

Utjecaj odabranih čimbenika na reološka i teksturalna svojstva probiotičkog jogurta

Milka Stijepić^{1*}, Spasenija Milanović², Jovana Glušac¹, Vladimir Vukić²,
Katarina Kanurić², Dragica Đurđević-Milošević³, Marjan Ranogajec²

¹Visoka medicinska škola Prijedor, Nikole Pašića 4a, Prijedor, Bosna i Hercegovina

²Tehnološki fakultet Univerziteta u Novom Sadu, Bulevar Cara Lazara 1, Novi Sad, Srbija

³Visoka tehnološka škola strukovnih studija Šabac, Hajduk Veljkova 10, Šabac, Srbija

Prispjelo - Received: 16.11.2010.

Prihvaćeno - Accepted: 12.01.2011.

Sažetak

Svrha ovog istraživanja bila je ispitati utjecaj dodatka inulina, te inulina i bagremovog meda, toplinskih tretmana mlijeka i vremena skladištenja na reološke osobine: viskoznost, sinerezu i teksturu (čvrstoću, konzistenciju, kohezivnost i indeks viskoskoznost) probiotičkog jogurta. Djelomično obrano kravlje mlijeko (1,5 % mliječne masti) nakon dodatka inulina (1 %) toplinski je tretirano pri 85 °C/20 min, odnosno 95 °C/10 min. Nakon hlađenja (do 55 °C) dodan je med (4 %), te je mlijeko nacijepnjeno mješovitom probiotičkom kulturom (*Bifidobacterium* sp., *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophilus* i *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*) pri 37 °C. Uzorci su pohranjeni 21 dan u hladnjaku na +5 °C. Svaki 7 dana praćene su: pH vrijednosti, udjeli mliječne kiseline, viskoznost, sinereza, čvrstoća, konzistencija, kohezivnost i indeks viskoznosti. Rezultati rada pokazuju da je dodatak meda, pored inulina, dodatno djelovao na ubrzanje procesa fermentacije u usporedbi s kontrolnim uzorkom, neovisno o primijenjenom toplinskom tretmanu mlijeka. Također, sinergistički efekat inulina i meda rezultirao je znatnim smanjenjem izdvajanja sirutke ($p < 0,05$) tijekom skladištenja, ali nije bitnije utjecao na viskoznost i teksturu. Različiti toplinski tretmani mlijeka nisu značajnije mijenjali reološka i teksturalna svojstva proizvoda.

Ključne riječi: probiotički jogurt, bagremov med, inulin, toplinski tretman mlijeka, reološka i teksturalna svojstva

Uvod

Reologija se bavi proučavanjem deformacija i protjecanja krutih i tekućih tvari podvrgnutih djelovanju sile. U prehrambenoj industriji reologija ima veliki značaj, jer definira i opisuje teksturalna svojstva prehrambenih proizvoda. Ova svojstva su važni atributi kakvoće u proizvodnji fermentiranih mlijeka i kao takvi podrazumijevaju složenu analizu većeg broja svojstava, kao što su čvrstoća, stabilnost i viskoznost gela, te intenzitet sinereze. Na vrijednosti ovih parametara značajno utječu: sastav mlijeka (Yumah i sur., 2001.), struktura proteinskog kompleksa i omjera pojedinih frakcija proteina u mlijeku (Tamime i Marshall, 1997.), udio masti i stabilnost emulzije mliječne masti u mlijeku (Tratnik, 1998.),

koncentracija kalcijevih i fosfatnih iona u mlijeku (Teo i sur., 1996.), način standardizacije mlijeka (Sodini i sur., 2005.), toplinski tretman mlijeka prije fermentacije (Lucey i sur., 1997.), režim fermentacije (Lee i Lucey, 2004.), vrsta starter kulture (Sodini i sur., 2002.), te uvjeti čuvanja proizvoda (Tamime i Robinson, 2007.).

Mnogobrojne vrste fermentiranih mlijeka proizvode se u svim dijelovima svijeta, gdje ovisno o podneblju i tradiciji imaju različite lokalne nazive, a zapravo se radi o istim ili sličnim proizvodima. Prema Codex Alimentarius (FAO, 1975.), jogurt je definiran kao "Koagulirani mliječni proizvod dobiven kontroliranom mliječnokiselom fermentacijom mlijeka, uz djelovanje bakterija *Lactobacillus delbrueckii* subsp.

*Dopisni autor/Corresponding author: E-mail: milka.stjepic@vmspd.com

bulgaricus i *Streptococcus thermophilus*, sa ili bez optimalnih dodataka” i u nekim zemljama nije dopuštena upotreba drugih bakterijskih kultura. Međutim, novi zahtjevi za zdravom prehranom rezultiraju velikim brojem različitih vrsta fermentiranih proizvoda. Među njima su i proizvodi obogaćeni probiotičkim sojevima *Lactobacillus* sp. i *Bifidobacterium* sp., koji mogu kolonizirati ljudski probavni sustav i pozitivno djelovati u prevenciji i terapiji akutne dijareje u dojenčadi i djece (Samaržija i sur., 2009.; Oliveira i sur., 2009.). Ove bakterijske kulture stimuliraju imunološki sustav domaćina, djeluju antikancerogeno i antimikrobno na patogene mikroorganizme, poboljšavaju metabolizam laktoze, snižavaju koncentraciju kolesterola u serumu (Tamime i Božanić, 2003.; Frece i sur., 2005.). S obzirom da inulin ima izrazita prebiotička svojstva, koristi se u proizvodnji fermentiranih mlijeka. Inulin svojim selektivnim djelovanjem promovira rast i aktivnost probiotičkih kultura (Benković i sur., 2008.), a potiskuje rast štetnih bakterija (Shanahan, 2000.). Pored toga, zahvaljujući sposobnosti želatinizacije i stabiliziranja strukture vodene faze, inulin se može koristiti u proizvodnji fermentiranih mlijeka sa sniženim udjelom mliječne masti, a da se time ne utječe na okus proizvoda.

