

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

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

NAUČNI RAD

UDK: 637.146.3+637.12'639]:637.142.2

UTICAJ KONCENTRATA PROTEINA SURUTKE NA KARAKTERISTIKE ČVRSTOG JOGURTA OD KOZJEG MLEKA TOKOM SKLADIŠTENJA

UVOD

U radu je ispitivana mogućnost primene koncentrata proteina surutke u proizvodnji čvrstog jogurta od kozjeg mleka. Proizvedene su tri serije uzoraka: A – čvrsti jogurt od kozjeg mleka; B – čvrsti jogurt od kozjeg mleka sa dodatkom 0,5% KPS i C – čvrsti jogurt od kozjeg mleka sa dodatkom 1% KPS.

Ispitivanje fizičko-hemijskih karakteristika i viskoziteta proizvedenih uzoraka jogurta vršeno je 1, 7, 14 i 21-og dana skladištenja.

Na osnovu dobijenih rezultata utvrđeno je da su najveće vrednosti viskoziteta 1, 7 i 14-og dana skladištenja imali uzorci čvrstog jogurta (A) dok je 21. dana skladištenja najviši viskozitet zabeležen kod uzoraka čvrstog jogurta proizvedenog od kozjeg mleka sa dodatkom 1% KPS. Najveću sposobnost vezivanja vode tokom celokupnog perioda skladištenja imali su uzorci C, dok je najmanja sklonost ka sinerezisu zabeležena kod uzoraka B.

Ključne reči: kozje mleko • čvrsti jogurt • koncentrat proteina surutke • viskozitet

Zbog veće nutritivne vrednosti i terapeutskih svojstava potrošnja kozjeg mleka i proizvoda od kozjeg mleka poslednjih godina raste. U poređenju sa kravljim, kozje mleko ima povećanu svarljivost i smanjena alergenska svojstva (Park i Guo, 2006). Specifičan miris i ukus kozjeg mleka koji je mnogim potrošačima neprihvatljiv, može se umanjiti fermentacijom mleka pod dejstvom bakterija mlečne kiseline. Jogurt je jedan od najpopularnijih fermentisanih mlečnih proizvoda čiji su osnovni parametri kvaliteta ukus i konzistencija. Konzistencija jogurta u velikoj meri zavisi od strukture proteinske mreže koja nastaje fermentacijom mleka dodatkom *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* i *Streptococcus thermophilus*.

Osnovni hemijski sastav kozjeg mleka je sličan kravljem i zavisi od genotipa koza, ishrane, redosleda i stadijuma laktacije (Božanić i sar., 2002). Prosečno, kozje mleko sadrži 3.8% mlečne masti, 3.5% proteina, 4.1% laktoze i 0.8% mineralnih materija (Park, 2006).

Jedna od značajnijih razlika između kozjeg i kravljeg mleka odnosi se na strukturu i sastav mlečne masti. Diametar masnih čestica kozjeg mleka je manji u odnosu na masne globule kravljeg mleka i kreće se u intervalu 0,73-8,58 μm , a prema Slačanac i sar. (2010) oko 65% masnih čestica kozjeg mleka je prečnika manjeg od 3,0 μm . Takve manje masne kapljice su bolje raspoređene što omogućava bolju homogenost i svarljivost kozjeg mleka u odnosu na kravlje. Takođe, lipidna komponenta kozjeg mleka se razlikuje u količini masnih kiselina kratkih i srednjih lanaca. Kapronska, kaprilna i kaprinska kiselina (C₆, C₈, C₁₀) čine oko 20% masnih kiselina kozjeg mleka za razliku od svega 6%

u kravljem mleku (Božanić i sar., 2002). Povišeni sadržaj ove tri masne kiseline uzrok je izraženijeg ukusa i mirisa kozjeg mleka u odnosu na kravlje mleko (Park, 2006; Raynal-Ljutovac i sar., 2008; Slačanac i sar., 2010).

Kao i kod kravljeg mleka, kazein kozjeg mleka sadrži iste proteinske frakcije: α_{s1} -CN, α_{s2} -CN, β -CN i κ -CN. Međutim, kozje mleko pokazuje značajne varijacije u sadržaju α_{s1} -CN od 2,7 g/L do svega 0,12 g/L (Park, 2006), dok je najzastupljenija kazeinska frakcija β -CN (Jandal, 1996; Park, 2006; Raynal-Ljutovac i sar., 2008). Takođe, kozje mleko karakteriše veći sadržaj proteina surutke i neproteinskog azota u odnosu na kravlje mleko (Antunac i sar., 2000; Pešić, 2011; Sarić i sar., 2005). Zbog većeg udela proteina surutke puforni kapacitet kozjeg mleka je viši u odnosu na kravlje mleko, što uslovljava sporiji pad pH vrednosti tokom fermentacije (Božanić i sar., 2002). Takođe, manji udeo kazeinskog azota utiče na lošiju strukturu fermentisanih napitaka od kozjeg mleka pa se fermentacijom kozjeg mleka stvara polutečni koagulum, što otežava proizvodnju čvrstog jogurta od kozjeg mleka (Herrero i Requena, 2006; Park i Guo, 2006). Da bi se dobila zadovoljavajuća konzistencija čvrstog jogurta od kozjeg mleka, neophodno je povećati sadržaj suve materije bez masti. Sadržaj proteina, termički tretman, prisustvo mlečne masti, stabilizatori i egzopolisaharidi su faktori koji utiču na strukturu proteinskog matriksa jogurta. U cilju poboljšanja reoloških karakteristika čvrstog jogurta od kozjeg mleka vrši se koncentrisanje mleka membranskim procesima, dodavanje želatina ili pektina, obranog mleka u prahu, koncentrata proteina surutke i dr. (Lucey, 2004; Martín-Diana i sar., 2003; Tamime i Robinson, 2000).

