

UTJECAJ ODABRANIH FAKTORA NA PROMJENE KISELOSTI I INTENZITETA SINEREZE PROBIOTIČKOG SVJEŽEG SIRA TIJEKOM SKLADIŠTENJA

Tijana Brčina¹, Milica Vilišić¹

Originalni naučni rad - *Original scientific paper*

Rezime

Otpuštanje sirutke smatra se jednim od značajnih parametara kvalitete, kako fermentiranih mliječnih proizvoda, tako i svježeg sira tijekom skladištenja, jer ukazuje na određene pogreške u procesu proizvodnje.

Cilj rada je bio ispitati promjene kiselosti i intenzitet sinereze probiotičkog svježeg sira tijekom 14 dana skladištenja, u ovisnosti o udjelu inulina i sojinog napitka, vrste starter kulture i parametara termalizacije. Za određivanje intenziteta sinereze korištena je brzina od 3000 o/min, jer ova centrifugalna sila ima značajniji utjecaj na izdvajanje sirutke, a ne oštećuje strukturu svježeg sira.

Rezultati su pokazali određene razlike intenziteta sinereze u ovisnosti o zadanim parametrima, praćenih linearnim padom pH vrijednosti, povećanjem kiselosti i koncentracije mliječne kiseline u probiotičkom svježem siru. Utvrđeno je da su inulin i 15% sojinog napitak najviše utjecali na smanjenje intenziteta sinereze u uzorcima probiotičkog svježeg sira.

Ključne riječi: *svježi probiotički sir, intenzitet sinereze, inulin, sojin napitak*

UVOD

Svježi sir je proizvod koji se dobiva odvajanjem sirutke nakon grušanja mlijeka. Bije je boje, mekan, maziv, karakterističnog mirisa i mliječno-kiselkastog okusa sa konzistencijom koja može biti pastozna (quark) ili zrnasta (cottage). Sadrži od 69% do 85% vode u bezmasnoj suhoj tvari sira (Pravilnik o proizvodima od mlijeka i starter kulturama, 2011).

Pojam sinereza koristi se za izdvajanje sirutke ili seruma iznad gornje površine gruša i tehnološki je pojam. Sirutka i izdvajanje sirutke su dobar indikator tehnoloških pogreški u procesu proizvodnje, posebno kod jogurta, kiselog vrhnja i dr. Sinereza se određuje različitim metodama koje se temelje na principu gravitacije ili na principu centrifugalne sile, izražene kao kapacitet vezivanja vode (Samaržija, 2015). Izdvajanje sirutke ne ovisi samo o promjeni hidratacije gruša i nije jednostavan fizikalni proces. Zapravo sinereza obuhvata preuređenje proteinske mreže u nastalom grušu, kidanje vlakana i oblikovanje čvršće i kompaktije strukture uz otpuštanje

¹ Tehnološki fakultet, Univerzitet u Tuzli, Urfeta Vejzagića 8, 75 000 Tuzla
Korespondencija: tijana.brcina@untz.ba

sirutke. Veća kiselost (daljnje kiseljenje gruš) ili viša temperatura (dogrijavanje gruš) doprinose stezanju proteinske mreže i spontanom otpuštanju sirutke (kiselinska i toplinska sinereza) (Tratnik i Božanić, 2012).

U mliječnim proizvodima sa niskim udjelom masti dodatak male količine inulina poboljšava svojstva i kvalitetu proizvoda (Franck, 2002). U svojstvu zamjene za mliječnu mast, inulin se u mlijeko dodaje u količini 1-3%. Istovremeno količina dodanog inulina nema negativan utjecaj na okus, boju i veću predispoziciju proizvoda za sinerezu. Inulin svojim selektivnim djelovanjem utječe na rast i aktivnost probiotičkih kultura (Benković i sur., 2008), a potiskuje rast štetnih bakterija (Shanahan, 2000). Pored njegovih prebiotičkih svojstava, inulin ima sposobnosti želatinizacije i stabiliziranja strukture vodene faze u proizvodu. Prema firmi Sensus Operation CV (2000), inulinski gruš je sastavljen od trodimenzionalne mreže netopljivih submikronskih kristalnih čestica inulina koje zadržavaju veliku količinu vode, a samim tim utječu na poboljšavanje reoloških svojstava gruš. 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 ogleda u sili potrebnoj da se pokidaju veze i naruši stabilnost novoformiranog kompleksa (Paseephol i sur., 2008). U proizvodnji svježeg sira može se koristiti i sojin napitak kao alternativa mlijeku zbog njegovih zdravstvenih efekata (Ahsan i sur., 2015). Mliječni analozi na bazi sojinog napitka predstavljaju hranu koja je u osnovi jednaka mliječnim proizvodima, ali umjesto mlijeka i mliječnih sastojaka koriste se sastojci mlijeka i soje (O'Toole, 2016). Različiti sojini sirevi koji se proizvode u mnogim zemljama privlače pažnju potrošača (Li i sur., 2013; Otieno i sur., 2005).