Nadalje, proizvodnja fermentiranih mliječnih napitaka s dodatkom meda, iako bez dovoljno istraženih mogućnosti, veoma je zanimljiva, jer su neki rezultati (Varga, 2006.; Sanz i sur., 2005.) pokazali da dodatak meda stimulira razmnožavanje startera isto kao i fruktooligosaharid, galaktooligosaharid i inulin. Utvrđeno je da ne postoji razlika između navedenih suplemenata s obzirom na stupanj proizvodnje mliječne kiseline (Kajiwara i sur., 2002.). Kod bifidobakterija humanog podrijetla, dodatak meda se istakao kao izrazito djelotvoran, jer je značajno ubrzao proces fermentacije i pokazao se kao dobar promotor rasta ovih bakterijskih kultura. Pored toga, poznato je blagotvorno djelovanje meda na tjelesne i mentalne funkcije organizma, uključujući i antibakterijski potencijal meda prema psihofilnim patogenim bakterijama *Yersinia enterocolitica* i *Listeria monocytogenes* i prema nekim virusnim infekcijama.

Svrha ovog rada bila je ispitati utjecaj prebiotika inulina i meda i toplinskih tretmana mlijeka na reološka i teksturalna svojstva, te kvalitetu probiotičkog jogurta tijekom 21 dana čuvanja.

Materijal i metode rada

Za pripravu probiotičkog jogurta upotrijebljeno je homogenizirano djelomično obrano kravlje mlijeko s 1,5 % mliječne masti (“Vindija” d.d. Varaždin, Hrvatska). Korištena je mješovita probiotička kultura DriSet BIOFLORA ABY 424 sastavljena od bakterija *Streptococcus thermophilus* (70%), *Lactobacillus bulgaricus* (10 %), *Lactobacillus acidophilus* (10 %), *Bifidobacterium ssp.* (10 %) za izravno naciepljivanje u mlijeko (Vivolac Culture Corporation, Indiana, USA). Određena količina mlijeka podijeljena je u tri dijela: u jedan dio dodano je 1 % inulina (IN), u drugi 1 % IN i 4 % M (meda), a treći dio je bez dodataka (kontrola). Mlijeko je, nakon dodatka inulina Fibuline® Instant Cosucra Groupe Warcoing S.A., Belgium (min 90 % inulina, max 10 % fruktoze, glukoze i saharoze, max 0,3% pepela), toplinski tretirano pri dvije različite temperature: 85°C/20min i 95 °C/10 min. Poslije hlađenja do 55 °C dodan je bagremov med “BK Kompani” d.o.o.- Banja Luka, BiH (16,9 % vode, 0,08 % pepela, 82,6 % ukupnih ugljikohidrata, 71,1 % reducirajućih šećera), te je mlijeko naciepljeno s 0,0025 % inokuluma pri temperaturi od 37 °C i inkubirano u termostatu pri istoj temperaturi. Nakon završene fermentacije, uzorci su ohlađeni hladnom vodom i čuvani 21 dan u hladnjaku na +5 °C. Odabrani parametri mjereni su svakih 7 dana. pH vrijednosti mlijeka i jogurta mjereni su pH-metrom (pH 510/mV Meter, Eutech Instruments, England), a viskoznost uzoraka mjerena tijekom 3 min (očitanje vrijednost svakih 30 s) pri brzini rotacije vretena (Ø4) od 20 o/m, korištenjem *BROOKFIELD Digital Viscometer, DV-E* (Brookfield Engineering Laboratories, USA). Za određivanje sinereze (modificirana metoda po Keogh i O’Kennedy, 1998.) korištena je centrifuga *SIGMA 2-6 Laboratory Centrifuges* (Germany). Sinereza je izražena u %, a uzorci su centrifugirani na 1000 i 3000 o/m. Teksturalne karakteristike (čvrstoća, kohezivnost, konzistencija i indeks viskoznosti) fermentiranih mlijeka ispitane su primjenom uređaja *Texture Analyser TA.XPplus* (Micro Stable System, England) pri temperaturi +5 °C. Sila kompresije mjerena je korištenjem diska A/BE prečnika 35 mm i ekstenzionog tega čije je opterećenje 5 kg. Korištenja je opcija “Return to Start”. Brzina pomjeranja diska prije i tijekom testa iznosila je 1,0 mm/s. Disk je prelazio rastojanje od 30 mm. Mliječna kiselina je izračunata na osnovu titracijske kiselosti (Sabadoš, 1996.).

Tablica 1. Utjecaj perioda pohrane na promjenu kiselosti (pH) probiotičkog jogurta sa dodatkom inulina (IN), te inulina i meda (M) proizvedenog od toplinski tretiranog mlijeka pri 85 °C/20 min, odnosno 95 °C/10 min

Uzorci jogurta	Dani pohrane							
	1		7		14		21	
	$\bar{x} \pm SD$	Cv	$\bar{x} \pm SD$	Cv	$\bar{x} \pm SD$	Cv	$\bar{x} \pm SD$	Cv
K _{85 °C}	4,45±0,08 ^a	1,88	4,24±0,02 ^a	0,45	4,24±0,05 ^a	1,17	4,23±0,03 ^a	0,68
1%IN _{85 °C}	4,44±0,06 ^{ac}	1,40	4,26±0,04 ^a	1,07	4,21±0,04 ^a	1,00	4,20±0,09 ^{ab}	2,07
1%IN,4%M _{85 °C}	4,30±0,09 ^b	2,02	4,18±0,08 ^a	1,96	4,14±0,11 ^a	2,59	4,13±0,06 ^{ab}	1,46
K _{95 °C}	4,38±0,04 ^{ab}	0,89	4,19±0,06 ^a	1,45	4,16±0,09 ^a	2,10	4,15±0,08 ^{ab}	1,90
1%IN _{95 °C}	4,38±0,02 ^{ab}	0,44	4,20±0,05 ^a	1,09	4,17±0,06 ^a	1,18	4,17±0,05 ^{ab}	1,18
1%IN,4%M _{95 °C}	4,32±0,03 ^{bc}	0,72	4,15±0,06 ^a	1,39	4,11±0,06 ^a	1,50	4,09±0,06 ^b	1,56