Adresa autora:

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

Proteini surutke i proizvodi tipa koncentrata i izolata proteina surutke odlikuju se visokom sposobnošću želiranja i vezivanja vode, emulgovanja, obrazovanja i stabilizacije pene, i na ovim osobinama se zasniva njihova primena u industriji mleka (Jovanović i sar., 2007). Koncentrati proteina surutke (KPS) dodaju se mleku pri proizvodnji jogurta kako bi se smanjio sinerezis i povećao viskozitet jogurta (Lucey i sar., 1999; Mačej i sar., 2007; Tratnik, 1998). Nativni proteini surutke imaju malo uticaja na konzistenciju, međutim, denaturacija proteina surutke (prisutnih u mleku i dodatih u obliku KPS) tokom termičkog tretmana mleka dovodi do porasta viskoziteta. Prema Lucey i sar. (1997) denaturisani proteini surutke u termički tretiranom mleku su podložni agregaciji tokom acidifikacije, s obzirom da se pH vrednost tokom fermentacije mleka približava izoelektričnoj tački proteina surutke.

Cilj ovog istraživanja je da se ispita uticaj dodatka koncentrata proteina surutke na fizičko-hemijske karakteristike čvrstog jogurta od kozjeg mleka u toku skladištenja.

MATERIJAL I METODI

U istraživanju je korišćeno kozje mleko sa farme „Beocapra“, Kukujevići. Sirovo kozje mleko je termički tretirano na 92°C/10 min. Fermentacija je vršena na 43°C korišćenjem starter kulture FD-DVS YFL812 Yo-Flex Chr. Hansen, Danmark. Nakon postizanja pH vrednosti 4,6 dobijeni uzorci su podvrgnuti hlađenju, a zatim skladišteni 21 dan na temperaturi 4°C.

Uzorci jogurta A su proizvedeni od kozjeg mleka, dok su uzorci jogurta B i C proizvedeni od kozjeg mleka kome je 1h pre termičkog tretmana dodato 0,5%, odnosno 1% koncentrata proteina surutke Textrion Progel 800, DMV International, Netherlands.

Ispitivan je hemijski sastav sirovog mleka, mleka sa dodatkom 0,5% i 1% KPS, termički tretiranog mleka i jogurta tokom 21 dana skladištenja. Takođe, u toku skladištenja ispitivan je viskozitet jogurta. Istraživanje je vršeno u laboratoriji za tehnologiju mleka na Poljoprivrednom fakultetu u Beogradu.

Kod svih uzoraka mleka i jogurta vršene su sledeće analize: suva materija metodom sušenja na 102±2°C (Carić i sar., 2000), metodom po Kjeldahu pomoću Kjeltex sistema (IDF 20B:1993), mlečna mast metodom po Gerberu (IDF 105:1981; Carić i sar.,

2000), laktoza titracionom metodom (IDF 28:1974), mineralne materije (Carić i sar., 2000), titraciona kiselost mleka po Soxhlet-Henkel-u (°SH) (Carić i sar., 2000), titraciona kiselost jogurta potenciometrijskom metodom (IDF 150:1991), i pH vrednost pH-metrom sa kombinovanom elektrodom model *Consort C 931*.

U toku skladištenja kod uzoraka jogurta izvršeno je ispitivanje sposobnosti vezivanja vode prema metodi Parnell-Clunies (Riener i sar., 2010). Takođe je vršeno ispitivanje sinerezisa (Riener i sar., 2010).

Viskozitet uzoraka jogurta tokom skladištenja određen je pomoću rotacionog viskozimetra: *Visco Basic+R*, Fungilab (Španija), prema metodi koju su opisali Vučić i sar. (2010).

Proizvodnja svih varijanti čvrstog jogurta od kozjeg mleka (A, B i C) ponovljena je tri puta.

REZULTATI I DISKUSIJA

Hemijski sastav mleka i čvrstog jogurta

Kod svih uzoraka ispitivan je sastav sirovog mleka, termički tretiranog mleka, kao i sastav jogurta tokom skladištenja (1, 7, 14, i 21-og dana). Kod uzoraka proizvedenih od kozjeg mleka uz dodatak 0,5% i 1% koncentrata proteina surutke takođe je izvršeno ispitivanje mleka nakon dodatka KPS.

Kod uzorka kozjeg jogurta uočen je porast sadržaja suve materije i suve materije bez masti nakon termičkog tretmana mleka što je posledica isparavanja dela vode u toku tretmana (Tabela 1).

Kod svih uzoraka čvrstog jogurta od kozjeg mleka uočava se smanjenje sadržaja suve materije prvog dana skladištenja što je u saglasnosti sa rezultatima drugih autora (Denin Đurđević i sar., 2002a, 2002b; Vučić i sar., 2010, 2011). Takođe, tokom skladištenja jogurta uočava se blago smanjenje udela laktoze, što se može objasniti konverzijom laktoze od strane bakterija mlečne kiseline.

