlečne masti i smanjenje veličine kazeinskih micela koje nastaje kao posledica delovanja ultrazvuka uticali su na manju otpornost gelova prema delovanju sile smicanja, što je naročito izraženo u kasnijem period skladištenja.

U *Tabeli 17.* i na *Histogramu 14.* prikazan je uticaj vremena skladištenja na promenu srednje vrednosti viskoziteta uzoraka čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM.

Iz *Tabele 17.* i *Histograma 14.* se vidi da gel D1, star 14 dana, ima najveću srednju vrednost viskoziteta pri 20 o/min, koja iznosi 1229.0 mPas ( $p < 0.05$ ). Međutim, pri većim brzinama rotacije spindla (30, 50, 60 i 100 o/min) najveće srednje vrednosti pokazuje gel starosti 1 dan. Pri brzini rotacije spindla od 30 o/min, srednja vrednost viskoziteta gela starog 1 dan je za 219.4 mPas ( $p < 0.05$ ), 200.2 mPas ( $p < 0.05$ ) i 378.8 mPas ( $p < 0.05$ ) veća u odnosu na uzorke 7., 14. i 21. dana skladištenja. Pri delovanju maksimalne sile smicanja, između vrednosti viskoziteta 1. i 7. dana skladištenja nisu zabeležene značajne razlike. Međutim, u drugom delu skladištenja, pri 100 o/min zabeleženi viskozitet gelova starih 1 dan bio je veći za 229.5 mPas ( $p < 0.05$ ) i 251.1 mPas ( $p < 0.05$ ) u poređenju sa gelovima starim 14 i 21 dan.

U uzorcima čvrstog jogurta proizvedenim uz primenu ultrazvuka snage 200 W (D2), pri svim brzinama rotacije spindla, najveće srednje vrednosti viskoziteta zabeležene su prvog dana skladištenja. Pri 20 o/min viskozitet gelova starih 1 dan bio je veći za 279.7 mPas ( $p < 0.05$ ), 163.6 mPas ( $p < 0.05$ ) i 466.6 mPas ( $p < 0.05$ ). Sa povećanjem brzine rotacije spindla, značajno veće srednje vrednosti viskoziteta jogurta 1. dana proizvodnje zabeležene su jedino u odnosu na uzorke starosti 21 dan. Sa druge strane, nakon 21 dan skladištenja, jogurt D2 je imao značajno manji viskozitet pri manjim brzinama rotacije spindla (20 o/min i 30 o/min) u poređenju sa uzorcima 1., 7. i 14. dana. Međutim, pri 60 o/min i 100 o/min nisu ustanovljene razlike u viskozitetu uzoraka starosti 7, 14 i 21 dan. Iz prikazanih rezultata se može pretpostaviti da se najveće promene u strukturi gela proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM, koje je tretirano ultrazvukom snage 200 W, odvijaju u prvih 7 dana skladištenja.



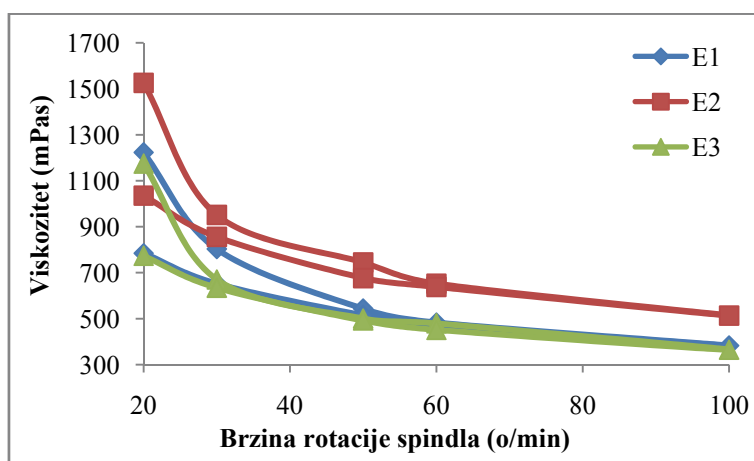


*Histogram 14. Uticaj perioda skladištenja na srednje vrednosti viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM*

U Tabeli 17. i na *Histogramu 14.* prikazan je uticaj vremena skladištenja na srednje vrednosti viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog primenom ultrazvuka snage 400 W (D3). Kod ovih gelova, jedine značajne razlike u srednjoj vrednosti viskoziteta primećene su pri brzini rotacije spindla od 20 o/min. Viskozitet je 7. dana skladištenja bio manji za 289.7 mPas ( $p < 0.05$ ), 173.9 mPas ( $p < 0.05$ ) i 182.4 mPas ( $p < 0.05$ ) u poređenju sa gelovima 1., 14. i 21. dana skladištenja. Sa povećanjem brzine rotacije spindla nisu zabeležene razlike u viskozitetu jogurta D3 tokom skladištenja, pa se može zaključiti da ultrazvučni tretman snage 400 W utiče na formiranje kiselog kazeinskog gela, čija se struktura ne menja tokom skladištenja.

#### 5.4.2.5. Uticaj dodatka 1% izolata proteina mleka i ultrazvučnog tretmana na promenu viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka pri različitim brzinama rotacije spindla

Vrednosti viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% IPM, pri različitim brzinama rotacije spindla, prikazane su u *Tabeli P12. (Prilog)* i na *Grafikonima 56., 57., 58. i 59.*



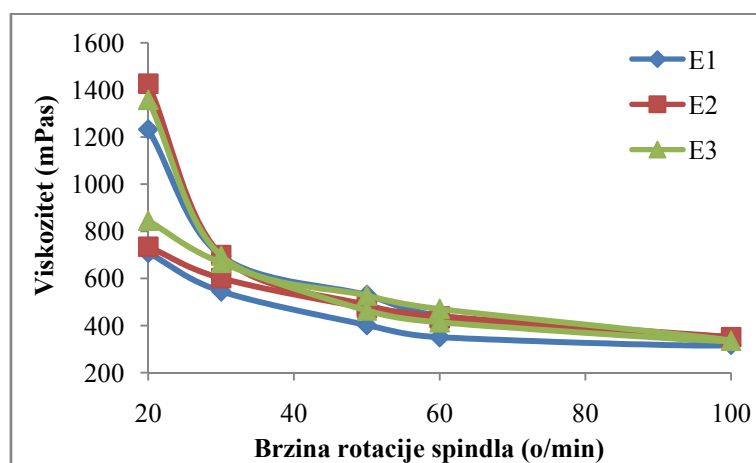
*Grafikon 56. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 1% IPM pri različitim brzinama rotacije spindla 1. dana skladištenja, E1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; E2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; E3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W*

Uticaj primenjenog ultrazvučnog tretmana na promenu srednje vrednosti viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% IPM, nakon 1 dan skladištenja, prikazan je na *Grafikonu 56.*

Iz prikazanih podataka vidi se da jogurt proizveden uz primenu ultrazvuka snage 200 W ima najveće vrednosti viskoziteta pri svim brzinama rotacije spindla. Veći viskozitet uzoraka E2 u poređenju sa jogurtom E1 može se pripisati usitnjavanju masnih kapljica prilikom ultrazvučnog tretmana mleka (*Van Vilet, 1988; Wu et al., 2001*). Tretiranje mleka ultrazvukom veće snage trebalo bi da dovede do intenzivnije homogenizacije mleka i većeg viskoziteta jogurta. Međutim, u ovim istraživanjima, manje vrednosti viskoziteta zabeležene su kod jogurta proizvedenog od mleka koje je tretirano ultrazvukom snage 400 W. Razlika u viskozitetu je naročito izražena pri 20

o/min (gornja kriva) i iznosi 351.7 mPas ( $p < 0.05$ ). S obzirom da su uzorci E2 i E3 bili sličnog hemijskog sastava (Tabela 7.) može se pretpostaviti da je manji viskozitet jogurta E3 posledica delovanja ultrazvuka na proteine mleka. Ukupno smanjenje viskoziteta je bilo slično za sva tri uzorka i kretalo se od 438.2 – 490.3 mPas.

Promena viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa 1% IPM pri različitim brzinama rotacije spindla 7. dana skladištenja prikazana je u Tabeli P12. i na Grafikonu 57.



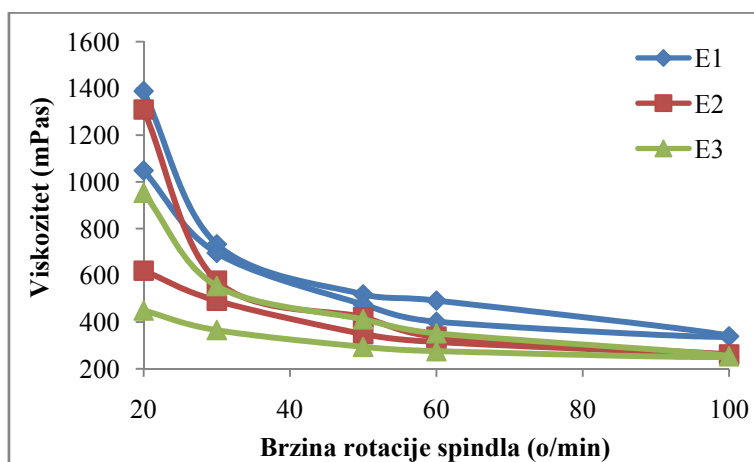
Grafikon 57. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 1% IPM pri različitim brzinama rotacije spindla 7. dana skladištenja, E1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; E2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; E3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W

Pri brzini rotacije spindla od 20 o/min najveću vrednost viskoziteta ima jogurt E2, a najmanju jogurt proizveden na standardan način. Pri malim brzinama rotacije spindla kod donje krive (20 i 30 o/min) najveće vrednosti viskoziteta ima jogurt proizveden od kozijeg mleka koje je tretirano ultrazvukom snage 200 W. Ukupno smanjenje viskoziteta pri 20 o/min, između vrednosti gornje i donje krive iznosi 524.1 mPas, 692.5 mPas i 513.5 mPas respektivno, za uzorke E1, E2 i E3.

U poređenju sa prvim danom skladištenja, značajno manje vrednosti viskoziteta mogu se uočiti kod jogurta E2 (Tabela P12). Pri 20 o/min, u merenjima za gornju krivu, razlika je iznosila 98.9 mPas ( $p > 0.05$ ). Međutim, sa povećanjem brzine rotacije spindla, jogurt E2 je nakon 7 dana skladištenja imao značajno manje vrednosti viskoziteta. Manji viskozitet je takođe zabeležen i pri merenjima za donju krivu, pri svim brzinama

rotacije spindla, osim pri 30 o/min. Na osnovu prikazanih podataka može se zaključiti da homogenizovane masne kapljice i promene u veličini kazeinskih micela nastale kao posledica delovanja ultrazvuka menjaju osobine kiselog kazeinskog gela u prvih 7 dana skladištenja. Takođe, može se pretpostaviti da se tokom skladištenja smanjuje broj proteinskih veza. S druge strane, intenzivniji ultrazvučni tretman mleka nije uticao na promenu viskoziteta jogurta E3 tokom prvih 7 dana skladištenja. Jedina zabeležena razlika u viskozitetu je pri 20 o/min – 183.8 mPas ( $p < 0.05$ ). Takođe, na osnovu podataka dobijenih za 1. i 7. dan skladištenja, može se zaključiti da kod jogurta E1 nije došlo do značajne promene strukture proteinskog matriksa.

Na *Grafikonu 58.* je prikazana promena viskoziteta uzoraka jogurta pri različitim brzinama rotacije spindla 14. dana skladištenja.



*Grafikon 58. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 1% IPM pri različitim brzinama rotacije spindla 14. dana skladištenja, E1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; E2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; E3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W*

Nakon 14 dana skladištenja najveće vrednosti viskoziteta, pri svim brzinama rotacije spindla zabeležene su kod jogurta E1. Ukupno smanjenje viskoziteta iznosilo je 339.8 mPas ( $p < 0.05$ ), što što je najmanja vrednost zabeležena tokom skladištenja. Poredeći vrednosti viskoziteta pri 20 o/min (*Tabela P12*) može se uočiti da je jogurt E1 imao veći viskozitet u poređenju sa jogurtom E2 za 78.4 mPas ( $p > 0.05$ ), odnosno 435 mPas ( $p < 0.05$ ) u poređenju sa jogurtom E3. Pri malim brzinama rotacije spindla od 20 o/min i 30 o/min (donja kriva), jogurt E1 je takođe imao veći viskozitet od uzoraka E2 i

E3 ( $p < 0.05$ ). Uzorci proizvedeni uz primenu ultrazvuka su imali slične vrednosti viskoziteta pri svim brzinama rotacije spindla osim pri 20 o/min (gornja kriva) kada je viskozitet jogurta E2 bio veći za 356.6 mPas ( $p < 0.05$ ).

Kod jogurta E2, vrednost viskoziteta tokom vremena smanjuje se sa starošću gela, pa se kao i nakon 7 dana, kod jogurta E2 starosti 14 dana mogu uočiti značajno manje vrednosti viskoziteta u poređenju sa prvim danom skladištenja (*Tabela P12*). Najveća razlika zabeležena je na kraju merenja pri 20 o/min – 415.3 mPas ( $p < 0.05$ ). Međutim, male razlike u viskozitetu jogurta E2 starog 7 i 14 dana ukazuju da su u ovom periodu skladištenja gelovi bili slične umreženosti.

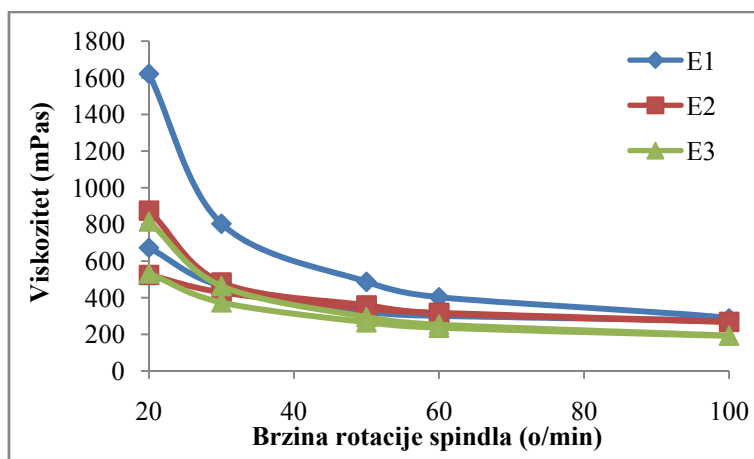
U poređenju sa gelovima starim 1 i 7 dana, uzorci E1 su nakon 14 dana skladištenja pri 20 o/min imali veći viskozitet. Razlika je pri merenjima za gornju krivu iznosila 165.4 mPas i 155.7 mPas ( $p < 0.05$ ), dok su pri merenjima za donju krivu dobijene vrednosti veće za 263.9 mPas i 340.0 mPas ( $p < 0.05$ ). Pri većim brzinama rotacije spindla, nisu uočene značajne razlike između gelova starih 14 dana i jogurta nakon 1 i 7 dana skladištenja.

Manji viskozitet 14. dana skladištenja zabeležen je i kod jogurta E3. Na početku merenja pri 20 o/min, jogurt E3 je 14. dana skladištenja imao manji viskozitet u poređenju sa uzorcima nakon 1 i 7 dana za 220.7 mPas i 356.6 mPas ( $p < 0.05$ ). Značajno manje vrednosti viskoziteta zabeležene su i pri merenjima za donju krivu, sa smanjenjem brzine rotacije spindla od 50 o/min do 20 o/min. Na kraju merenja, viskozitet je 14. dana bio manji za 323.7 mPas i 394.9 mPas ( $p < 0.05$ ). Ovi podaci nam ukazuju da u jogurtu proizvedenom od mleka tretiranog ultrazvukom snage 400 W, dolazi do značajnih promena strukture, što za posledicu ima smanjenje viskoziteta tokom skladištenja.

Promena viskoziteta uzoraka jogurta pri različitim brzinama rotacije spindla 21. dana skladištenja prikazana je na *Grafikonu 59*.

Iz podataka prikazanih na *Grafikonu 59*. i u *Tabeli P12. (Prilog)*, uočava se da pri 20 o/min najmanji viskozitet koji iznosi 815.5 mPas ima jogurt E3, a najveću vrednost viskoziteta od 1621.7 mPas ima jogurt E1. Kao što je ranije navedeno, gelovi sa većom početnom vrednošću viskoziteta pokazuju manji otpor ka promeni strukture pod dejstvom većih brzina smicanja, pa je ukupno smanjenje viskoziteta kod jogurta E1 bilo veće za 597.9 mPas i 665.6 mPas ( $p < 0.05$ ) u odnosu na uzorke E2 i E3. Na kraju

ispitivanog perioda skladištenja, uzorci E2 i E3 su imali slične vrednosti viskoziteta ( $p > 0.05$ ). Izloženi rezultati ukazuju da nakon 21 dan skladištenja, jogurt proizveden uz primenu ultrazvuka ima manji viskozitet, ali i strukturu proteinskog matriksa koja je otpornija na delovanje sile smicanja.



Grafikon 59. Promena viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 1% IPM pri različitim brzinama rotacije spindla 21. dana skladištenja, E1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; E2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; E3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W

Iako se homogenizacijom mleka postiže veći viskozitet jogurta (Tamime et al., 1996), kod uzoraka proizvedenih uz primenu ultrazvuka zabeležen je manji viskozitet. Očigledno je da disocijacija kazeinskih micela koja nastaje delovanjem ultrazvuka (Riener et al., 2009b) i smanjenje broja proteinskih veza kod jogurta proizvedenog od mleka sa dodatkom 1% IPM nadjačava pozitivan uticaj homogenizacije mlečne masti, koja je takođe posledica ultrazvučnog delovanja.

Poredeći vrednosti viskoziteta jogurta E1 u toku 21 dana skladištenja (Tabela P12), može se uočiti da je jogurt star 14 dana podložan najmanjim promenama strukture tokom delovanja sile. Najveći viskozitet, ali i najizraženije ukupno smanjenje viskoziteta zabeleženo je 21. dana skladištenja. Pri 20 o/min (gornja kriva) uzorci E1 su na kraju skladištenja imali manji viskozitet u poređenju sa vrednostima zabeleženim nakon 1, 7 i 14 dana za 398.6 mPas, 388.9 mPas i 233.2 mPas ( $p < 0.05$ ). Kao i kod jogurta proizvedenog od mleka sa dodatkom 0.5% IPM, i kod uzoraka E1 se u toku

skladištenja odvijaju promene koje dovode do slabljenja strukture kiselog kazeinskog gela.

Kod jogurta E2 zabeleženo je smanjenje viskoziteta tokom skladištenja pri svim brzinama rotacije spindla. U poređenju sa gelovima starim 1, 7 i 14 dana, u jogurtu E2 su 21. dana skladištenja uočene značajne razlike u viskozitetu pri malim brzinama rotacije spindla. Na početku merenja, pri 20 o/min, viskozitet je bio manji za 650.5 mPas, 551.6 mPas i 434.7 mPas ( $p < 0.05$ ). Pri istoj brzini smicanja, u merenjima za donju krivu, viskozitet je 21. dana bio manji u odnosu na vrednosti zabeležene nakon 1, 7 i 14 dana za 511.1 mPas ( $p < 0.05$ ), 210.0 mPas ( $p < 0.05$ ) i 95.8 mPas ( $p > 0.05$ ).

Kod jogurta proizvedenog od kozijeg mleka koje je tretirano ultrazvukom snage 400 W (E3), najmanje vrednosti viskoziteta zabeležene su 21. dana skladištenja. Pri 20 o/min, viskozitet je u poređenju sa vrednostima viskoziteta zabeleženim nakon 1, 7 i 14 dana skladištenja bio manji za 358.7 mPas ( $p < 0.05$ ), 542.5 mPas ( $p < 0.05$ ) i 138.0 mPas ( $p < 0.05$ ). Sa povećanjem brzine rotacije spindla, takođe su uočene manje vrednosti viskoziteta kod jogurta starosti 21 dan. Pri 60 o/min kod gelova E3 je 21. dana zabeležen manji viskozitet u odnosu na 1., 7. i 14. dan skladištenja za 226.3 mPas ( $p < 0.05$ ), 217.1 mPas ( $p < 0.05$ ) i 98.9 mPas ( $p > 0.05$ ). Razlike u viskozitetu 14. i 21. dana, pri svim brzinama rotacije spindla su male, pa se može zaključiti da j u poslednjih 7 dana skladištenja nije došlo do značajnijih promena u strukturi gela.

Promena srednje vrednosti viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% IPM prikazana je u *Tabeli 18.*, kao i na *Grafikonu 60.* i *Histogramu 15.*

Iz *Tabele 18.* i *Grafikona 60a.* se vidi da su prvog dana skladištenja, pri svim brzinama rotacije spindla najveće srednje vrednosti viskoziteta zabeležene kod uzoraka E2. U poređenju sa uzorcima E1 i E3, pri 20 o/min, jogurt E2 je imao veći viskozitet za 342.1 mPas ( $p < 0.05$ ) i 329.3 mPas ( $p < 0.05$ ). Takođe, pri brzinama rotacije spindla od 30, 50 i 60 o/min, uočene su značajno veće vrednosti viskoziteta jogurta E2 u odnosu na uzorke E1 i E3. Pri delovanju maksimalne sile smicanja nisu zabeležene razlike u viskozitetu uzoraka iz ove grupe. Sa druge strane, pri svim brzinama rotacije spindla uzorci E1 i E2 imali su slične vrednosti viskoziteta ( $p > 0.05$ ). Dobijeni podaci nam ukazuju, da se primenom ultrazvučnog tretmana snage 400 W dobija gel, čija je struktura otpornija na velike brzine smicanja.

Tabela 18. Uticaj ultrazvučnog tretmana i vremena skladištenja na promenu srednje vrednosti viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1%

## IPM

Uzorak	Vreme skladištenja (dani)	Brzina rotacije spindla (o/min)				
		20	30	50	60	100
		Viskozitet (mPas)				
E1	1	1061.2aB	632.1aB	501.2aB	453.4aB	363.7aA
	7	1101.8aA	590.2aA	465.7aA	395.9aA	318.9aA
	14	1303.6aA	649.6aA	497.0aA	446.9aA	339.4aA
	21	1380.1aA	584.5aA	405.5aA	352.1aA	286.2aA
E2	1	1403.3aA	850.8aA	719.6aA	645.4aA	513.9aA
	7	1253.9abA	595.8bA	480.4bA	435.0bA	351.0bA
	14	1137.6bA	534.7bAB	384.9bA	326.2bA	261.8bA
	21	787.7cB	456.4bA	349.3bA	316.1bA	268.6bA
E3	1	1074.0bB	602.0aB	496.3aB	465.3aB	365.0aA
	7	1229.6aA	629.9aA	495.5aA	441.8aA	335.0abA
	14	825.2cB	444.0bB	353.0abA	313.8aA	253.6abA
	21	744.7cB	419.0bA	280.1bA	244.6bA	192.8bA

\*Vrednosti sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja ( $p < 0.05$ )

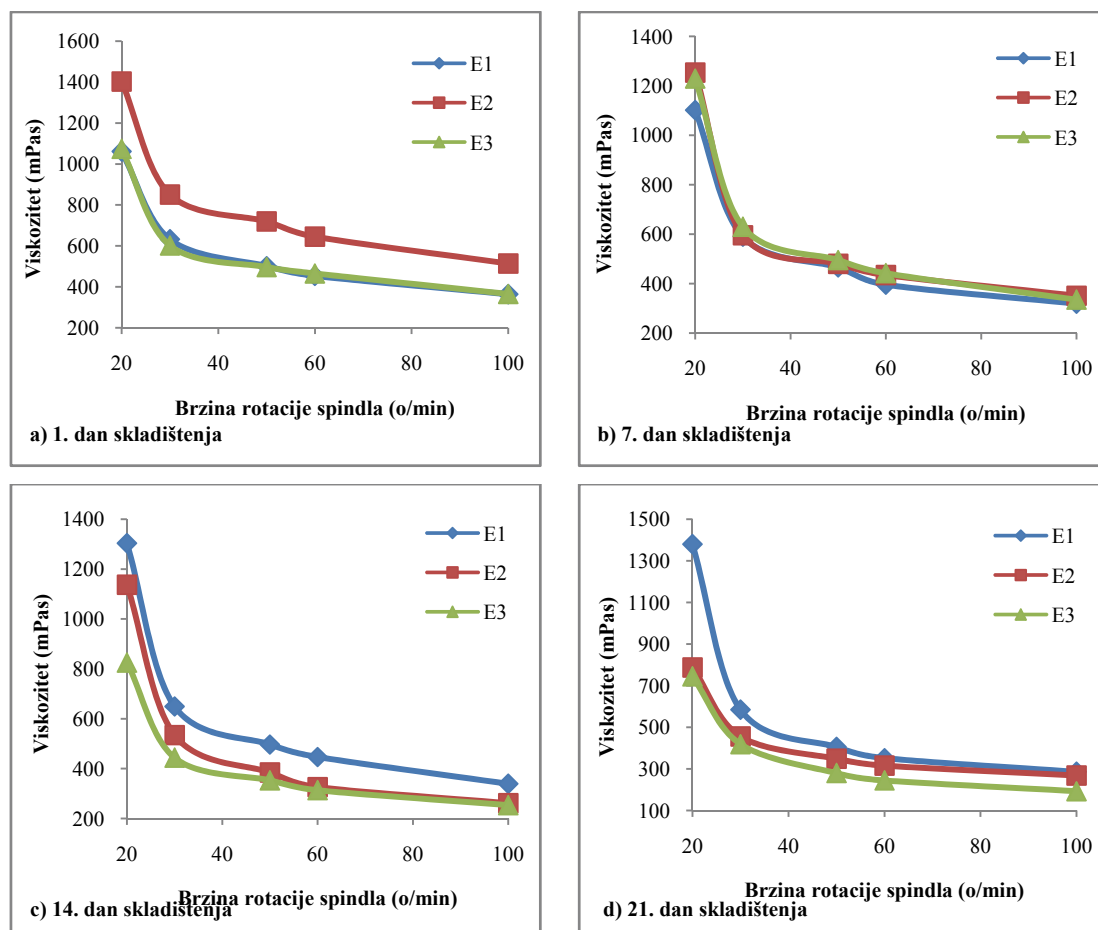
\*\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno ( $p < 0.05$ )

Nakon 7 dana skladištenja, pri svim brzinama rotacije spindla, uočene su slične vrednosti viskoziteta kod sva tri uzorka (Tabela 18. i Grafikon 60b.). Najveće razlike u viskozitetu uzorka zabeležene su pri 20 o/min. Pri ovoj brzini rotacije spindla viskozitet jogurta E2 je bio veći u poređenju sa jogurtom E1 i E3 za 155.1 mPas ( $p > 0.05$ ) i 24.3 mPas ( $p > 0.05$ ). Sa povećanjem brzine rotacije spindla razlike u viskozitetu su još manje izražene. Pri 50 o/min srednja vrednost viskoziteta svih gelova približno je jednaka i kreće se u intervalu 465.7 – 495.5 mPas ( $p > 0.05$ ). Takođe, pri delovanju maksimalne sile smicanja nisu uočene značajne razlike u viskozitetu jogurta. Dobijeni podaci nam ukazuju da nakon 7 dana skladištenja primenjeni ultrazvučni tretmani nemaju uticaja na viskozitet jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% IPM.