Predispozicija sirnog gruš za otpuštanje sirutke određena je brojnim faktorima, kao što su sastav mlijeka, proces fermentacije i obrada gruš nakon fermentacije, pri čemu je brzina sinereze najveća na početku procesa i opada s vremenom, uz eventualnu termalizaciju gruš zbog intenziviranja procesa sinereze (Puđa, 2009). Sam intenzitet sinereze je izravno vezan za kiselost i obrnuto proporcionalan u odnosu na pH (Souza i Saad, 2009).

MATERIJALI I METODE

Za proizvodnju svježeg probiotičkog sira korišteno je obrano UHT mlijeko sa 0,9% m.m. (Meggle) i napitak od soje (Alpro) sa udjelom 10%v/v i 15%v/v. Za nacjepljivanje korištene su liofizirane FD-DVS (frozen dried Direct Vat Set) starter kulture (Sacco Clerici) Lyofast EF1 (*Enterococcus faecium*) u koncentraciji $2,5 \times 10^6$ CFU/ml i Lyofast MWO 030 : Lyofast EF1 = 1:1 (Lyofast MWO 030 - *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* i *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*) u koncentraciji $1,25 \times 10^6$ CFU/ml. Kao prebiotik je korišten Orafti®Synergy1 (BENEEO-Orafti), u količini od 2,5g/100g sira (Brčina i sur., 2019 a, b).

Mlijeko za proizvodnju svježeg probiotičkog sira je prethodno zagrijano na temperaturu fermentacije (25°C) i inokulirano sa odgovarajućom starter kulturom.

Fermentacija mlijeka je trajala između 19 i 20 sati (uzorci A i B serije) i između 10 i 11 sati (uzorci C i D serije), odnosno do postizanja pH 4,6. Nastali sirni gruž je zatim izrezan na kockice veličine 2 cm. Uzorci A1-A3, B1-B3, C1-C3 i D1-D3 su nakon rezanja gruža podvrgnuti cijedenju u platnenim vrećicama na sobnoj temperaturi, dok su uzorci A4-A6, B4-B6, C4-C6, D4-D6 nakon procesa termalizacije (60°C/3 min) ohlađeni na temperaturu 37°C i podvrgnuti cijedenju kao i prethodni uzorci. U uzorke B1-B6 i D1-D6 nakon cijedenja je dodat prebiotički supstrat Orafti® Synergy1 (2,5g/100g sira). Dobiveni uzorci probiotičkog svježeg sira su skladišteni 14 dana na temperaturi 4°C. Oznake uzoraka su prikazane u tablici 1.

Tablica 1. Uzorci probiotičkog svježeg sira
Table 1. Samples of probiotic fresh cheese

Uzorak sira	Sojin napitak (v/v,%)	Starter kultura	Termalizacija 60°C/3 min	Orafti® Synergy1 2,5g/100g sira
A1	-	Lyofast EF1	-	-
A2	10		-	-
A3	15		-	-
A4	-		+	-
A5	10		+	-
A6	15		+	-
B1	-		-	+
B2	10		-	+
B3	15		-	+
B4	-		+	+
B5	10		+	+
B6	15		+	+
C1	-	Lyofast MWO 030:Lyofast EF1 =1:1	-	-
C2	10		-	-
C3	15		-	-
C4	-		+	-
C5	10		+	-
C6	15		+	-
D1	-		-	+
D2	10		-	+
D3	15		-	+
D4	-		+	+
D5	10		+	+
D6	15		+	+

Tijekom 14 dana skladištenja probiotičkog svježeg sira praćene su promjene kiselosti (pH vrijednost, titracijska kiselost, mliječna kiselina) i intenzitet sinereze. Aktivna kiselost (pH) je određivana potenciometrijski primjenom pH metra Testo 206. Titracijska kiselost je određena po Soxlet-Henkel-u (°SH), a udio mliječne kiseline je izračunat na osnovu rezultata titracijske kiselosti po Soxlet-Henkel-u i faktora 0,0225 (Božanić i sur., 2010).

Intenzitet sinereze je određen po modificiranoj metodi Koegh i O'Keneedy-ju (1998) pomoću centrifuge Tehnica Železniki PLC 322. Uzorci probiotičkog svježeg sira su, prema Stijepić i sur. (2011), centrifugirani na 3000 o/m, a volumen izdvojene sirutke izražen je kao ml centrifugata/100 g uzorka (Dönmez i sur., 2017). Statistička analiza je urađena upotrebom SPSS softvera (verzija 22). Sve analize su rađene tri puta i izražene kao srednja vrijednost \pm standardna devijacija, dok je Duncan test korišten za procjenu statističke značajnosti ($p < 0,05$).

REZULTATI I RASPRAVA

Promjene kiselosti uzoraka probiotičkog svježeg sira ovisno o udjelu sojinog napitka, vrsti starter kulture, procesu termalizacije i dodatka inulina navedene su u tablici 2. U tablici 3 je prikazana analiza varijance, dok su u tablici 4 date srednje vrijednosti i standardna devijacija intenziteta sinereze u uzorcima probiotičkog svježeg sira tijekom 14 dana skladištenja.