Promene pH vrednosti i titracione kiselosti jogurta tokom skladištenja

Promena pH vrednosti je praćena tokom 21 dana skladištenja a dobijeni rezultati prikazani su na slici 1.

pH vrednost kozjeg jogurta se kretala od 4,42 prvog dana skladištenja do 4,27 nakon 21 dana skladištenja.

Tokom ispitivanog perioda skladištenja najizraženiju promenu pH vrednosti imali su uzorci jogurta proizvedeni od kozjeg mleka sa dodatkom 1% KPS. Najveći pad pH vrednosti zabeležen je u periodu od 1. do 7. dana skladištenja i iznosio je 0,36 pH jedinica, respektivno.

Međutim kod uzoraka jogurta od kozjeg mleka proizvedenih sa dodatkom 0,5% i 1% KPS u poslednjih sedam dana skladištenja došlo je do povećanja pH vrednosti za 0,05 i 0,03 pH jedinica, respektivno, što je verovatno rezultat proteolitičkih promena.

Tokom ispitivanog perioda skladištenja ispitivana je kiselost kozjeg jogurta (Slika 2).

Kod uzoraka čvrstog jogurta od kozjeg mleka (A) uočen je postepen porast titracione kiselosti tokom skladištenja, od 0,71% m.k. prvog dana do 0,82% m.k. dvadeset prvog dana skladištenja. Najmanja promena titracione kiselosti tokom skladištenja zabeležena je kod uzoraka čvrstog jogurta proizvedenog od kozjeg mleka sa dodatkom 0,5% KPS (B). Kod ovih uzoraka takođe je zabeleženo smanjenje titracione kiselosti od 0,01% u periodu od 1. do 7. dana skladištenja. Najizraženije povećanje titracione kiselosti tokom skladištenja uočava se kod uzoraka čvrstog jogurta proizvedenog od kozjeg mleka sa dodatkom 1% KPS (C). U toku prvih sedam dana skladištenja titraciona kiselost se povećala za 0,11%. Najviša titraciona kiselost nakon ispitivanog perioda skladištenja zabeležena je kod uzoraka C – 0,86% m.k., što je verovatno posledica povećanog rasta BMK kod uzoraka proizvedenih sa dodatkom KPS (Herrero i Requena, 2006).

Sinerezis i sposobnost vezivanja vode čvrstog jogurta

Sinerezis predstavlja izdvajanje tečne faze iz gela i zavisi od termičkog tretmana mleka, sadržaja suve materije, upotrebljenih stabilizatora, brzine acidifikacije, temperature acidifikacije, vrste startera i kiselosti koja nastaje kao rezultat delovanja bakterija mlečne kiseline (Denin Đurđević, 2001).

Sinerezis uzorka čvrstog jogurta od kozjeg mleka je ispitivan 1., 7., 14. i 21. dana skladištenja, a rezultati dobijeni u ovom delu istraživanja prikazani su na Slici 3.

Tabela 1. HEMIJSKI SASTAV UZORAKA ČVRSTOG KOZJEG JOGURTA

Table 1. CHEMICAL COMPOSITION OF GOAT'S YOGHURT SAMPLES

	Pokazatelj/ Parameter						
	SM/TS (%)	Mast/Fat (%)	SMbM/TSNF (%)	Proteini/Proteins (%)	Laktoza/Lactose (%)	Pepeo/Ash (%)	
A	Sirovo mleko/Raw milk	11,13±0,03	2,80±0,00	8,33±0,03	2,82±0,13	4,16±0,19	0,80±0,01
	Term. tret. mleko/Heat treated milk	11,64±0,19	3,00±0,00	8,64±0,19	2,92±0,06	4,69±0,00	0,81±0,09
	Jogurt 1.dan/Yoghurt 1 st day	10,87±0,07	2,64±0,24	8,23±0,28	2,85±0,09	4,05±0,08	0,82±0,04
	Jogurt 7. dan/Yoghurt 7 th day	10,88±0,11	2,86±0,24	8,02±0,13	3,01±0,05	4,12±0,08	0,84±0,01
	Jogurt 14. dan/Yoghurt 14 th day	10,93±0,04	2,97±0,12	7,96±0,15	2,97±0,02	3,98±0,21	0,84±0,01
	Jogurt 21.dan/Yoghurt 21 st day	10,97±0,10	2,86±0,24	8,11±0,14	3,02±0,05	3,77±0,23	0,86±0,03
B	Sirovo mleko/Raw milk	11,16±0,03	3,00±0,00	8,16±0,03	2,56±0,03	4,47±0,00	0,77±0,00
	0.5% KPS/0.5% WPC	11,46±0,03	2,93±0,06	8,53±0,09	2,91±0,05	4,44±0,05	0,81±0,01
	Term. tret. mleko/Heat treated milk	11,73±0,08	3,00±0,00	8,73±0,08	3,00±0,04	4,62±0,00	0,83±0,01
	Jogurt 1.dan/Yoghurt 1 st day	11,14±0,09	2,64±0,00	8,50±0,09	3,02±0,04	4,15±0,00	0,83±0,01
	Jogurt 7. dan/Yoghurt 7 th day	10,92±0,03	2,57±0,13	8,35±0,11	2,96±0,10	4,09±0,05	0,82±0,00
	Jogurt 14. dan/Yoghurt 14 th day	11,06±0,14	2,42±0,00	8,64±0,14	3,01±0,06	4,13±0,00	0,83±0,00
Jogurt 21.dan/Yoghurt 21 st day	11,04±0,04	2,49±0,13	8,55±0,15	3,07±0,01	4,28±0,00	0,83±0,00	
C	Sirovo mleko/Raw milk	10,60±0,06	2,80±0,00	7,80±0,06	2,42±0,04	4,32±0,04	0,75±0,00
	1% KPS/1% WPC	11,24±0,06	2,80±0,00	8,44±0,06	3,24±0,12	4,34±0,00	0,78±0,01
	Term. tret. mleko/Heat treated milk	11,49±0,07	2,90±0,00	8,59±0,07	3,32±0,04	4,43±0,04	0,81±0,00
	Jogurt 1.dan/Yoghurt 1 st day	11,04±0,10	2,64±0,00	8,50±0,09	3,02±0,04	4,22±0,05	0,83±0,01
	Jogurt 7. dan/Yoghurt 7 th day	10,65±0,08	2,57±0,13	8,08±0,09	3,20±0,05	4,14±0,04	0,85±0,01
	Jogurt 14. dan/Yoghurt 14 th day	10,99±0,02	2,75±0,00	8,24±0,02	3,21±0,04	4,06±0,18	0,92±0,02
Jogurt 21.dan/Yoghurt 21 st day	10,90±0,11	2,71±0,13	8,18±0,07	3,01±0,11	3,75±0,05	0,87±0,03	