Iz Tabele 18. i Grafikona 60c. se vidi da 14. dana skladištenja jogurt E1 ima najveću srednju vrednost viskoziteta pri 20 o/min, koja iznosi 1303.6 mPas, što je za 166.0 mPas ( $p > 0.05$ ) i 478.4 mPas ( $p < 0.05$ ) veći viskozitet u poređenju sa uzorcima E2 i E3. Takođe, viskozitet jogurta E2 bio je veći od vrednosti viskoziteta zabeležene kod jogurta E3 za 312.4 mPas ( $p < 0.05$ ). Značajne razlike u viskozitetu uzorka zabeležene su i pri brzini rotacije spindla od 30 o/min, kada je jogurt E3 imao manji viskozitet za



205.6 mPas ( $p < 0.05$ ) i 90.7 mPas ( $p > 0.05$ ) u odnosu na uzorke E1 i E2. Međutim, pri većim brzinama rotacije spindla, uočene razlike u viskozitetu nisu bile statistički značajne, pa se može zaključiti da nakon 14 dana skladištenja primenjeni ultrazvučni tretmani mleka nisu uticali na otpornost gelova pri većim brzinama smicanja.



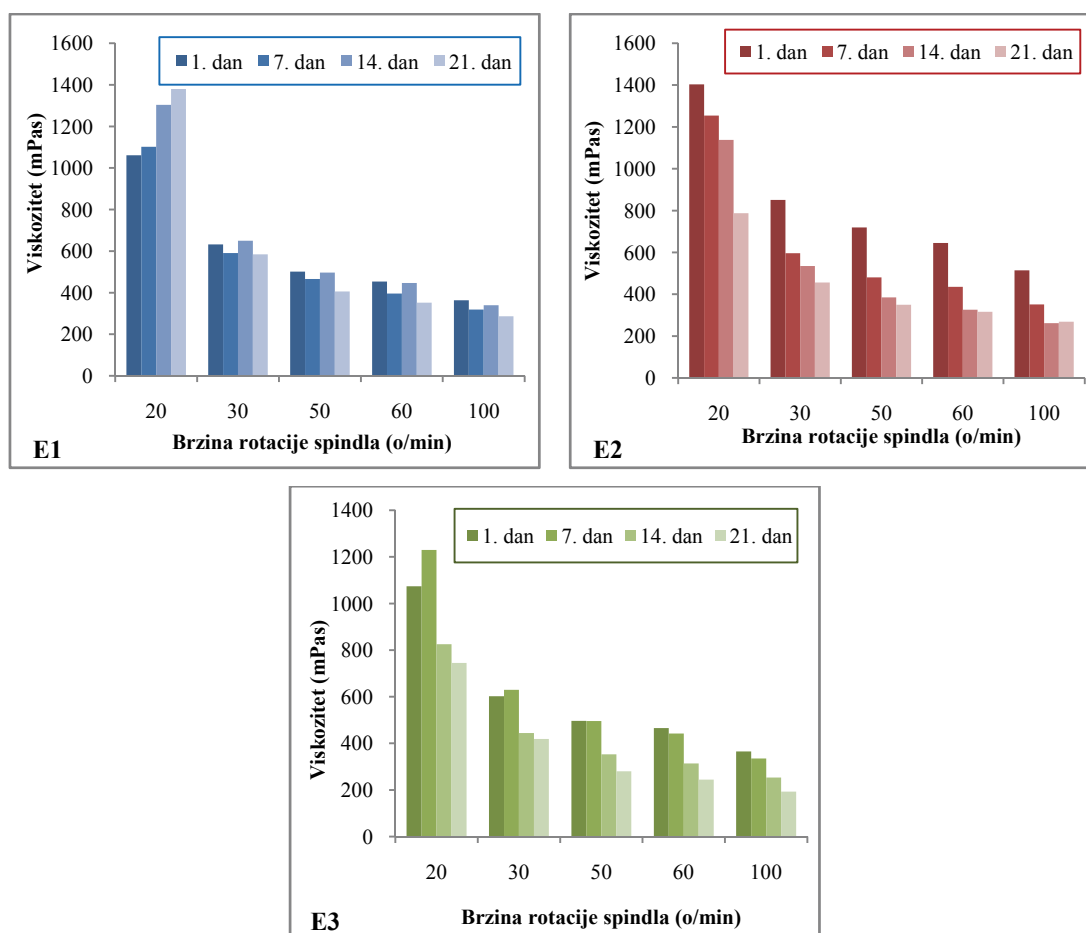
Grafikon 60. Uticaj ultrazvučnog tretmana na promenu srednje vrednosti viskoziteta uzoraka jogurta proizvedenih od kozijeg mleka sa 1% IPM,

E1 - čvrsti jogurt proizveden na standardan način; E2 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 200 W; E3 - čvrsti jogurt proizveden primenom UZ snage 400 W

Iz podataka prikazanih u Tabeli 18. i na Grafikonu 60d. može se uočiti da su najveće srednje vrednosti viskoziteta pri svim brzinama rotacije spindla imali uzorci E1. Najmanji viskozitet je, kao i 14. dana skladištenja, zabeležen kod jogurta E3. Pri 20 o/min viskozitet jogurta E1 bio je veći za 592.4 mPas ( $p < 0.05$ ) i 635.4 mPas ( $p < 0.05$ ) u odnosu na uzorke E2 i E3. Pri većim brzinama rotacije spindla (30, 50, 60 i 100 o/min)

nisu zabeležene značajne razlike u srednjoj vrednosti viskoziteta između uzoraka E1, E2 i E3. Iz prikazanih podataka može se zaključiti da se primenom ultrazvučnih tretmana smanjuje viskozitet jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% IPM. Međutim, ultrazvučni tretmani mleka nisu uticali na otpornost gelova na delovanje velikih brzina smicanja. Takođe, jačina primenjenog ultrazvuka nije imala značajniji uticaj na strukturu gelova.

U Tabeli 18. i na *Histogramu 15.* prikazan je uticaj vremena skladištenja na promenu srednje vrednosti viskoziteta uzoraka čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% IPM.



*Histogram 15. Uticaj perioda skladištenja na srednje vrednosti viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% IPM*

U uzorcima čvrstog jogurta E1 pri 20 o/min, srednja vrednost viskoziteta je približno jednaka nakon 1 i 7 dana skladištenja. Slične vrednosti viskoziteta pri ovoj

brzini rotacije spindla imali su i gelovi stari 14 i 21 dan. Međutim, nakon 14 dana skladištenja, viskozitet je bio veći za 242.4 mPas ( $p < 0.05$ ) i 201.8 mPas ( $p < 0.05$ ) u poređenju sa vrednostima zabeleženim 1. i 7. dana. Sa povećanjem brzine smicanja nije uočena značajna razlika u viskozitetu gelova tokom skladištenja, što ukazuje na male promene u strukturi jogurta proizvedenog na standardan način.

Kod jogurta proizvedenog uz primenu ultrazvuka snage 200 W (E2), pri svim brzinama rotacije spindla, najveće srednje vrednosti viskoziteta zabeležene su 1. dana skladištenja (*Histogram 15.*). Pri 20 o/min gelovi stari 1 dan su u poređenju sa gelovima starosti 7, 14 i 21 dan, imali veći viskozitet za 149.4 mPas ( $p > 0.05$ ), 265.7 mPas ( $p < 0.05$ ) i 615.6 mPas ( $p < 0.05$ ). Sa povećanjem brzine rotacije spindla (od 30 o/min do 100 o/min), viskozitet jogurta starog 1 dan bio je značajno veći u poređenju sa gelovima 7., 14. i 21. dana, što ukazuje na veću otpornost proteinskog matriksa na delovanje sile smicanja 1. dana nakon proizvodnje, u odnosu na kasniji period skladištenja. Sa druge strane, pri ovim brzinama rotacije spindla nisu ustanovljene značajne razlike u viskozitetu gelova starosti 7, 14 i 21 dan. Samim tim, može se pretpostaviti da kod jogurta E2 nije došlo do značajnih promena u strukturi gela tokom skladištenja u periodu od 7-og do 21. dana.

Najveći uticaj na srednje vrednosti viskoziteta, u ovoj grupi uzoraka, zabeležen je kod jogurta E3. Najveći viskozitet pri 20 o/min od 1229.6 mPas imali su gelovi nakon 7 dana skladištenja, što je za 155.6 mPas ( $p < 0.05$ ), 404.4 mPas ( $p < 0.05$ ) i 484.9 mPas ( $p < 0.05$ ) veća vrednost kada se poredi sa gelovima starosti 1, 14 i 21 dan. Prvog dana skladištenja, jogurt E3 ima značajno veće srednje vrednosti viskoziteta pri brzinama rotacije spindla od 50, 60 i 100 o/min u poređenju sa gelovima 7., 14. i 21 dana skladištenja. Takođe, značajno veći viskozitet od 158.0 mPas ( $p < 0.05$ ), odnosno 183.0 mPas ( $p < 0.05$ ) uočen je 1. dana skladištenja, pri 30 o/min, u odnosu na vrednosti zabeležene nakon 7 i 14 dana. Dobijeni podaci nam ukazuju da se veze formirane tokom skladištenja unutar kiselog kazeinskog lakše kidaju pod dejstvom spoljašnjih sila.

## 5.5. MIKROSTRUKTURA ČVRSTOG JOGURTA OD KOZIJE MLEKA

Mikrostruktura proizvoda određuje fizička svojstva kao što su viskozitet, čvrstina, elastičnost i sklonost ka sinerezi.

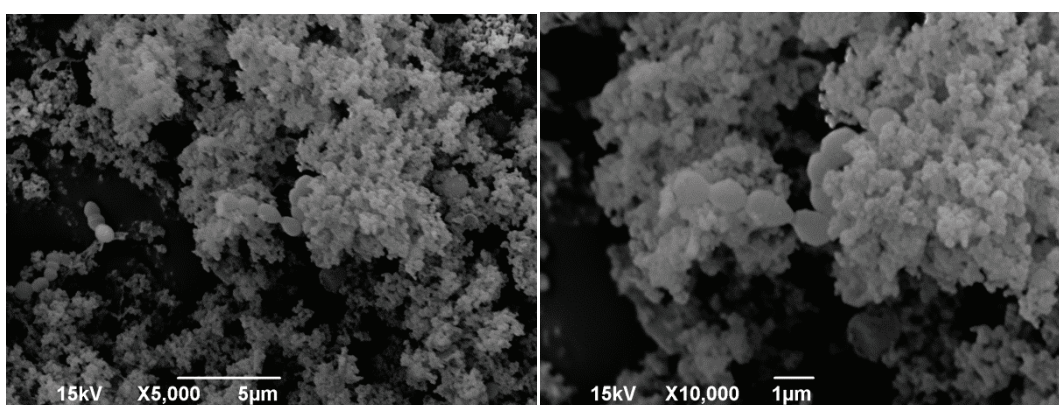
Trodimenzionalna mreža proteinskog matriksa u kiselom kazeinskom gelu nastaje povezivanjem kazeinskih micela u duge lance i agregate između kojih je imobilizovana tečna faza, dok globule masti popunjavaju gel. Step interakcije između kazeinskih micela zavisi od sadržaja kazeina i proteina surutke koji učestvuju u formiranju gela. Starter kulture koje se koriste u proizvodnji jogurta formiraju pore u gelu i vezuju se za proteinski matriks nitima koje su verovatno po svojoj prirodi polisaharidi (Kalab, 1979). Za proizvodnju jogurta dobrih reoloških karakteristika neophodno je koristiti mleko koje je podvrgnuto oštrim režimima termičke obrade. Jogurt proizveden od termički tretiranog mleka ima veću čvrstinu i manji sinerezis u odnosu na jogurt proizveden od termički netretiranog mleka. Njegova mikrostruktura je finija, gel čine manje čestice, a tečna faza je bolje uklopljena u ovakvom gelu. Takođe, koagregati proteina mleka locirani na površini micela smanjuju sinerezis (Kalab, 1979; Lucey et al., 1999).

Čvrsti jogurt dobrih karakteristika odlikuje se homogenom konzistencijom, dobrom sposobnošću vezivanja vode, smanjenim sinereziom i svojstvenom mikrostrukturom. Osim primenjenog termičkog tretmana, navedene karakteristike čvrstog jogurta mogu se poboljšati koncentrisanjem mleka membranskim procesima, dodavanjem stabilizatora, obranog mleka u prahu, proteina surutke, koncentrata proteina surutke i dr. (Martín-Diana et al., 2003; Lucey, 2004). Prema Bhullar et al. (2002) i Antunes et al. (2004) dodatkom koncentrata proteina surutke povećava se viskozitet i smanjuje sinerezis kiselog kazeinskog gela.

Primenom ultrazvučnog tretmana mleka pre inokulacije dobija se jogurt veće čvrstine, veće sposobnosti vezivanja vode i boljih senzornih karakteristika (Riener et al., 2009b; 2010). U odnosu na termički tretirano mleko, u mleku koje je podvrgnuto delovanju ultrazvuka značajno je niži stepen denaturacije proteina surutke. Samim tim, poboljšane reološke karakteristike jogurta proizvedenog od mleka tretiranog ultrazvukom su posledica promena na kazeinskim micelama, kao i interakcija između

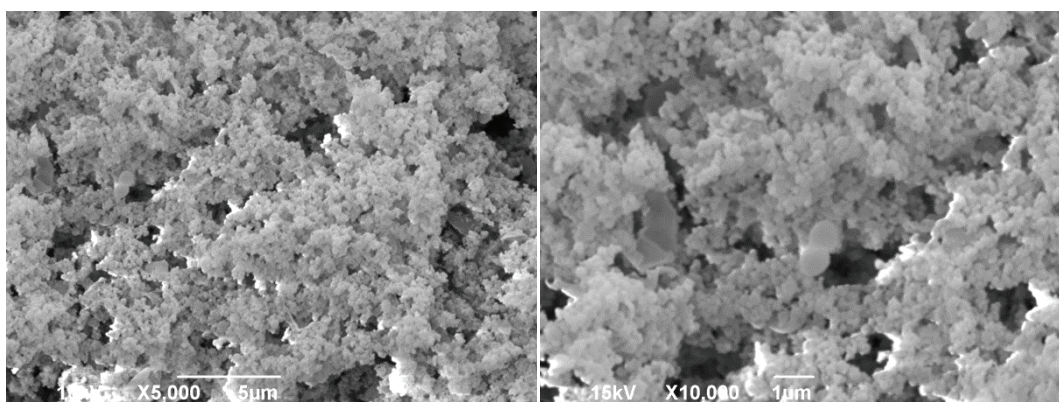
kazeina i denaturisanih proteina surutke (Nguyen i Anema, 2010). Poboljšana konzistencija jogurta takođe je posledica homogenizacije mleka (van Vliet i Dentener-Kikkert, 1982; Tamime i Robinson, 1988; Cho et al., 1999; Maćej et al., 2007), koja nastaje primenom ultrazvuka (Wu et al., 2001; Režek Jambrak et al., 2009).

Mikrostruktura čvrstog jogurta od kozijeg mleka proizvedenog na standardan način prikazana je na *Slici 7*. Uočava se da je proteinska mreža sastavljena od agregata i lanaca kazeinskih micela koje i dalje imaju primetan globularni oblik. U praznom međuprostoru uočene su streptokoke.



*Slika 7. Mikrostruktura čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka na standardan način (A1)*

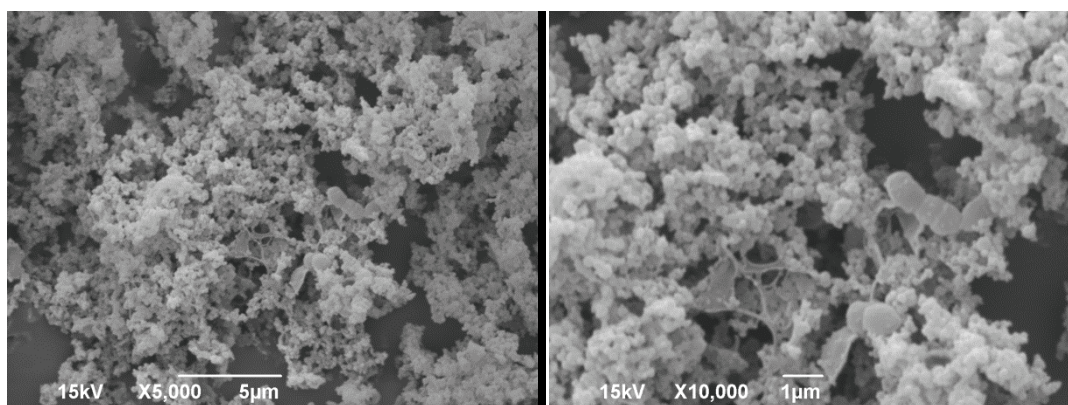
Mikrostruktura čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka tretiranog ultrazvukom snage 200 W prikazana je na *Slici 8*.



*Slika 8. Mikrostruktura čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka tretiranog ultrazvukom snage 200 W (A2)*

Tretman kozijeg mleka ultrazvukom snage 200 W utiče na formiranje guste, kompaktne trodimenzionalne strukture gela, izgrađene od zadebljanih proteinskih lanaca. Ultrazvuk snage 200 W uticao je i na smanjenje prečnika pora unutar proteinskog matriksa, pa je kod ovih uzoraka zabeležen manji sinerezis u poređenju sa uzorcima proizvedenim bez primene ultrazvuka (*Histogram 1.*). Naime, umreženiji gel sa manjim porama smanjuje sinerezis i povećava sposobnost vezivanja vode (*Lee i Lucey, 2003*). Efekat homogenizacije koji se postiže primenom ultrazvuka dovodi do stvaranja većeg broja sitnijih masnih kapljica koje učestvuju u povezivanju proteina (*Lucey et al., 1999; Sandoval-Castilla et al., 2004*) čime se može objasniti gusta, kompaktna struktura uzoraka A2. Nasuprot tome, kao posledica delovanja ultrazvuka snage 400 W u uzorcima A3 se uočava proteinska mreža manje gustine, otvorenija sa više pora, što je posledica manjeg spajanja kazeinskih micela u agregate (*Slika 9.*). Primena ultrazvuka visokog intenziteta dovodi do denaturacije proteina surutke (*Villamiel i De Jong, 2000*), kao i do narušavanja kvaternarne i/ili tercijarne strukture kazeinske micelle (*Taylor i Smith cit. Villamiel i De Jong, 2000*), što utiče na povezivanje kazeinskih micela i formiranje proteinskog matriksa. Takođe, kod uzoraka A3 uočeno je prisustvo egzopolisaharida.

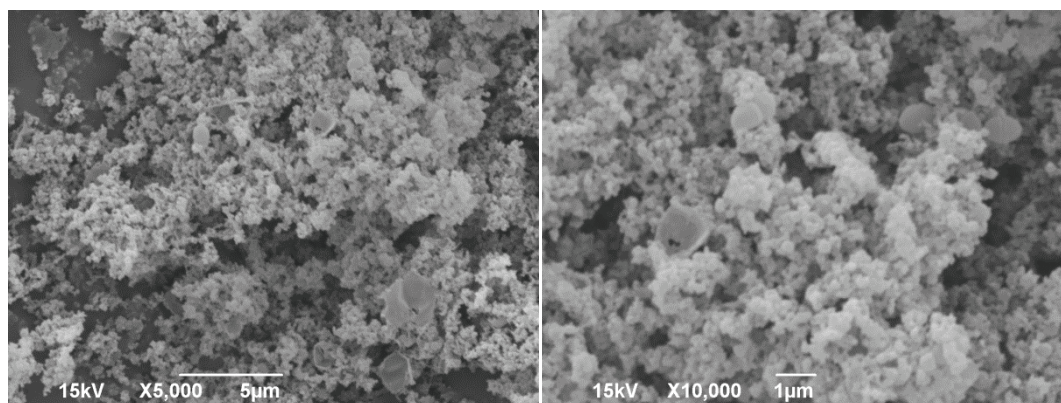
Kao posledica denaturacije proteina pod uticajem ultrazvuka, u uzorcima A2 i A3 zabeleženo je smanjenje sinerezisa tokom skladištenja (*Histogram 1.*).



*Slika 9. Mikrostruktura čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka tretiranog ultrazvukom snage 400 W (A3)*

Na *Slici 10.* prikazana je mikrostruktura čvrstog jogurta proizvedenog na standardan način od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS – uzorci B1.

Čvrsti jogurt od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS proizveden na standardan način ima umreženu, gusto upakovanu strukturu sa porama unutar proteinskog matriksa, koje su manje u poređenju sa uzorcima čvrstog jogurta od kozijeg mleka proizvedenim bez dodatka KPS. U jogurtu sa KPS, kazeinske micelle su uglavnom povezane u duge lance, a znatno manje u agregate (Sandoval-Castilla *et al.*, 2004). Prema Kalab-*u* (1993) kazeinske micelle se povezuju u lance preko proteina surutke: denaturisani  $\beta$ -laktoglobulin se disulfidnim vezama povezuje sa  $\kappa$ -kazeinom. U istraživanjima Modler *i* Kalab (1983) kod uzoraka jogurta proizvedenih sa dodatkom KPS detektovane su čestice proteina, prečnika oko jedne desetine prečnika kazeinske micelle, verovatno sastavljene od denaturisanih proteina surutke. Odsustvo slobodnih čestica denaturisanih proteina surutke na SEM mikrografima u ovim istraživanjima može se objasniti samom pripremom uzorka. Naime, u toku pripreme uzorka, ove čestice su praktično isprane, iako se originalno nalaze u jogurtu. Takođe, u uzorcima B1 je uočeno prisustvo bakterija mlečne kiseline u parovima i lancima, kao i prisustvo egzopolisaharida.

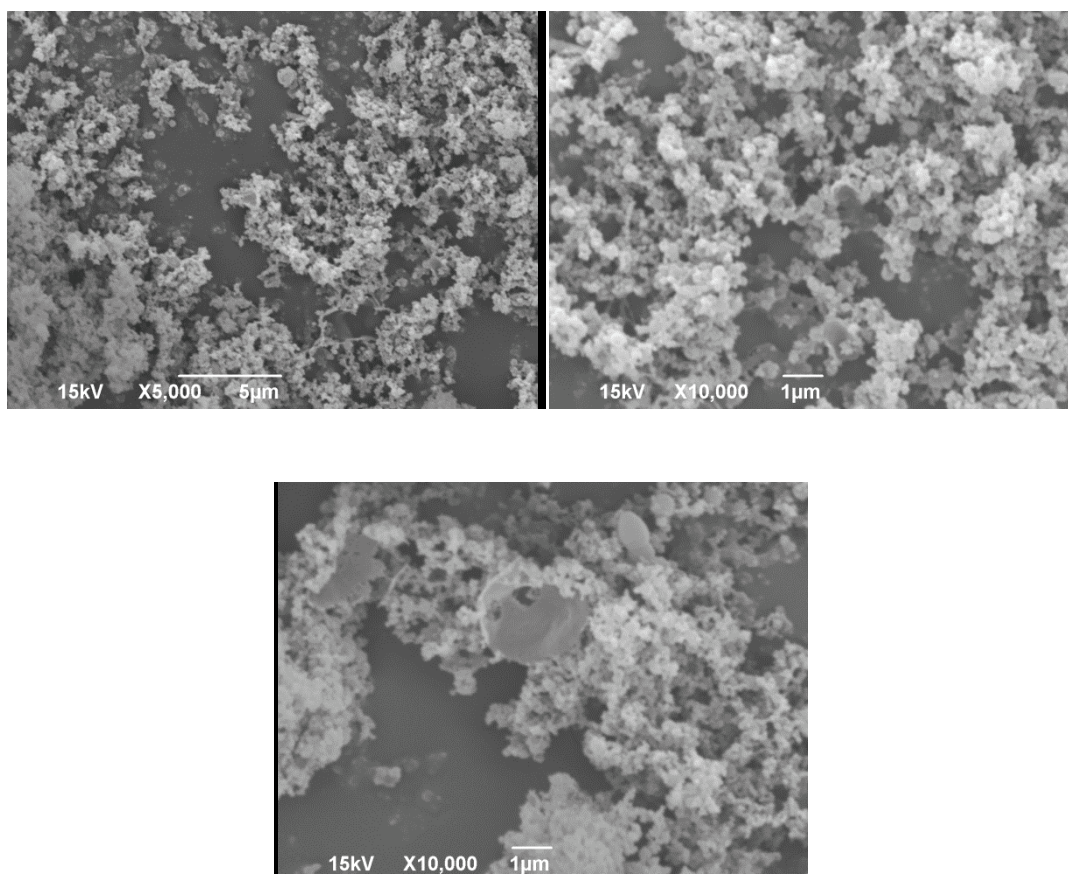


Slika 10. Mikrostruktura čvrstog jogurta proizvedenog na standardan način od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS (B1)

Dodatak KPS-a utiče na povećanje dijametra kazeinskih micela (Guyomarc'h *et al.*, 2003) usled stvaranja disulfidnih mostova između  $\kappa$ -kazeina i proteina surutke i povećava stepen obrazovanja agregata proteina surutke (Puvanenthiran *et al.*, 2002), što utiče na formiranje čvršće i razgranatije proteinske mreže, a samim tim i na reološke karakteristike jogurta. Dodatkom KPS u mleko za proizvodnju jogurta značajno se poboljšava i sposobnost vezivanja vode (Guzmán-González *et al.*, 1999; Bhullar *et al.*,

2002; Remeuf et al., 2003; Antunes et al., 2004), što je i zabeleženo u uzorcima B1, u poređenju sa uzorcima A1 (*Histogrami 6. i 7.*).