Poznato je, da se i tijekom skladištenja obično odvija naknadno kiseljenje gruš, i to djelovanjem kulture do završne proizvodnje pa sve do potrošnje, a što ovisi o pH vrijednosti nakon fermentacije, načinu hlađenja, temperaturi i vremenu skladištenja, aktivnosti kultura i dr. (Tratnik i Božanić, 2012).

Kod većine uzoraka probiotičkog svježeg sira pH vrijednost je linearno opadala tijekom 14 dana skladištenja, zbog naknadne kiselosti i produkcije mliječne kiseline i dr. organskih kiselina. Kod nekih uzoraka svježeg sira fermentiranih starter kulturom Lyofast MWO 030 i Lyofast EF1 bez (C1, C2) i sa dodatkom inulina (D2-D4) nakon 7 dana skladištenja došlo je do porasta pH vrijednosti. To se može povezati sa različitom metaboličkom aktivnosti starter kulture u odnosu na ostale uzorke. Kod uzorka D1 - netermaliziranog svježeg sira sa dodatkom inulina porast pH vrijednosti je nastavljen i do kraja skladištenja. Nižu pH vrijednost su imali svi uzorci probiotičkog svježeg sira, za čiju se proizvodnju koristila niža koncentracija *Enterococcus faecium*, odnosno kombinacija starter kultura Lyofast MWO 030 i Lyofast EF1.

Starter kultura Lyofast MWO 030 je imala utjecaja na nižu pH vrijednost. Uzorci sira sa sojinim napitkom su generalno imali višu pH vrijednost. U istraživanju koje su proveli Stijepić i sur. (2013) sojin napitak je utjecao na sporiju promjenu pH vrijednosti tijekom fermentacije za razliku od kravljeg mlijeka. Kako sojin napitak ne sadrži laktozu, tako je u ovim uzorcima i bilo manje rezidualne laktoze, koja se pod djelovanjem mikroorganizama dodatno razgrađuje u mliječnu kiselinu, te snižava pH vrijednost i povećava kiselost.

Tablica 2. Promjene kiselosti probiotičkog svježeg sira tijekom 14 dana skladištenja
Table 2. Acidity changes of probiotic fresh cheese during 14 days of storage

Uzorci	pH			Kiselost (°SH)			Mliječna kiselina (%)		
	1 dan	7 dana	14 dana	1 dan	7 dana	14 dana	1 dan	7 dana	14 dana
A1	4,43	4,36	4,31	59,60	60,39	66,89	1,36	1,34	1,51
A2	4,56	4,50	4,38	52,16	54,94	59,60	1,17	1,23	1,34
A3	4,68	4,65	4,60	48,76	50,10	56,23	1,10	1,12	1,27
A4	4,43	4,34	4,22	65,90	66,47	66,73	1,48	1,49	1,50
A5	4,65	4,62	4,56	48,54	51,25	54,20	1,09	1,15	1,22
A6	4,73	4,68	4,66	46,21	48,92	52,20	1,04	1,10	1,15
B1	4,36	4,28	4,20	56,08	63,4	67,03	1,26	1,43	1,51
B2	4,84	4,46	4,40	50,28	55,45	58,20	1,13	1,25	1,31
B3	4,76	4,68	4,61	41,22	50,49	52,28	0,93	1,14	1,18
B4	4,43	4,40	4,36	50,19	56,23	58,26	1,13	1,27	1,31
B5	4,65	4,57	4,54	44,70	52,88	56,60	1,01	1,19	1,27
B6	4,73	4,57	4,43	43,10	50,49	54,25	0,97	1,14	1,22
C1	4,30	4,38	4,36	66,26	67,77	76,82	1,49	1,52	1,73
C2	4,00	4,34	4,29	66,73	66,86	65,49	1,50	1,50	1,47
C3	4,28	4,21	4,20	65,20	64,75	64,27	1,47	1,46	1,45
C4	4,37	4,32	4,23	63,96	65,93	62,78	1,44	1,48	1,41
C5	4,53	4,48	4,12	58,40	62,38	62,20	1,31	1,40	1,40
C6	4,65	4,45	4,19	58,02	60,20	59,60	1,31	1,35	1,34
D1	4,15	4,35	4,66	67,92	68,51	64,25	1,53	1,54	1,22
D2	4,31	4,68	4,50	64,55	64,46	62,94	1,45	1,45	1,42
D3	4,29	4,36	4,35	62,57	60,98	58,80	1,41	1,37	1,32
D4	4,36	4,46	4,38	64,80	63,53	66,00	1,46	1,43	1,49
D5	4,39	4,16	4,15	57,47	58,02	59,20	1,29	1,31	1,33
D6	4,38	4,18	4,13	57,40	56,40	57,25	1,29	1,27	1,29

Titracijska kiselost uzoraka probiotičkog svježeg sira je rasla tijekom skladištenja i prilično je bila ujednačena kod uzoraka iz skupine fermentiranih starter kulturom Lyofast MWO 030 i Lyofast EF1 i dodatkom inulina (D). Manja odstupanja su zapažena kod ostalih sireva, gdje netermalizirani uzorci probiotičkog svježeg sira fermentiranih sa Lyofast EF1 (A1 i A2) malo odstupaju od ostalih uzoraka sireva iz skupine A (bez inulina), B1 od ostalih uzoraka sireva skupine B (sa inulinom) i C1 od ostalih uzoraka sira iz skupine C (bez inulina).