Legenda/Legend: A – čvrsti jogurt od kozjeg mleka; B - čvrsti jogurt od kozjeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS; C - čvrsti jogurt od kozjeg mleka sa dodatkom 1% KPS / A – set-style goat's yoghurt; B - set-style yogurt from goat's milk supplemented with 0.5% WPC; C - set-style yoghurt from goat's milk supplemented with 1% WPC

SM-suva materija / TS-total solids

SMbM-suva materija bez masti / TSNF(non fat)-total solids

Kod svih uzoraka čvrstog kozjeg jogurta u period od 1. do 14. dana skladištenja, zabeleženo je smanjenje sinerezisa, dok je u poslednjih sedam dana skladištenja uočeno izdvajanje veće količine surutke. Najveći sinerezis 21. dana skladištenja zabeležen je kod uzoraka C – 16,25mL. Izraženiji sinerezis 21. dana skladištenja je rezultat formiranja slabih veza u proteinskom matriksu tokom starenja gela.

Dodatkom koncentrata proteina

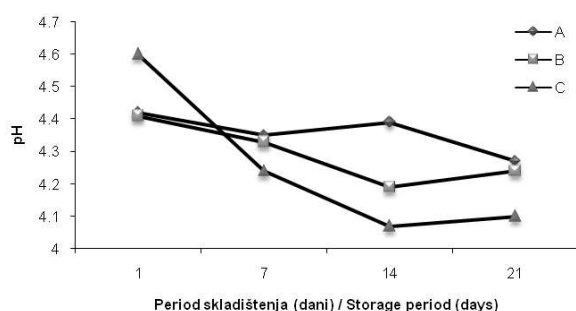
surutke u mleko, u toku fermentacije dolazi do formiranja nežnijeg gela sa manje izraženim sinerezisom (Tami-me i Robinson, 2000; Tratnik, 1998). Rezultati dobijeni u ovom delu istraživanja pokazuju da je sinerezis najslabije izražen kod uzoraka čvrstog jogurta proizvedenog od kozjeg mleka sa dodatkom 0,5% KPS. Najmanja količina izdvojene surutke zabeležena je 14. dana skladištenja i iznosila je 14,25 mL.

Najveću sposobnost vezivanja vode (Slika 4.) pokazuju uzorci čvrstog jogurta proizvedeni od kozjeg mleka sa dodatkom 1% KPS. Tokom ispitivanog perioda skladištenja kod uzoraka C je zabeležena minimalna promena sposobnosti vezivanja vode od 50,08% prvog dana do 49,76% dvadeset prvog dana skladištenja. Nasuprot tome, uzorci čvrstog jogurta proizvedeni od kozjeg mleka sa dodatkom 0,5% KPS imali su sličnu sposobnost vezivanja vode kao i uzorci čvrstog kozjeg jogurta tokom celokupnog perioda skladištenja.

Viskozitet čvrstog jogurta tokom skladištenja

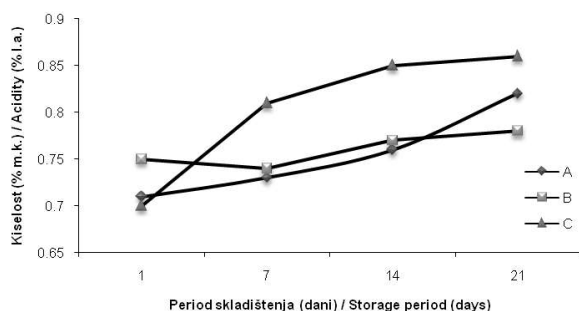
U ovoj fazi istraživanja ispitivan je uticaj vremena na promenu viskoziteta čvrstog jogurta proizvedenog od kozjeg mleka bez i sa dodatkom 0,5%, odnosno 1% KPS. Uzorci su ispitivani nakon 1, 7, 14 i 21 dana skladištenja.

Na slici 5. prikazana je promena viskoziteta uzoraka čvrstog jogurta u zavisnosti od vremena izlaganja konstantnoj sili smicanja (brzina obrtaja spindla 20 ob/min) prvog dana skladištenja.



