

OGNJEN D. MAČEJ  
SANJA V. SERATLIĆ  
SNEŽANA T. JOVANOVIĆ  
TANJA R. VUČIĆ

Poljoprivredni fakultet,  
Univerzitet u Beogradu

637.146:66-911.48:66.022.392

## UTICAJ SADRŽAJA SMBM I PROTEIN- SKOG PREPARATA „ALACO 6206” NA INDUKOVANI SINEREZIS KISELOG KA- ZEINSKOG GELA

U radu je ispitivan uticaj sadržaja suve materije bez masti (SMBM), kao i proteinskog preparata ALACO 6202 na indukovani sinerezis kiselog kazeinskog gela, a kao supstrat za oglede korišćeno je rekonstituisano obrano mleko u prahu, pri čemu je vršena standardizacija na 9.0% (uzorci A), 9.5% (uzorci B) i 10.0% SMBM (uzorci C). Prvi deo istraživanja baziran je na ispitivanju uticaja različitog sadržaja SMBM na indukovani sinerezis kiselog kazeinskog gela, a u drugom delu istraživanja vršena je standardizacija sadržaja SMBM uz dodatak proteinskog preparata ALACO 6202 u koncentracijama od 1.0% (uzorci A-1), 1.5% (uzorci B-1) i 2.0% (uzorci C-1), dok je sadržaj obranog mleka u prahu standardizovan na 8%. Uzorci su centrifugirani pri brzinama od 1000, 2000 i 3000 o/min u trajanju od 10 min, pri čemu je procenat izdvojenog seruma (W/W) pri 1000 o/min iznosio: 6.03%, 10.07%, 1.59% za uzorke A, B i C retrospektivno, dok se kod uzoraka koji su sadržali proteinski preparat serum nije izdvojio. Pri brzini od 2000 o/min količina izdvojenog seruma kod uzoraka A, B, C, A-1, B-1 i C-1 retrospektivno je iznosila: 37.59%, 31.65%, 24.67%, 18.59%, 12.28% i 10.52%, dok je pri brzini od 3000 o/min iznosila: 59.17%, 54.62%,

35.41%, 33.95%, 27.66% i 14.61%. Na osnovu rezultata može se zaključiti da sa povećanjem centrifugalne sile raste i sinerezis kiselog kazeinskog gela, dok se povećanjem sadržaja SMBM sinerezis smanjuje pri svim primenjenim centrifugalnim silama. Međutim, dodatkom proteinskog preparata ALACO 6202 izdvajanje seruma je znatno manje, pa se stoga pomenuti preparat može koristiti kao sredstvo za poboljšanje reoloških karakteristika kiselomlečnih proizvoda.

**Ključne reči:** kiseli kazeinski gel • kiselomlečni proizvodi • proteinski preparat ALACO 6202 • sinerezis • suva materija bez masti (SMBM)

### UVOD

Senzorne osobine i zdravstvena ispravnost proizvoda, prijatan kiseo ukus i svojstvena aroma, kao i čvrsto-homogena (kod kiselog mleka), odnosno gustotečna konzistencija (kod jogurta) predstavljaju najvažnije karakteristike kiselomlečnih proizvoda. Kiselo-mlečni proizvodi dobijeni koagulacijom mleka putem acidifikacije nisu ništa drugo do kiseli kazeinski gelovi umrežene trodimenzionalne strukture. Kiseli kazeinski gel, kao i svaki drugi, može da ispusti jedan deo vode u sredinu u kojoj se nalazi, a to isticanje tečne faze iz gela nazivamo sinerezis.

Sinerezis zapravo predstavlja filtriranje surutke kroz određeni filter, odnosno porozni medijum koji je izgrađen u toku koagulacije – proteinski matriks, koji ima trodimenzionalnu strukturu. Osnovni razlog izdvajanja seru-

ma je reorganizacija mreže gela. Naime, svaki sistem teži minimumu energije, a pošto prilikom koagulacije kazeinske micelle nisu optimalno agregirane, one još uvek poseduju određenu količinu površinske energije. To znači da raspored formiran neposredno nakon koagulacije ne daje minimum energije, pa sistem teži boljem uređenju, pokušavajući da se reorganizuje. Što je formiranje matriksa bilo sporije i nežnije, tj. što je gel finiji, to je bolje uređen, pa ima manju potrebu za preuređivanjem. Lanci takvog gela su tanki i slabi i nemaju snage da poremete ostatak gela. Nasuprot tome, kod grubog i manje uređenog gela postoji veća potreba za preuređivanjem, jer je viši nivo energije zadržan u takvom stanju, pa lanci imaju veću snagu i njihovo vezivanje stvara pritisak na obuhvaćenu tečnost, te dolazi do spontanog (simultanog) sinerezisa.