^{abc}Tukey testom potvrđena statistička značajnost razlike između srednjih vrijednosti ($\pm SD$) pH jogurta u istoj koloni na nivou značajnosti $p < 0,05$; Cv - koeficijent varijabilnosti

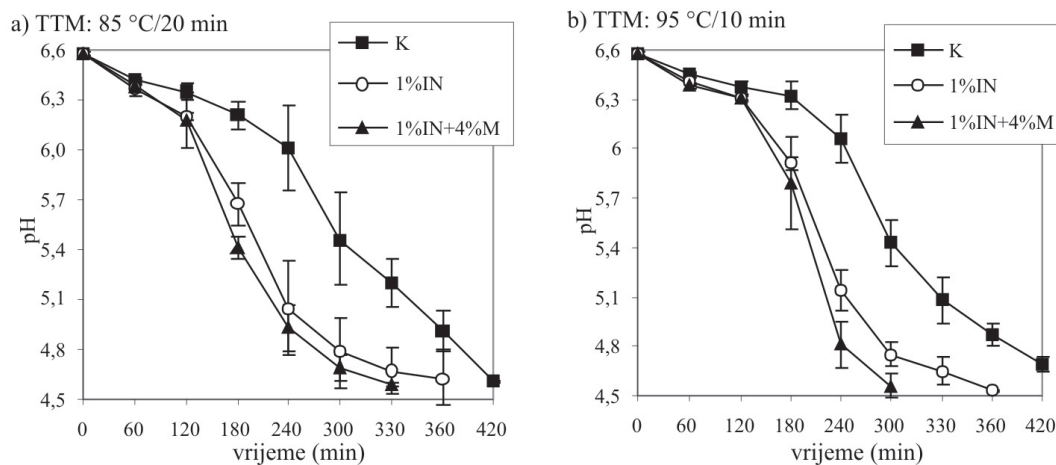
Pokus je ponovljen 3 puta (korištene su srednje vrijednosti). Rezultati rada su statistički obrađeni (Tukey test, $p < 0,05$) u programima SigmaPlot 11.0 (Systat Software, Inc. USA) i Microsoft®Excel 2003.

Rezultati i rasprava

Brzina fermentacije kretala se za sve uzorke u intervalu 300-420 min, a najbrže su fermentirali uzorci sa dodatkom inulina i meda (300-330 min), neovisno o toplinskom tretmanu mlijeka (Slika 1a,b). Ovo

se može objasniti time da mješovita probiotička kultura koristi kao supstrat i inulin i med (Martínez-Villaluenga i sur., 2006.; Riazi i Ziar, 2008.), te je znatno brža proizvodnja mliječne kiseline i brži pad pH vrijednosti kod ovih uzoraka, u usporedbi s kontrolnim uzorcima i uzorcima obogaćenim samo inulinom.

Tijekom pohrane kod svih uzoraka vidljive su male promjene pH vrijednosti, koje su se 21. dana kretale između 4,23 i 4,09 (Tablica 1). Pri toplinskoj obradi mlijeka pri višoj temperaturi utvrđene su niže pH vrijednosti, neovisno o dodatcima.



Slika 1. Promjena kiselosti (pH) tijekom fermentacije probiotičkog jogurta sa dodatkom inulina (IN), te inulina i meda (M) proizvedenog od toplinski tretiranog mlijeka (TTM) pri 85 °C/20 min (a) odnosno 95 °C/10 min (b)

Tablica 2. Utjecaj perioda pohrane na promjenu mliječne kiseline (%) probiotičkog jogurta sa dodatkom inulina (IN), te inulina i meda (M) proizvedenog od toplinski tretiranog mlijeka pri 85 °C/20 min, odnosno 95 °C/10 min

Uzorci jogurta	Dani pohrane							
	1		7		14		21	
	$\bar{x} \pm SD$	Cv	$\bar{x} \pm SD$	Cv	$\bar{x} \pm SD$	Cv	$\bar{x} \pm SD$	Cv
K _{85 °C}	0,751±0,04 ^a	4,83	0,863±0,04 ^a	5,19	0,887±0,04 ^{ac}	4,63	0,907±0,04 ^a	4,55
1%IN _{85 °C}	0,767±0,04 ^{ab}	4,98	0,859±0,03 ^a	3,66	0,877±0,03 ^a	3,80	0,895±0,01 ^{ac}	1,45
1%IN,4%M _{85 °C}	0,807±0,02 ^{ab}	2,79	0,902±0,03 ^a	3,77	0,938±0,01 ^{ab}	1,09	0,971±0,01 ^b	0,74
K _{95 °C}	0,815±0,004 ^b	0,53	0,879±0,02 ^a	2,17	0,911±0,02 ^{bc}	0,57	0,917±0,03 ^{bc}	0,72
1%IN _{95 °C}	0,825±0,01 ^b	1,21	0,919±0,01 ^a	2,93	0,946±0,01 ^{ab}	2,01	0,959±0,01 ^{ab}	3,30
1%IN,4%M _{95 °C}	0,823±0,01 ^b	1,75	0,919±0,02 ^a	2,04	0,955±0,02 ^b	1,89	0,947±0,01 ^{ab}	1,45

^{abc}Tukey testom potvrđena statistička značajnost razlike između srednjih vrijednosti ($\pm SD$) sadržaja mliječne kiseline jogurta u istoj koloni na nivou značajnosti $p < 0,05$; Cv - koeficijent varijabilnosti

Količina mliječne kiseline 1. dana pohrane kretala se u intervalu 0,751-0,825 % (Tablica 2), što znači da je zadovoljena minimalna koncentracija mliječne kiseline od 0,7% koja je, prema Rašiću i Kurmanu (1978.), neophodna radi potiskivanja rasta nepoželjnih mikroorganizama. Tijekom pohrane dolazi do povećanja koncentracije mliječne kiseline, te najveće vrijednosti imaju uzorci obogaćeni inulinom i medom. Obzirom na primijenjeni toplinski tretman mlijeka, veća proizvodnja mliječne kiseline je kod uzoraka proizvedenih od tretiranih mlijeka pri 95 °C/10 min.