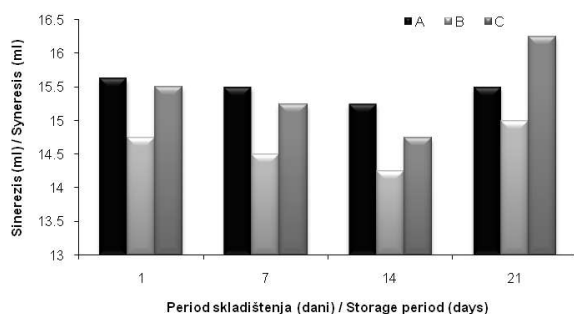
Slika 1. PROMENA PH VREDNOSTI UZORAKA JOGURTA TOKOM SKLADIŠTENJA, A - ČVRSTI JOGURT OD KOZJEG MLEKA; B - ČVRSTI JOGURT OD KOZJEG MLEKA SA DODATKOM 0.5% KPS; C - ČVRSTI JOGURT OD KOZJEG MLEKA SA DODATKOM 1% KPS

Figure 1. CHANGE OF PH VALUE IN YOGHURT SAMPLES DURING STORAGE, A – SET-STYLE GOAT'S YOGHURT; B - SET-STYLE YOGURT FROM GOAT'S MILK SUPPLEMENTED WITH 0.5% WPC; C - SET-STYLE YOGHURT FROM GOAT'S MILK SUPPLEMENTED WITH 1% WPC



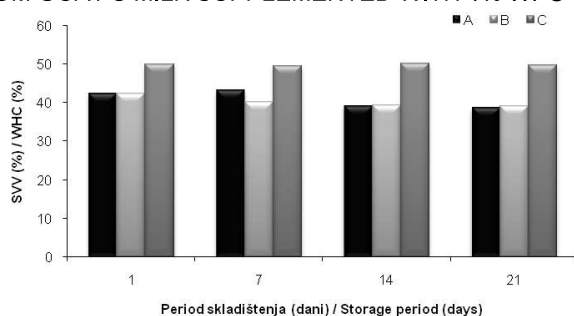
Slika 2. PROMENA TITRACIONE KISELOSTI UZORAKA JOGURTA TOKOM SKLADIŠTENJA, A – ČVRSTI JOGURT OD KOZJEG MLEKA; B - ČVRSTI JOGURT OD KOZJEG MLEKA SA DODATKOM 0.5% KPS; C - ČVRSTI JOGURT OD KOZJEG MLEKA SA DODATKOM 1% KPS

Figure 2. CHANGE OF TITRABLE ACIDITY IN YOGHURT SAMPLES DURING STORAGE, A - SET-STYLE GOAT'S YOGHURT; B - SET-STYLE YOGHURT FROM GOAT'S MILK SUPPLEMENTED WITH 0.5% WPC; C - SET-STYLE YOGHURT FROM GOAT'S MILK SUPPLEMENTED WITH 1% WPC



Slika 3. SINEREZIS UZORAKA JOGURTA, A - ČVRSTI JOGURT OD KOZJEG MLEKA; B - ČVRSTI JOGURT OD KOZJEG MLEKA SA DODATKOM 0.5% KPS; C - ČVRSTI JOGURT OD KOZJEG MLEKA SA DODATKOM 1% KPS

Figure 3. SYNERESIS OF YOGHURT SAMPLES, A - SET-STYLE GOAT'S YOGHURT; B - SET-STYLE YOGHURT FROM GOAT'S MILK SUPPLEMENTED WITH 0.5% WPC; C - SET-STYLE YOGHURT FROM GOAT'S MILK SUPPLEMENTED WITH 1% WPC



Slika 4. SPOSOBNOST VEZIVANJA VODE (SVV) UZORAKA JOGURTA, A - ČVRSTI JOGURT OD KOZJEG MLEKA; B - ČVRSTI JOGURT OD KOZJEG MLEKA SA DODATKOM 0,5% KPS; C - ČVRSTI JOGURT OD KOZJEG MLEKA SA DODATKOM 1% KPS

Figure 4. WATER HOLDING CAPACITY (WHC) OF YOGHURT SAMPLES, A – SET-STYLE GOAT'S YOGHURT; B - SET-STYLE YOGHURT FROM GOAT'S MILK SUPPLEMENTED WITH 0.5% WPC; C - SET-STYLE YOGHURT FROM GOAT'S MILK SUPPLEMENTED WITH 1% WPC

Nakon 1 dana skladištenja uzorci čvrstog kozjeg jogurta (A) pokazuju značajno smanjenje viskoziteta tokom merenja. Prva izmerena vrednost viskoziteta, nakon 30 s, bila je 2463,2 mPas, dok je nakon tri minuta vrednost viskoziteta opala na 810,2 mPas, što znači da je smanjenje viskoziteta iznosilo 1653,0 mPas. Ovako izraženo smanjenje viskoziteta uzoraka A rezultat je naglog narušavanja strukture, pa je nakon 180 s vrednost viskoziteta ovih uzoraka najmanja. Nasuprot tome, uzorci čvrstog jogurta proizvedeni od kozjeg mleka sa dodatkom 0,5% KPS (B) i 1% KPS (C) pokazuju linearno smanjenje viskoziteta tokom vremena. Na osnovu ovoga možemo zaključiti da manja početna vrednost viskoziteta uzoraka čvrstog jogurta proizvedenih od kozjeg mleka sa dodatkom KPS ima za posledicu i manje smanjenje viskoziteta tokom vremena. Takođe, povećan sadržaj proteina dovodi do intenzivnijih interakcija i povećanja protein-protein veza u gelovima proizvedenim sa dodatkom KPS, što povećava njihovu elastičnost (Damin i sar., 2009).