Međutim, pod uticajem spoljašnjih sila na gel, lakše se ruši gel kojeg karakteriše fina struktura, odnosno nežniji gel je podložniji indukovanom sinerezisu, dok je grublji gel mnogo otporniji, jer njegovi polipeptidni lanci pružaju veći otpor delovanju sile.

Struktura gela utiče na neka važna svojstva gotovog proizvoda, kao što su tekstura, čvrstina gela, sinerezis itd. Postoji nekoliko faktora koji utiču na strukturu gela, a samim tim i na kvalitet gotovog proizvoda. To su: koncentracija proteina, koncentracija mlečne masti, režim prethodne termičke obrade mleka, temperatura fermentacije, brzina gelifikacije. (5,12,14)

Adresa autora: Prof. dr Ognjen Mačej, redovni profesor, Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, 11080 Zemun. Tel: 011/615-315 lok.368

Ova istraživanja je finansiralo Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine, pod projektom Program novih tehnologija u prehrambenoj industriji; Visokoproteinski sir – nova tehnologija broj: BTN.7.1.3.0713.B

Koncentracija proteina je najvažniji faktor koji utiče na reološke osobine gela i ovde se zapravo misli na koncentraciju kazeina kao glavnog nosioca strukture gela. Od koncentracije proteina zavisi umreženost lanaca, jer se sa povećanjem koncentracije proteina povećava i količina materijala koji učestvuje u formiranju trodimenzionalne mreže. Na taj način stvara se gušći proteinski matriks sa manjim porama, a ukoliko je u matriksu prisutno više kazeina u odnosu na serum proteine, gel je grublji i čvršći, formirani lanci su deblji, pa je gel manje podložan indukovanom sinerezi. Pri manjoj koncentraciji kazeina dobija se finiji gel koga karakterišu tanki proteinski lanci. Takav gel je podložniji indukovanom sinerezi, jer je potrebna manja sila da bi došlo do rušenja takve strukture. (15, 22)

Sadržaj proteina, pa samim tim i SMBM (suve materije bez masti) u kiselomlečnim proizvodima može se povećati dodavanjem ingredijenata u prahu (obrano mleko u prahu, natrijum-kazeinat, koncentri proteina surutke...) ili tehnološkim postupcima (evaporacija, ultrafiltracija, reverzna osmoza). Sadržaj suve materije mleka, kao i sastav proteina u suvoj materiji, pokazuju veliki uticaj na reološke karakteristike konačnog gela. (7,17) Povećanje sadržaja SMBM vodi ka povećanju čvrstine gela. (1,3,4,19)

U cilju ispitivanja uticaja različitog sadržaja SMBM na reološka svojstva proizvoda proučavan je sinerezis kiselog kazeinskog gela, koji je indukovano metodom centrifugiranja. Paralelno sa tim vršeno je ispitivanje uticaja proteinskog preparata ALACO 6202, koji je dodavan u različitoj koncentraciji u odnosu na obrano mleko u prahu, a u cilju podešavanja sadržaja SMBM kao u rekonstituisanom obranom mleku u prahu.

## MATERIJAL I METODE RADA

Kao supstrat za oglede korišćeno je rekonstituisano obrano mleko u prahu kako bi se obezbedila konstantnost hemijskog sastava sirovine u svakom ponavljanju. Standardizacija sadržaja SMBM vršena je na 9.0% (uzorci A), 9.5% (uzorci B) i 10.0% (uzorci C) u prvoj fazi ispitivanja. Druga faza ispitivanja obuhvatila je dodavanje proteinskog preparata ALACO 6202 u koncentracijama 1.0% (uzorci A-1), 1.5% (uzorci B-1) i 2.0% (uzorci C-1), dok je procenat obranog mleka u prahu iznosio 8.0% u sva tri slučaja, kako bi ukupan sadržaj SMBM bio kao u prvoj fazi eksperimenta.

U toku istraživanja primenjivan je visoki termički tretman od 90°C u toku 10 min. Nakon termičke obrade uzorci mleka su hlađeni prvo na 20°C, gde je 50 ml od svakog uzorka bilo izdvojeno za hemijsku analizu, a ostatak mleka je ohlađen na 4°C i ostavljen 24 h u frižideru, sa ciljem povećanja hidratacije proteina.