Količina mliječne kiseline svih uzoraka probiotičkog svježeg sira nakon 1 dan skladištenja se kretala od 0,93 do 1,53% (tablica 2), što znači da je zadovoljena minimalna koncentracija mliječne kiseline od 0,70%, koja je prema Rašić i Kurmann (1978) neophodna radi sprječavanja rasta nepoželjnih mikroorganizama. U većine uzoraka probiotičkog svježeg sira tijekom skladištenja došlo je do povećanja koncentracije mliječne kiseline. Uzorci sira koji nisu sadržavali sojin napitak imali su

najviše koncentracije mliječne kiseline, što je bilo i za očekivati, jer sojin napitak ne sadrži mliječni šećer laktozu koji se fermentacijom i djelovanjem bakterija mliječne kiseline prevodi u mliječnu kiselinu. Veća je bila i koncentracija mliječne kiseline kod uzoraka svježeg sira dobivenog primjenom kombinacije starter kultura, za razliku od uzoraka koji su proizvedeni upotrebom samo Lyofast EF1, s obzirom da veća proizvodnja mliječne kiseline, uzrokuje veći pad pH vrijednosti.

Također, Pinthong i sur. (1980), Favaro Trindade i sur. (2001) i Donkor i sur. (2005) su primjetili porast proizvodnje mliječne kiseline nakon dodatka glukoze, saharoze i inulina.

Opuštanje sirutke smatra se jednim od značajnih parametara kvalitete, kako fermentiranih mliječnih proizvoda, tako i svježeg sira tijekom skladištenja, jer ukazuje na određene pogreške u procesu proizvodnje. Za određivanje intenziteta sinereze korištena je brzina od 3000 o/min, jer ova centrifugalna sila ima značajniji utjecaj na izdvajanje sirutke, a ne oštećuje strukturu svježeg sira, što je potvrđeno i u istraživanjima koje su proveli Jovanović i sur. (2004) i Stijepić i sur. (2011).

Tablica 3. Analiza varijance intenziteta sinereze probiotičkog svježeg sira tijekom 14 dana

Table 3. Analysis of variance of syneresis intensity of probiotic fresh cheese during 14 days storage

Izvor varijance		Sume kvadrata	Stupnjevi slobode	Prosjeci kvadrata	F	p - vrijednost
Intenzitet sinereze (1 dan)	Između proizvoda	1609,347	23	69,972	193,635	0,000
	Analitička greška	17,345	48	0,361		
	Ukupno	1626,692	71			
Intenzitet sinereze (7 dana)	Između proizvoda	790,636	23	34,375	109,129	0,000
	Analitička greška	15,120	48	0,315		
	Ukupno	805,756	71			
Intenzitet sinereze (14 dana)	Između proizvoda	569,066	23	24,742	12,692	0,000
	Analitička greška	93,569	48	1,949		
	Ukupno	662,634	71			

Analiza varijance (tablica 3) je pokazala da postoji statistički značajna razlika između rezultata intenziteta sinereze kod uzoraka probiotičkog svježeg sira ($p < 0,05$).

Da bi se utvrdilo koji su uzorci sira različiti proveden je Duncan-ov test (tablica 4).

Tablica 4. Srednje vrijednosti i standardna devijacija intenziteta sinereze probiotičkog svježeg sira tijekom 14 dana skladištenja (Duncan test)

Table 4. Average values and standard deviation of syneresis intensity of probiotic fresh cheese during 14 days storage (Duncan test)