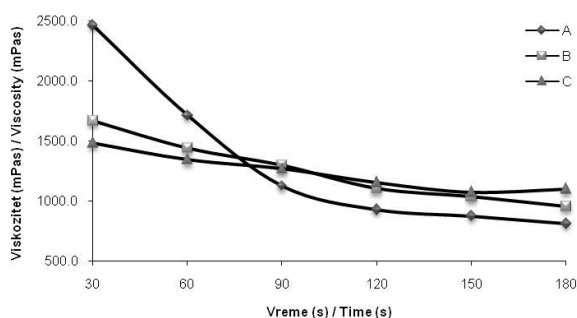
Promena viskoziteta čvrstog jogurta od kozjeg mleka sedmog dana skladištenja prikazana je na Grafikonu 4.

Sedmog dana skladištenja, najveću vrednost viskoziteta nakon tokom 180s delovanja sile imali su uzorci čvrstog kozjeg jogurta (A) - 1992,0 mPas. Uzorci čvrstog jogurta proizvedeni od kozjeg mleka sa dodatkom 1% KPS imali su najniže vrednosti viskoziteta. Nakon 30 s delovanja sile prosečan viskozitet uzoraka C je iznosio 1438,1 mPas, a vrednost viskoziteta nakon 180 s iznosila je 1239,6 mPas. Ukupno smanjenje viskoziteta tokom vremena, iznosilo je 198,5 mPas.

U odnosu na prvi dan skladištenja svi ispitivani uzorci su imali manje vrednosti viskoziteta. Usled promena proteinskog matriksa tokom skladištenja, nakon 7 dana kod svih uzoraka je zabeleženo manje narušavanje strukture tokom delovanja sile.

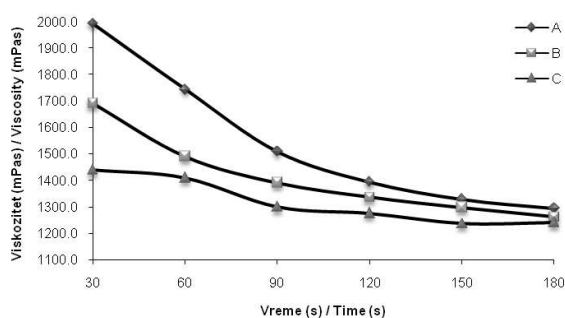
Na slici 7 prikazana je promena viskoziteta uzoraka čvrstog jogurta 14. dana skladištenja.

Iz podataka prikazanih na slici 7 može se uočiti da uzorci C pokazuju odstupanja u tiksotropnom ponašanju kiselog kazeinskog gela. Nakon 90 s zabeležena je najniža vrednost viskoziteta - 1027,2 mPas, što je za 157,1 mPas niža vrednost nego nakon 180 s delovanja sile. Najveće vrednosti vis-



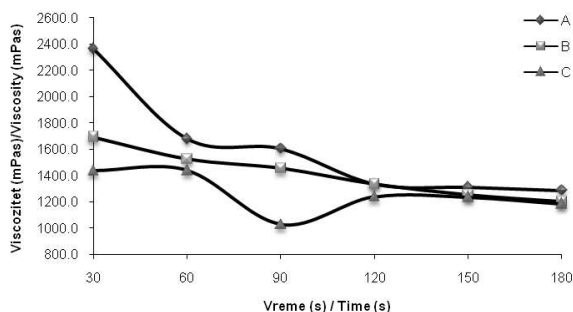
Slika 5. PROMENA VIZKOZITETA UZORAKA JOGURTA 1. DANA SKLADIŠTENJA, A – ČVRSTI JOGURT OD KOZJEG MLEKA; B - ČVRSTI JOGURT OD KOZJEG MLEKA SA DODATKOM 0.5% KPS; C - ČVRSTI JOGURT OD KOZJEG MLEKA SA DODATKOM 1% KPS

Figure 5. VISCOSITY CHANGE OF YOGHURT SAMPLES ON THE 1ST DAY OF STORAGE, A - SET-STYLE GOAT'S YOGURT; B - SET-STYLE YOGURT FROM GOAT'S MILK SUPPLEMENTED WITH 0.5% WPC; C - SET-STYLE YOGHURT FROM GOAT'S MILK SUPPLEMENTED WITH 1% WPC



Slika 6. PROMENA VIZKOZITETA UZORAKA JOGURTA 7. DANA SKLADIŠTENJA, A - ČVRSTI JOGURT OD KOZJEG MLEKA; B - ČVRSTI JOGURT OD KOZJEG MLEKA SA DODATKOM 0.5% KPS; C - ČVRSTI JOGURT OD KOZJEG MLEKA SA DODATKOM 1% KPS

Figure 6. VISCOSITY CHANGE OF YOGHURT SAMPLES ON THE 7TH DAY OF STORAGE, A - SET-STYLE GOAT'S YOGURT; B - SET-STYLE YOGHURT FROM GOAT'S MILK SUPPLEMENTED WITH 0.5% WPC; C - SET-STYLE YOGHURT FROM GOAT'S MILK SUPPLEMENTED WITH 1% WPC



Slika 7. PROMENA VIZKOZITETA UZORAKA JOGURTA 14. DANA SKLADIŠTENJA, A - ČVRSTI JOGURT OD KOZJEG MLEKA; B - ČVRSTI JOGURT OD KOZJEG MLEKA SA DODATKOM 0.5% KPS; C - ČVRSTI JOGURT OD KOZJEG MLEKA SA DODATKOM 1% KPS