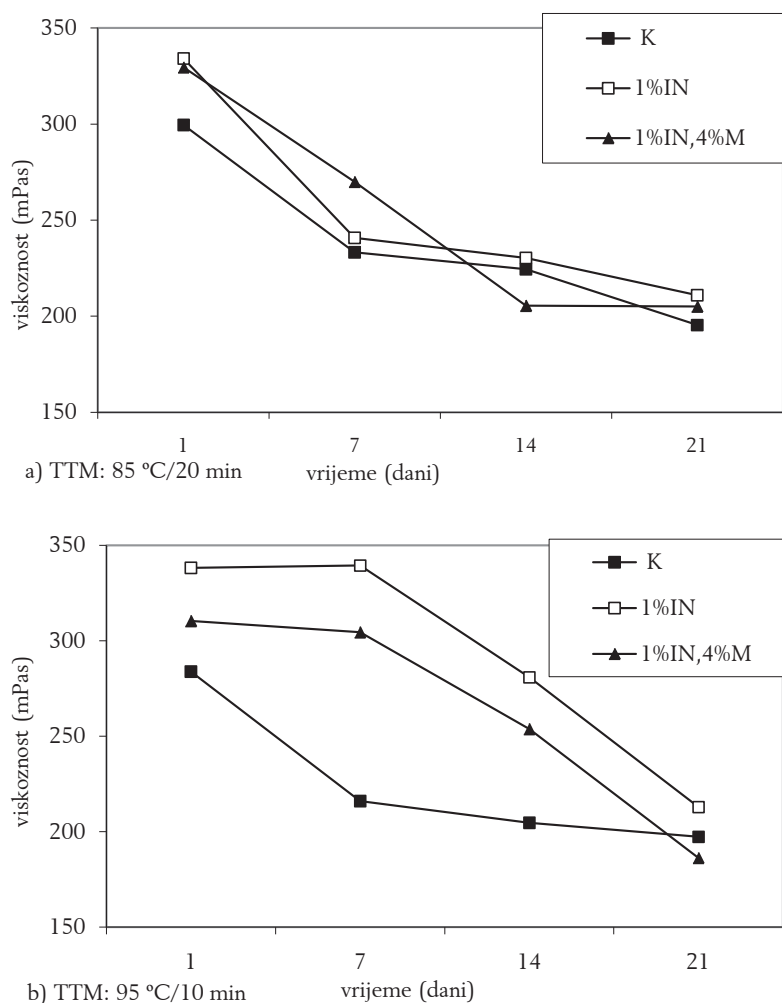
Na Slici 2 prikazane su vrijednosti viskoznosti probiotičkog jogurta. Uzorci sa dodatkom 1 % IN, te sa 1 % IN+4 % M, bez obzira na prethodni toplinski tretman mlijeka, 1. dana pohrane imali su najviše srednje vrijednosti viskoznosti. Tijekom daljeg razdoblja skladištenja dolazi do opadanja viskoznosti kod svih uzoraka, što je i odlika tiksotropnih sustava kojima pripada i jogurt (Tamime i Robinson, 2007.). Kod uzoraka proizvedenih od prethodno tretiranih mlijeka pri 85 °C/20 min (Slika 2a), tijekom pohrane ne uočavaju se značajne razlike između srednjih vrijednosti viskoznosti, neovisno o upotrijebljenom dodatku. Naprotiv, pri toplinskoj obradi mlijeka pri višoj temperaturi (95 °C/10 min), ta razlika je izraženija (Slika 2b). Tako, najvišu viskoznost ima uzorak sa 1 % IN, dok je uzorak sa 1 % IN+4 % M do 14. dana skladištenja imao znatno veću viskoznost, u odnosu na kontrolni uzorak. Općenito,

razdoblje pohrane značajno je utjecalo na stabilnost gruš, odnosno kompaktnost i čvrstoću trodimenzionalnog matriksa. Tako je djelovanje iste sile u istom vremenskom intervalu, nakon 3. tjedna pohrane, izazivalo veće razaranje i kidanje proteinskog matriksa, što je rezultiralo znatno manjim vrijednostima viskoznosti, neovisno o dodacima i primijenjenim toplinskim tretmanima mlijeka.

Prema Sensus Operation CV (2000.), inulinski gel je sastavljen od trodimenzionalne mreže nerastvorljivih submikronskih kristalnih čestica inulina koje zadržavaju veliku količinu vode, a samim tim utječu na poboljšavanje reoloških osobina. Formiranje produžene mreže inulina, kao dodatne strukture u proteinskoj mreži, može dovesti do povećavanja histereze. Tijekom skladištenja uspostavljaju se veze između formiranih inulinskih struktura i proteinske mreže, a jačina novoformiranog kompleksa se ogleđa u sili potrebnoj da se pokidaju veze i naruši stabilnost novoformiranog kompleksa (Phaseephol i sur., 2008.).

Na Slici 3 prikazane su vrijednosti sinereze probiotičkog jogurta pri brzinama centrifugiranja od 1000 i 3000 o/m.

Pri brzini od 1000 o/m, svi uzorci su bili kompaktni, s bistrom izdvojenom sirutkom, što ukazuje da nije došlo do bitnijih promjena u strukturi gruš (Slika 3a,b). Međutim, brzina centrifugiranja od 3000 o/m daje bolje rezultate za procjenu karaktera formiranog gruš. Ova je brzina izazvala veće naru-