Uzorci	Intenzitet sinereze (ml centrifugata/100 g sira)		
	1 dan	7 dana	14 dana
A1	16,55 ($\pm 0,81$) ⁸	15,51 ($\pm 0,12$) ⁷	10,71 ($\pm 0,12$) ⁵
A2	11,79 ($\pm 0,76$) ⁶	0,00 ($\pm 0,00$) ¹	0,00 ($\pm 0,00$) ¹
A3	0,00 ($\pm 0,00$) ¹	0,00 ($\pm 0,00$) ¹	0,00 ($\pm 0,00$) ¹
A4	2,52 ($\pm 0,83$) ³	2,02 ($\pm 0,83$) ^{3,4}	9,27 ($\pm 0,64$) ⁵
A5	14,50 ($\pm 2,02$) ⁷	6,12 ($\pm 1,03$) ⁶	3,24 ($\pm 0,67$) ^{2,3,4}
A6	1,00 ($\pm 0,86$) ^{1,2}	0,00 ($\pm 0,00$) ¹	0,00 ($\pm 0,00$) ¹
B1	6,91 ($\pm 0,89$) ⁵	4,44 ($\pm 0,75$) ⁵	5,23 ($\pm 0,62$) ⁴
B2	0,00 ($\pm 0,00$) ¹	0,00 ($\pm 0,00$) ¹	0,00 ($\pm 0,00$) ¹
B3	0,00 ($\pm 0,00$) ¹	0,00 ($\pm 0,00$) ¹	0,00 ($\pm 0,00$) ¹
B4	6,56 ($\pm 0,79$) ⁵	2,82 ($\pm 0,72$) ⁴	2,43 ($\pm 1,19$) ^{1,2,3}
B5	0,00 ($\pm 0,00$) ¹	0,00 ($\pm 0,00$) ¹	0,00 ($\pm 0,00$) ¹
B6	4,34 ($\pm 0,66$) ⁴	2,00 ($\pm 1,35$) ^{3,4}	4,94 ($\pm 6,48$) ^{3,4}
C1	0,00 ($\pm 0,00$) ¹	5,28 ($\pm 0,64$) ^{5,6}	4,84 ($\pm 0,17$) ^{3,4}
C2	0,00 ($\pm 0,00$) ¹	1,62 ($\pm 0,67$) ^{2,3}	1,61 ($\pm 0,69$) ^{1,2}
C3	1,22 ($\pm 0,03$) ²	1,22 ($\pm 0,02$) ^{2,3}	2,41 ($\pm 0,05$) ^{1,2,3}
C4	0,00 ($\pm 0,00$) ¹	0,00 ($\pm 0,00$) ¹	0,81 ($\pm 0,70$) ^{1,2}
C5	1,22 ($\pm 0,02$) ²	0,80 ($\pm 0,69$) ^{1,2}	1,23 ($\pm 0,01$) ^{1,2}
C6	1,20 ($\pm 0,03$) ²	1,18 ($\pm 0,04$) ^{2,3}	1,22 ($\pm 0,03$) ^{1,2}
D1	0,00 ($\pm 0,00$) ¹	1,66 ($\pm 0,72$) ^{2,3}	1,63 ($\pm 0,69$) ^{1,2}
D2	0,00 ($\pm 0,00$) ¹	0,00 ($\pm 0,00$) ¹	0,00 ($\pm 0,00$) ¹
D3	0,00 ($\pm 0,00$) ¹	0,00 ($\pm 0,00$) ¹	0,81 ($\pm 0,70$) ^{1,2}
D4	1,20 ($\pm 0,00$) ²	4,45 ($\pm 0,68$) ⁵	2,79 ($\pm 0,00$) ^{2,3,4}
D5	1,21 ($\pm 0,03$) ²	1,21 ($\pm 0,03$) ^{2,3}	1,22 ($\pm 0,02$) ^{1,2}
D6	1,21 ($\pm 0,01$) ²	0,80 ($\pm 0,69$) ^{1,2}	1,20 ($\pm 0,01$) ^{1,2}

Srednje vrijednosti u istoj koloni sa različitim eksponentom su signifikantno različite ($p < 0,05$)

Promatrajući rezultate promjene pH vrijednosti i intenziteta sinereze tijekom skladištenja, iako je došlo do pada pH vrijednosti, samo je kod pet uzoraka primijećen povećani intenzitet sinereze nakon 7 dana (C1, C2, D1) i 14 dana skladištenja (D3, A4 i B6), sa rasponom od 1,62 ($\pm 0,67$) do 5,28 ($\pm 0,64$), odnosno od 0,81 ($\pm 0,70$) do 9,27 ($\pm 0,64$). U istraživanju koji su proveli Gomes de Oliveira i sur. (2012) samo kod dva uzorka brazilskog polutvrdog sira došlo je do povećanja intenziteta sinereze uslijed pada pH vrijednosti. Kod netermaliziranih uzoraka svježeg sira (A1, A2)

fermentiranih sa starter kulturom Lyofast EF1 primijećeno je da, dodatkom sojinog napitka opada intenzitet sinereze, dok kod uzorka A3 sa 15% sojinog napitka nije bilo izdvajanja sirutke. Promatrajući rezultate, proces termalizacije je imao utjecaja na smanjenje intenziteta sinereze kod uzoraka svježeg sira fermentiranih sa starter kulturom Lyofast EF1 (A5 i A6). Kod termaliziranih uzoraka A4, A5 i A6 dodatak sojinog napitka daje različite rezultate. Manji udio sojinog napitka kod termaliziranih uzoraka imao je veći utjecaj na izdvajanje sirutke, dok to nije bio slučaj kod uzoraka sa dodatkom 15% sojinog napitka, što je bilo i za očekivati. Količina izdvojene sirutke i dalje je bila veća kod uzoraka bez sojinog napitka. Dodatak inulina kod netermaliziranih uzoraka (B1, B2 i B3) naciepljenih sa Lyofast EF1 u odnosu na svoje prethodnike bez inulina (A1, A2 i A3) utjecao je na smanjenje intenziteta sinereze, dok kod termaliziranih uzoraka je taj utjecaj primijećen samo kod uzoraka B5 i B6 sa 10% i 15% sojinog napitka.