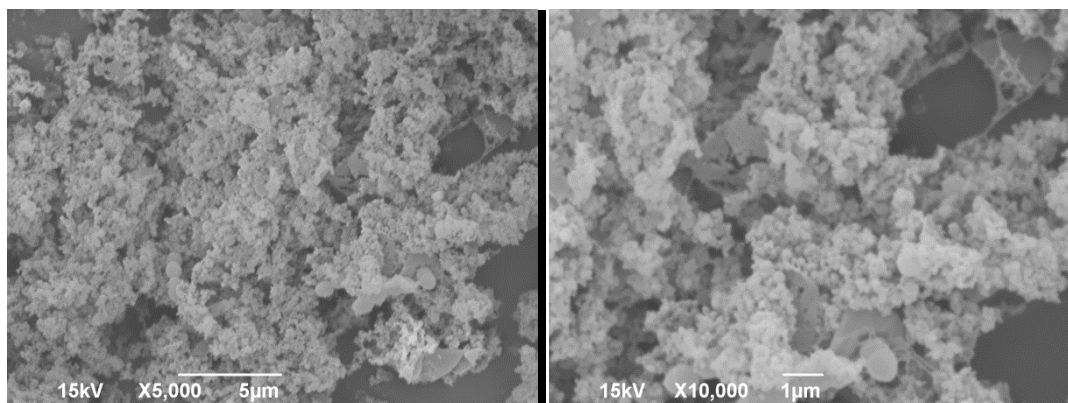
Na *Slikama 11. i 12.* prikazana je mikrostruktura čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS tretiranog ultrazvukom snage 200 W (B2) i 400 W (B3).



*Slika 11. Mikrostruktura čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS tretiranog ultrazvukom snage 200 W (B2)*

U uzorcima proizvedenim od kozijeg mleka sa 0.5% KPS koje je tretirano ultrazvukom snage 200 W uočava se veoma neujednačena struktura. Proteinski matriks je dominantno formiran od proteinskih lanaca, sa veoma malom zastupljenošću agregata. Takođe, uočava se nepravilan raspored pora. Veličina pora je znatno veća u poređenju sa uzorcima proizvedenim od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS bez primene ultrazvuka. Rastresita struktura uzoraka B2 je usloвила veće vrednosti sinerezisa u odnosu na uzorke B1 (*Histogram 2.*).





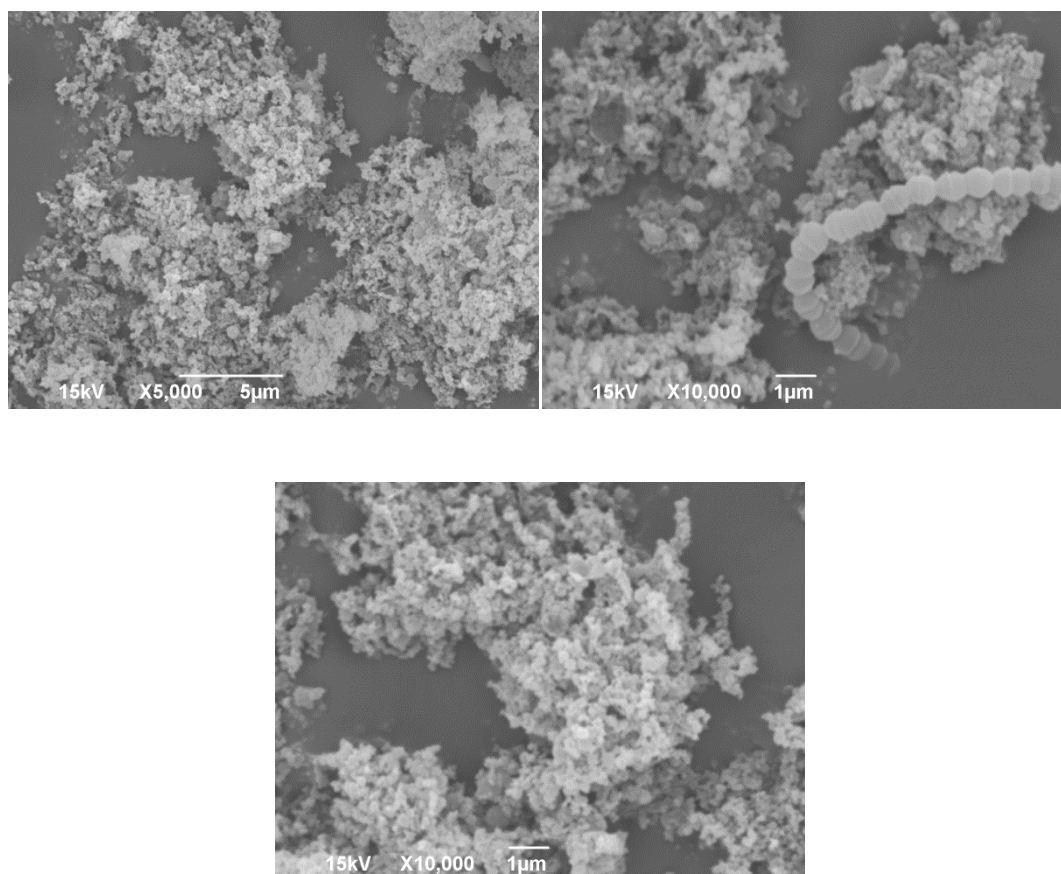
Slika 12. Mikrostruktura čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS tretiranog ultrazvukom snage 400 W (B3)

Ultrazvuk snage 400 W primenjen u proizvodnji uzoraka B3 prouzrokovao je formiranje kompaktnije i gušće proteinske mreže u odnosu na uzorke B2. Kavitacije koje nastaju delovanjem ultrazvuka dovode do stvaranja većeg broja masnih kapljica, manjeg prečnika i veće ukupne površine na kojima se adsorbuje kazein. Nastale pseudo-kazeinske micelle utiču na bolje vezivanje vode, manji sinerezis i kompaktniju strukturu kazeinskog gela (Wu et al. 2001; Bermúdez-Aguire i Barbosa-Cánovas, 2011). Međutim, iako su pore unutar proteinskog matriksa manje u poređenju sa uzorcima B2, tokom skladištenja su zabeležene veće vrednosti sinerezisa (Histogram 2.), dok je veća sposobnost vezivanja vode zabeležena u uzorcima B2 (Histogram 7.).

Na Slici 13. prikazana je mikrostruktura čvrstog jogurta proizvedenog na standardan način od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS.

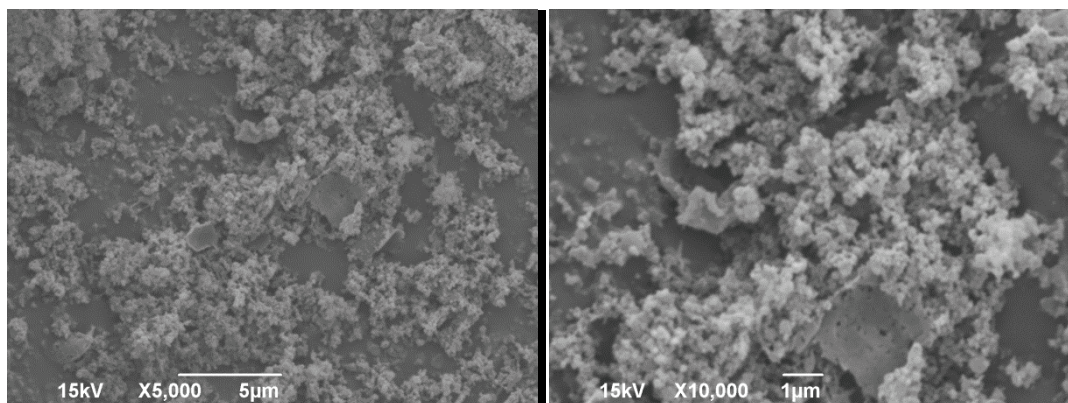
Dodatkom 1% KPS dolazi do smanjenja odnosa kazein/proteini surutke, što utiče na mikrostrukturu proizvoda. Porast sadržaja proteina surutke dovodi do heterogene veličine i nepravilnog oblika čestica u kiselom kazeinskom gelu. Kod ovih uzoraka primećeni su manji agregati kazeinskih micela. Šupljine unutar proteinskog matriksa su veće u odnosu na uzorke čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka bez i sa dodatkom 0.5% KPS. Prema Kalab-u (1993) sa povećanjem sardržaja kazeina u mleku pore su manje, i obratno, što je manja koncentracija kazeina u mleku pore su veće. Takođe, prema Krzeminski et al. (2011) strukturu jogurta od kravljeg mleka sa smanjenim odnosom kazein/proteini surutke i smanjenim sadržajem masti karakterišu veće pore. Nasuprot tome, u istraživanjima Puvanenthiran et al. (2002) u jogurtu od kravljeg mleka uočene su manje pore sa smanjenjem odnosa kazein/proteini surutke.

Takođe, prema *Aziznia et al. (2008)* povećanje količine KPS u procesu proizvodnje jogurta utiče na povećanje dijametra kazinskih micela koje učestvuju u formiranju većih i dužih proteinskih agregata. Ove proteinske strukture karakterišu dugački zbijeni proteinski grozdovi. Iako su pore u proteinskom matriksu značajno veće u odnosu na uzorke A1 i B1, kod jogurta proizvedenog sa 1% KPS zabeležena je veća sposobnost vezivanja vode i manji sinerezis (*Histogrami 6, 7 i 8*). Smanjeni sinerezis i povećana sposobnost vezivanja vode posledica su većeg sadržaja denaturisanih proteina surutke, a samim tim i većeg stepena imobilizacije slobodne vode (*Puvanenthiran et al., 2002; Amatayakul, et al., 2006b*).

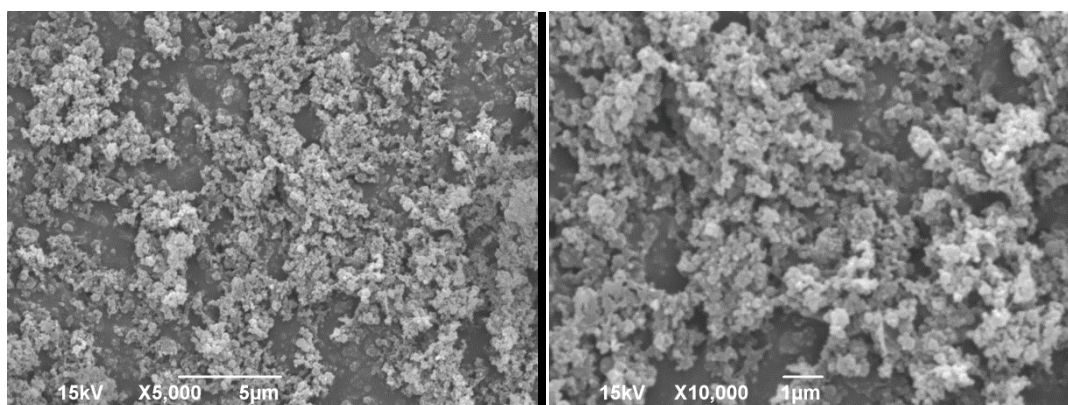


*Slika 13. Mikrostruktura čvrstog jogurta proizvedenog na standardan način od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS (C1)*

Na *Slikama 14. i 15.* prikazana je mikrostruktura čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS tretiranog ultrazvukom snage 200 W (C2) i 400 W (C3).



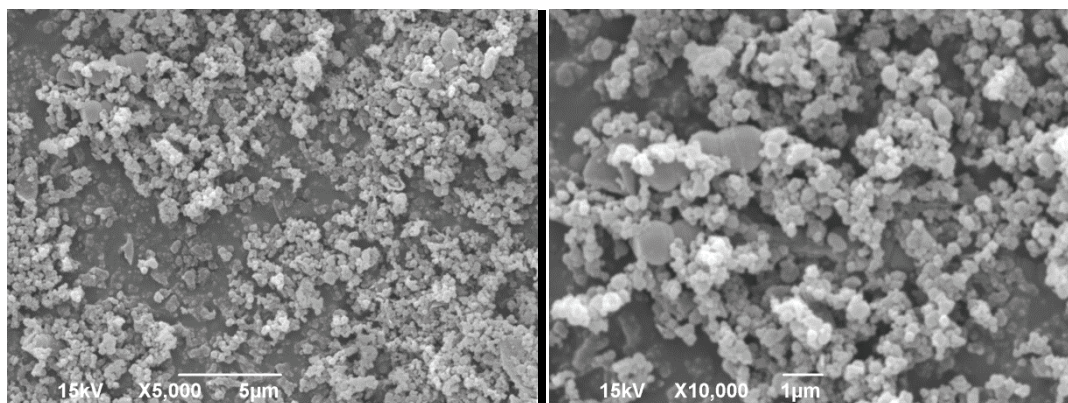
*Slika 14. Mikrostruktura čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS tretiranog ultrazvukom snage 200 W (C2)*



*Slika 15. Mikrostruktura čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS tretiranog ultrazvukom snage 400 W (C3)*

U uzorcima čvrstog jogurta proizvedenim od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS tretiranim ultrazvukom snage 200 W i 400 W (*Slike 14 i 15*), uočava se struktura sa manjim česticama proteina u poređenju sa jogurtom proizvedenim bez primene ultrazvuka. U uzorcima C3 struktura je kompaktnija. Takođe, pore unutar proteinskog matriksa su manje, naročito u uzorcima proizvedenim od mleka tretiranog ultrazvukom snage 400 W ( $< 1\mu$ ). Usled manjeg prečnika pora, u uzorcima C3 je tokom skladištenja zabeležen manji sinerezis u odnosu na uzorke C2 (*Histogram 8*). Takođe, najveća sposobnost vezivanja vode je uočena u uzorcima C3 četrnaestog dana skladištenja i iznosila je 62.57%.

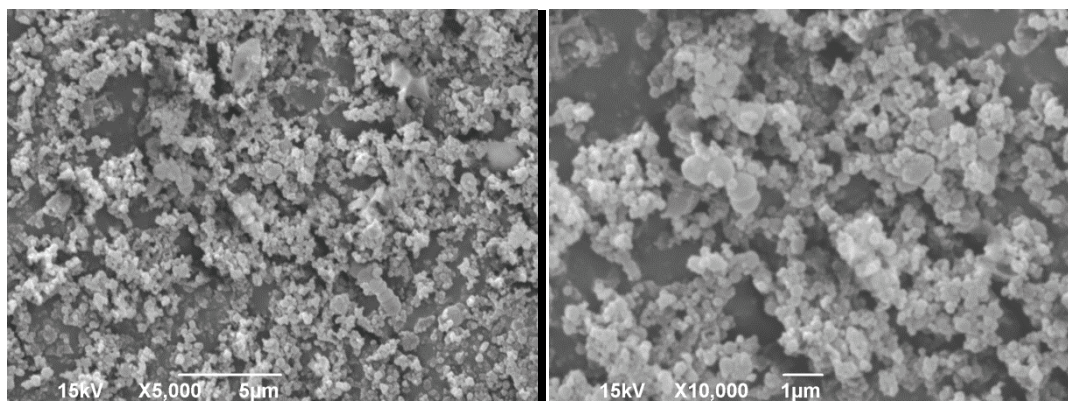
Mikrostruktura čvrstog jogurta proizvedenog na standardan način od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM prikazana je na *Slici 16*.



Slika 16. Mikrostruktura čvrstog jogurta proizvedenog na standardan način od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM (D1)

Dodatak 0.5% izolata proteina mleka uticao je na formiranje rastresite proteinske mreže sa neujednačenom veličinom i rasporedom pora. Uočavaju se kazeinske micelle spojene u kratke lance. Prema *Modler i Kalab (1983)* jogurt proizveden od kravljeg mleka sa dodatkom mleka u prahu i koncentrata proteina mleka imao je kazeinske micelle povezane u lance. Takođe, prema navedenim autorima, jogurt proizveden sa Na-kazeinatom imao je najveću čvrstinu i najmanji sinerezis, kao i najizraženije spajanje micela. Povećan odnos kazein/proteini surutke, kao i veći dijametar pora u proteinskom matriksu prouzrokovao je veći sinerezis u poređenju sa jogurtom proizvedenim bez dodatka IPM. Veći sadržaj kazeina uslovljen dodatkom IPM dovodi do manjeg stepena formiranja koagregata proteina mleka, a kao posledica toga, u uzorcima sa IPM zabeležena je manja sposobnost vezivanja vode (*Histogram 9*).

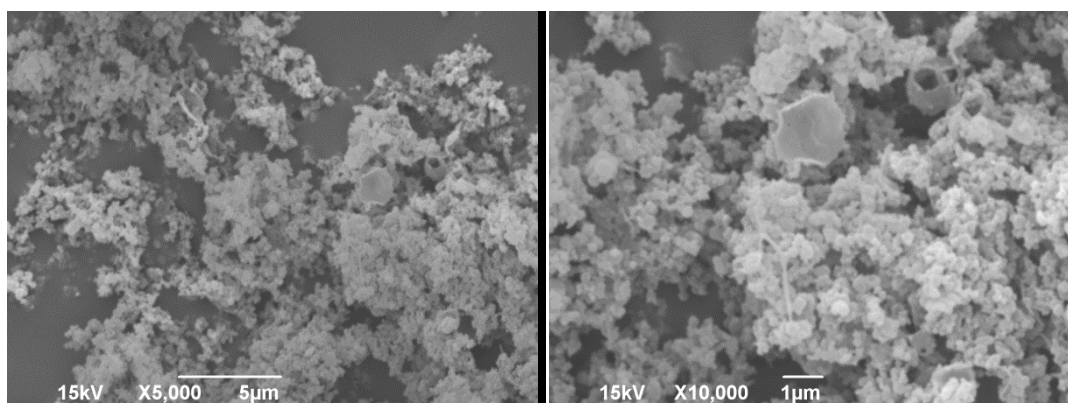
Primenom ultrazvuka snage 200 W proizveden je čvrsti jogurt od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM (*Slika 17*) čija je stuktura kompaktnija u odnosu na jogurt proizveden bez primene ultrazvuka. Proteinski matriks čine lanci i grozdovi kazeinskih micela. Takođe, uočen je ujednačeniji raspored i veličina pora u odnose na uzorke D1.



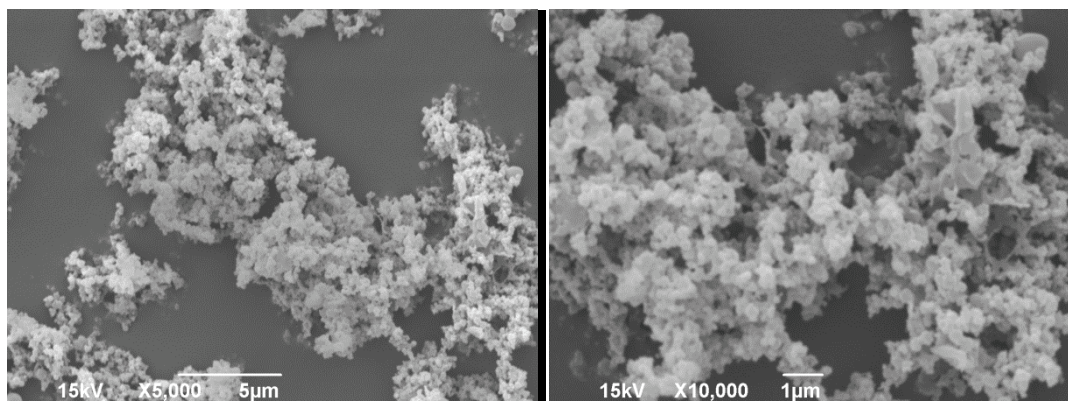
*Slika 17. Mikrostruktura čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM tretiranog ultrazvukom snage 200 W (D2)*

Na *Slici 18.* prikazana je mikrostruktura čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM, tretiranog ultrazvukom snage 400 W.

Proteinski matriks kod uzoraka D3 čine agregati kazeinskih micela neujednačene veličine. Pore su takođe neujednačene veličine i nepravilno raspoređene. Usled toga, u grupi uzoraka jogurta proizvedenim od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM, veća prosečna vrednost sinerezisa tokom skladištenja zabeležena je u uzorcima D3 u poređenju sa uzorcima D1.



*Slika 18. Mikrostruktura čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM tretiranog ultrazvukom snage 400 W (D3)*



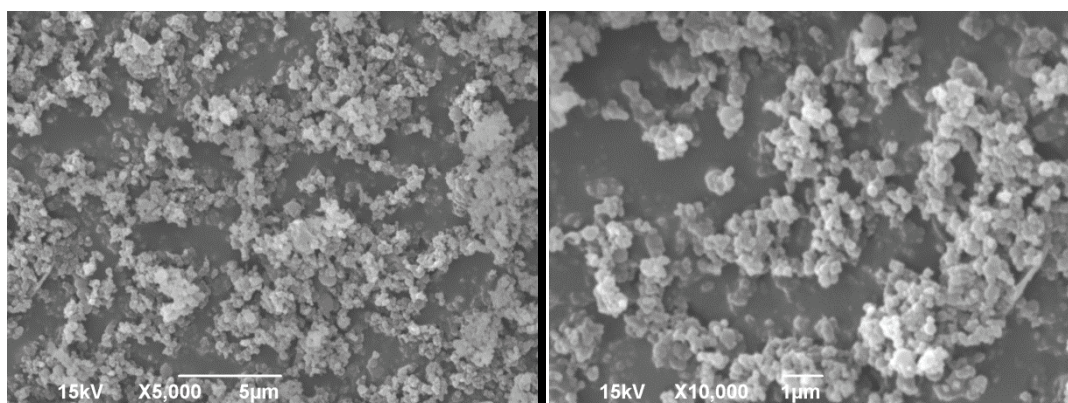
Slika 19. Mikrostruktura čvrstog jogurta proizvedenog na standardan način od kozijeg mleka sa dodatkom 1% IPM (E1)

Najrastresitija struktura gela, sa najvećim dijametrom pora, uočena je u uzorcima čvrstog jogurta proizvedenim od kozijeg mleka sa dodatkom 1% IPM na standardan način (Slika 19). U istraživanjima *Damin et al. (2009)* u proteinskom matriksu jogurta proizvedenog sa dodatkom obranog mleka u prahu uočen je veliki broj pora čiji je prečnik varirao od 1 do 30 µm. Usled smanjenog odnosa kazein/proteini surutke inhibirana je agregacija protein, što rezultira smanjenom veličinom čestica gela i većim prečnikom pora (*Krzeminski et al., 2011*). Prema *Guzmán-González et al. (2000)* dodatak ingredijenata na bazi kazeina povećava čvrstinu gela i smanjuje sinerezis u čvrstom jogurtu od kravljeg mleka, i povećava viskozitet tečnog jogurta u poređenju sa standardno proizvedenim jogurtom. Međutim, u čvrstom jogurtu od kozijeg mleka, sa povećanjem sadržaja kazeina, dodatkom IPM proizvedenog od kravljeg mleka, nije zabeleženo smanjenje sinerezisa (*Histogram 5, Poglavlje 5.3.3.*). Ovakav rezultat verovatno je posledica različite strukture kazeina kozijeg mleka u poređenju sa kazeinom kravljeg mleka. U poređenju sa jogurtom proizvedenim od kozijeg mleka sa dodatkom KPS, uočena je manja gustina proteinskog matriksa što je u saglasnosti sa rezultatima istraživanja *Bhullar et al. (2002)* i *Antunes et al. (2004)* na jogurtu od kravljeg mleka.