Uzorci su nakon postignute temperature od 43°C razliveni u kivete i fermentacija je trajala do pH 4.5. Za fermentaciju mleka korišćena je radna kultura dobijena od koncentrovane kulture Whisby. Nakon završene fermentacije kivete su hlađene na 4°C i ostavljene 24 h na toj temperaturi. Sledeći dan centrifugirani su uzorci pri brzinama od 1000, 2000 i 3000 o/min u trajanju od 10 min. Za centrifugiranje uzoraka korišćena je centrifuga LC-320 Tehnica (Slovenia). Posle centrifugiranja određivana je masa taloga preostalog nakon centrifugiranja, a na osnovu te vrednosti izračunavana je masa izdvojenog seruma. Procenat izdvojenog seruma se izračunava po formuli:

$$\% (w/w) = \frac{m_K - m_T}{m_M}$$

gde je:

( $m_K$ ) – masa kivete sa sadržajem;

( $m_T$ ) – masa taloga preostalog nakon centrifugiranja;

( $m_M$ ) – masa sadržaja (mleka) u kiveti.

U okviru rada izvršene su sledeće analize:

- 1) Analize obranog mleka u prahu:
  - određivanje sadržaja suve materije standardnom metodom sušenja na 102±10°C IDF/ISO/AOAC;
  - određivanje sadržaja mlečne masti metodom po Gerberu;
  - određivanje sadržaja ukupnog azota metodom po Kjeldahl-u.
- 2) Analize rekonstituisanog mleka u prahu:
  - određivanje sadržaja suve materije standardnom metodom sušenja na 102±10°C IDF/ISO/AOAC;
  - određivanje sadržaja mlečne masti metodom po Gerberu;
  - fotometrijsko određivanje sadržaja proteina mleka na aparatu Pro-milk.

Svaki ogled je šest puta ponovljen. Sve analize su izvršene u laboratoriji za tehnologiju mleka na Poljoprivrednom fakultetu u Zemunu. Podaci su statistički obrađeni. Određivana je srednja vrednost sa odgovarajućim merama varijacije.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

### Rezultati analiza obranog mleka u prahu i proteinskog preparata

Rezultati hemijskih analiza obranog mleka u prahu pokazali su zadovoljavajući kvalitet ove polazne sirovine. Ovi rezultati su prikazani u tabeli 1, a rezultati analiza proteinskog preparata ALACO 6202 u tabeli 2.

### Rezultati analiza rekonstituisanog obranog mleka u prahu

Rezultati analiza rekonstituisanog obranog mleka u prahu, standardizovanog na 9.0%, 9.5% i 10.0% SMBM, prikazani su u tabeli 3. Sva mleka dobije-

Tabela 1. HEMIJSKI SASTAV OBRANOG MLEKA U PRAHU  
Table 1. CHEMICAL COMPOSITION OF SKIMMILK POWDER

Izračunati pokazatelji	% SM	% H <sub>2</sub> O	% MM	% SMBM	% N	% proteina
x	93.30	6.70	0.85	95.45	6.12	39.03
Sd	0.1909	–	0.0000	0.0919	0.1028	0.6560
Cv	0.20	–	0.00	0.10	1.68	1.68

Tabela 2. HEMIJSKI SASTAV PROTEINSKIG PREPARATA „ALACO 6202”  
Table 2. CHEMICAL COMPOSITION OF PROTEIN BASED INGREDIENT „ALACO 6202”

Izračunati pokazatelji	% SM	% H <sub>2</sub> O	% MM	% SMBM	% N% proteina	
x	92.58	7.42	1.70	90.88	13.1897	84.15
Sd	0.1098	–	0.0000	0.1098	0.1212	0.7679
Cv	0.12	–	0.00	0.12	0.92	0.91

Tabela 3. HEMIJSKI SASTAV REKONSTITUISANOG OBRANOG MLEKA U PRAHU  
Table 3. CHEMICAL COMPOSITION OF RECONSTITUTED SKIMMILK POWDER

Uzorak mleka	Izračunati pokazatelji	Ispitivani pokazatelji					
		% SM	% H <sub>2</sub> O	% MM	% SMBM	% N	% proteina
Mleko A	x	8.99	91.01	0.05	8.94	0.5329	3.40
	Sd	0.0983	–	0.0000	0.0984	–	0.0335
	Cv	1.09	–	0.00	1.10	–	0.98
Mleko B	x	9.49	90.51	0.05	9.44	0.5502	3.51
	Sd	0.0387	–	0.0000	0.0387	–	0.0205
	Cv	0.41	–	0.00	0.41	–	0.58
Mleko C	x	10.24	89.76	0.10	10.14	0.5925	3.78
	Sd	0.0432	–	0.0000	0.0434	–	0.0418
	Cv	0.42	–	0.00	0.43	–	1.11
Mleko A-1	x	9.05	90.95	0.05	9.00	0.5878	3.75
	Sd	0.0434	–	0.0000	0.0434	–	0.0082
	Cv	0.48	–	0.00	0.48	–	0.22
Mleko B-1	x	9.55	90.45	0.05	9.50	0.6583	4.20
	Sd	0.0490	–	0.0000	0.0489	–	0.00
	Cv	0.51	–	0.00	0.51	–	0.0000
Mleko C-1	x	10.10	89.90	0.10	10.00	0.7053	4.50
	Sd	0.0486	–	0.0000	0.0486	–	0.0082
	Cv	0.48	–	0.00	0.48	–	0.18

na rekonstitucijom bila su u potpunosti rastvorena i nije se izdvajao talog nerastvorenih čestica.