Kod netermaliziranih uzoraka B2 i B3 primijećen je pozitivan utjecaj sojinog napitka na intenzitet sinereze, jer nije došlo do izdvajanja sirutke u odnosu na uzorak B1 koji ne sadrži sojin napitak. U poređenju sa uzorcima bez inulina, kombinacija inulina i sojinog napitka nije imala utjecaja na izdvajanje sirutke kod netermaliziranih uzoraka. Moguće je da, kombinacija inulina i sojinog mlijeka utječu na formiranje gruš sa stabilnijim reološkim svojstvima. Slična situacija je i sa termaliziranim uzorcima sa 10% i 15% sojinog napitka (A5, B5, A6 i B6).

Promatrajući rezultate (tablica 4) evidentno je da i kombinacija starter kultura Lyofast MWO 030 i Lyofast EF1 u odnosu 1:1 ima određen utjecaj na intenzitet sinereze. Netermalizirani uzorci sa sojinim napitkom, C2 i C3 nakon 7 i 14 dana skladištenja i uzorak D3 nakon 14 dana skladištenja, svi naciepljeni kombinacijom starter kultura Lyofast MWO 030 i Lyofast EF1 u odnosu 1:1, pokazali su povećanje intenziteta sinereza.

Također, kod uzoraka svježih sireva serija C i D, fermentiranih sa kombinacijom starter kultura Lyofast MWO 030 i Lyofast EF1, primijećeno je veće izdvajanje sirutke kod uzoraka koji su bili podvrgnuti procesu termalizacije.

Kod uzoraka bez sojinog napitka (C1, C4 i D1) fermentiranih sa kombinacijom starter kultura nije bio pojave sinereze. Sa dodatkom sojinog napitka dolazi do povećanja intenziteta sinereze, ali ne i kod svih uzoraka. Dodatak inulina je imao utjecaja na smanjenje intenziteta sinereze kod netermaliziranih uzoraka sira koji su proizvedeni primjenom kombinacije dvije starter kulture bez i sa sojinim napitkom (D1, D2 i D3). Ovo smanjenje sinereze bi se moglo objasniti sa dobro poznatom činjenicom da inulin posjeduje visok kapacitet zadržavanja vode (Douglas, 2005; Aportela-Palacios i sur., 2005, Guven i sur., 2005) i to zbog prisustva dugih lanaca inulina (Aryana i sur., 2007). U istraživanju koji su proveli Guven i sur. (2005), rezultati istraživanja su pokazali da dodatak više od 1% inulina u jogurt utječe na povećanu sinerezu i čvršću konzistenciju proizvoda. Inače, odvajanje seruma u fermentiranim mliječnim proizvodima dešava se zbog nakupljanja proteinskih čestica tijekom skladištenja i taloženja uslijed djelovanja gravitacijske sile (Kesenkas i sur., 2011) i nekih drugih

faktora kao što su stabilizatori, kiselost, ukupna suha tvar i vrsta mlijeka i kulture (Lucey i sur.,1998).

Evidentne su razlike rezultata intenziteta sinereze, s obzirom na primijenjeni proces termalizacije gruša, udjele sojinog napitka, dodatak inulina, te različite starter kulture. Prema rezultatima Duncan-ovog testa, bez pojave sinereze su većinom bili uzorci probiotičkog svježeg sira koji nisu bili podvrgnuti procesu termalizacije (izuzev uzoraka bez i sa manjim udjelom sojinog napitka B1, A1, A2) i dva termalizirana uzorka - bez sojinog napitka C4 i sa sojinim napitkom i inulinom B5, nakon 1 dan skladištenja. Također, intenzitet sinereze nije zapažen kod uzoraka sa dodatkom sojinog napitka (A2, A3, A6, B2 i B3), netermalizirani uzorci sa sojinim napitkom i inulinom (D2 i D3) i uzorci bez sojinog napitka (B4 i C4).

Tijekom skladištenja došlo je do smanjenja sinereze kod uzoraka probiotičkog svježeg sira fermentiranog starter kulturom Lyofast EF1 (A1, A2, A5, B1, B4, B5 i B6) i kombinacijom starter kultura Lyofast MWO 030 i Lyofast EF1 (C5 i D5). Svi uzorci, osim A1 i B1, sadrže sojin napitak koji je utjecao na smanjenje izdvajanja sirutke tijekom skladištenja. To se može objasniti kasnijom stabilizacijom strukture gruša i da sojin napitak pozitivno utječe na zadržavanje tekuće faze u kazeinskom matriksu. Kod termaliziranih uzoraka B4, B5, B6 i D5, oba dodatka (sojin napitak i inulin) imali su pozitivan utjecaj na stabilnost probiotičkog svježeg sira. Guven i sur. (2005) smatraju da je 1-1,5% inulina optimalna količina za dobre fizikalno-kemijske i organoleptičke karakteristike proizvoda, a da veći dodatak ovog prebiotika uzrokuje izdvajanje sirutke. Pored toga, utjecaj inulina na sinerezu može biti povezan i sa vrstom mlijeka. Moguće je da u kombinaciji sa sojinim napitkom daje bolje rezultate, jer su uzorci B4, B5 i B6 imali niži intenzitet sinereze od uzorka B1 koji je sadržavao samo inulin bez sojinog napitka.