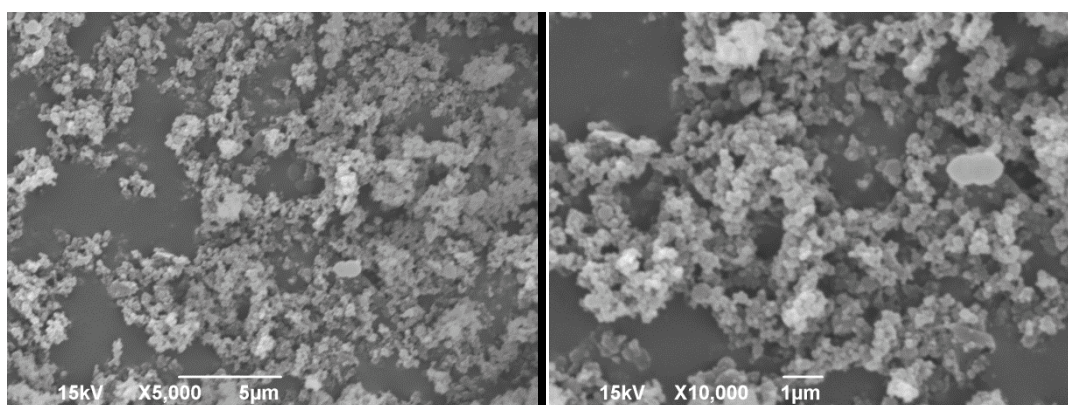
Mikrostruktura čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% IPM tretiranog ultrazvukom snage 200 W i 400 W prikazana je na *Slikama 20 i 21*.

Struktura uzoraka čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% IPM tretiranog ultrazvukom snage 200 W i 400 W je ujednačenija u odnosu na strukturu uzoraka jogurta proizvedenih na standardan način. Primenjeni ultrazvučni

tretmani uticali su na smanjenje prečnika pora. Međutim, i kod ovih uzoraka je uočen nepravilan raspored pora. Manji sadržaj proteina surutke uticao je na smanjeni obim povezivanja kazeinskih micela koje su grupisane u lance i grozdove. U istraživanjima *Riener et al. (2009b)* jogurt proizveden od kravljeg mleka tretiranog ultrazvukom imao je strukturu nalik saću sa velikim brojem pora.



*Slika 20. Mikrostruktura čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% IPM tretiranog ultrazvukom snage 200 W (E2)*



*Slika 21. Mikrostruktura čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% IPM tretiranog ultrazvukom snage 400 W (E3)*

U poređenju sa jogurtom proizvedenim bez dodatka IPM, uzorci E2 i E3 imali su manju sposobnost vezivanja vode (*Histogrami 6 i 10*), što je posledica smanjenog odnosa kazein/proteini surutke. Sa *Slika 20 i 21* se vidi da jačina ultrazvuka nije uticala

na strukturu uzoraka E2 i E3, što je potvrđeno u ispitivanjima viskoziteta pri različitoj brzini rotacije spindla (*Tabela 18, Poglavlje 5.4.2.*).

Dodatak kazeina kravljeg mleka i primenjeni ultrazvučni tretmani uticali su na veći sinerezis kod navedenih uzoraka (*Histogrami 1 i 5.*). Nasuprot tome, u jogurtu od kravljeg mleka sa povećanim odnosom kazein/proteini surutke, zabeležena je finija struktura gela, formirana od proteinskih lanaca, kao i manje pore usled bolje imobilizacije slobodne vode (*Krzeminski et al., 2011*).

## 5.6. SENZORNA OCENA

Na senzorne karakteristike jogurta utiču vrsta i kvalitet mleka, tehnološki postupak proizvodnje, vrsta i aktivnost starter kulture (*Beshkova et al., 1998; Tamime i Robinson, 2000; Güler i Park, 2011*). Senzornom analizom jogurta ispituju se: izgled, boja, konzistencija, miris i ukus proizvoda. Isparljiva jedinjenja koja nastaju u toku proizvodnje i skladištenja jogurta utiču na njegov miris, dok na ukus, kao najvažnije senzorno svojstvo hrane, najveći uticaj imaju rastvorljiva jedinjenja (*Karagül-Yüceer i Drake, 2006*).

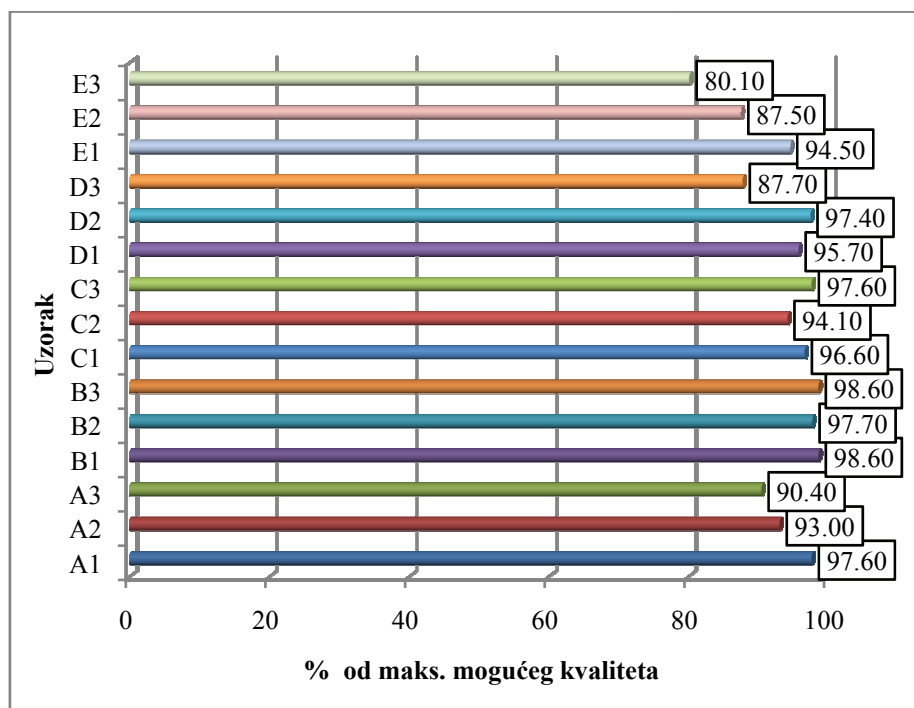
Senzorna analiza proizvedenih varijanti jogurta izvršena je nakon 7 dana skladištenja, a rezultati ocenjivanja senzornog kvaliteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka prikazani su u *Tabeli 19.*, na *Grafikonima 61., 62., 63., 64. i 65.* i na *Histogramu 16.*

Iz podataka prikazanih u *Tabeli 19.* i *Histogramu 16.* može se zaključiti da su uzorci proizvedeni od kozijeg mleka ocenjeni visokim ocenama za senzorni kvalitet. Prema srednjoj vrednosti ponderisane ocene, osim jogurta E2 i E3 sve varijante čvrstog jogurta od kozijeg mleka spadaju u kategoriju odličnog kvaliteta.

Prema *Lucey i Singh (1998)* čvrsti jogurt treba da ima glatku, polučvrstu konzistenciju bez izdvojene surutke na površini, bez naprslina i drugih nedostataka. Usled male količine izdvojene surutke na površini jogurta, uzorci E2 i E3 su od ocenjivačke komisije dobili nešto niže ocene za izgled. Kod ostalih varijanti jogurta nije primećeno izdvajanje surutke, pa su ocene za ovaj parametar senzornog kvaliteta bile ujednačene. Boja proizvedenih uzoraka je bila ujednačena i nije se razlikovala u



zavisnosti od primenjenih ultrazvučnih tretmana i dodatka KPS/IPM. Nasuprot tome, značajne razlike u ocenama između uzoraka utvrđene su za konzistenciju, ukus i miris.



Histogram 16. Ukupna senzorna ocena kvaliteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka izražena kao % od maksimalno mogućeg kvaliteta

Kod uzoraka proizvedenih od kozijeg mleka, najveće vrednosti srednje ocene kao i % od maksimalno mogućeg kvaliteta imao je jogurt A1 – 4.88, odnosno 97.60% od maksimalno mogućeg kvaliteta. Pri senzornom ispitivanju, ovim uzorcima su dodeljene maksimalne ocene za izgled, boju i miris, kao i visoke ocene za konzistenciju - 4.90 i ukus - 4.80 (*Grafikon 61.*). U pogledu konzistencije, ustanovljene su značajne razlike između jogurta A1 i uzoraka A2 i A3. Iako je jogurt A3 imao najveći viskozitet, a između uzoraka A1 i A2 nije bilo razlike u srednjoj vrednosti viskoziteta (*Tabela 14., Poglavlje 5.4.*), ultrazvučni tretmani mleka uticali su na formiranje nežnijeg i mekšeg gela, što je potvrđeno i u ispitivanjima mikrostukture (*Slike 7., 8. i 9.*). Zbog izraženijeg ukusa i mirisa na kozije mleko, nešto veće ocene za ukus i miris, takođe su imali uzorci A1. Imajući u vidu da je najveći udeo kapronske, kaprilne i kaprinske kiseline 7. dana skladištenja zabeležen kod jogurta A1 (*Tabela 13., Poglavlje 5.3.4.*), ovakve ocene za ukus i miris su bile očekivane.

Najveće srednje ocene imali su uzorci proizvedeni od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS – 4.93 za uzorke B1 i B2, odnosno 4.89 za jogurt B2. Uzorci B1 i B3 imali su identične srednje ocene za sve parametre senzornog kvaliteta, dok je jogurt B2 imao nešto manje ocene za boju i konzistenciju (*Grafikon 62.*). Ultrazvučni tretman mleka utiče na stvaranje kiselog kazeinskog gela otvorenije strukture, sa većim porama, pa bi se moglo očekivati da uzorci proizvedeni uz primenu ultrazvuka imaju niže ocene za konzistenciju. Međutim dodatak KPS dovodi do formiranja čvršćeg i umreženijeg gela, pa su uzorci B2 i B3 imali veće ocene za konzistenciju u poređenju sa uzorcima A2 i A3. Blaži ultrazvučni tretman je kod uzoraka proizvedenih od kozijeg mleka sa 0.5% KPS uticao na formiranje rastresite strukture gela, sa većim porama (*Slike 10., 11. i 12., Poglavlje 5.5.*). Takođe, viskozitet uzoraka B2 je bio manji u poređenju sa jogurtom B3 (*Grafikon 21, Poglavlje 5.4.1.*) što se reflektovalo i na srednje vrednosti ocena za konzistenciju.

Kod uzoraka proizvedenih od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS, najveću srednju ocenu imao je jogurt C3 (*Grafikon 63.*). Za sve parametre senzornog kvaliteta, osim mirisa, uzorci C3 su od ocenjivačke komisije dobili najveće ocene u ovoj grupi proizvoda. U poređenju sa uzorcima C1 i C2, jogurt C3 imao je kompaktniju strukturu sa manjim porama unutar proteinskog matriksa (*Slike 13, 14 i 15, Poglavlje 5.5.*), što je verovatno uticalo na bolju konzistenciju uzoraka proizvedenih uz primenu ultrazvučnog tretmana. Međutim, veća ocena za konzistenciju jogurta C1 u poređenju sa jogurtom C2, kao i identične ocene uzoraka C1 i C3, verovatno su posledica znatno većeg viskoziteta jogurta C1 u odnosu na uzorke C2 i C3 (*Grafikon 25., Poglavlje 5.4.1.*). Lošija struktura jogurta C1 kompenzovana je njegovim većim viskozitetom, pa razlike u ocenama uzoraka C1, C2 i C3 nisu bile statistički značajne. Na osnovu toga se može zaključiti da ultrazvučni tretman mleka nije uticao na senzorne karakteristike jogurta. Takođe, nije utvrđena razlika između uzoraka proizvedenih sa 0.5% KPS i 1% KPS. U odnosu na uzorke proizvedene od kozijeg mleka, uzorci proizvedeni od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS razlikovali su se jedino od jogurta A3 po konzistenciji. Uzorci C1 i C3 su imali veće ocene za 0.90, dok je jogurt C2 imao srednju ocenu veću za 0.70 ( $p < 0.05$ ).

Dodatak 0.5% IPM nije uticao na izgled, boju, miris i ukus čvrstog jogurta, međutim konzistencija jogurta D1 je bila značajno lošija u odnosu na jogurt A1, i

uzorke proizvedene od mleka sa dodatkom 0.5% i 1% KPS ( $p < 0.05$ ). Značajne razlike u ocenama konzistencije navedenih uzoraka potvrđuju rezultate dobijene ispitivanjem mikrostrukture čvrstog jogurta (*Slike 16, 17 i 18, Poglavlje 5.5.*). Bolja konzistencija jogurta za čiju se proizvodnju koristi kozije mleko sa dodatkom 0.5% IPM može se postići primenom ultrazvuka snage 200 W (*Grafikon 64*). Nasuprot tome, veći sadržaj proteina nije uticao na konzistenciju jogurta proizvedenog uz primenu ultrazvuka snage 400 W. Naime, uzorci A3 i D3 imali su istu srednju ocenu za konzistenciju – 4.0. Lošija konzistencija jogurta D3 u poređenju sa jogurtom D2 ogleda se i u strukturi proteinskog matriksa (*Slike 17 i 18, Poglavlje 5.5.*), kao i u manjim srednjim vrednostima viskoziteta (*Grafikon 55, Poglavlje 5.4.2.*). Takođe, jogurt proizveden promenom jačeg ultrazvučnog tretmana imao je manje izražen miris na kozije mleko.

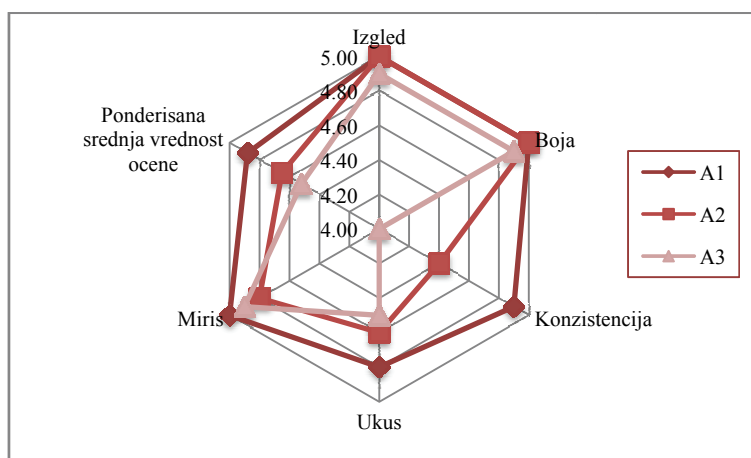
Najnepovoljniji uticaj na senzorne karakteristike čvrstog jogurta od kozijeg mleka imao je dodatak 1% IPM (*Tabela 19*). Jogurt proizveden na standardan način je odličnog kvaliteta, iako ima nešto manje ocene svih parametara u poređenju sa uzorcima A1, B1, C1 i D1 ( $p > 0.05$ ). Međutim, primena ultrazvučnog tretmana u mleku sa 1% IPM uticala je na značajno lošije senzorne karakteristike, pa po kvalitetu uzorci E2 i E3 spadaju u vrlo dobre (*Grafikon 65*). Kod ovih uzoraka uočena je manja količina surutke na površini jogurta što je uticalo na nižu ocenu za izgled. Negativan uticaj ultrazvuka snage 400 W takođe se ogleda i polutečnoj konzistenciji jogurta E3. Takođe, najmanje vrednosti viskoziteta zabeležene su kod uzoraka E3 (*Grafikon 33, Poglavlje 5.4.1.*) Kao i kod uzoraka C3 i D3, jači ultrazvučni tretman uticao je na miris jogurta, pa je kod uzoraka E3 ocenjivačka komisija ustanovila najmanji miris na kozije mleko.

Generalno, posmatrano, uzorci proizvedeni sa 1% IM su lošijih senzornih karakteristika od uzoraka proizvedenih od kozijeg mleka, kao i od mleka sa dodatkom 0.5% i 1% KPS i 0.5% IPM. Naročito negativan uticaj na senzorni kvalitet jogurta imala je primena ultrazvučnog tretmana snage 400 W u kombinaciji sa dodatkom 1% IPM. Nasuprot tome, dodatkom KPS u koncentraciji od 0.5% proizveden je jogurt najboljih senzornih karakteristika.

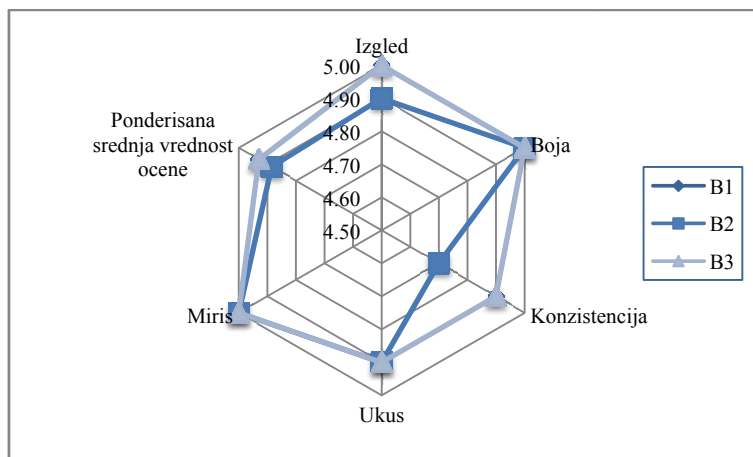
Tabela 19. Senzorna ocena čvrstog jogurta od kozijeg mleka

Uzorak	Svojstva kvaliteta					Ponderisana srednja vrednost ocene
	Izgled	Boja	Konzistencija	Ukus	Miris	
	Koefficijent važnosti					
	1	2	4	10	3	
A1	5.00±0.00a	10.00±0.00a	19.60±0.89a	48.00±2.74a	15.00±0.00a	4.88
A2	5.00±0.00a	10.00±0.00a	17.60±2.19bc	46.00±6.52a	14.40±0.82abc	4.65
A3	4.90±0.22a	9.80±0.45a	16.00±2.45cdef	45.00±7.07ab	14.70±0.67ab	4.52
B1	5.00±0.00a	10.00±0.00a	19.60±0.89a	49.00±2.24a	15.00±0.00a	4.93
B2	4.90±0.22a	10.00±0.00a	18.80±1.10ab	49.00±2.24a	15.00±0.00a	4.89
B3	5.00±0.00a	10.00±0.00a	19.60±0.89a	49.00±2.24a	15.00±0.00a	4.93
C1	4.60±0.42a	9.40±0.89a	19.60±0.89a	48.00±2.74a	15.00±0.00a	4.83
C2	4.50±0.35a	9.40±0.55a	18.80±1.79ab	47.00±4.47a	14.40±0.82abc	4.71
C3	4.70±0.27a	9.60±0.55a	19.60±0.89a	49.00±2.24a	14.70±0.67ab	4.88
D1	4.90±0.22a	10.00±0.00a	16.80±1.10cd	49.00±2.24a	15.00±0.00a	4.79
D2	4.90±0.22a	10.00±0.00a	18.80±1.79ab	49.00±2.24a	14.70±0.67ab	4.87
D3	4.20±0.27ab	10.00±0.00a	16.00±0.00cdef	44.00±2.24ac	13.50±1.50bcde	4.39
E1	4.60±0.55a	10.00±0.00a	18.80±1.79ab	47.00±4.47a	14.10±0.82abcd	4.73
E2	4.10±0.82ab	9.80±0.45a	16.40±2.61cde	44.00±5.48ac	13.20±1.64cdef	4.38
E3	3.50±0.94b	9.20±0.84a	14.40±1.67f	41.00±6.52bc	12.00±2.37f	4.01

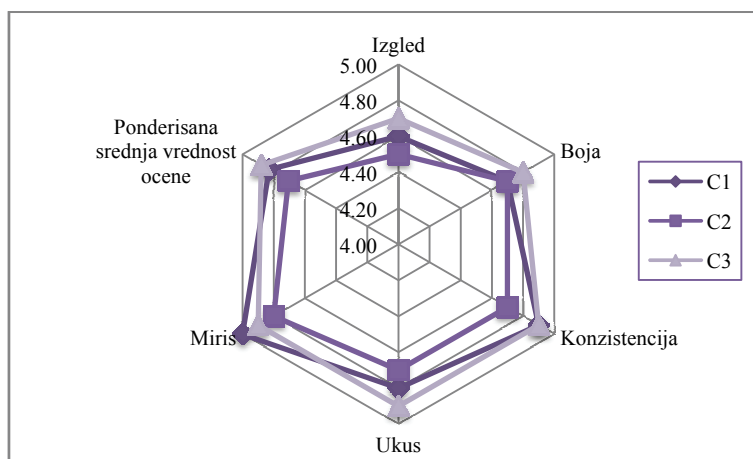
\*Vrednosti sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno na nivou  $p < 0.05$



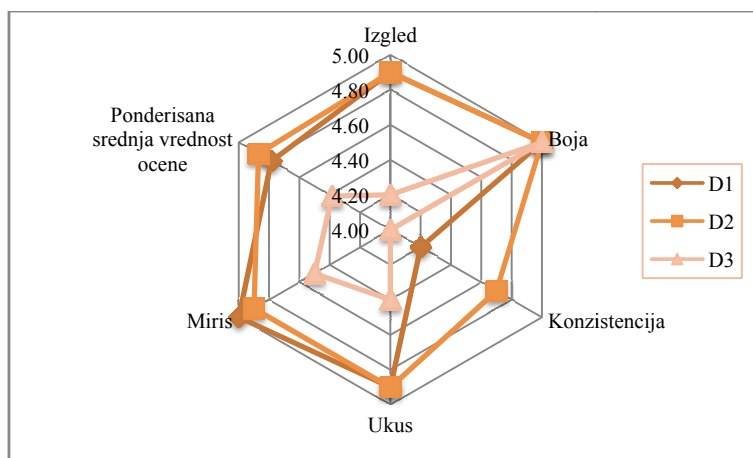
Grafikon 61. Senzorna ocena kvaliteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka



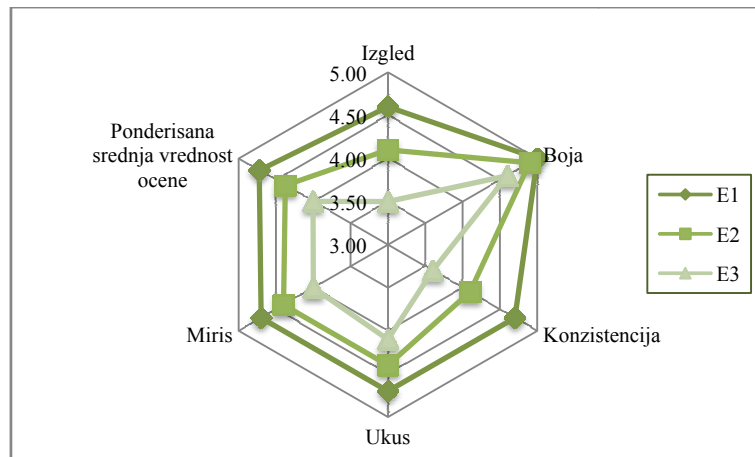
Grafikon 62 . Senzorna ocena kvaliteta čvrstog jogurta od proizvedenog kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS



Grafikon 63. Senzorna ocena kvaliteta čvrstog jogurta od proizvedenog kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS



Grafikon 64. Senzorna ocena kvaliteta čvrstog jogurta od proizvedenog kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM



Grafikon 65. Senzorna ocena kvaliteta čvrstog jogurta od proizvedenog kozijeg mleka sa dodatkom 1% IPM

## 6. ZAKLJUČCI

Na osnovu izvršenih ispitivanja i analize podataka mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Primenjeni ultrazvučni tretmani nisu uticali na promenu fizičko-hemijskih parametara kvaliteteta kozijeg mleka, kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% i 1% KPS, kao i kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% i 1% IPM.
- Tokom fermentacije mleka primećen je uticaj ultrazvučnog tretmana na dužinu trajanja fermentacije. Kod uzoraka proizvedenih od kozijeg mleka na standardan način (A1) i uz primenu ultrazvuka snage 200 W fermentacija je trajala 360 min., dok je primena ultrazvučnog tretmana snage 400 W skraćuje postupak fermentacije kozijeg mleka za 150 min. Povećanjem sadržaja suve materije usled dodatka 0.5% KPS skraćuje vreme fermentacije, što je posledica denaturacije dodatih proteina surutke. Fermentacija je kod uzoraka B1 trajala 120 min. manje u odnosu na uzorke A1. Primenjeni ultrazvučni tretmani takođe su uticali na vreme fermentacije mleka B, pa je u poređenju sa uzorcima proizvedenim na standardan način fermentacija trajala duže za 90 min. kod mleka B2 i 30 min. kod mleka B1. Sa povećanjem koncentracije dodatih KPS na 1% (mleko C) takođe je uočen uticaj ultrazvučnog tretmana snage 400 W na trajanje fermentacije. U odnosu na mleka C1 i C2 kod kojih je fermentacija trajala 270 min., kod uzoraka C3 uočeno je skraćenje vremena fermentacije za 30 min. Primena ultrazvučnog tretmana snage 200 W nije uticala na vreme fermentacije mleka D, dok je ultrazvuk snage 400 W doveo do produženja trajanja fermentacije za 60 min. Međutim, u mleku sa većim sadržajem IPM (mleko E), najkraće vreme fermentacije imali su uzorci E3 – 240 min. Kod ove grupe uzoraka fermentacija mleka koje nije podvrgnuto delovanju ultrazvuka trajala je duže u odnosu na mleko E3 za 30 min. i manje u odnosu na mleko E2 za 30 min. Generalno, dodatak proteinskih koncentrata na bazi mleka skraćuje vreme fermentacije kod uzoraka kozijeg mleka kod kojih nije primenjen ultrazvučni tretman. U zavisnosti od koncentracije i sastava dodatih proteinskih preparata, ultrazvučni tretmani su ispoljili različite uticaje na fermentaciju kozijeg mleka. Pozitivan uticaj ultrazvuka veće snage na trajanje fermentacije

ustanovljen je kod mleka A, C i E, dok je kod mleka B i D fermentacija trajala duže u odnosu na uzorke kod kojih nije primenjen ultrazvučni tretman. Primenom ultrazvuka snage 200 W duže vreme fermentacije imali su uzorci proizvedeni od mleka B i E, dok kod mleka A, C i D nije primećena razlika u trajanju fermentacije u poređenju sa uzorcima koji nisu tretirani ultrazvukom.