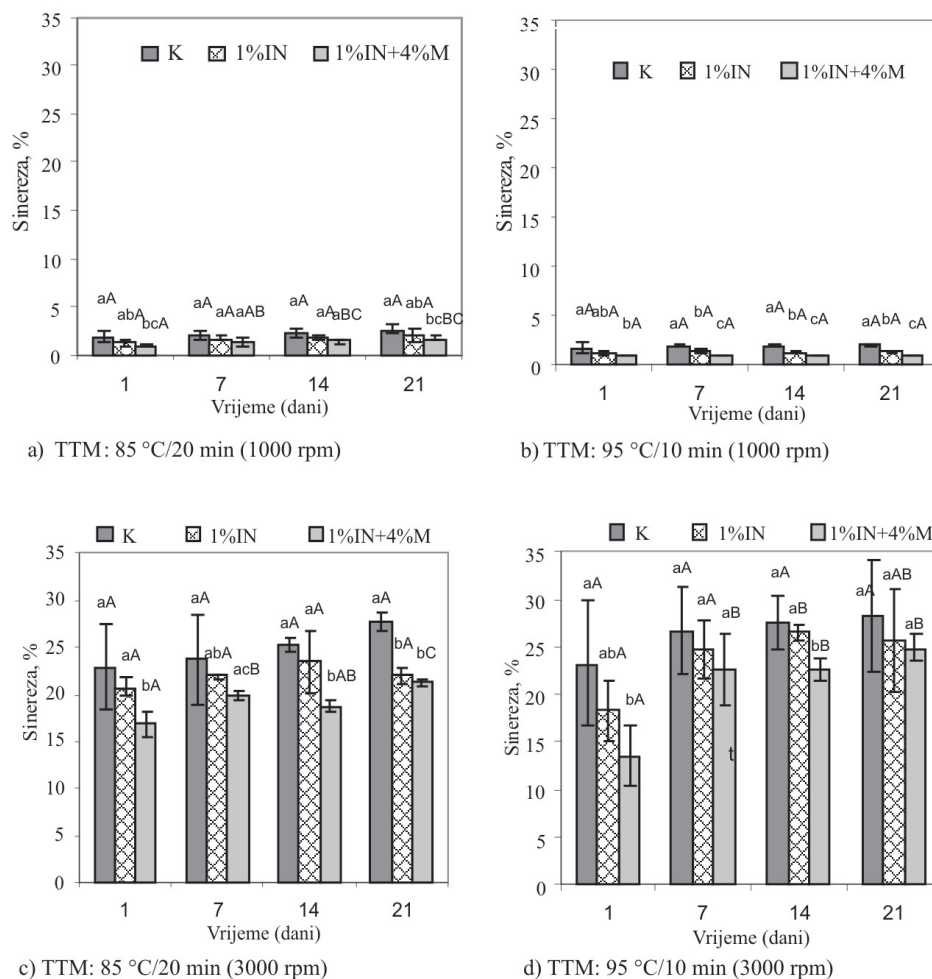
Slika 2. Promjena viskoznosti probiotičkog jogurta s dodatkom inulina (IN), te inulina i meda (M) proizvedenog od toplinski tretiranog mlijeka pri 85 °C/20 min (a) odnosno 95 °C/10 min (b), tijekom pohrane

šavanje strukture i lakše otpuštanje sirutke, te se sinereza povećala u prosjeku za pet puta (Slika 3c,d). Dobiveni rezultati u korelaciji su s rezultatima nekih ranijih istraživanja (Stijepić i sur., 2010.a). Kontrolni uzorak imao je najviše vrijednosti sinereze tijekom 21 dana pohrane, pri obje brzine centrifugiranja. Pri istoj brzini (3000 o/m), uzorak s dodatkom inulina imao je značajno manju sinerezu ($p < 0,05$) 21. dana pohrane u odnosu na kontrolni uzorak (Slika 3c). To je u suglasnosti s rezultatima dosadašnjih istraživanja (Gueven i sur., 2005.; Aryana i McGrew, 2007.; Stijepić i sur., 2010.b). Sedmog i dvadesetprvog dana pohrane, statistički značajne razlike nije bilo između uzorka sa 1 % IN i uzorka s dodatkom inulina i meda (TTM:85 °C/20 min), dok kod iste skupi-

ne uzoraka pri toplinskom tretmanu mlijeka od 95 °C/10 min, statistički značajne razlike ($p > 0,05$) nije bilo 1., 7. i 21. dana pohrane (Slika 3c,d). Dodatak inulina i meda utjecao je na značajno smanjenje sinereze ($p < 0,05$) u usporedbi s kontrolnim uzorkom tijekom 1., 14. i 21. dana pohrane.

Tekstura gruša fermentiranih mlijeka jedan je od osnovnih parametara njihove ukupne kvalitete. Na Slici 4 prikazane su teksturalne karakteristike probiotičkog jogurta.

Najveća čvrstoća, s trendom povećanja tijekom pohrane, izmjerena je kod uzorka s dodatkom 1 % IN (Slika 4a). U odnosu na ovaj uzorak, ali i u odnosu na kontrolni uzorak, dodatak meda je uzrokovao smanjenje čvrstoće, bez bitnijih promjena tijekom pohra-



^{a,b,c}Tukey testom potvrđena je statistička značajnost razlike između srednjih vrijednosti (\pm SD) sinereze unutar različitih uzoraka jogurta tijekom istog dana čuvanja na razini značajnosti $p < 0,05$