Uzorci sa sojinim napitkom koji su ostali stabilni tijekom skladištenja, bez izdvajanja sirutke (0 ml centrifugata/100 g sira) su uzorci fermentirani sa Lyofast EF1 (A3, B2, B3, B5) i uzorak fermentiran starter kulturama Lyofast MWO 030 i Lyofast EF1 (D2). Kod pojedinih uzoraka je bilo varijacija, blage promjene nakon 7 dana skladištenja, a onda stabilizacija gruša nakon 14 dana skladištenja. Međutim, kod uzoraka bez sojinog napitka (C1, A4 i D4) bi se moglo reći da je tijekom skladištenja došlo do neznatnog vizuelnog povećanja intenziteta sinereze.

ZAKLJUČAK

Kod većine uzoraka sira pH vrijednost je linearno opadala tijekom skladištenja zbog aktivnosti starter kulture i proizvodnje mliječne kiseline. Primjena starter kulture Lyofast MWO 030 imala je većeg utjecaja na niže vrijednosti pH sira. Titracijska kiselost uzoraka je rasla tijekom skladištenja, što se odrazilo i na povećanje koncentracije mliječne kiseline.

Intenzitet sinereze je bio različit, s obzirom na primijenjeni proces termalizacije gruša, različite udjele sojinog napitka, dodatak inulina, te različitu koncentraciju starter kultura. Dodatkom 10% sojinog napitka zapaženo je određeno izdvajanje sirutke u

probiotičkom svježem siru, dok je njegov veći udio utjecao na smanjenje sinereze. Proces termalizacije je imao utjecaja na smanjenje intenziteta sinereze, kao i dodatak prebiotika.

Sumarno, sojin napitak i inulin vidljivo smanjuju sinerezu i pozitivno utječu na stabilniju strukturu probiotičkog svježeg sira.

LITERATURA

- Ahsan, S., Zahoor, T., Hussain, M., Khalid, N., Khaliq, A., Umar, M. (2015): Preparation and quality characterization of soy milk based non-dairy ice cream. *International Journal of Food and Allied Sciences*, 1(1): 21-27.
- Aportela-Palacios, A., Sosa-Morales, M. E., Vélez-Ruiz, J. F. (2005): Rheological and physicochemical behavior of fortified yogurt, with fiber and calcium. *Journal of Texture Studies*, 36(3): 333-349.
- Aryana, K. J., Plauche, S., Rao, R. M., McGrew, P., Shah, P. (2007): Fat-free plain yogurt manufactured with inulins of various chain lengths and *Lactobacillus acidophilus*. *Journal of Food Science*, 72(3): 79-84.
- 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.
- Božanić, R., Jeličić, I., Bilušić, T. (2010): Analiza mlijeka i mliječnih proizvoda. *Plejada*, Zagreb, 29.
- Brčina, T., Vilišić, M., Selimović, A., Bojanović, Lj. (2019a): Influence of production parameters and additions on sensory properties and consumer acceptance of probiotic fresh cheese, *Tecnologica Acta*, 12(1): 19-25.
- Brčina, T., Vilišić, M., Selimović, A. (2019b): Utjecaj tehnoloških parametara na održivost *Enterococcus faecium* u svježem siru, *Radovi Poljoprivredno-prehrambenog fakulteta Univerziteta u Sarajevu*, LXIV, 69(1): 204-215.
- Donkor, O. N., Henriksson A., Vasiljevic, T., Shah, N. P. (2005): Probiotics strains as starter cultures improve angiotensin-converting enzymes inhibitory activity in soy yoghurt. *Journal of Food Science*, 70(8): 375-381.
- Dönmez, Ö., Mogol, B. A., Gökmen, V. (2017): Syneresis and rheological behaviors of set yogurt containing green tea and green coffee powders. *Journal of Dairy Science*, 100(2): 901-907.
- Douglas, L. (2005): Prebiotics overview. GTC nutrition handout. <http://www.nutraceuticalsworld.com/Sept032.htm>, pristupljeno 13.01.2006.
- Favaro Trindade, C. S., Terzi, S. C., Trugo, L. C., Della Modesta, R. C., Couri, S. (2001): Development and sensory evaluation of soy milk based yoghurt. *Archivos Latino Americanos De Nutrición*, 51(1): 100-104.
- Franck, A. (2002): Technological functionality of inulin and oligofructose. *British Journal of Nutrition*, 87(2): 287-291.