- Kod varijanti mleka A, C i E najveći viskozitet na kraju fermentacije imali su uzorci proizvedeni na standardan način, pri čemu razlike u viskozitetu zabeležene kod uzoraka A i C nisu bile značajne. Kod mleka B na kraju fermentacije, uzorci B2 su imali veći viskozitet za 138.6 mPas ( $p > 0.05$ ) i 307.5 mPas ( $p < 0.05$ ) u poređenju sa uzorcima B1 i B3. Na kraju fermentacije uzorci B3 su takođe imali manji viskozitet u poređenju sa uzorcima B1 za 168.9 mPas ( $p < 0.05$ ). Kod uzoraka mleka D najveći viskozitet na kraju fermentacije od 547.2 mPas ( $p < 0.05$ ) imali su uzorci D3, što je verovatno posledica hidrolize laktoze pod uticajem ultrazvuka veće snage. Među uzorcima proizvedenim od mleka E najveći viskozitet su imali uzorci E1 – 436.7 mPas. U odnosu na uzorke E2 i E3 viskozitet je bio veći za 127.1 mPas ( $p > 0.05$ ) i 264.4 mPas ( $p < 0.05$ ). Jačina primejenog ultrazvučnog tretmana nije uticala na krajnju vrednost viskoziteta.
- Kod hemijskih parametara kvaliteta jogurta nisu uočene razlike tokom skladištenja osim kod laktoze za uzorke C, D i E. Značajno smanjenje sadržaja laktoze tokom skladištenja u ovim uzorcima verovatno je posledica povećanog rasta BMK.
- Uzorci proizvedeni od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% i 1% IPM imali su manju titracionu kiselost tokom skladištenja u odnosu na uzorke proizvedene sa dodatkom KPS usled većeg pufernog kapaciteta. Kod varijanti jogurta B i C zabeležena je manja produkcija mlečne kiseline tokom skladištenja kod uzoraka proizvedenih uz primenu ultrazvučnih tretmana, pri čemu jačina ultrazvuka nije uticala na titracionu kiselost.
- Najmanje vrednosti sinerezisa tokom skladištenja imali su uzorci proizvedeni od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS koji su uticali na formiranje kompaktnije strukture gela u kome je povećan sadržaj inkorporirane slobodne vode. Primenjeni ultrazvučni tretmani nisu uticali na sinerezis kod varijanti jogurta A i



D. Kod jogurta proizvedenih sa dodatkom KPS i 1% IPM ultrazvuk je uticao na formiranje nežnijeg gela sa većim porama unutar proteinskog matriksa, pa je izdvajanje surutke bilo veće kod uzoraka za čiju je proizvodnju korišćen ultrazvučni tretman. Veći sinerezis uzoraka proizvedenih uz primenu blažeg ultrazvučnog tretmana uočen je kod jogurta C i E, dok je intenzivniji ultrazvučni tretman uzrokovao veće izdvajanje surutke kod uzoraka B.

- Dodatak KPS uzrokuje intenzivnije reakcije između kazeina i proteina surutke što dovodi do formiranja poroznijeg gela i utiče na veću sposobnost vezivanja vode. Samim tim, veća SVV zabeležena je kod uzoraka proizvedenih od mleka sa dodatkom 0.5% i 1% KPS. Usled većeg sadržaja proteina surutke, najveća SVV utvrđena je kod varijanti jogurta C. U prvih 7 dana skladištenja ultrazvučni tretmani mleka nisu uticali na SVV, ali je u kasnijem periodu skladištenja kod uzoraka C2 uočen manji kapacitet vezivanja vode. Kod varijanti jogurta B, veću SVV 1. i 7. dana skladištenja imali su uzorci proizvedeni uz primenu ultrazvučnih tretmana, pri čemu jačina primenjenog tretmana nije imala uticaja. Veća sposobnost uzoraka varijanti B i C proizvedenih uz primenu ultrazvuka verovatno je posledica vezivanja denaturisanih proteina surutke za membrane masnih kapljica. Nasuprot tome, kod uzoraka proizvedenih od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% i 1% IPM tretiranje mleka ultrazvukom nije dovelo do razlike u SVV. Logično je pretpostaviti da je kod ovih uzoraka ultrazvuk doveo do smanjenja masnih kapljica i vezivanja kazeina za njihovu površinu, što bi u krajnjoj liniji dovelo do povećanja SVV. Međutim, osim efekta homogenizacije, ultrazvučni tretman takođe dovodi do smanjenja veličine kazeinskih micela što može uticati na smanjenje SVV. Stoga je nepostojanje razlika u SVV kod uzoraka D i E verovatno posledica kombinacije promena na mlečnoj masti i proteinima uzrokovanih ultrazvučnim tretmanom.
- Kozije mleko karakteriše specifičan ukus i miris koji je za mnoge potrošače neprihvatljiv. Fermentacijom kozijeg mleka, ova senzorna svojstva postaju manje izražena. Međutim, tokom skladištenja dolazi do oslobađanja slobodnih masnih kiselina, koje značajno utiču na ukus i miris jogurta. Stoga je jedan deo istraživanja posvećen uticaju ultrazvučnih tretmana na promene udela slobodnih masnih kiselina u toku skladištenja jogurta od kozijeg mleka. Veoma visok udeo

kaprilne i kaprinske kiseline u ukupnim slobodnim masnim kiselinama u kozijem mleku utiče na njegov specifičan miris i ukus. Prosečan udeo kaprinske i kaprilne kiseline tokom skladištenja bio je nešto veći kod jogurta proizvedenog na standardan način, u odnosu na uzorke proizvedene uz primenu ultrazvuka. Sa druge strane, prosečan udeo kaprinske kiseline tokom skladištenja bio je isti kod uzoraka A1 i A3, i nešto manji kod jogurta A2. Iz ovoga bi se moglo zaključiti da primenom ultrazvučnog tretmana mleka specifičan ukus i miris na kozije mleko postaju manje izraženi, međutim za donošenje definitivnog zaključka potrebno je izvršiti dodatna istraživanja.

- Važno svojstvo jogurta je viskozitet. Pri izlaganju uzoraka sili smicanja tokom vremena od 3 min uočene su razlike u vrednostima viskoziteta u zavisnosti od primenjenih dodataka i ultrazvučnih tretmana. Zahvaljujući povećanju ukupnog broja masnih kapljica i njihove ukupne površine, što je posledica delovanja ultrazvuka, kod A varijanti jogurta tokom celokupnog ispitivanog perioda skladištenja, najveće vrednosti viskoziteta imali su uzorci čvrstog jogurta proizvedeni od kozijeg mleka koje je tretirano ultrazvukom snage 400 W. Sa druge strane, ultrazvučni tretman mleka snage 200 W nije imao značajan uticaj na viskozitet čvrstog jogurta od kozijeg mleka. U ovoj grupi uzoraka vreme skladištenja nije uticalo na viskozitet.
- Kod B varijanti jogurta, primenjeni ultrazvučni tretman mleka snage 400 W prouzrokovao je razlike u vrednosti viskoziteta na nivou  $p < 0.05$ . Međutim, kao i kod uzoraka A ultrazvučni tretman mleka snage 200 W nije imao značajan uticaj na viskozitet čvrstog jogurta od kozijeg mleka. Tokom celokupnog ispitivanog perioda skladištenja, najmanje vrednosti viskoziteta imali su uzorci B3. Veći sadržaj mlečne masti u uzorcima B3, kao i intenzivniji ultrazvučni tretman doveli su do formiranja većeg broja masnih kapljica koje na svojoj površini imaju manju količinu adsorbovanih proteina. Kao posledica ovoga, od mleka B3 je formiran nežniji gel, kod koga pod dejstvom sile smicanja dolazi do lakšeg narušavanja strukture. U ovoj grupi uzoraka tokom skladištenja nije bilo značajnih promena u viskozitetu.
- Kod C varijanti jogurta, najveće vrednosti viskoziteta tokom skladištenja imao je jogurt C1. Kod ovih uzoraka, najveći viskozitet zabeležen je 14. dana

skladištenja usled formiranja većeg broja protein-protein veza. Nasuprot tome, u uzorcima C2 i C3 nisu uočene razlike u viskozitetu u toku 21. dana skladištenja. Na osnovu toga može se zaključiti da su uzorci C proizvedeni uz primenu ultrazvuka imali stabilnu strukturu u toku skladištenja. Jačina primenjenih ultrazvučnih tretmana nije uticala na viskozitet uzoraka C2 i C3, ali je ultrazvučni tretman doveo do značajno manjeg viskoziteta u poređenju sa jogurtom C1. Takođe, uzorci proizvedeni uz primenu ultrazvuka imali su veći sinerezis i manju SVV. Ovo ukazuje da dodatak 1% KPS značajno smanjuje pozitivan uticaj ultrazvuka na reološke osobine jogurta od kozijeg mleka. Velike razlike u viskozitetu verovatno su posledica nastale homogenizacije mlečne masti i vezivanja denatrisanih proteina surutke za površinu masnih kapljica, što je uslovalo formiranje mekšeg gela koji se lakše narušava pod dejstvom sile smicanja.

- Dodatak kazeina kravljeg mleka u formi IPM kod D varijanti jogurta dovodi do promene viskoziteta u toku skladištenja. Prvog dana skladištenja primećeno je odstupanje od tiksotropnog ponašanja jogurta D1, a najveće vrednosti viskoziteta kod ovih uzoraka zabeležene su nakon 14 dana. Kod jogurta D2 značajne promene u strukturi gela koje su uticale na manji viskozitet odvijale su se u prvih 7 dana skladištenja, dok je u preostalom periodu skladištenja kod ovih uzoraka uočena relativno stabilna struktura. Kod jogurta D3 najveći viskozitet je zabeležen 7. dana, a najmanji 21. dana skladištenja. Primenjeni ultrazvučni tretmani takođe su uticali na viskozitet jogurta. Prvog dana skladištenja najveći viskozitet nakon 30 s imao je jogurt D2, dok je u daljem periodu delovanja sile najveći viskozitet imao jogurt D1. Najveći viskozitet 7. i 21. dana imali su uzorci čvrstog jogurta proizvedeni uz primenu ultrazvuka snage 400 W – D3, dok je 14. dana najveći viskozitet zabeležen kod jogurta D1. Najmanja promena strukture jogurta tokom delovanja sile smicanja zabeležena je kod uzoraka D3 21. dana skladištenja.
- Kod E varijanti jogurta, prvog dana skladištenja najveći viskozitet imao je jogurt E2, dok su u preostalom periodu skladištenja, najveći viskozitet imali uzorci čvrstog jogurta proizvedeni bez primene ultrazvuka. Očigledno je da dodatak 1% proteinskih koncentrata na bazi kravljeg mleka u interakciji sa ultrazvučnim

tretmanom utiče na lošije reološke osobine jogurta od kozijeg mleka. Kod jogurta E2 1. i 14. dana skladištenja uočeno je odstupanje od tiksotropnog ponašanja, ali su u ovom periodu navedeni uzorci takođe imali i najotporniju strukturu na delovanje sile smicanja. Vreme skladištenja jogurta E1 nije imalo značajan uticaj na viskozitet. Kod jogurta E2 značajne promene u strukturi gela koje su uticale na manji viskozitet odvijale su se u prvih 7 dana skladištenja, dok je kod jogurta E3 značajno smanjenje viskoziteta zabeleženo nakon 7 i 21 dana skladištenja.

- Sa povećanjem intenziteta primenjene sile smicanja, u tiksotropnim sistemima kao što je jogurt, dolazi do smanjenja viskoziteta. Vrednosti viskoziteta čvrstog jogurta izmerene tokom povećanja brzine rotacije spindla (gornja kriva viskoziteta), veće su u poređenju sa vrednostima viskoziteta izmerenim tokom smanjenja brzine rotacije spindla (donja kriva viskoziteta).
- Prosečna vrednost viskoziteta gornje i donje krive viskoziteta, predstavlja srednju vrednost viskoziteta i opisuje reološke osobine čvrstog jogurta.
- U grupi uzoraka proizvedenih od kozijeg mleka, najveće srednje vrednosti viskoziteta, pri svim brzinama rotacije spindla, imao je jogurt A3. Kao i kod ispitivanja viskoziteta pri konstantnoj brzini rotacije spindla, ultrazvučni tretman snage 200 W nije uticao na vrednosti viskoziteta jogurta A2. Uzorci A1 i A2 imali su najveće srednje vrednosti viskoziteta pri malim brzinama rotacije spindla (20 o/min i 30 o/min) 7. dana skladištenja, dok pri 100 o/min vreme skladištenja nije uticalo na viskozitet ovih uzoraka. Jogurt A3 ima najveći viskozitet pri 20 o/min prvog dana skladištenja. Kod ovih uzoraka promene u strukturi gela odvijale su se u pravcu njegovog očvršćavanja, pa je najveći viskozitet na većim brzinama rotacije spindla imao jogurt starosti 21 dan.
- Kod B varijanti čvrstog jogurta, najveće srednje vrednosti viskoziteta 1. dana skladištenja imao je jogurt B2. U daljem periodu skladištenja, najveći viskozitet imali su uzorci B1. Najmanji viskozitet tokom skladištenja imao je jogurt B3. Kod uzoraka jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS primenjeni ultrazvučni tretmani doveli su do formiranja mekšeg gela. Nakon 7 i 21 dana skladištenja uzorci B3 su pri 20 o/min imali manji viskozitet u poređenju sa jogurtom B2, što ukazuje da se proteinske veze nastale u gelu pod

uticajem jačeg ultrazvučnog tretmana lakše kidaju pod dejstvom sile smicanja. Međutim, sve tri varijante jogurta B imale su slične vrednosti viskoziteta pri delovanju velikih brzina smicanja. Vreme skladištenja uticalo je na srednje vrednosti viskoziteta svih uzoraka jogurta pri malim brzinama smicanja (20 o/min i 30 o/min).

- Kod C varijanti jogurta, najveći viskozitet u ispitivanom periodu skladištenja, pri svim brzinama rotacije spindla imao je jogurt C1. Usled homogenizacije mlečne masti nastale pod delovanjem primenjenih ultrazvučnih tretmana mleka C, uzorci C2 i C3 imali su značajno manje srednje vrednosti viskoziteta pri malim brzinama smicanja (20 o/min) u poređenju sa jogurtom C1. Homogenizovane masne kapljice uticale su na formiranje nežnijeg gela koji se lakše narušava pri početnom dejstvu sile smicanja. Međutim, sa povećanjem brzine smicanja, uzorci proizvedeni od mleka C imali su slične vrednosti viskoziteta bez obzira na razlike u tretmanu mleka. Jogurt C2 imao je slične promene vrednosti viskoziteta tokom skladištenja, dok je jogurt C3 najveći viskozitet pri svim brzinama rotacije spindla imao 21. dana skladištenja. Najveći viskozitet pri malim brzinama spindla jogurt C1 je imao 21. dana, dok je pri delovanju većih brzina smicanja najveći viskozitet bio 1. dana skladištenja.
- Kod varijanti jogurta D primenjeni ultrazvučni tretman snage 400 W uticao je na manje srednje vrednosti viskoziteta 1. dana skladištenja pri malim brzinama rotacije spindla (20 o/min), dok pri većim brzinama sile smicanja nema razlike u viskozitetu jogurta iz ove grupe. Primenom ultrazvuka dolazi do usitnjavanja masnih kapljica, koje se prekrivaju kazeinom i kao pseudo-kazeinske čestice učestvuju u formiranju gela. Takav gel je manje otporan na početno delovanje mehaničke sile, međutim ne pokazuje manju čvrstinu i umreženost u poređenju sa gelom proizvedenim bez primene ultrazvuka, kao ni sa gelom proizvedenim uz primenu blažeg ultrazvučnog tretmana. Nakon 14 dana skladištenja, uzorci su imali slične srednje vrednosti viskoziteta, a 21. dana skladištenja najveći viskozitet imao je jogurt D3, a najmanji D2. U toku skladištenja uzorci D1 i D2 najmanji viskozitet imali su 21. dana, dok je jogurt D3 najmanje vrednosti viskoziteta imao 1. dana skladištenja.

- Kod E varijanti jogurta, 1. dana skladištenja najveći viskozitet imao je jogurt E2, dok 7. dana skladištenja, nije bilo razlike u viskozitetu uzoraka E1, E2 i E3. U kasnijem periodu skladištenja, najveći viskozitet imao je jogurt E1. Kod uzoraka proizvedenih od mleka koje je tretirano ultrazvukom uočena je značajna promena viskoziteta tokom skladištenja, pa su uzorci E2 i E3 imali najmanje vrednosti viskoziteta 21. dana skladištenja. Kod uzoraka E1 vreme skladištenja nije uticalo na srednje vrednosti viskoziteta.
- Proučavanjem mikrostrukture čvrstog jogurta, primećeno je da gel formiran uz primenu ultrazvuka snage 200 W ima gusto upakovanu strukturu sa manjim porama u odnosu na jogurt A1. Jači ultrazvučni tretman mleka doveo je do formiranja otvorenije strukture gela sa većim porama. Međutim, verovatno kao posledica denaturacije proteina surutke i smanjenja masnih kapljica tokom delovanja ultrazvuka, uzorci A3 imali su veći viskozitet. Kod uzorka B ultrazvuk snage 400 W nije imao veliki uticaj na strukturu gela, pa su uzorci B1 i B3 imali kompaktniju i gušću proteinsku mrežu u odnosu na jogurt B2, što je potvrđeno i u ispitivanjima viskoziteta. Veći sadržaj proteina surutke u varijantama jogurta C uticao je na formiranje proteinske mreže koju uglavnom čine zbijeni proteinski grozdovi. Pore u proteinskom matriksu su takođe veće u odnosu na uzorke A. Promene u veličini proteina koje nastaju pod dejstvom ultrazvuka uticale su na proteinski matriks uzoraka C1 i C3. Kod ovih uzoraka, uočena je homogenija struktura sa manjim porama. Jači ultrazvučni tretman uticao je na formiranje kompaktnije strukture, što je uticalo na manji sinerezis i bolju SVV ovih uzoraka.
- Dodatak IPM uticao je na formiranje proteinske mreže sastavljene uglavnom od kratkih lanaca kazeinskih micela, sa neujednačenom veličinom pora. Primena ultrazvučnog tretmana snage 200 W dovela je do formiranja nešto kompaktnije strukture u odnosu na jogurt D1. Međutim jači ultrazvučni tretman uticao je na formiranje rastresitije proteinske mreže sačinjene od agregata kazeinskih micela. Kod ovih uzoraka uočeno je prisustvo egzopolisaharida zbog kojih je verovatno viskozitet uzoraka D3 bio nešto veći u odnosu na uzorke D1 i D2.
- Najrastresitiju struktura gela, sa najvećim dijametrom pora, imali su uzorci E1. Primenjeni ultrazvučni tretmani mleka E uticali su na smanjenje veličine čestica

gela, međutim jačina ultrazvučnog tretmana nije uticala na strukturu uzoraka E2 i E3, što je potvrđeno u ispitivanjima viskoziteta.

- Na osnovu rezultata senzornog ocenjivanja, osim uzoraka E2 i E3, svi ispitivani uzorci čvrstog jogurta pripadali su kategoriji odličnog kvaliteta. Najveće srednje ocene imali su uzorci proizvedeni od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS, dok su najmanje srednje ocene imali uzorci A3, E2 i E3. Najveći uticaj na manje ukupne ocene ovih uzoraka imali su konzistencija i miris. Ultrazvučni tretmani mleka uticali su na formiranje nežnijeg i mekšeg gela, kao i na manje izražen miris na kozije mleko, usled čega su pomenuti uzorci imali manje ocene za konzistenciju i miris.

## 7. LITERATURA

- Afonso, I.M. and Maia, J.M. (1999): Rheological monitoring of structure evolution and development in stirred yoghurt. *J. Food Eng.* 42: 183-190.
- Agnihotri, M.K. and Prasad, V.S.S. (1993): Biochemistry and processing of goat milk and milk products. *Small Ruminant Res.* 12: 151-170.
- Aguirre-Mandujano, E., Lobato-Calleros, C., Beristain, C.I., Garcia, H.S., Vernon-Carter, E.J. (2009): Microstructure and viscoelastic properties of low-fat yoghurt structured by monoglyceride gels. *Food Sci. Technol. – LEB* 42: 938–944.
- Alonso, L., Cuesta, E.P., Gilliland, S.E. (2003): Production of Free Conjugated Linoleic Acid by *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei* of Human Intestinal Origin. *J. Dairy Sci.* 86: 1941–1946.
- Alonso, L., Fontecha, J., Lozada, L., Fraga, M. J., Juárez, M. (1999): Fatty Acid Composition of Caprine Milk: Major, Branched-Chain, and Trans Fatty Acids. *J. Dairy Sci.* 82: 878–884.
- Amatayakul, T., Halmos, A.L., Sherkat, F., Shah, N.P. (2006a): Physical characteristics of yoghurts made using exopolysaccharideproducing starter cultures and varying casein to whey protein ratios. *Int. Dairy J.* 16: 40–51.
- Amatayakul, T., Sherkat, F., Shah, N.P. (2006b): Physical characteristics of set yoghurt made with altered casein to whey protein ratios and EPS-producing starter cultures at 9 and 14% total solids. *Food Hydrocolloid.* 20: 314–324.
- Amigo, L. and Fontecha, J. (2011): Goat milk. In Fuquay, J.W., Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. (Eds.), *Encyclopedia of Dairy Science*, vol. 3. Elsevier, UK, pp. 484-493.
- Andrews, G. (1987): Lactulose in heated milk. *Bulletin of the IDF* 238: 45-52.
- Anema, S. G. and Klostermeyer, H. (1997): Heat-induced, pH-dependent dissociation of casein micelles on heating reconstituted skim milk at temperatures below 100 °C. *J. Agr. Food Chem.* 45: 1108-1115.
- Anema, S. G. and Li, Y. (2000): Further studies on the heat-induced, pH- dependent dissociation of casein from the micelles in reconstituted skim milk. *Food Sci. Technol. – LEB* 33: 335-343.
- Antunac, N., Samaržija, D., Havranek, J. (2000): Hranidbena i terapeutska vrijednost kozjeg mlijeka. *Mljekarstvo* 50 (4): 297-304.



- Antunes, A.E.C., Antunes, A.J., Cardello, H.M.A.B. (2004): Chemical, physical, microstructural and sensory properties of set fat-free yogurts stabilized with whey protein concentrate. *Milchwissenschaft* 59 (3-4): 161-165.
- Ashokkumar, M. (2011): The characterization of acoustic cavitation bubbles – An overview. *Ultrason. Sonochem.* 18: 864–872.
- Ashokkumar, M., Bhaskaracharya, R., Kentish, S., Lee, J., Palmer, M, Zisu, B. (2010): The ultrasonic processing of dairy products – An overview. *Dairy Sci. Technol.* 90: 147-168.
- Attaie, R. and Richter, R. L. (2000): Size distribution of fat globules in goat milk. *J. Dairy Sci.* 83: 940–944.
- Azizinia, S., Khosrowshahi, A., Madadlou, A. and Rahimi, J. 2008. Whey Protein Concentrate and Gum Tragacanth as Fat Replacers in Nonfat Yoghurt: Chemical, Physical, and Microstructural Properties. *J. Dairy Sci.* 91: 2545-2552.
- Barrantes, E. and Tamime, A.Y. (1992): Starters in fat-substitute yogurts. *Dairy Ind. Int.* 57 (8): 27-29.
- Becker, T. and Puhan, Z. (1989): Effect of different process to increase the milk solids non-fat content on the rheological properties of yoghurt. *Milchwissenschaft* 44 (10): 626-629.
- Béal, C., Skokanova, J., Latrille, E., Martin, N., Corrieu, G. (1999): Combined effects of culture conditions and storage time on acidification and viscosity of stirred yogurt. *J. Dairy Sci.* 82: 673-681.
- Benezech, T. and Maingonnat, J.F. (1994): Characterization of the rheological properties of yoghurt. *J. Food Eng.* 21: 447–472.
- Bermúdez-Aguire, D., Mawson, R., Versteeg, K., Barbosa-Cánovas, G.V. (2009): Composition properties, physicochemical characteristics and shelf life of whole milk after thermal and thermo-sonication treatments. *J. Food Quality* 32: 283-302.
- Bermúdez-Aguire, D. and Barbosa-Cánovas, G.V. (2011): Power ultrasound to process dairy products. In Feng, H., Barbosa-Cánovas, G.V., Weiss, J. (Eds.), *Ultrasound technologies for food and bioprocessing*. Springer, New York, USA, pp. 445-465.
- Beshkova, D., Simova, E., Frengova, G, Simov, Z. (1998): Production of flavor compounds by yogurt starter cultures. *J. Ind. Microbiol. Biot.* 20: 180-186.