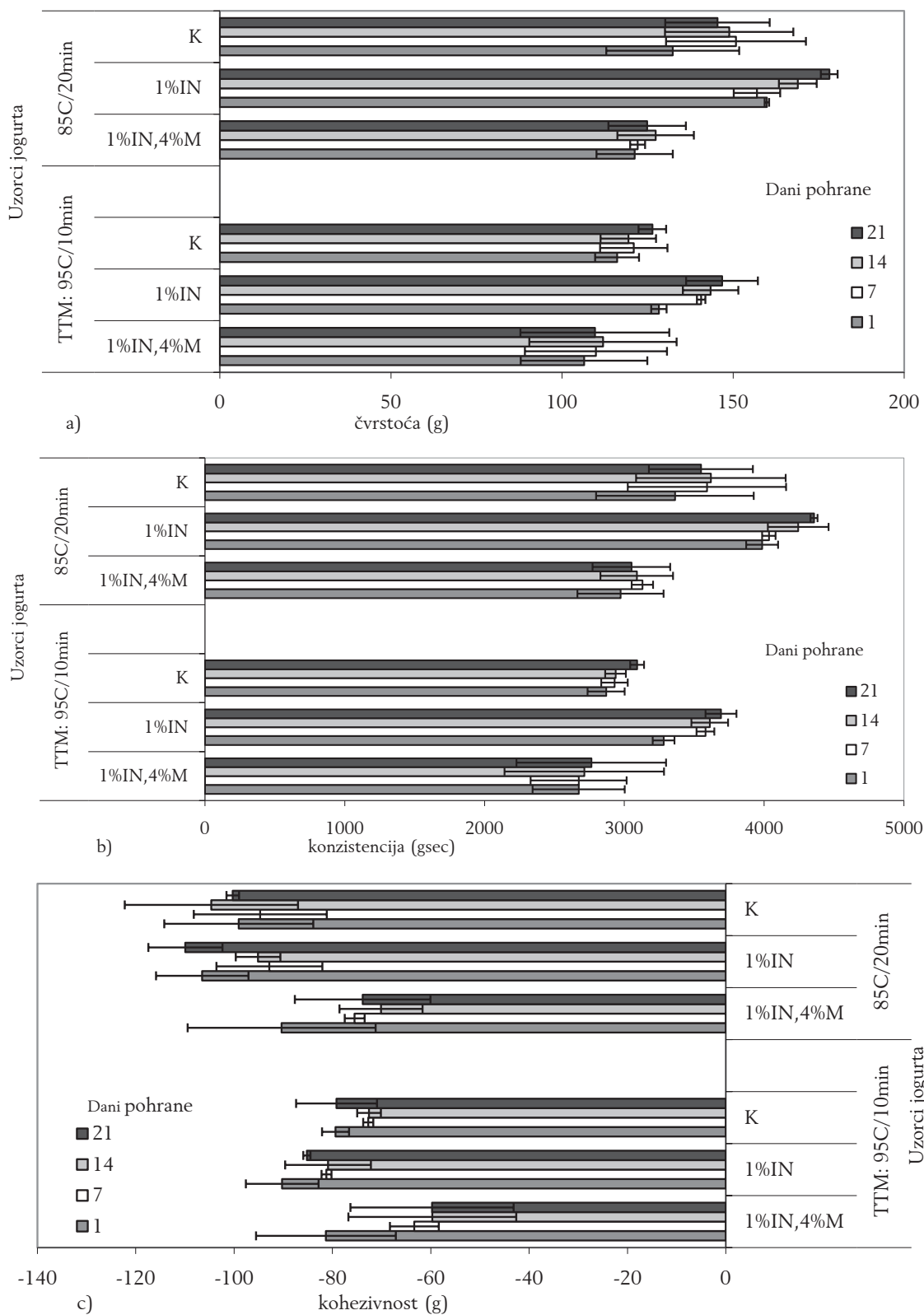
^{A,B}Tukey testom potvrđena je statistička značajnost razlike između srednjih vrijednosti (\pm SD) sinereze određenog uzorka jogurta tijekom različitih dana čuvanja na razini značajnosti $p < 0,05$

Slika 3. Promjena sinereze probiotičkog jogurta sa dodatkom inulina (IN), te inulina i meda (M) pri brzinama centrifugiranja: 1000 o/m (a,b) i 3000 o/m (c,d), tijekom pohrane (TTM-toplinski tretman mlijeka)

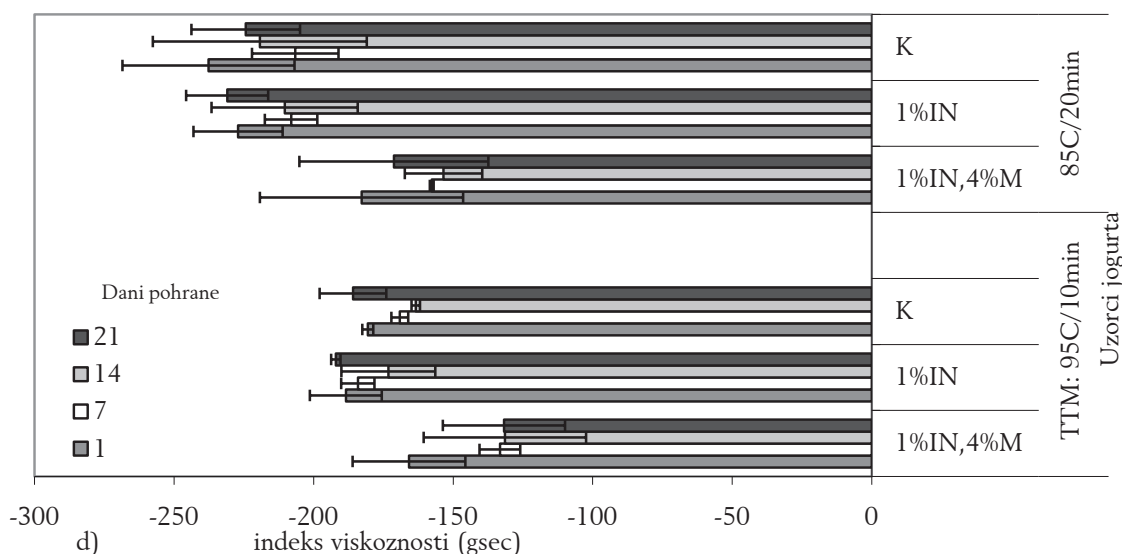
ne. Konzistencija fermentiranih mliječnih proizvoda određuje se na osnovu stupnja deformacije do koje dolazi kada se na grušu djeluje nekom silom koji izaziva deformaciju (Walstra, 1998.). Veća vrijednost konzistencije ukazuje na gušći proizvod, te se može zaključiti da su probiotički jogurti s dodatkom 1 % IN najgušći, s obzirom da imaju najveću vrijednost konzistencije koja se povećava tijekom cjelokupnog vremena pohrane (Slika 4b). Smanjenje konzistencije kod uzoraka sa 1 % IN + 4 % M posljedica je dodatnog meda, dok različiti toplinski tretmani mlijeka nisu imali značajnijeg utjecaja na vrijednosti konzistencije.

Kohezivnost je bila najviša kod uzoraka koji u svom sastavu sadrže inulin (Slika 4c). Dodatak meda utjecao je na smanjenje kohezivnosti, osobito od 7. dana pa sve do kraja pohrane, kada su zabilježene vrijednosti bile niže i u odnosu na vrijednosti kod kontrolnih uzoraka, neovisno o primijenjenom toplinskom tretmanu mlijeka.