Figure 7. VISCOSITY CHANGE OF YOGHURT SAMPLES ON THE 14TH DAY OF STORAGE, A - SET-STYLE GOAT'S YOGHURT; B - SET-STYLE YOGHURT FROM GOAT'S MILK SUPPLEMENTED WITH 0.5% WPC; C - SET-STYLE YOGHURT FROM GOAT'S MILK SUPPLEMENTED WITH 1% WPC

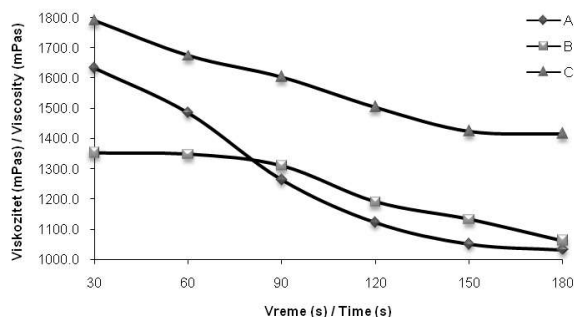
koziteta, kao i prvog i sedmog dana skladištenja zabeležene su kod uzoraka A, što je u saglasnosti sa istraživanjima Jelen i sar. (1987), koji su u svojim ispitivanjima proizvodili čvrsti jogurt od mleka sa izmenjenim odnosom kazein: serum proteini, i došli do zaključka da se sa povećanjem sadržaja serum proteina smanjuje viskozitet i čvrstina gotovog proizvoda.

Promena viskoziteta čvrstog jogurta od kozjeg mleka 21. dana skladištenja prikazana je na slici 8.

Nakon 21 dana skladištenja, svi ispitivani uzorci čvrstog kozjeg jogurta pokazuju tiksotropno ponašanje. Uzorci čvrstog jogurta proizvedeni od kozjeg mleka sa dodatkom 0.5% KPS (B) imali su najmanju izmerenu početnu vrednost viskoziteta (1352,4 mPas), koja je za 315,5 mPas, 337,9 mPas i 340,8 mPas manja nego kod gelova starih 1, 7 i 14 dana, respektivno. Iako su uzorci C tokom skladištenja 1., 7. i 14. dana imali najmanje zabeležene vrednosti viskoziteta, nakon 21 dana skladištenja viskozitet ovih uzoraka viši je u odnosu na uzorke A i B. Takođe, 21. dana skladištenja zabeležena je najviša početna vrednost viskoziteta uzoraka čvrstog jogurta proizvedenog od kozjeg mleka sa dodatkom 1% KPS – 1790,2 mPas, dok je nakon 180 s vrednost viskoziteta iznosila 1416,0 mPas.

ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata dobijenih u ovim istraživanjima može se zaključiti da je najslabije izražen sinerezis zabeležen 14. dana skladištenja kod svih proizvedenih uzoraka čvrstog jogurta od kozjeg mleka. Najmanju sklonost ka izdvajanju surutke tokom ispitivanog perioda skladištenja imali su uzorci čvrstog jogurta proizvedeni od kozjeg mleka sa dodatkom 0,5% KPS. Najveća sposobnost vezivanja vode zabeležena je kod uzoraka čvrstog jogurta proizvedenih od kozjeg mleka sa dodatkom 1% KPS. Najviše prosečne vrednosti viskoziteta u periodu od prvog do četnaestog dana skladištenja imali su uzorci čvrstog jogurta od kozjeg mleka, dok je 21. dana skladištenja najviši viskozitet zabeležen kod uzoraka čvrstog jogurta proizvedenog od kozjeg mleka sa dodatkom 1% KPS.



Slika 8. PROMENA VIZKOZITETA UZORAKA JOGURTA 21. DANA SKLADIŠTENJA, A - ČVRSTI JOGURT OD KOZJEG MLEKA; B - ČVRSTI JOGURT OD KOZJEG MLEKA SA DODATKOM 0.5% KPS; C - ČVRSTI JOGURT OD KOZJEG MLEKA SA DODATKOM 1% KPS

Figure 8. VISCOSITY CHANGE OF YOGHURT SAMPLES ON THE 21ST DAY OF STORAGE, A – SET-STYLE GOAT'S YOGHURT; B - SET-STYLE YOGHURT FROM GOAT'S MILK SUPPLEMENTED WITH 0.5% WPC; C - SET-STYLE YOGHURT FROM GOAT'S MILK SUPPLEMENTED WITH 1% WPC

ZAHVALNICA

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

LITERATURA

- Đuričin Antunac, N., Samaržija, D., Havranek, J. (2000): Hranidbena i terapijska vrednost kozjeg mlijeka, *Mljekarstvo*, 50 (4), 297-304.
- Božanić, R., Tratnik, Lj., Drgalić, I. (2002): Kozje mlijeko: karakteristike i mogućnosti, *Mljekarstvo*, 52 (3), 207-237.
- Carić, M., Milanović, S., Vucelja, D. (2000): Standardne metode analize mleka i mlečnih proizvoda. Tehnološki fakultet, Novi Sad.
- 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, *LWT – Food Science and Technology*, 42, 1744-1750.
- 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., Mačej, O., Jovanović, S. (2002a): The influence of dry matter, applied heat treatment and storage period on the viscosity of stirred yogurt, *J. Agricultural Sci.*, 47 (2), 189-204.
- Denin Đurđević, J., Mačej, O., Jovanović, S. (2002b): The influence of investigated factors on viscosity of stirred yogurt, *J. Agricultural Sci.*, 47 (2), 219-231.