- Bhullar, Y.S., Uddin, M.A., Shah, N.P. (2002): Effects of ingredients supplementation on textural characteristics and microstructure of yoghurt. *Milchwissenschaft* 57: 328–332.
- Bikker, J.F., Anema, S.G., Li, Y., Hill, J.P. (2000): Rheological properties of acid gels prepared from heated milk fortified with whey protein mixtures containing the A, B and C variants of  $\beta$ -lactoglobulin. *Int. Dairy J.* 10: 723-732.
- Bouzar, F. Cerning, J., Desmazeaud, M. (1997): Exopolysaccharide production and texture-promoting abilities of mixed-strain starter cultures in yogurt production. *J. Dairy Sci.* 80 (10): 2310-2317.
- Božanić, R., Tratnik, Lj., Drgalić, I. (2002): Kozje mlijeko: karakteristike i mogućnosti. *Mljekarstvo* 52 (3): 207-237.
- Broadbent, J. R., McMahon, D. J., Welker, D. L., Oberg, C. J., & Moineau, S. (2003). Biochemistry, genetics, and applications of exopolysaccharide production in *Streptococcus thermophilus*: A review. *J. Dairy Sci.* 86: 407–423.
- Bringe, N.A. and Kinsella, J.E. (1990): Acidic coagulation of casein micelles: mechanisms inferred from spectrophotometric studies. *J. Dairy Res.* 57: 365-375.
- Bhullar, Y.S., Uddin, M.A., Shah, N.P. (2002): Effects of ingredients supplementation on textural characteristics and microstructure of yoghurt. *Milchwissenschaft* 57: 328–332.
- Cameron, M., McMaster, L.D., Britz, T.J. (2009): Impact of ultrasound on dairy spoilage microbes and milk components. *Dairy Sci. Technol.* 1: 83-89.
- Carić, M., Milanović, S., Vucelja, D. (2000): *Standardne metode analize mleka i mlečnih proizvoda*. Prometej, Novi Sad.
- Caroli, A., Chiatti, F., Chessa, S., Rignanese, D., Bolla, P., & Pagnacco, G. (2006): Focusing on the Goat Casein Complex. *J. Dairy Sci.* 89: 3178-3187.
- Cerning, J. (1990). Exocellular polysaccharides produced by lactic acid bacteria. *FEMS Microbiol. Rev.* 87: 113–130.
- Chandan, R.C. and O'Rell, K.R. (2006a): Principles of Yogurt Processing. In Chandan, R.C. (Ed.), *Manufacturing Yogurt and Fermented Milks*. Blackwell Publishing, USA, pp. 195-209.

- Chandan, R.C. and O'Rell, K.R. (2006b): Manufacture of Various Types of Yogurt. In Chandan, R.C. (Ed.), *Manufacturing Yogurt and Fermented Milks*. Blackwell Publishing, USA, pp. 210-236.
- Chandrapala, J., Oliver, C., Kentish, S., Ashokkumar, M. (2012): Ultrasonics in food processing. *Ultrason. Sonochem.* 19: 975-983.
- Cheng L.J., Augustin M.A., Glagovskaia, O., Clarke, P.T., Lawrence A. (2003): Use of blends of skim milk and sweet whey protein concentrates in reconstituted yoghurt. *Aust. J. Dairy Technol.* 58: 30-35.
- Cho, Y.H., Lucey, J.A., Singh, H. (1999): Rheological properties of acid milk gels as affected by the nature of the fat globule surface material and heat treatment of milk. *Int. Dairy J.* 9: 537-545.
- Clark, S. and Sherbon, J.W. (2000): Alpha<sub>s1</sub>-casein, milk composition and coagulation properties of goat milk. *Small Ruminant Res.* 38: 123-134.
- Corredig, M. and Dalgleish, D.G. (1999): The mechanisms of heat-induced interaction of whey proteins with casein micelles in milk. *Int. Dairy J.* 9: 233-236.
- Dalgleish, D.G., Horne, D.S., Law, A.J.R. (1989): Size-related differences in bovine casein micelles. *Biochim. Biophys. Acta.* 991: 383-387.
- Damin, M.R., Alcântara, M.R., Nunes, A.P., Oliveira, M.N. (2009): Effects of milk supplementation with skim milk powder, whey protein concentrate and sodium caseinate on acidification kinetics, rheological properties and structure of nonfat stirred yogurt. *Food Sci. Technol. – LEB* 42: 1744-1750.
- Deeth, H. (2006): Lipoprotein lipase and lipolysis in milk: A review. *Int. Dairy J.* 16: 555-562.
- Deeth, H.C. and Datta, N. (2011): Non-thermal technologies: pulsed electric field technology and ultrasonication. In Fuquay, J.W., Fox, P.F., McSweeney P.L.H. (Eds.), *Encyclopedia of Dairy Science*, vol. 2. Elsevier, UK, pp. 738-743.
- De Lorenzi, L., Pricl, S., Torriano, G. (1995): Rheological Behaviour of Low-fat and Full-fat Stirred Yoghurt. *Int. Dairy J.* 5: 661-671.
- Denin Đurđević, J. (2001): Uticaj termičkog tretmana i demineralizovane surutke u prahu na reološke osobine kiselog kazeinskog gela. Magistarska teza. Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet.

- Denin Đurđević, J., Maćej, O., Jovanović, S. (2002a): The influence of dry matter, applied heat treatment and storage period on the viscosity of stirred yogurt, *J. Agric. Sci.* 47 (2): 189-204.
- Denin Đurđević, J., Maćej, O., Jovanović, S. (2002b): The influence of investigated factors on viscosity of stirred yogurt, *J. Agric. Sci.* 47 (2): 219-231.
- Devold, T. G., Nordbø, R., Langsrud, T., Svenning, C., Jansen Brovold, M., Sørensen, E. S., Christensen, B., Ådnøy, T., & Vegarud, G. E. (2011): Extreme frequencies of the  $\alpha$ s1-casein “null” variant in milk from Norwegian dairy goats – Implications for milk composition, micellar size and renneting properties. *Dairy Sci. Technol.* 91 (1): 39-51.
- De Vuyst, L., & Degeest, B. (1999). Heteropolysaccharides from lactic acid bacteria. *FEMS Microbiol. Rev.* 23: 153–177.
- Dominguez-Soberanes, J., Garcia-Garibay, M., Casas-Alencaster, N.B., Martinez-Padilla, L.P. (2001): Fermented milk. Effect of a ropy strain of *lactobacillus delbrueckii* subs. *bulgaricus* and an enriched substrate. *J. Texture Stud.* 32: 205–217.
- Donnelly, W.J., mcNeill, G.P., Buchheim, W., McGann, T.C.A. (1984): A comprehensivestudy of the relationsip between size and protein composition in natural bovine casein micelles. *Biochim. Biophys. Acta.* 789: 136-143.
- Đaković, LJ. (1988): *Koloidna hemija*. Zavod za izdavanje udžbenika Novi Sad
- Đorđević, J. (1987): *Mleko*. Naučna knjiga, Beograd.
- Elfagm, A. A. and Wheelock, J. V. (1977): Effect of heat on  $\alpha$ -lactalbumin and  $\beta$ -lactoglobulin in bovine milk. *J. Dairy Res.* 44 (2): 367-371.
- Elfagm, A. A. and Wheelock, J. V. (1978a): Interaction of bovine  $\alpha$ -lactalbumin and  $\beta$ -lactoglobulin during heating. *J. Dairy Sci.* 61 (1): 28-32.
- Elfagm, A.A. and Wheelock, J.V. (1978b): Heat interaction between  $\alpha$ -lactalbumin,  $\beta$ -lactoglobulin and casein in bovine milk. *J. Dairy Sci.* 61 (2): 159-163.
- FAOSTAT (2008): <http://faostat.fao.org/default.aspx>
- Farrell, H.M., Jimenez-Flores, R., Bleck, G.T., Brown, E.M., Butler, J.E., Creamer, L.K., Hicks, C.L., Hollar, C.M., Ng-Kwai-Hang, K.F., Swaisgood, H.E., (2004): Nomenclature of the proteins of cows’ milk – sixth revision. *J. Dairy Sci.* 87: 1641–1674.

- Folkenberg, D.M., Dejmek, P., Skriver, A., Ipsen, R. (2005): Relation between sensory texture properties and exopolysaccharide distribution in set and in stirred yoghurts produced with different starter cultures. *J. Texture Stud.* 36: 174–189.
- Folkenberg, D.M., Dejmek, P., Skriver, A., Ipsen, R. (2006): Interactions between EPS producing *Streptococcus thermophilus* strains in mixed yoghurt cultures. *J. Dairy Res.* 73: 385–393.
- Gavarić, D.Đ., Carić, M., Kalab, M. (1989): Effects of protein concentration in ultra-filtration milk retentates and type of protease used for coagulation on the microstructure of resulting gels. *Food Microstruct.* 8: 53-66.
- Girard, M. and Schaffer-Lequart, C. (2007): Gelation and resistance to shearing of fermented milk: role of exopolysaccharides. *Int. Dairy J.* 17: 666–673.
- Gómez-Ruiz, J.A., Miralles, B., Agüera, P., Amigo, L. (2004): Quantitative determination of  $\alpha_{s2}$ - and  $\alpha_{s1}$ -casein in goat's milk with different genotypes by capillary electrophoresis. *J. Chromatogr. A* 1054: 279-284.
- Grosclaude, F., Ricordeau, G., Martin, P., Remeuf, F., Vassal, L., Bouillon, J. (1994): Du gène au fromage: le polymorphisme de la caseine  $\alpha_{s1}$  caprine, ses effets, son évolution. *Prod. Anim.* 7: 3-19.
- Guggisberg, D., Eberhard, P., Albrecht B. (2007): Rheological characterization of set yoghurt produced with additives of native whey proteins. *Int. Dairy J.* 17: 1353–1359.
- Guinee, T.P., Mullins, C.G., Reville, W.J., Cotter, M.P. (1995): Physical properties of stirred-curd unsweetened yoghurts stabilised with different dairy ingredients. *Milchwissenschaft* 50 (4): 196-200.
- Guinee, T.P., Pudja, P.D., Farkye, N.Y. (1993): Fresh acid – curd cheese varieties. In Fox P.F. (Ed), *Cheese: Chemistry, Physics and Mikrobiology – 2. Major cheese groups*. Chapman & Hall, London, UK., pp. 363-419.
- Güler, Z. and Gürsoy-Balci, A.C. (2011): Evaluation of volatile compounds and free fatty acids in set types yogurts made of ewes', goats' milk and their mixture using two different commercial starter cultures during refrigerated storage. *Food Chem.* 127: 1065-1071.

- Güler, Z. and Park, Y.W. (2011): Evaluation of sensory properties and their correlation coefficients with physico-chemical indices in Turkish set-type yoghurts. *Open J. Animal Sci.* 1 (1): 10-15.
- Guyomarc'h, F., Queguiner, C., Law, A. J. R., Horne, D.S., Dalgleish, D.G. (2003): Role of the Soluble and Micelle-Bound Heat-Induced Protein Aggregates on Network Formation in Acid Skim Milk Gels. *J. Agr. Food Chem.* 51: 7743-7750.
- Guzmán-González, M., Morais, F., Amigo, L. (2000): Influence of skimmed milk concentrate replacement by dry dairy products in a lowfat set-type yoghurt model system. II: Use of caseinates, co-precipitate and blended dairy powders. *J. Sci. Food Agr.* 80: 433–438.
- Guzmán-González, M., Morais, F., Ramos, M., Amigo, L. (1999): Influence of skimmed milk concentrate replacement by dry dairy products in a low fat set-type yoghurt model system. I: Use of whey protein concentrates, milk protein concentrates and skimmed milk powder. *J. Sci. Food Agr.* 79: 1117–1122.
- Haenlein, G.F.W. (2004): Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Res.* 51: 155-163.
- Haenlein, G.F.W. (2006): Production of goat milk. In Park Y.W., Haenlein F.W. (Eds.), *Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals*. Blackwell Publishing, Oxford, UK, pp. 11-33.
- Haque, A., Richardson, R.K., Morris, E.R. (2001): Effect of fermentation temperature on the rheology of set and stirred yogurt. *Food Hydrocolloid.* 15: 593–602.
- Harnett, G.D., Patrick, A., Caddick, C., Pearce, L. (2011): *Streptococcus thermophilus*. In Fuquay, J.W., Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. (Eds.), *Encyclopedia of Dairy Science*, vol. 3. Elsevier, UK, pp. 143-148.
- Harwalkar, V.R. and Kalab, M. (1986): Relationship between microstructure and susceptibility to syneresis in yoghurt made from reconstituted nonfat dry milk. *Food microstruct.* 5: 287-294.
- Hassan, A.N. and Frank, J.F. (2001): Starter Cultures and Their Use. In Marth, E.H., Steele, J.L. (Eds.), *Applied dairy microbiology*. Marcel Dekker, Inc, USA, pp. 151-206.

- Hassan, A.N., Corredig, M., & Frank, J. F. (2002). Capsule formation by nonropy starter cultures affects the viscoelastic properties of yogurt during structure formation. *J. Dairy Sci.* 85: 716–720.
- 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. *J. Dairy Sci.* 78: 2629–2636.
- Hassan, A.N., Frank, J.F., Schmidt, K.A., Shalabi, S.I. (1996a): Textural properties of yogurt made with encapsulated nonropy lactic cultures. *J. Dairy Sci.* 79 (12): 2098-2103.
- Hassan, A.N., Frank, J.F., Schmidt, K.A., Shalabi, S.I. (1996b): Rheological properties of yogurt made with encapsulated nonropy lactic cultures. *J. Dairy Sci.* 79 (12): 2091-2097.
- Hassan, A.N., Ipsen, R., Janzen, T., Qvist, K.B. (2003): Microstructure and rheology of yoghurt made with cultures differing only in their ability to produce exopolysaccharides. *J. Dairy Sci.* 86: 1632–1638.
- Havea, P., Singh, H., Creamer, L.K., Campanela, O.H. (1998): Electrophoretic characterization of the protein products formed during heat treatment of whey protein concentrate solutions. *J. Dairy Res.* 65: 79-91.
- Heertje, I., Visser, J. and Smits, P. (1985): Structure formation in acid milk gels. *Food Microstruct.* 4: 267-277.
- Herceg, Z. (2009): *Procesi konzerviranja hrane. Novi postupci.* Golden marketing-Tehnička knjiga, Zagreb, Hrvatska
- 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. *Int. J. Food Sci. Tech.* 41: 87-92.
- Hess, S.J., Roberts, R.F., Ziegler, G.R. (1997): Rheological properties of nonfat yogurt stabilized using *Lactobacillus delbrueckii* spp. *bulgaricus* producing exopolysaccharide or using commercial stabilizer systems. *J. Dairy Sci.* 80 (2): 252-263.

- Heth, A.A. and Swaisgood, H.E. (1982): Examination of casein micelle structure by a method for reversible covalent immobilization. *J. Dairy Sci.* 65: 2047.
- Holt, C. and Horne, D.S. (1996): The hairy casein micelle: Evaluation of the concept and its implications for dairy technology. *Neth. Milk Dairy J.* 50: 85-111.
- IDF 105:1985: Determination of fat content of milk. Brussels, Belgium.
- IDF 150:1991: Yoghurt Determination of titratable acidity, potentiometric method. Brussels, Belgium.
- IDF 20B:1993: Determination of nitrogen content. Brussels, Belgium.
- IDF 28:1974: Determination of the lactose content of milk. Brussels, Belgium.
- Isleten, M. And Karagul-Yuceer, Y. (2006): Effects of dried dairy ingredients on physical and sensory properties of nonfat yogurt. *J. Dairy Sci.* 89: 2865-2872.
- Jandal, J.M. (1996): Comparative aspects of goat and sheep milk. *Small Ruminant Res.* 22: 177-185.
- Jeličić, I., Božanić, R., Tratnik, Lj., Lisak, K. (2010): Mogućnost primjene netradicionalnih postupaka procesiranja u mljekarskoj industriji. *Mljekarstvo* 60 (2): 113-126.
- Jovanović, S. (2001): Uticaj obrazovanja koagregata proteina mleka na veće iskorišćenje ukupnih proteina pri proizvodnji polutvrdih sireva. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet.
- Jovanović, S., Maćej, O., Jokić, A., Mikuljanac, A. (1997): Promena sadržaja laktoze u mleku u zavisnosti od primenjenih režima termičke obrade. *Preh. Ind. Mleko i mlečni proizvodi* 8 (3-4): 25-30.
- Jovanović, S., Maćej, O., Barać, M. (2004): Influence of curd particles drying temperature on the composition of curd made of milk in which coaggregates were formed. *J. Agricult. Sci.* 49 (1): 65-73.
- Jumah, R.Y., Shaker, R.R., Abu-Jdayil, B. (2001): Effect of milk source on the rheological properties of yogurt during the gelation process. *Int. J. Dairy Technol.* 54 (3): 89-93.
- Kalab, M. (1979): Microstructure of dairy foods. 1. Milk products based on protein. *J. Dairy Sci.* 62 (8): 1352-1364.
- Kalab, M. (1993): Practical aspects of electron microscopy in dairy research. *Food Struct.* 12: 95-114.



- Kalab, M., Allan-Wojtas, P., Phipps-Todd, B.E. (1983): Development of microstructure in set-style nonfat yoghurt – a review. *Food microstruct. 2*: 51-66.
- Karagül-Yüceer, Y. and Drake, M. (2006): Sensory analysis of yogurt. In Chandan, R.C. (Ed.), *Manufacturing yogurt and fermented milks*. Blackwell Publishing, USA, pp. 265-276.
- Keogh, M.K. and O’Kennedy, B.T. (1998): Rheology of stirred yogurt as affected by added milk fat, protein and hydrocolloids. *J. Food Sci. 63*: 108–112.
- Kim, B.J. and Kinsella, J.E. (1989): Rheological changes during slow acid induced gelation of milk by D-glucono- $\delta$ -lactone. *J. Food Sci. 54* (4): 894-898.
- Kinsella, J.E. (1984): Milk-proteins: Physicochemical and functional properties. *CRC Cr. Rev. Food Sci. 21* (3): 197-262.
- Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V., Lee, D.U. (2004): Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends Food Sci. Tech. 15*: 261-266.
- Krzeminski, A., Großhable, K., Hinrichs, J. (2011): Structural properties of stirred yoghurt as influenced by whey proteins. *Food Sci. Technol. – LEB 44*: 2134-2140.
- Labropoulos, A.E., Collins, W.F., Stone, W.K. (1984): Effects of Ultra-High temperature and Vat processes on heat-inducet Rheological properties of yogurt. *J. Dairy Sci. 67* (2): 405-409.
- Lankes, H., Ozer, H.B., Robinson, R.K. (1998): The effect of elevated milk solids and incubation temperature on the physical properties of natural yoghurt. *Milchwissenschaft 53*: 510–513.
- Lee, W. and Lucey, J.A. (2003): Rheological properties, whey separation and microstructure in set-style yoghurt: effects of heating temperature and gelation temperature. *J.Texture Stud. 34*: 515–536.
- Lee, W. & Lucey, J.A. (2010): Formation and physical properties of yogurt. *Asian-Aust. J. Anim. Sci. 23* (9): 1127-1136.
- Lelas, V. (2006): Nove tehnike procesiranja hrane. *Mljekarstvo 56* (4): 311-330.
- Leroy, F. and De Vuyst, L. (2004): Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trends Food Sci. Tech. 15*: 67-78.
- Lucey, J.A. (2001): The relationship between rheological parameters and whey separation in milk gels. *Food Hydrocolloid. 15*: 603–608.

- Lucey, J.A. (2002): Formation and Physical Properties of Milk Protein Gels. *J. Dairy Sci.* 85: 281–294.
- Lucey, J.A. (2004): Cultured dairy products: an overview of their gelation and texture properties. *Int. J. Dairy Technol.* 57: 77-84.
- Lucey, J.A. & Singh, H. (1998): Formation and physical properties of acid milk gels: a review. *Food Res. Int.* 30: 529–542.
- Lucey, J.A., Munro, P.A., Singh, H. (1998a): Whey separation in acid skim milk gels made with glucono- $\delta$ -lactone: effects of heat treatment and gelation temperature. *J. Texture Stud.* 29: 413-426.
- Lucey, J. A., Munro, P. A., Singh, H. (1999): Effect of heat treatments and whey protein addition on the rheological properties and structure of acid skim milk gels. *Int. Dairy J.* 9: 275-279.
- Lucey, J.A., Tamehana, M., Singh, H., Munro, P.A. (1998b): A comparison of the formation, rheological properties and microstructure of acid skim milk gels made with a bacterial culture or glucono- $\delta$ -lactone. *Food Res. Int.* 31: 147-155.
- Lucey, J. A., M. Tamehana, H. Singh, and P. A. Munro. (1998c): Effect of interactions between denatured whey proteins and casein micelles on the formation and rheological properties of acid skimmilk gels. *J. Dairy Res.* 65: 555–567.
- Lucey, J.A., van Vilet, T., Grolle, K., Geurts, T, Walstra, P. (1997a): Properties of acid casein gels made by acidification by glucono- $\delta$ -lactone. 1. Rheological properties. *Int. Dairy J.* 7: 381-388.
- Lucey, J.A., Vilet, T., Grolle, K., Geurts, T, Walstra, P. (1997b): Properties of acid casein gels made by acidification by glucono- $\delta$ -lactone. 2. Syneresis, permeability and microstructural properties. *Int. Dairy J.* 7: 389-397.
- Maćej, O. (1989): Proučavanje mogućnosti izrade mekih sireva na bazi koagregata belančevina mleka. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet.
- Maćej, O. i Jovanović, S. (1998): Uticaj različitih režima termičke obrade na iskorišćenje suve materije mleka. *Preh. ind.-Mleko i mlečni proizvodi* 9 (3-4): 46-50.
- Maćej, O. i Jovanović, S. (1999): The application of high heat treatment of milk in white brine cheese production. In Book of abstracts of the 2<sup>nd</sup> Slovenian

- Congresse with International Patricipitation "Milk and dairy products". Portorož, Slovenija, pp. 45.
- Maćej, O. i Jovanović, S. (2000): Obrazovanje kompleksa između kazeina i serum proteina u termički tretiranom mleku. *Acta Periodica 31*, Part A: 83-93.
- Maćej, O., Bulatović, A., Jovanović, S., Obradović, D., Mikuljanac, A., Puđa P., Ivanović, M., (1995): Uticaj Na-kazeinata na reološke i senzorne osobine kiselomlečnih proizvoda od obranog mleka sa maslačnom kulturom (Buttermilk). U Obradović, D., Janković, M.A. (Eds.), *Savremeni trendovi u prehrambenoj tehnologiji*, Monografija. Poljoprivredni fakultet, Beograd, pp. 366-375.
- Maćej, O., Jovanović, S., Barać, M. (2007): *Proteini mleka*. Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet.
- Maćej, O., Jovanović, S., Seratlić, S., Barać, M. (2004): Proizvodnja svežih sireva na bazi koagregata proteina mleka. *Biotehnologija u stočarstvu 20*, (1-2): 119-129.
- Maćej, O., Ristić, J., Obradović, D., Puđa, P., Mikuljanac, A., Jovanović, S. (1994): Uticaj Na-kazeinata na viskozitet ABT fermentisanog obranog mleka. U Zborniku radova X Jubilarnog savetovanja Aditivi u tehnologiji mleka. Tehnološki fakultet, Novi Sad, pp. 8-9.
- Madadlou, A., Emam-Djomeh, Z., Mousavi, M.E., Mohamadifar, M., Ehsani, M. (2010): Acid-induced gelation behavior of sonicated casein solutions. *Ultrason. Sonochem. 17*: 153-158.
- Marletta, D., Criscione, A., Bordonaro, S., Guastella, A., Maria, D'Urso, G., (2007): Casein polymorphism in goat's milk. *Lait 87*: 491–504.
- Marshall, V.M., and Rawson, H.L. (1999): Effects of exopolysaccharide producing strains of thermophilic lactic acid bacteria on the texture of stirred yoghurt. *Int. J. Food Sci. Tech. 34*: 137–143.
- Marshall, R.T., Goff, D.H., Hartel, R.W. (2003): *Ice cream*. Kluwer academic, New York.
- Martín-Diana, A.B., Janer, C., Peláez, C., Raquena, T. (2003): Development of fermented goat's milk containing probiotic bacteria. *Int. Dairy J. 13*: 827-833.
- McCarthy, O.J. (2011): Rheology of liquid and semi-solid milk products. In Fuquay, J.W., Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. (Eds.), *Encyclopedia of Dairy Science*, vol. 4. Elsevier, UK, pp. 520-531.