Najviše vrijednosti za indeks viskoznosti (Slika 4d), tijekom 21 dana pohrane, imali su kontrolni uzorak i uzorak sa 1 % IN, dok je uzorak s dodatkom kombinacije inulina i meda imao najnižu vrijednost.



Slika 4. Teksturalne karakteristike probiotičkog jogurta s dodatkom inulina (IN), te inulina i meda (M) tijekom 21 dana pohrane: a) čvrstoća, b) konzistencija, c) kohezivnost i d) indeks viskoznosti (TTM: toplinski tretman mlijeka)



Slika 4. (nastavak)

Posljednjeg dana pohrane dolazi do rasta vrijednosti indeksa viskoznosti kod kontrolnog uzorka i uzorka sa 1 % IN, neovisno od primijenjenih toplinskih tretmana mlijeka.

Rezultati ovih mjerenja pokazuju različit utjecaj dodatka inulina, te inulina i meda, primijenjenih toplinskih tretmana mlijeka i vremena pohrane na teksturalne karakteristike ispitivanih uzoraka. Vidljiv je pozitivan utjecaj inulina i poboljšanje svih parametara tekture probiotičkog jogurta. Također se uočava i manje pozitivan utjecaj dodatka inulina i meda (niže vrijednosti svih parametara tekture). Toplinski tretman mlijeka i razdoblje pohrane manje su utjecali na teksturalne karakteristike gotovog proizvoda.

Općenito, dodatak inulina znatno je utjecao na čvrstoću jogurta, ali i na sve druge parametre tekture (konzistenciju, kohezivnost i indeks viskoznosti). Ova razlika u čvrstoći može se objasniti činjenicom da je dodatak inulina utjecao na to da tijekom koagulacije, pored povezivanja nastalih proteinskih agregata, dolazi i do vezivanja novonastale inulinske mreže za kazeinske micelle i uklapanja u proteinske agregate. Ovakva novonastala modificirana proteinska mreža omogućava veće zadržavanje vode, doprinosi većoj čvrstoći i fleksibilnosti trodimenzionalne proteinske mreže tijekom pohrane (Phasephol i sur., 2008.).

Dodatak meda, u kombinaciji s inulinom, znatno je utjecao na smanjenje teksturalnih karakteristi-

ka probiotičkog jogurta, neovisno o primijenjenim toplinskim tretmanima mlijeka od kojih su jogurti proizvedeni.

Zaključak

Rezultati ispitivanja pokazali su da je dodatak meda, pored inulina, dodatno djelovao na skraćenje fermentacije i veću proizvodnju mliječne kiseline tijekom pohrane. Suplementacija mlijeka inulinom doprinijela je poboljšanju reoloških i teksturalnih osobina probiotičkog jogurta. Dodatak meda i inulina rezultirao je nižim reološkim i teksturalnim parametrima proizvoda, ali sa homogenom konzistencijom, uz smanjenu mogućnost sinereze. Različiti toplinski tretmani mlijeka nisu značajnije utjecali na reološke i teksturalne osobine proizvoda.

Ovakav proizvod je visoke nutritivne vrijednosti i zadovoljava sve potrebe funkcionalne hrane, te može biti namijenjen različitim kategorijama potrošača.

Effects of selected factors on rheological and textural properties of probiotic yoghurt

Summary

The aim of this work was to study the influence of inulin (1 %), combination of inulin (1 %) and acacia honey (4 %), heat treatment of milk, and storage time on the rheological and textural properties of probiotic yoghurt. Rheological properties were assessed through viscosity, syneresis and texture (firmness, consistency, cohesiveness and index of viscosity). Yoghurt was prepared from milk (1,5 % fat) with added inulin (1%) before heat treatment at 85 °C for 20 min or 95 °C for 10 min. After cooling to 55 °C honey (4 %) was added. Samples were inoculated using probiotic starter culture (70 % w/w *Streptococcus thermophilus*, 10 % w/w *Lactobacillus bulgaricus*, 10 % w/w *Lactobacillus acidophilus*, 10 % w/w *Bifidobacterium* spp.). Yoghurt samples were held on +5 °C during 21 days. Measurements of pH value, lactic acid, viscosity, syneresis, and textural properties were done after 1, 7, 14 and 21 days of storage. The results of this study show that honey addition significantly decreased fermentation time compared to fermentation time of control samples or samples containing inulin. Furthermore, addition of honey and inulin to milk caused significant lower syneresis ($p < 0,05$) during storage time, while there was no significant influence on viscosity and texture of final product. The applied heat treatment of milk had no significant influence on rheological properties of probiotic yoghurt.

Key words: probiotic yoghurt, acacia honey, inulin, heat treatment of milk, rheological and textural properties