- Gomes de Oliveira, M. E., Fernandes Garcia, E., Queiroga, R. de C. R. do E., de Souza, E. L. (2012): Technological, physicochemical and sensory characteristics of a Brazilian semi-hard goat cheese (coalho) with added probiotic lactic acid bacteria. *Scientia Agricola*, 69(6): 370-379.
- Güven, 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 yogurt manufacture. *International Journal of Dairy Technology*, 58(3): 180-184.
- Jovanović, S., Maćej, O., Denin-Djurđević, J. (2004): Influence of selected factors on induced syneresis. *Journal of Agricultural Sciences*, 49(2): 205-217.
- Kesenkaş, H., Dinkci, N., Seçkin, K., Kinik, Ö., Gönç, S., Ergönül, P. G., Kavas, G. (2011): Physicochemical, microbiological and sensory characteristics of soymilk kefir. *African Journal of Microbiology Research*, 5(22): 3737-3746.
- 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(1): 108-112.
- Li, Q., Xia, Y., Zhou, L., Xie, J. (2013): Evaluation of the rheological, textural, microstructural and sensory properties of soy cheese spreads. *Food Bioproducts Processing*, 91(4): 429-439.
- Lucey, J. A., Tamehana, M., Singh, H., Munro, P. A. (1998): A comparison of formation, rheological properties and microstructure of acid skim milk gels made with a bacterial culture or glucono- δ -lactone. *Food Research International*, 31(2): 147-155.
- Otieno, D. O., Ashton, J. F., Shah, N. E. (2005): Stability of β -glucosidase activity produced by *Bifidobacterium* and *Lactobacillus* spp. in fermented soymilk during processing and storage. *Journal of Food Science*, 70(4): 236-241.
- O'Toole, D. K. (2016): Soybean: Soymilk, Tofu, and Okara, u Reference Module in Food Science, Elsevier, Oxford, 185-195.
- Paseephol, 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.
- Pinthong, R., Macrae, R., Rothwell, J. (1980): The development of soya-based yoghurt. I- Acid production by lactic acid bacteria. II-Sensory evaluation and analysis of volatiles. *Journal of Food and Technology*, 15(6): 647-659.
- Pravilnik o proizvodima od mlijeka i starter kulturama, Službeni glasnik BiH, 21/11.
- Puđa, P. (2009): Tehnologija mleka 1, Sirarstvo - Opšti deo, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu, 24-174.
- Rašić, J., Kurmann, J. A. (1978): Storage, Keeping Quality, Transport and Consumption of Yoghurt, u: Yoghurt-Scientific Grounds, Technology, Manufacture and Preparation, Technical Dairy Publishing House, Copenhagen, 273-282.
- Samaržija, D. (2015): Fermentirana mlijeka, Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb, 294-295.
- Sensus Operation CV. (2000): Frutafit inulin. U: Handbook of hydrocolloids (ur. Phillips, G. O., Williams, P.A.), Woodhead Publishing, Cambridge, 397-399.

- 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(2): 191-196.
- Souza, C. H. B., Saad, S. M. I. (2009): Viability of *Lactobacillus acidophilus* La-5 added solely or in co-culture with a yoghurt starter culture and implications on physico-chemical and related properties of Minas fresh cheese during storage. *LWT - Food Science and Technology*, 42(2): 633–640.
- Stijepić, M., Glušac, J., Đurđević-Milošević, D., Pešić-Mikulec, D. (2013): Physicochemical characteristics of soy probiotic yoghurt with inulin additon during the refrigerated storage, *Romanian Biotechnological Letters* 18(2), 8077-8085.
- Stijepić, M., Milanović, S., Glušac, J., Vukić, V., Kanurić, K., Đurđević-Milošević, D., Ranogajec., M. (2011): Utjecaj odabranih čimbenika na reološka i teksturalna svojstva probiotičkog jogurta. *Mljekarstvo*, 61(1): 92-101.
- Tratnik, Lj., Božanić, R. (2012): Mlijeko i mliječni proizvodi, Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb, 207.

INFLUENCE OF SELECTED FACTORS ON ACIDITY CHANGES AND SYNERESIS INTENSITY OF PROBIOTIC FRESH CHEESE DURING STORAGE

Summary

Whey release considering one of the significant quality parameters of both fermented dairy products and fresh cheese during storage, as it indicates certain errors in the production process.

The work aimed to examine the changes in acidity and syneresis intensity of probiotic fresh cheese during 14 days of storage, depending on the content of inulin and soy beverage, type of starter culture, and thermalization parameters. A speed of 3000 rpm is used to determine the intensity of syneresis because this centrifugal force has a significant effect on whey extraction and does not damage the structure of fresh cheese.

The results showed certain differences in the intensity of syneresis depending on the given parameters, followed by a linear decrease in pH, an increase in acidity and lactic acid concentration in probiotic fresh cheese. It was found that inulin and 15% soy beverage had the greatest effect on reducing the intensity of syneresis in samples of probiotic fresh cheese.

Key words: fresh probiotic cheese, syneresis intensity, inulin, soy beverage