- McKenna, A.B. (1987): Effects of homogenization pressure and stabilizer concentration on the physical stability of longlife Laban. *New Zeal. J. Dairy Sci.* 22: 167-174.
- Menendez, S., Centono, J.A., Godinez, R., Rodriguez-Otero, J.L. (2000): Effects of *Lactobacillus* strains on the ripening and organoleptic characteristics of Arzuu-Ulloa cheese. *Int. J. Food Microbiol.* 59: 37-46.
- Mistry, V.V. (2001): Fermented Milks and Cream. In Marth, E.H., Steele, J.L. (Eds.), *Applied dairy microbiology*. Marcel Dekker, Inc, USA, pp. 301-326.
- Moatsou, G., Moschopoulou, E., Mollé, D., Gagnaire, V., Kandarakis, I., Léonil, J. (2008): Comparative study of the protein fraction of goat milk from the Indigenous Greek breed and from international breeds. *Food Chem.* 106: 509-520.
- Modler, H.W. and Kalab, M. (1983): Microstructure of yogurt stabilized with milk proteins. *J. Dairy Sci.* 66 (3): 430-437.
- Modler, H.W., Larmond, M.E., Lin, C.S., Froehlich, D., Emmons, D.B. (1983): Physical and sensory properties of yogurt stabilised with milk proteins. *J. Dairy Sci.* 66 (3): 422-429.
- Montilla, A. and Calvo, M.M. (1997): Goat's milk stability during heat treatment: effect of pH and phosphates. *J. Agr. Food Chem.* 45: 931-934.
- Mottar, J., Bassier, A., Joniau, M. and Baert, J. (1989): Effect of heat-induced association of whey proteins and casein micelles on yogurt texture. *J. Dairy Sci.* 72 (9): 2247-2256.
- Morrissey, P.A. (1985): Lactose: chemical and physicochemical properties. In Fox, P.F. (Ed.), *Developments in dairy chemistry-3. Lactose and minor constituents*. Elsevier applied science publishers, London and New York, pp. 1-34.
- Neveu, C., Mollé, D., Moreno, J., Martin, P., & Léonil, J. (2002): Heterogeneity of Caprine  $\beta$ - Casein Elucidated by RP-HPLC/MS: Genetic Variants and phosphorylations. *J. Protein Chem.* 21: 557-567.
- Nguyen, N.H.A. and Anema, S.G. (2010): effect of ultrasonication on the properties of skim milk used in the formation of acid gels. *Innov. Food Sci. Emerg.* 11: 616-622.
- Nguyen, T.M.P., Lee, Y. K., Zhou, W. (2009): Stimulating fermentative activities of bifidobacteria in milk by high intensity ultrasound. *Int. Dairy J.* 19: 410-416.

- O'Kennedy, B.T., Kelly, P.M. (2000): Evaluation of milk protein interactions during acid gelation using a simulated yoghurt model, *Milchwissenschaft* 55: 187-190.
- Ott, A., Germond, J.E., Baumgartner, M., Chaintreau, A. (1999): Aroma comparisons of traditional and mild yogurts: headspace gas chromatography quantification of volatiles and origin of  $\alpha$ -diketons. *J. Agr. Food Chem.* 47: 2379-2385.
- Ozer, B.H., Bell, A.E., Grandison, A.S., Robinson, R.K. (1998): Rheological properties of concentrated yoghurt (Labneh). *J. Texture Stud.* 29: 67-79.
- Park, Y.W. (1994): Hypo-allergenic and therapeutic significance of goat milk. *Small Ruminant Res.* 14: 151-159.
- Park, Y.W. (2006): Goat Milk-Chemistry and Nutrition. In Park Y.W, Haenlein F.W. (Eds.), *Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals*. Blackwell Publishing, Oxford, UK, pp. 34-58.
- Park Y. W. (2007): Rheological characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Res.* 68: 73-87.
- Park, Y.W. and Guo, M. (2006): Goat milk products: Types of products, manufacturing technology, chemical composition, and marketing. In Park Y.W, Haenlein F.W. (Eds.), *Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals*. Blackwell Publishing, Oxford, UK, pp. 59-106.
- Park, Y.W., Juárez, M., Ramos, M., Haenlein, G.F.W. (2007): Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Res.* 68: 88-113.
- Parnell-Clunies, E., Kakuda, Y., Mullen, K., Arnott, D.R. and de Man, J.M. (1986a): Physical properties of yogurt: a comparison of vat versus continuous heating systems of milk. *J. Dairy Sci.* 69 (10): 2593-2603.
- Parnell-Clunies, E., Kakuda Y., Smith, A.K. (1987): Microstructure of yogurt as affected by heat-treatment of milk. *Milchwissenschaft* 42: 413-417.
- Parnell-Clunies, E., Kakuda, Y., de Man, J.M. and Cazzola, F. (1988a): Gelation profiles of yogurt as affected by heat treatment of milk. *J. Dairy Sci.* 71 (3): 582-588.
- Parnell-Clunies, E., Kakuda, Y., Irvine, D. and Mullen, K. (1988b): Heat-induced protein changes in milk processed by vat and continuous heating systems. *J. Dairy Sci.* 71 (6): 1472-1483.

- Paseephol, T., Small, D.M., Sherkat F. (2008): Rheology and texture of set yogurt as affected by inulin addition. *J. Texture Stud.* 39: 617–634.
- Patist, A., Bates, D. (2008): Ultrasonics innovations in the food industry: From the laboratory to commercial production. *Innov. Food Sci. Emerg.* 9: 147-154.
- Penna, A., Sivieri, K., Oliveira, M. (2001): Relation between quality and rheological properties of lactic beverages. *J. Food Eng.* 49: 7–13.
- Pereira, R.B., Singh, H., Munro, P.A., Luckman, M.S. (2003): Sensory and textural characteristics of acid milk gels. *Int. Dairy J.* 13: 655–667.
- Pešić, M.B., Barać, M.B., Vrvic, M.M., Ristić, N.M., Maćej, O.D., Stanojević, S.P., Kostić, A.Z. (2011): The distributions of major whey proteins in acid wheys obtained from caprine/bovine and ovine/bovine milk mixtures. *Int. Dairy J.* 21: 831–838.
- Pešić, M.B., Barać, M.B., Stanojević, S.P., Ristić, N.M., Maćej, O.D., Vrvic, M.M. (2012): Heat induced casein–whey protein interactions at natural pH of milk: A comparison between caprine and bovine milk. *Small Ruminant Res.* 108: 77-86.
- Pierre, A., Michel, F., Le Graet, Y. (1995): Variation in size of goat milk casein micelles related to casein genotype. *Lait* 75: 489-502.
- Puđa, P. (2009): *Tehnologija mleka 1. Sirarstvo*. Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet.
- Puđa, P.D. i Obradović, D.B. (1993): Uticaj termičkog i mehaničkog tretmana na prividnu viskoznost kiselog kazeinskog gela. *Preh. Ind.- Mleko i mlečni proizvodi* 4 (1-2): 10-14.
- Puhan, Z. (1991): Razvoj tehnoloških procesa proizvodnje kiselomlečnih proizvoda. *Preh. Ind.- Mleko i mlečni proizvodi* 2 (1-2): 1-5.
- Purwandari, U., Shan, N.P., Vasiljevic T. (2007): Effects of exopolysaccharide-producing strains of *Streptococcus thermophilus* on technological and rheological properties of set-type yoghurt. *Int. Dairy J.* 17: 1344–1352.
- Puvanenthiran, A., Williams, R.P.W. & Augustin, M.A. (2002): Structure and viscoelastic properties of set yoghurt with altered casein to whey protein ratios. *Int. Dairy J.* 12: 383–391.
- Radovanović, R., Popov-Raljić, J. (2001): *Senzorna analiza prehrambenih proizvoda*. Poljoprivredni fakultet, Beograd i Tehnološki fakultet, Novi Sad.

- Raynal, K. and Remeuf, F. (1998): The effect of heating on physicochemical and renneting properties of milk: a comparison between caprine, ovine and bovine milk. *Int. Dairy J.* 8: 695-706.
- Raynal-Ljutovac, K., Gaborit, P., Lauret, A. (2005): The relationship between quality criteria of goat milk, its technological properties and the quality of the final products. *Small Ruminant Res.* 60: 167-177.
- Raynal-Ljutovac, K., Lagriffoul, G., Paccard, P., Guillet, I., Chilliard, Y. (2008): Composition of goat and sheep milk products: An update. *Small Ruminant Res.* 79: 57-72.
- Raynal-Ljutovac, K., Park, Y., Gaucheron, F., Bouhallab, S. (2006): Heat stability and enzymatic modifications of goat and sheep milk. *Small Rumin. Res.* 68: 207-220.
- Remeuf, F., Mohammed, S., Sodini, I., Tissier, J.P. (2003): Preliminary observations on the effect of milk fortification and heating on the microstructure and physical properties of stirred yoghurt, *Int. Dairy J.* 13: 773–782.
- Renan, M., Arnoult-Delest, V., Paquet, D., Brulé, G., Famelart, M.H. (2008): Changes in the rheological properties of stirred acid milk gels as induced by the acidification procedure. *Dairy Sci. Technol.* 88: 341–353.
- Renan, M., Guyomarc'h, F., Arnoult-Delest, V., Pâquet, D., Brulé, G., Famelart, M.H. (2009): Rheological properties of stirred yoghurt as affected by gel pH on stirring, storage temperature and pH changes after stirring. *Int. Dairy J.* 19: 142–148.
- Režek Jambrak A., Lelas V., Herceg Z., Badanjak M., Batur V., Muža M. (2009): Prednosti i nedostaci primjene ultrazvuka visoke snage u mljekarskoj industriji. *Mljekarstvo* 59 (4): 267-281.
- Režek-Jambrak, A., Mason, T.J., Lelas, V., Herceg, Z., Ljubić-Herceg, I. (2008): Effect of ultrasound treatment on solubility and foaming properties of whey protein suspensions. *J. Food Eng.* 86: 281-287.
- Režek-Jambrak, A., Mason, T.J., Lelas, V., Krešić, G. (2010): Ultrasonic effect on physicochemical and functional properties of  $\alpha$ -lactalbumin. *Food Sci. Technol. – LEB* 43: 254-262.
- Ribeiro, A.C. and Ribeiro, S.D.A. (2010): Speciality products made from goat milk. *Small Ruminant Res.* 89: 225-233.

- 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. *Int. Dairy J.* 19: 269-272.
- Riener J., Noci F., Cronin D.A., Morgan D.J., Lyng J.G. (2009b): The effect of thermosonication of milk on selected physicochemical and microstructural properties of yoghurt gels during fermentation. *Food Chem.* 114: 905-911.
- Riener, J., Noci, F., Cronin, D.A., Morgan, D.J., Lyng, J.G. (2010): A comparison of selected quality characteristics of yoghurts prepared from thermosonicated and conventionally heated milks. *Food Chem.* 119: 1108-1113.
- Robinson, R.K. (2011a): Yogurt: types and manufacture. In Fuquay, J.W., Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. (Eds.), *Encyclopedia of Dairy Science*, vol. 2. Elsevier, UK, pp. 525-528.
- Robinson, R.K. (2011b): Yogurt: role of starter culture. In Fuquay, J.W., Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. (Eds.), *Encyclopedia of Dairy Science*, vol. 2. Elsevier, UK, pp. 529-532.
- Robinson, R.K., Lucey, J.A., Tamime, A.Y. (2006): Manufacture of Yoghurt. In Tamime, A. (Ed.), *Fermented milks*. Blackwell Science Ltd, UK, pp. 53-75.
- Rodríguez, J.J., Barbosa-Cánovas, G.V., Gutiérrez-Lopez, G.F., Dorantes-Alvárez, L.D., Yeom, H.W., Zhang, H.Q. (2003): An update on some key alternative food processing technologies: microwave, pulsed electric field, high hydrostatic pressure, irradiation, and ultrasound. In Gutiérrez-Lopez, G.F., Barbosa-Cánovas, G.V. (Eds.), *Food Science and Food Biotechnology*. CRC press, Boca Raton, USA, pp. 279-312.
- Rodrigues, D., Rocha-Santos, T.A.P., Pereira, C.I., Gomes, A.M., Malcatad, F.X., Freitas, A.C., (2011): The potential effect of FOS and inulin upon probiotic bacterium performance in curdled milk matrices, *Food Sci Technol. – LEB* 44: 100-108.
- Rodríguez Rodríguez, E.M., Sanz Alaejos, M., Díaz Romero, C. (2002): Mineral content in goat's milk. *J. Food Quality* 25: 343-358.
- Rynne, N.M., Beresford, T.P., Kelly, A.L., Guinee, T.P. (2004): Effect of milk pasteurization temperature and in situ whey protein denaturation on the



- composition, texture and heat-induced functionality of half-fat cheddar cheese. *Int. Dairy J.* 14: 989-1001.
- Sandoval-Castilla, O., Lobato-Calleros, C., Aguirre-Mandujano, E., Vernon-Carter, E.J. (2004): Microstructure and texture of yoghurt as influenced by fat replacers. *Int. Dairy J.* 14: 151-159.
- Sanz Ceballos, L., Morales, E.R., de la Torre Adarve, G., Castro, J.D., Martinez, L.P., Sanz Sampelayo, M.R. (2009): Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology. *J. Food Compos. Anal.* 22: 322-329.
- Sarić, Z., Bijeljac, S., Skender, H. (2005): Uloga i značaj kozijeg mleka u proizvodnji sira. U Maćej, O., Jovanović, S. (Eds.), Zbornik radova Simpozijuma Mleko i proizvodi od mleka, Tara, Srbija, pp. 20-31.
- Şenel, E., Atamer, M., Gürsoy, A., Öztekin, F.Ş. (2011): Changes in some properties of strained (Süzme) goat's yoghurt. *Small Ruminant Res.* 99: 171-177.
- Sherman, P. (1988): Rheological evaluation of the textural properties of foods. *Prog. Trends Rheol.* II: 44-53.
- Silva, L.I.B., Rodrigues, D.M., Freitas, A.C., Gomes, A.M., Rocha-Santos, T.A.P., Pereira, M.E., Duarte, A.C., (2011): Optical fibre-based methodology for screening the effect of probiotic bacteria on conjugated linoleic acid (CLA) in curdled milk. *Food Chem.* 127: 222-227.
- Slačanac V., Božanić R., Hardi J., Rezessy Szabo J., Lučan M., Krstanović V. (2010): Nutritional and therapeutic value of fermented caprine milk; *Int. J. Dairy Technol.* 63 (2): 171-189.
- Sodini, I., Remeuf, F., Haddad, S. (2004): The relative effect of milk base, starter and process on yogurt texture: A review. *CRC Cr. Rev. Food Sci.* 44: 113-137.
- Stelios, K. and Emmanuel, A. (2004): Characteristics of set type yoghurt made from caprine or ovine milk and mixture of the two. *Int. J. Sci. Food Tech.* 39: 319-324.
- Surono, S. and Hosono, A. (2011a): Fermented milks – Types and standards for identity. In Fuquay, J.W., Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. (Eds.), *Encyclopedia of Dairy Science*, vol. 2. Elsevier, UK, pp. 470-476.

- Surono, S. and Hosono, A. (2011b): Fermented milks – Starter cultures. In Fuquay, J.W., Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. (Eds.), *Encyclopedia of Dairy Science*, vol. 2. Elsevier, UK, pp. 477-482.
- Tabilo-Munizaga, G. and Barbosa-Cánovas, G. (2005): Rheology for food industry. *J. Food Eng.* 67: 147-156.
- Tamime, A.Y. and Robinson, R.K. (1988): Fermented milk and their future trends. Part II. Technological aspects. *J. Dairy Res.* 55 (2): 281-307.
- Tamime, A.Y. and Robinson R.K. (2000): *Yoghurt Science and Technology*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge England.
- Tamime, A.Y., Barrantes, E. and Sword, A.M. (1996): The effect of starch based fat substitutes on the microstructure of set-style yogurt made from reconstituted skimmed milk powder. *J. Soc. Dairy Technol.* 49 (1): 1-10.
- Tamime, A.Y., Skriver, A., Nilsson, L.E. (2006): Starter cultures. In Tamime, A.Y. (Ed.), *Fermented milks*. Blackwell Science Ltd, UK, pp. 11-52.
- Taylor, M.W. and MacGibbon, A.K.H. (2011): Milk lipids. In Fuquay, J.W., Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. (Eds.), *Encyclopedia of Dairy Science*, vol. 2. Elsevier, UK, pp. 649-743.
- Torado de la Fuente, B. and Alais, C. (1975): Solvation of Casein in bovine milk. *J. Dairy Sci.* 58 (3): 293-300.
- Tolstoguzov, V.B. (1995): Some physico-chemical aspects of protein processing in foods. Multicomponent gels. *Food Hydrocolloid.* 9: 317–332.
- Tratnik, Lj. i Božanić, R. (2012): *Mlijeko i mliječni proizvodi*. Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb.
- Trujillo, A. J., Casals, I., Guamis, B. (2000): Analysis of major caprine milk proteins by reverse-phase high-performance liquid chromatography and electrospray ionization-mass spectrometry. *J. Dairy Sci.* 83 (1): 11-19.
- Ulsoy, B.H., Colak, H., Hampikyan, H. (2007): The use of ultrasonic waves in food technology. *Research journal of biological sciences* 2 (4): 491-497.
- Vacca, G.M., Ouled Ahmed Ben Ali, H., Pazzola, M., Sanna, M., Dettori, M.L., Carcangiu, V. (2009): An investigation on allele frequency at the CSN1S2 locus and its relationship with milk parameters in the Sarda goat. *J. Anim. Feed Sci.* 18: 628–637.

- van Hooydonk, A.C.M., Hagedoorn, H.G. and Boerrigter, I.J. (1986): pH-induced physico-chemical changes of casein micelles in milk and their effect on reneting. 1. Effect of acidification on physico-chemical properties. *Neth. Milk Dairy J.* 40: 281-296.
- van Vliet, T., and Dentener-Kikkert, A. (1982): Influence of the composition of the milk fat globule membrane on the rheological properties of acid milk gels. *Neth. Milk dairy J.* 36: 261-265.
- van Vliet, T., Lakemond, C.M.M., Visschers, R.W. (2004): Rheology and structure of milk protein gels. *Curr. Opin. Colloid In.* 9: 298–304.
- Vasbinder, A.J., and de Kruif, C.G. (2003): Casein-whey protein interactions in heated milk: The influence of pH. *Int. Dairy J.* 13: 669–677.
- Vasbinder, A.J., Alting, A.C., Visschers, R.W., de Kruif, C.G. (2003): Texture of acid milk gels: formation of disulfide cross-links during acidification. *Int. Dairy J.* 13: 29-38.
- Vasbinder, A.J., van Mil, P.J.J.M., Bot, A., de Kruif, C.G. (2001): Acid-induced gelation of heat treated milk studied by diffusing wave spectroscopy. *Colloid Surface B* 21: 245-250.
- Vélez- Ruiz, J.F. (2008): Rheological properties of yoghurt. In Cantor, J.M. (Ed.), *Progress in Food Engineering Research and Development*. Nova Science Publishers, Inc., NY, USA. pp. 223–242.
- Vercet A., Oria R., Marquina P., Crelier S., Lopez-Buesa P. (2002): Rheological properties of yoghurt made with milk submitted to manothermosonification. *J. Agric. Food Chem.* 50: 6165-6171.
- Villamiel, M., De Jong, P. (2000): Influence of High-Intensity Ultrasound and Heat Treatment in Continuous Flow on Fat, Proteins, and Native Enzymes of Milk. *J. Agr. Food Chem.* 48 (2): 472-478.
- Vučić, T., Jovanović, S., Kljajević, N., Zdravković, I., Maćej, O. (2010): Uticaj ultrazvučnog tretmana na karakteristike čvrstog jogurta od kozijeg mleka tokom skladištenja, *Preh. Ind. – Mleko i mlečni proizvodi*, 21 (1-2): 89-96.
- Vučić, T., Jovanović, S., Maćej, O., Zdravković, I., Kljajević, N. (2011): Influence of ultrasound treatment and storage period on the viscosity of set-style yogurt made from goat milk at different speed of spindle rotation. In Proceedings of the 26<sup>th</sup>

- Symposium on recent Developments in Dairy Technology. Novi Sad, Serbia, pp. 94-100.
- Vukićević, D., Jovanović, S., Maćej, O., Jokić, A. (1998): Uticaj termičkog tretmana na promenu sadržaja laktoze i pH vrednost mleka. U Zborniku radova III jugoslovenskog simpozijuma prehrambene tehnologije. Beograd, pp. 127-131.
- Wacher-Rodate, C., Galvan, M. V., Farres, A., Gallardo, F., Marshall, V. M., Garcia-Garlibay, M. (1993). Yoghurt production from reconstituted skim milk powders using different polymer and nonpolymer forming starter cultures. *J. Dairy Res.* 60: 247–254.
- Walstra, P. (1990): On the stability of casein micelles. *J. Dairy Sci.* 73 (8): 1965-1979.
- Walstra, P., Wouters, J.T.M., Geurts, T. (2006): *Dairy science and technology*. Taylor & Francis Group, USA
- Wrigley, D.M. and Llorca, H.G. (1992): Decrease of *Salmonella typhimurium* in skim milk and egg by heat and ultrasonic wave treatment. *J. Food Protect.* 55 (9): 678-680.
- Wu H., Hulbert G. J., Mount J. R. (2001): Effects of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter. *Innov. Food Sci. Emerg.* 1: 211-218.
- Xiong, Y.L. and Kinsella, J.E. (1991a): Influence of fat globule membrane composition and fat type on rheological properties of milk based composite gels. I. Methodology. *Milchwissenschaft* 46: 150-151.
- Xiong, Y.L. and Kinsella, J.E. (1991b): Influence of fat globule membrane composition and fat type on rheological properties of milk based composite gels. I. Results. *Milchwissenschaft* 46: 207-211.
- Yahyaoui, M.H., Angiolillo, A., Pilla, F., Sanchez, A., Folch, J.M. (1997): Characterization and genotyping of the caprine  $\kappa$ -casein variants. *J. Dairy Sci.* 86: 2715-2720.
- Zabdalova, L.A. and Patkul, G.M. (1982): Investigation of the process of structure formation by the acid coagulation of milk proteins. In Brief communications of the XXI International Dairy Congress, Volume I, Book One. Moskow, Russia, pp. 293.

Zhao, Q.Z., Wang, J.S., Zhao, M.M., Jiang, Y.M, Chun, C. (2006): Effect of casein hydrolysates on yogurt fermentation and texture properties during storage. *Food Technol. Biotech.* 44 (3): 429-434.

## PRILOG

Tabela P1. Promena pH vrednosti u toku fermentacije

Uzorak	Vreme fermentacije (min)												
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
	pH												
A1	6.29aA	6.19abA	6.02bA	6.09bA	6.08bA	5.92bA	5.53cA	5.27dA	5.02eA	4.88efA	4.87efA	4.79fgA	4.63gA
A2	6.31aA	6.20abA	6.07bA	6.14bcA	6.27abA	6.02cA	5.63dA	5.35eA	5.13fA	4.95fgA	4.81gA	4.69hA	4.61hA
A3	6.51aA	6.39abA	6.15bcA	6.00cA	5.55dB	5.10eB	4.80fB	4.61fB					
B1	6.42aA	6.36aA	6.15bA	6.10bA	5.68cC	5.24dB	4.94dB	4.70fAB	4.53gB				
B2	6.44aA	6.34aA	6.16bA	6.18bA	6.10bB	5.71cA	5.38dA	5.07eA	4.85fA	4.70gA	4.75fgA	4.63gA	
B3	6.52aA	6.42abA	6.25cA	6.28cA	6.30bcA	5.71dA	5.25eA	4.98fA	4.73gA	4.61gA			
C1	6.42aA	6.35abA	6.17cA	6.21bcA	6.16cA	5.65dA	5.26eA	4.97fA	4.75gA	4.63hA			
C2	6.47aA	6.35bA	6.21cA	6.30bcA	6.00dB	5.41eB	5.01fB	4.78gB	4.64hAB	4.58hA			
C3	6.50aA	6.39bA	6.23cA	6.29cA	6.09dAB	5.53eB	5.08fB	4.77gB	4.60hB				
D1	6.40aB	6.34bA	6.21cA	6.23cA	6.36abA	6.20cA	5.84dA	5.41eA	5.21fA	4.94gA	4.61hB		
D2	6.33aC	6.17bB	6.05cB	6.19bA	6.18bC	5.76dC	5.36eC	5.03fC	4.91gC	4.71hC	4.60iB		
D3	6.48aA	6.37bA	6.20dA	6.21cdA	6.25cB	5.86eB	5.49fB	5.22gB	5.00hB	4.87iB	4.79jA	4.65kA	4.64kA
E1	6.49aA	6.44aA	6.26bA	6.24bA	6.11cB	5.48dB	5.02eB	4.80fB	4.68gAB	4.60hA			
E2	6.47aA	6.37bA	6.18cA	6.24cA	6.23cA	5.67dA	5.32eA	4.94fA	4.76gA	4.66hA	4.62hA		
E3	6.49aA	6.38bA	6.21cA	6.21cA	6.11dB	5.56eAB	5.13fB	4.84gAB	4.63hB				

\*Vrednosti sa istovetnim malim slovima po redovima ne razlikuju se statistički značajno (  $p < 0.05$  )

\*\*Vrednosti sa istovetnim velikim slovima po koloni za istu grupu uzoraka ne razlikuju se statistički značajno (  $p < 0.05$  )