References

1. Akin, M.B., Akin, M.S., Kirmaci, Z. (2007): Effects of inulin and sugar levels on the viability of yoghurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream, *Food Chemistry* 104, 93-99.
2. Aryana, K.J., Plauche, S., Rao, R.M., McGrew, P., Shah, N.P. (2007): Fat-free plain yoghurt manufactured with inulins of various chain lengths and *Lactobacillus acidophilus*, *Journal of Food Science* 72, 79-84.
3. Benković, M., Kos, B., Tonković, K., Leboš, A., Šušković, J., Gregurek, Lj. (2008): Utjecaj probiotičkog soja *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* LAFTI®B94, inulina i transglutaminaze na svojstva čvrstog jogurta, *Mljekarstvo* 58 (2), 95-115.
4. FAO (1975): "Codex alimentarius - Codex standard for yoghurt (yogurt) and sweetened yoghurt", Codex Standard A-11(a)
5. Frece, J., Kos, B., Beganović, J., Vuković, S., Šušković, J. (2005): *In vivo* testing of functional properties of three selected probiotic strains, *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 21, 1401-1408.
6. Gueven, M., Yasar, K., Karaca, O.B., Hayaloglu, A.A. (2005): The effect of inulin as a fat replacer on the quality of set-type low-fat yoghurt manufacture, *International Journal of Dairy Technology* 58 (3), 180-184.
7. Kajiwaru, S., Gandhi, H., Ustunol, Z. (2002): Effect of the growth of and acid production by human intestinal *Bifidobacterium* spp.: an in vitro comparison with commercial oligosaccharides and inulin, *Journal of Food Protection* 65 (1), 214.
8. Koegh, M.K., O Kennedy B.T. (1998): Rheology of stirred yogurt as affected by added milk fat, protein and hydrocolloids, *Journal of Food Science* 63, 108-112.
9. Lee, W.J., Lucey, J.A. (2004): Structure and Physical Properties of Yogurt Gels: Effect of Inoculation Rate and Incubation Temperature, *Journal of Dairy Science* 87, 3153-3164.
10. Lucey, J.A., Teo, T.C., Munro, P.A., Singh, H. (1997): Rheological properties at small (dynamic) and large (yield) deformations of acid gels made from heated milk, *Journal of Dairy Research*, 64(4), 591-600.
11. Martinez-Villaluenga, C., Frias, J., Gomez, R., Vidal-Valverde, C. (2006): Influence of addition of raffinose family oligosaccharides on probiotics survival in fermented milk during refrigerated storage, *International Dairy Journal* 16, 768-774.
12. Oliveira, R.P.S., Oliveira, P., Converti, A., Oliveira, M.N. (2009): Effect of inulin on growth and acidification performance of different probiotic bacteria in co-cultures and mixed culture with *Streptococcus thermophilus*, *Journal of Food Engineering* 91, 133-139.
13. Pasephol, T., Small, D.M., Sherkat, F. (2008): Rheology and texture of set yogurts as affected by inulin addition, *Journal of Texture Studies* 39 (6) 617-634.
14. Rašić, J., Kurmann, J.A. (1978): Storage, Keeping Quality, Transport and Consumption of Yoghurt In: *Yoghurt*, pp. 273-282. Tehnicki Dairy Publishing House, Copenhagen.
15. Riaz, A., Ziar, H. (2008): Growth and viability of yoghurt starter organisms in honey-sweetened skimmed milk, *African Journal of Biotechnology* 7, 2055-2063.
16. Sabadoš, D. (1996.): *Kontrola i ocjenjivanje kakvoće mlijeka i mliječnih proizvoda*, 2. dopunjeno izdanje, Hrvatsko mljekarsko društvo RH, Zagreb.
17. Samaržija, D., Tudor, M., Prtilo, T., Dolencić Špehar, I., Zamberlin, Š., Havranek, J. (2009): Probiotičke bakterije u prevenciji i terapiji dijareje, *Mljekarstvo* 59 (1), 28-32.

18. Sanz, M.L., Polemis, N., Morales, V., Corzo, N., Drakoularakou, A., Gibson, G.R. Rastall R.A. (2005): In vitro investigation into the potential prebiotic activity of honey 33 oligosaccharides, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53, 2914-2921.
19. Sensus Operation CV. (2000): Frutafit inulin. In: *Handbook of hydrocolloids*. pp. 397-399. Phillips, G.O., Williams, P.A., ed. Woodhead Publishing, Cambridge.
20. Shanahan, F. (2000): Nutrient tasting and signaling mechanisms in the gut V: mechanisms of immunologic sensation of intestinal contents, *American Journal of Physiology - Gastrointestinal and Liver Physiology* 278, 191-6.
21. Sodini, I., Lucas A., Tissier, J.P., Corrieu, G. (2005): Physical Properties and Microstructure of Yoghurts Supplemented with Milk Protein Hydrolysates, *International Dairy Journal* 15, 29-35.
22. Sodini, I., Lucas, A., Oliveira, M.N., Remeuf, F., Corrieu, G. (2002): Effect of Milk Base and Starter Culture on Acidification, Texture, and Probiotic Cell Counts in Fermented Milk Processing, *Journal of Dairy Science* 85, 2479-2488.
23. Stijepić, M., Glušac, J., Đurđević-Milošević, D. (2010a): Reološke osobine probiotičkog jogurta sa dodatkom inulina, *Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik* 16 (3-4), 211-216.
24. Stijepić, M., Milanović, S., Glušac, J., Vukić, V., Kanurić, K., Đurđević-Milošević, D. (2010b): Promjene teksturalnih i senzorskih osobina probiotičkog jogurta proizvedenog uz primjenu različitih dodataka, *Prehrambena industrija - Mleko i mlečni proizvodi* 21 (1-2), 103-108.
25. Tamime, A.Y., Božanić, R., Rogelj, I. (2003): Probiotički fermentirani mliječni proizvodi, *Mljekarstvo* 53 (2), 111-113.
26. Tamime, A.Y., Marshall, V.M.E (1997): Microbiology and technology of fermented milks In: *Microbiology and biochemistry of cheese and fermented milk*. pp. 57-133. Chapman & Hall, London.
27. Tamime, A.Y., Robinson, R.K. (2007): *Tamime and Robinson's Yoghurt Science and Technology*, pp. 348-429. Woodhead Publishing Limited, Cambridge.
28. Teo, C.T., Munro, P.A., Singh, H. (1996): Reversibility of shrinkage of mineral acid casein curd as a function of ionic strength, pH and temperature, *Journal of Dairy Research* 63: 555.
29. Tratnik, L.J. (1998): Fermentirani mliječni napitci U: *Mlijeko - tehnologija, biokemija i mikrobiologija*, pp. 129-187. Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb.
30. Varga, L. (2006): Effect of acacia (*Robinia pseudo-acacia* L.) honey on the characteristic microflora of yoghurt during refrigerated storage, *International Journal of Food Microbiology* 108, 272-275.
31. Walstra, P. (1998): Relation between structure and texture of cultured milk products In: *Texture of Fermented Milk Products and Dairy Desserts*, pp. 9-16. IDF No. 9802, Brussels.
32. Yumah, R.Y., Shaker, R.R., Abu-Jdayil, B. (2001): Effect of Milk Source on the Rheological Properties of Yogurt during the Gelation Process, *International Journal of Dairy Technology* 54, 89-96.