- Herrero, A.M., Requena, T. (2006): The effect of supplementing goats milk with whey protein concentrate on textural properties of set-type yogurt, *International Journal of Food Science and Technology*, 41, 87-92.
- IDF 105:1985: Determination of fat content of milk. Brussels, Belgium.
- IDF 20B:1993: Determination of nitrogen content. Brussels, Belgium.
- IDF 28:1974: Determination of the lactose content of milk. Brussels, Belgium.
- IDF 150:1991: Yoghurt Determination of titratable acidity, potentiometric method. Brussels, Belgium.
- Jandal, J.M. (1996): Comparative aspects of goat and sheep milk, *Small ruminant research*, 22, 177-185.
- Jelen, P., Buchheim, W., Peters, K.H. (1987): Heat stability and use of milk with modified casein: whey protein content in yogurt and cultured milk products, *Milchwissenschaft*, 42 (7), 418-421.
- Jovanović S., Barać M., Mačej O., Vučić T. (2007): Serum proteini-tehnološko-funkcionalna svojstva i mogućnost primene. *Savremena poljoprivreda*, 56 (5), 114-125.
- Lucey, J.A., Munro, P.A., Singh, H. (1999): Effects of heat treatment and whey protein addition on the rheological properties and structure of acid skim milk gels, *International Dairy Journal*, 9, 275-279.
- Mačej, O., Jovanović, S., Barać, M. (2007): Proteini mleka. Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- Martín-Diana, A.B., Janer, C., Peláez, C., Requena, T. (2003): Development of fermented goat's milk containing probiotic bacteria, *International Dairy Journal*, 13, 827-833.
- Park, Y.W. (2006): Goat milk – Chemistry and nutrition. Chapter 2.2, In *Handbook of milk of non-bovine mammals*. Ed. Park, Y.W. and Haenlein, G.F.W. Blackwell Publishing, Ames, USA. 59-106.

Park, Y.W. and Guo, M. (2006): Goat milk products: Types of products, manufacturing technology, chemical composition, and marketing. Chapter 2.3, In *Handbook of milk of non-bovine mammals*. Ed. Park, Y.W. and Haenlein, G.F.W. Blackwell Publishing, Ames, USA. 59-106.

Park, Y.W., Juárez, M., Ramos, M., Haenlein, G.F.W. (2007): Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk, *Small Ruminant Research*, 68, 88-113.

Pešić, M.: Biohemijske karakteristike i tehnološka funkcionalna svojstva termički i enzimski tretiranih mleka različitog porekla, doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Hemijski fakultet, 2011.

Raynal-Ljutovac, K., Lagriffoul, G., Paccard, P., Guillet, I., Chilliard, Y. (2008): Composition of goat and sheep milk products: An update, *Small ruminant research*, 79, 57-72.

Riener, J., Noci, F., Cronin, D.A., Morgan, D.J., Lyng, J.G. (2010): A comparison of selected quality characteristics of yoghurts prepared from thermosonicated and conventionally heated milks, *Food Chemistry*, 119, 1108-1113.

Sarić, Z., Bijeljac, S., Skender, H. (2005): Uloga i značaj kozjeg mleka u proizvodnji sira, Simpozijum „Mleko i proizvodi od mleka”, Tara, 6-10 april, Zbornik radova, p. 20-31.

Tamime, A.Y., Robinson R.K. (2000): *Yoghurt Science and Technology*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge England

Tratnik, Lj. (1998): Mlijeko – tehnologija, biokemija i mikrobiologija. Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb.

Vučić, T., Jovanović, S., Kljajević, N., Zdravković, I., Mačej, O. (2010): Uticaj ultrazvučnog tretmana na karakteristike čvrstog jogurta od kozjeg mleka tokom skladištenja, *Prehrambena industrija - Mleko i mlečni proizvodi*, 21 (1-2), 89-96.

Vučić, T., Jovanović, S., Mačej, 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, 26th Symposium on recent Developments in Dairy Technology, Novi Sad, Serbia, 8-10 september, Proceedings, p. 94-100.

SUMMARY

THE INFLUENCE OF WHEY PROTEIN CONCENTRATES ON CHARACTERISTICS OF SET-STYLE YOGHURT MADE FROM GOAT MILK DURING STORAGE

Tanja R. Vučić, Snežana T. Jovanović, Igor R. Zdravković, Ognjen D. Maćej

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

The possibility of whey protein concentrates application in the production of goat milk's set yoghurt was investigated. Three series of samples were produced: A – set-style goat's yoghurt; B - set-style yoghurt from goat's milk supplemented with 0.5% WPC; C - set-style yoghurt from goat's milk supplemented with 1% WPC.

Physicochemical properties and viscosity of produced samples were investigated on the 1st, 7th, 14th and 21st day of storage.

Due to data analysis it was concluded that the highest viscosity on 1st, 7th and 14th day of storage had set-style goat's yoghurt samples (A), while on 21st day of storage highest viscosity was recorded in samples of set-style yoghurt from goat's milk supplemented with 1% WPC (C). The highest water holding capacity during storage period had samples C, while the least syneresis had samples B.

Key words: goat milk • set-style yoghurt • whey protein concentrates • viscosity