Tabela P2. Promena viskoziteta u toku fermentacije

Uzorak	Vreme fermentacije (min)												
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
	Viskozitet (mPas)												
A1	10.0dA	9.5dA	12.6dA	22.8dA	51.4dA	67.9dA	374.5abA	428.9aA	139.4dA	187.6cdA	491.0aA	488.9aA	338.8bcA
A2	10.3cA	12.1cA	11.5cA	12.1cA	13.8cA	16.6cA	34.4bcB	48.4bcB	139.7acA	222.1aA	207.9abA	262.6aA	207.2abA
A3	8.8cA	9.0cA	11.9cA	21.3cA	35.4cA	167.3bcA	458.1aA	219.5bA					
B1	9.1dA	9.1dA	14.6dA	22.4dA	34.7dA	107.5dA	507.0aA	272.4cA	402.9bA				
B2	9.5cA	10.8cA	12.9cA	19.5cA	25.8cA	36.0cA	41.1cB	197.4bA	265.4bA	223.1bA	622.7aA	541.5aA	
B3	9.9cA	9.7cA	14.4cA	27.2cA	38.6cA	46.7cA	173.9bB	334.8aA	322.9aA	234.0bA			
C1	10.2bA	9.7bA	14.1bA	27.0bA	50.8bA	78.0bA	152.0bB	511.1bB	670.1aA	429.6bA			
C2	11.0cA	10.1cA	20.1cA	30.0cA	46.8cA	59.8cA	443.6bA	860.3aA	454.9bB	395.3bA			
C3	12.4dA	12.3dA	18.1dA	28.0dA	58.1dA	77.9d	276.8cAB	692.4aAB	409.0bB				
D1	9.8fA	10.7fA	14.6efA	15.6defA	19.3defA	24.1defA	33.5cdeA	36.1cdAB	51.9cC	257.2aB	186.1bC		
D2	11.6fA	8.8fA	10.7efA	14.4efA	18.4efA	23.7efA	31.1eA	70.3dA	256.9cA	375.8aA	295.0bB		
D3	9.4gA	9.6gA	11.4gA	16.0fgA	20.0fgA	24.5fgA	27.7fgA	32.6fB	120.6eB	266.5dB	357.4cA	430.9bA	547.2aA
E1	9.0dA	9.2dA	11.6dA	19.8dA	28.0dA	59.6dA	476.8aA	364.8bcB	317.9cA	436.7abA			
E2	9.4cA	9.5cA	14.0cA	24.7cA	36.8cA	50.3cA	96.1cB	646.0aA	339.3bA	265.2bA	309.6bA		
E3	9.6cA	8.7cA	11.5cA	17.2cA	22.9cA	29.8cA	36.1cB	295.1aB	172.3bA				

\*Vrednosti sa istovetnim malim slovima po redovima ne razlikuju se statistički značajno (  $p < 0.05$  )

\*\*Vrednosti sa istovetnim velikim slovima po koloni za istu grupu uzoraka ne razlikuju se statistički značajno (  $p < 0.05$  )

Tabela P3. Uticaj ultrazvučnog tretmana i vremena skladištenja na promenu viskoziteta čvrstog jogurta od kozijeg mleka, pri brzini rotacije spindla od 20 o/min

Uzorak	Vreme skladištenja (dani)	Vreme (s)					
		30	60	90	120	150	180
		Viskozitet (mPas)					
A1	1	1167.3aB	1052.6aB	1468.4aB	1184.5aB	958.5aB	911.4aB
	7	1276.6aB	1113.3aB	902.5aB	998.6aB	876.9aB	868.9aB
	14	1844.8aB	1552.7aB	1436.4aB	1368.9aB	1375.3aB	1171.1aB
	21	1213.8aB	1145.9aB	1023.9aB	923.0aB	875.8aB	862.5aB
A2	1	1209.1aB	1208.5aB	1212.7aB	1190.3aB	1185.0aB	1180.6aB
	7	1101.2aB	1087.6aB	1067.9aB	1048.5aB	1024.8aB	1056.5aB
	14	1179.6aB	1130.6aB	1090.5aB	1039.3aB	1011.0aB	996.5aB
A3	1	2266.8aA	2319.9aA	2198.8aA	1979.4aA	1828.8aA	1614.3aA
	7	1762.7aA	1785.4aA	1869.8aA	1801.2aA	1712.5aA	1721.6aA
	14	1871.3aA	1874.4aA	1892.2aA	1850.4aA	2044.7aA	1936.2aA
	21	2021.9aA	2156.5aA	1930.0aA	1650.9aA	1517.7aA	1419.3aA

\*Vrednosti sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja (  $p < 0.05$  )

\*\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno (  $p < 0.05$  )



Tabela P4. Uticaj ultrazvučnog tretmana i vremena skladištenja na promenu viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS, pri brzini rotacije spindla od 20 o/min

Uzorak	Vreme skladištenja (dani)	Vreme (s)					
		30	60	90	120	150	180
		Viskozitet (mPas)					
B1	1	1549.1aA	1388.2aA	1305.4aA	1239.4aA	1210.2aA	1136.0aA
	7	1753.3aA	1571.6aA	1375.6aA	1257.3aA	1231.9aA	1155.7aA
	14	1557.1aA	1414.2aA	1330.6aA	1256.8aA	1064.8aA	1124.5aA
	21	1408.3aA	1339.8aA	1386.3aA	1246.9aA	1188.3aA	1066.4aA
B2	1	1608.1aA	1446.1aA	1357.7aA	1287.1aA	1163.2aA	1089.7aA
	7	1567.6aA	1313.7aA	1255.8aA	1197.5aA	1091.3aA	1064.6aA
	14	1462.1aA	1347.1aA	1266.9aA	1229.5aA	1154.5aA	1271.2aA
	21	1775.4aA	1608.1aA	1413.2aA	1312.5aA	1305.5aA	1180.9aA
B3	1	1163.8aB	1045.3aB	986.9aB	926.7aB	870.9aB	864.4B
	7	1115.8aB	1051.0aB	952.2aB	847.2aB	802.1aB	773.6aB
	14	759.9bB	698.2bB	713.1bB	682.5bB	703.0bB	665.7bB
	21	982.7aB	931.0aB	891.1aB	861.5aB	836.1aB	817.1aB

\*Vrednosti sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja (  $p < 0.05$  )

\*\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno (  $p < 0.05$  )

*Tabela P5. Uticaj ultrazvučnog tretmana i vremena skladištenja na promenu viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS, pri brzini rotacije spindla od 20 o/min*

Uzorak	Vreme (s)	30	60	90	120	150	180
	Vreme skladištenja (dani)	Viskozitet (mPas)					
C1	1	2244.0bA	2048.9cA	1954.0bA	1907.4bA	1837.7cA	1786.2bA
	7	2697.7bA	2277.7cA	2164.6bA	2162.6bA	2142.5bcA	2160.2abA
	14	4560.5aA	4649.4aA	4464.1aA	3759.4aA	3383.3aA	3060.2aA
	21	3580.7aA	3330.8bA	3695.4aA	3147.4aA	2847.8abA	2998.0aA
C2	1	1625.1aB	1499.6aB	1317.0aB	1217.2aB	1110.0aB	1081.6aB
	7	1443.5aB	1357.3aB	1230.7aB	1140.0aB	1076.6aB	1024.9aB
	14	1204.8aB	1269.1aB	1172.8aB	915.3aB	872.6aB	841.4aB
	21	1202.7aB	1062.9aB	971.6aB	928.6aB	895.1aB	863.5aB
C3	1	1618.2aB	1473.5aB	1352.8aB	1221.6aB	1158.6aB	1119.8aB
	7	1339.8aB	1205.1aB	1127.6aB	1081.5aB	1070.6aB	1086.7aB
	14	1345.7aB	1172.3aB	1083.4aB	1058.0aB	1031.9aB	999.3aB
	21	1424.3aB	1286.6aB	1135.6aB	1062.9aB	1010.5aB	975.2aB

\*Vrednosti sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja (  $p < 0.05$  )

\*\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno (  $p < 0.05$  )

Tabela P6. Uticaj ultrazvučnog tretmana i vremena skladištenja na promenu viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM, pri brzini rotacije spindla od 20 o/min

Uzorak	Vreme (s)	30	60	90	120	150	180
	Vreme skladištenja (dani)	Viskozitet (mPas)					
D1	1	1377.5abA	1416.2aA	1465.6aA	1396.4aA	1206.3aA	1118.2aA
	7	1233.4bB	1217.0aB	1229.5aB	1185.0aB	1207.3aAB	1084.5aB
	14	1637.9aA	1442.8aA	1385.4aA	1284.6aA	1189.4aA	1183.1aA
	21	719.6cB	686.1bB	634.8bB	578.0bB	557.3bB	496.8bB
D2	1	1449.0aA	1383.1aA	1306.1aA	1280.9aA	1177.3aA	1141.7aA
	7	1249.5abB	1207.3abB	1179.5abB	1087.4abB	1050.2abB	974.6abB
	14	1178.5abB	1081.2bB	1014.0bB	1021.1abA	978.2abA	963.1abA
	21	1084.7bA	946.6bAB	924.9bAB	894.4bAB	874.9bAB	821.0bAB
D3	1	1392.2aA	1369.4aA	1245.8bA	1165.3bA	1152.3bA	1102.5bA
	7	1610.7aA	1652.7aA	1616.9aA	1526.1aA	1482.6aA	1420.7aA
	14	1555.6aA	1479.3aA	1322.0bAB	1182.1bA	1080.1bA	1048.5bA
	21	1100.4bA	1076.4bA	1046.1bA	998.8bA	961.4bA	950.1bA

\*Vrednosti sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja (  $p < 0.05$  )

\*\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno (  $p < 0.05$  )

Tabela P7. Uticaj ultrazvučnog tretmana i vremena skladištenja na promenu viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% IPM, pri brzini rotacije spindla od 20 o/min

Uzorak	Vreme (s)	30	60	90	120	150	180
	Vreme skladištenja (dani)	Viskozitet (mPas)					
E1	1	1443.7aA	1283.2aB	1183.6aB	1196.9abB	1140.7aB	1119.3aB
	7	1357.5aA	1342.3aA	1384.0aA	1448.4aA	1253.0aA	1134.5aA
	14	1367.2aA	1318.6aA	1285.7aA	1232.6abA	1117.9aAB	1104.7aAB
	21	1534.7aA	1426.6aA	1187.2aA	948.6bA	926.8aA	910.3aA
E2	1	1806.9aA	1861.7aA	1978.7aA	1775.2aA	1847.3aA	1829.0aA
	7	1512.5abA	1290.4bA	1263.2bA	1233.5bAB	1202.3bcA	1182.4bA
	14	1276.8bAB	1166.8bAB	1215.3bA	1247.6bA	1284.5bA	1251.8bA
	21	1310.8bA	1135.5bA	1023.8bA	926.8bAB	907.5cAB	923.8bA
E3	1	1576.3aA	1471.3aAB	1452.5aB	1412.2aAB	1368.6aB	1314.7aB
	7	1272.3aA	1205.6abA	1060.6bA	995.7bB	968.3bA	922.9bA
	14	889.9bB	840.0bcB	776.8bcB	745.6bcB	728.9bcB	743.2bcB
	21	514.8cB	468.2cB	432.1bB	436.2cB	395.0cB	376.2cB

\*Vrednosti sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja (  $p < 0.05$  )

\*\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno (  $p < 0.05$  )

Tabela P8. Uticaj ultrazvučnog tretmana i vremena skladištenja na promenu viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka pri različitoj brzini rotacije spindla

Uzorak	Vreme skladištenja (dani)	Brzina rotacije spindla (o/min)									
		20	30	50	60	100	100	60	50	30	20
		Viskozitet (mPas)									
A1	1	1075.8aB	760.0aB	578.0aB	609.7aB	400.4aB	341.5aB	412.1aB	460.9aB	601.2aB	745.9abB
	7	1163.5aB	727.6aB	485.6aB	432.6bB	384.3aA	377.1aA	456.4aB	492.1aB	639.3aB	746.4abB
	14	1027.2aB	575.2bB	422.0aB	370.2bB	287.4aB	298.9aB	374.0aB	404.3aB	534.1aB	647.3bB
	21	1066.9aB	663.2abB	503.8aB	458.6abB	358.2aB	379.7aB	466.1aB	496.7aB	630.5aB	891.9aB
A2	1	988.9abB	786.5aB	609.8aB	546.3aB	428.2aB	379.9aB	428.4aB	463.7aB	557.8aB	678.1aB
	7	1141.9aB	747.0aB	587.9aB	517.9aB	409.9aA	369.2aA	450.8aB	480.3aB	616.1aB	784.1aB
	14	906.8bB	638.3aB	502.7aB	432.1aB	345.0aAB	323.5aAB	386.8aB	420.8aB	549.2aB	697.0aB
A3	1	2225.9aA	1261.4abA	898.7bA	765.3bA	637.3abA	630.1aA	763.5abA	831.4abA	1069.8aA	1309.9aA
	7	1872.4bA	1133.4bA	821.3bA	713.7bA	566.6bA	553.2aA	659.6abA	710.5bcA	894.6bA	1087.1bA
	14	1507.6cA	974.6cA	739.9bA	630.7bA	527.8bA	495.3aA	603.7bA	632.6cA	762.7bA	915.0cA
	21	1914.8bA	1334.0aA	1069.3aA	990.3aA	732.7aA	653.0aA	827.3aA	879.7aA	1081.1aA	1305.3aA

\*Vrednosti sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja (  $p < 0.05$  )

\*\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno (  $p < 0.05$  )

Tabela P9. Uticaj ultrazvučnog tretmana i vremena skladištenja na promenu viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS pri različitoj brzini rotacije spindla

Uzorak	Vreme skladištenja (dani)	Brzina rotacije spindla (o/min)									
		20	30	50	60	100	100	60	50	30	20
		Viskozitet (mPas)									
B1	1	1436.9bA	779.9bA	561.7aA	520.4aA	424.2aA	355.6aA	427.0aA	464.1aA	613.7aA	786.7bA
	7	1509.0bA	785.1bA	517.1aA	454.8aA	326.9aA	300.7aA	419.0aA	474.7aA	723.1aA	1074.6aA
	14	1612.2bA	1173.1aA	642.2aA	545.2aA	386.2aA	331.2aA	444.0aA	484.7aA	706.7aA	1009.1aA
	21	1809.9aA	1037.3aA	666.0aA	564.2aA	371.0aA	343.2aA	457.5aA	508.8aA	733.3aA	996.8aA
B2	1	1465.5aA	874.4abA	663.4aA	510.6aA	379.9aA	384.5aA	463.5aA	507.3aA	654.7aA	816.0aA
	7	1351.9aA	942.4aA	572.3abA	488.0abA	342.8aA	295.9aA	373.2aA	409.7aA	564.9aAB	731.8aB
	14	1141.5bB	629.1cB	428.8bB	369.4bA	295.1aA	284.6aA	360.5aA	379.9aA	517.1aB	664.7aB
	21	1373.1aB	772.9bcB	495.9bAB	405.9abA	282.1aA	275.1aA	359.6aA	392.5aA	567.1aAB	771.0aB
B3	1	924.5bB	710.4aA	506.2aA	451.1aA	393.4aA	363.7aA	455.4aA	511.1aA	616.0aA	708.2aA
	7	806.1bB	486.6bB	392.8aA	357.5aA	297.9aA	260.7aA	340.4aA	347.2bA	432.9bB	528.3bC
	14	1096.0aB	732.0aB	539.6aAB	441.6aA	333.0aA	298.0aA	375.5aA	411.1abA	534.9abAB	684.0abB
	21	905.9bC	587.6abB	465.0aB	416.1aA	324.4aA	325.4aA	382.1aA	406.4abA	498.6abB	626.1abB

\*Vrednosti sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja (  $p < 0.05$  )

\*\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno (  $p < 0.05$  )

Tabela P10. Uticaj ultrazvučnog tretmana i vremena skladištenja na promenu viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% KPS pri različitoj brzini rotacije spindla

Uzorak	Vreme skladištenja (dani)	Brzina rotacije spindla (o/min)									
		20	30	50	60	100	100	60	50	30	20
		Viskozitet (mPas)									
C1	1	1988.3bA	1209.3abA	848.3aA	787.0aA	616.2aA	606.5aA	810.0aA	847.6aA	1191.0aA	1510.5bA
	7	2201.6aA	1189.6bA	790.5aA	715.1aA	472.8aA	439.3aA	655.3abA	710.5abA	1047.7abA	1421.2bA
	14	2361.8aA	1297.3abA	855.5aA	766.2aA	514.2aA	430.9aA	595.5bA	639.4bA	936.9bA	1335.5bA
	21	2211.6aA	1431.9aA	961.9aA	795.8aA	554.9aA	552.4aA	715.8abAB	832.8aA	1291.5aA	1897.7aA
C2	1	1323.7aB	845.8aB	615.8aAB	541.1aB	437.1aB	433.6aA	530.2aB	564.9aB	690.7abB	806.8bC
	7	1282.9aC	807.9aA	610.7aA	525.2aA	423.8aA	361.9aA	423.0aB	455.4aB	584.7bB	749.4bC
	14	1299.2aC	859.3aB	638.5aB	546.9aB	398.4aA	351.3aA	410.7aA	431.8aA	560.4bB	745.1bC
	21	1396.6aB	852.1aB	568.5aB	555.5aB	383.2aB	372.4aB	506.8aB	557.4aB	791.1aC	1057.6aC
C3	1	1443.6bB	869.2bB	647.4bB	593.7bB	507.6aA	531.7aA	672.9aB	755.7aAB	988.9abB	1272.4bB
	7	1516.7bB	974.8bA	656.6bA	570.6bA	407.7aA	387.7bA	508.6bB	549.2bB	822.2bA	1109.9cB
	14	1515.6bB	976.8bB	687.1bB	546.4bB	390.4aA	372.0bA	473.0bA	509.9b	714.9bB	958.4cB
	21	2042.0aA	1262.0aA	842.8aA	729.2aA	513.9aA	541.0aAB	786.2aA	832.9aA	961.3aB	1490.2aB

\*Vrednosti sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja (  $p < 0.05$  )

\*\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno (  $p < 0.05$  )

Tabela P11. Uticaj ultrazvučnog tretmana i vremena skladištenja na promenu viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 0.5% IPM pri različitoj brzini rotacije spindla

Uzorak	Vreme skladištenja (dani)	Brzina rotacije spindla (o/min)									
		20	30	50	60	100	100	60	50	30	20
		Viskozitet (mPas)									
D1	1	1247.1abB	890.9aA	737.3aA	703.9aA	523.5aA	472.5aA	554.0aA	602.6aAB	764.4aA	896.3aA
	7	1231.2bB	705.0bA	517.5bAB	461.6bA	411.7aA	365.2abA	394.3bAB	410.8bAB	511.3bB	639.2bB
	14	1382.2aA	727.1bA	460.1bA	361.0bB	267.8bA	269.1bA	326.9bA	366.8bA	527.8bA	769.3abA
	21	604.7cC	546.9cB	385.7bAB	321.0bA	250.9bA	243.0bA	258.2bA	276.1bA	350.7cB	445.8cB
D2	1	1463.6aA	830.1aAB	623.1aAB	570.8aAB	501.8aAB	485.1aA	565.6aA	620.0aA	783.0aA	990.5aA
	7	1118.8bC	741.5aA	589.9aA	493.9aA	400.4abA	389.2abA	479.7abA	553.8abA	709.6abA	906.0abA
	14	1415.3aA	811.0aA	587.7aA	566.0aA	399.7abA	317.1bA	404.6bA	446.7bA	586.9bcA	796.4bcA
	21	951.4cB	584.0cB	369.9bB	350.3bA	334.8bA	321.1bA	389.7bA	428.3bA	536.9cA	660.4cA
D3	1	1083.8cC	725.8aB	523.4aB	456.6aB	343.8aB	344.3aA	419.6abA	445.7aB	572.4abB	706.3abB
	7	1497.3aA	825.7aA	396.6aB	355.3aA	252.7aA	244.8aA	313.9abB	339.9abB	463.7bcB	624.4bB
	14	1202.4bcB	718.6aA	500.3aA	451.7aAB	338.2aA	327.6aA	450.3aA	470.7aA	613.3aA	813.5aA
	21	1258.6bA	747.8aA	546.8aA	402.6aA	267.7aA	232.7aA	285.5bA	310.7bA	391.0cAB	611.1bA

\*Vrednosti sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja (  $p < 0.05$  )

\*\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno (  $p < 0.05$  )



Tabela P12. Uticaj ultrazvučnog tretmana i vremena skladištenja na promenu viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozijeg mleka sa dodatkom 1% IPM pri različitoj brzini rotacije spindla

Uzorak	Vreme skladištenja (dani)	Brzina rotacije spindla (o/min)									
		20	30	50	60	100	100	60	50	30	20
		Viskozitet (mPas)									
E1	1	1223.1cB	803.3aAB	543.4aB	483.4aA	354.3aA	373.1aA	473.5aAB	514.9aAB	652.9aB	784.8bB
	7	1232.8cB	696.0aA	529.4aA	441.2aA	352.0aA	287.5aA	350.6abA	402.1abA	545.2abA	708.7bA
	14	1388.5bA	733.4aA	518.8aA	492.1aA	356.5aA	322.3aA	401.7abA	475.1abA	696.4aA	1048.7aA
	21	1621.7aA	803.8aA	486.6aA	403.1aA	318.4aA	254.0aA	301.2bA	324.4bA	463.1bA	672.8bA
E2	1	1525.9aA	951.5aA	744.8aA	652.5aA	513.6aA	514.1aA	638.3aA	676.7aA	856.3aA	1035.6aA
	7	1427.0abA	699.7bA	486.5bA	439.2bA	355.9bA	346.1bA	430.9bA	474.3bA	601.4aA	734.5bA
	14	1310.1bA	577.6bcAB	420.4bA	337.8bA	268.8bA	254.8bA	314.6bA	349.4bAB	491.7abB	620.3bcB
	21	875.4cB	483.1cB	358.5bAB	314.4bA	261.6bA	275.5bA	317.8bA	340.1bA	429.6bA	524.5cA
E3	1	1174.2bB	670.8aB	500.8aB	479.4aA	372.3aA	357.6aA	451.1aB	491.8aB	634.5aB	773.3aB
	7	1358.0aAB	696.1aA	527.4aA	470.2aA	339.9aA	330.2abA	413.5abA	463.6aA	666.2aA	844.5aA
	14	953.5cB	554.5abB	411.7abA	352.0abA	269.0abA	238.1abA	275.6bcA	294.3bB	365.9bB	449.6bB
	21	815.5cB	463.7bB	294.6bB	253.1bA	198.9bA	186.7bA	236.2cA	265.7bA	374.4bA	532.2bA

\*Vrednosti sa istovetnim malim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno po vremenu skladištenja (  $p < 0.05$  )

\*\*Vrednosti za isti dan skladištenja sa istovetnim velikim slovima po koloni ne razlikuju se statistički značajno (  $p < 0.05$  )

## BIOGRAFIJA

Tanja Vučić je rođena 22.08.1972. godine u Čupriji. Gimnaziju je završila u Zaječaru 1991. godine. Odsek za Prehrambenu tehnologiju, grupa Tehnologija animalnih proizvoda na Poljoprivrednom fakultetu u Zemunu je upisala školske 1991/92. godine. Diplomirala je 2001. godine sa prosečnom ocenom 8.27 i ocenom 10 na diplomskom radu, čime je stekla zvanje diplomiranog inženjera prehrambene tehnologije animalnih proizvoda.

Poslediplomske studije, smer prehrambena tehnologija, grupa tehnologija animalnih proizvoda na Poljoprivrednom fakultetu Univerziteta u Beogradu upisala je školske 2001/2002. godine, a na doktorske studije, studijski program prehrambena tehnologija je prešla školske 2006/2007. godine, u skladu sa Bolonjskom konvencijom i Statutom Poljoprivrednog fakulteta u Beogradu. Zvanje istraživač saradnik za užu naučnu oblast „Nauka o mleku“ stekla je 2008. godine, i u isto zvanje je reizabrana 2011. godine.

U periodu od 2001. do 2002. godine radila je na Odeljenju za tehnologiju mleka, Poljoprivrednog fakulteta u Zemunu kao stručni saradnik. U periodu od 2002. do 2003. godine radila je kao tehnički saradnik u istom Odeljenju. Od 2003. godine zaposlena je kao stručni saradnik, u kom svojstvu se i sada nalazi. Stručni i naučni rad kandidata Tanje Vučić, dipl. inž. sastoji se iz istraživačkog laboratorijskog rada, kao i učešća u realizaciji studentskih vežbi i izradi diplomskih, završnih i master radova iz oblasti nauke o mleku.

Do sada je, u saradnji sa drugim autorima, objavila ukupno 40 naučnih radova od čega su dva rada objavljena u međunarodnim časopisima sa Sci. liste i koautor je jednog tehničkog rešenja.

U dosadašnjem periodu kao istraživač je učestvovala u realizaciji četiri projekta, finansiranih od strane Ministarstva za nauku Republike Srbije.

Прилог 1.

## Изјава о ауторству

Потписани-а Вучић Тања

Број индекса или пријаве докторске дисертације 11/39

### Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом:

**”Утицај додатих концентрата протеина млека и ултразвучног третмана на карактеристике чврстог јогурта од козијег млека”**

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена докторска дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

У Београду, 30.06.2014.

Потпис докторанда

Вучић Тања

Прилог 2.

## Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторске дисертације

Име и презиме аутора

Вучић Тања

Број индекса или пријаве докторске дисертације 11/39

Студијски програм Прехрамбена технологија

Наслов докторске дисертације Утицај додатих концентрата протеина млека и ултразвучног третмана на карактеристике чврстог јогурта од козијег млека

Ментор проф. др Снежана Јовановић

Потписани/а Вучић Тања

Изјављујем да је штампана верзија моје докторске дисертације истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

**Потпис докторанда**

У Београду, 30.06.2014.

Вучић Тања

Прилог 3.

## Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Утицај додатих концентрата протеина млека и ултразвучног третмана на карактеристике чврстог јогурта од козијег млека

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на крају).

У Београду, 30.06.2014.

Потпис докторанда

Будив Ђанић

**1. Ауторство** - Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце,

чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

**2. Ауторство** – некомерцијално. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

**3. Ауторство** - некомерцијално – без прераде. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

**4. Ауторство** - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

**5. Ауторство** – без прераде. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

**6. Ауторство** - делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.