#### Rezultati ispitivanja sinerezisa kiselog kazeinskog gela

Sinerezis kiselog kazeinskog gela izražen je procentom izdvojenog seruma (w/w) nakon centrifugiranja gela ohlađenog na 4°C. Sinerezis je meren prvog dana nakon fermentacije, odnosno nakon 24 h. Uzorci su centrifugirani pri 1000, 2000 i 3000 o/min u trajanju od 10 min, a rezultati ispitivanja prikazani su u tabeli 4.

Na osnovu dobijenih podataka, prikazanih u tabeli 4, može se uočiti da povećanjem brzine centrifugiranja raste indukovani sinerezis kiselog kazeinskog gela, s obzirom na to da raste in-

tenzitet centrifugalne sile koja deluje na proteinski matriks. Procenat izdvojenog seruma pri manjim brzinama centrifugiranja (od 1000 o/min) je vrlo mali kod uzoraka A, B i C (6.03%, 10.07% i 1.59% retrospektivno), dok kod uzoraka koji su dobijeni rekonstitucijom obranog mleka u prahu u kombinaciji sa proteinskim preparatom ALACO 6202 nije došlo do izdvajanja seruma. Kazeinski gel je u oba slučaja bio kompaktno. Izdvojeni serum kod uzoraka A, B i C je bio prilično bistar, što ukazuje na činjenicu da nije došlo do bitnijih promena u strukturi gela, s obzirom na to da centrifugalna sila nije bila dovoljno jaka da izazove promene.

Pri većim brzinama centrifugiranja (2000 i 3000 o/min) došlo je do znatnijeg izdvajanja seruma, jer je veća cen-

trifugalna sila uzrokovala rušenje određenih delova strukture proteinskog matriksa. Naime, povećanjem brzine centrifugiranja dolazi do boljeg pakovanja gela, pri čemu se formira kompaktniji talog, a samim tim se istiskuje i veća količina vodene faze iz gela.

Nakon centrifugiranja uzoraka pri 2000 o/min u prvoj seriji uzoraka (A, B i C) gel je bio izbrazdan, dok je prilikom tretmana na 3000 o/min došlo do većeg narušavanja strukture gela, koji je po celoj površini bio izbrazdan, a u pojedinim slučajevima su primećene i manje pukotine u gelu. U oba slučaja je izdvojeni serum bio mutan, što znači da je delovanje jače centrifugalne sile prouzrokovalo da serum sa sobom povuče i čestice gruša, koje nisu bile čvrsto vezane za kompaktnu strukturu

Tabela 4. PROCENAT IZDOJENOG SERUMA (W/W) IZ KISELOG KAZEINSKOG GELA U ZAVISNOSTI OD BRZINE CENTRIFUGIRANJA (O/MIN)

Table 4. QUANTITY OF SEPARATED SERUM (W/W) FROM ACID CASEIN GEL AS A FUNCTION OF CENTRIFUGATION RATE (O/MIN)

% izdvojenog seruma (w/w)		Sadržaj proteina (%)	1000 o/min	2000 o/min	3000 o/min
Mleko A	x	3.40	6.03	37.59	59.17
	Sd	0.0335	0.0958	1.9127	0.9369
	Cv	0.98	1.59	5.09	1.58
Mleko B	x	3.51	10.07	31.65	54.62
	Sd	0.0205	0.2966	0.4845	1.8847
	Cv	0.58	2.95	1.53	3.45
Mleko C	x	3.78	1.59	24.67	35.41
	Sd	0.0418	0.2250	0.2528	0.9694
	Cv	1.11	14.15	1.02	2.74
Mleko A-1	x	3.75	0.00	18.59	33.95
	Sd	0.0000	0.0000	1.5448	1.8154
	Cv	0.00	0.00	8.31	5.35
Mleko B-1	x	4.20	0.00	12.28	27.66
	Sd	0.0000	0.0000	0.7886	0.8695
	Cv	0.00	0.00	6.42	3.14
Mleko C-1	x	4.50	0.00	10.52	14.61
	Sd	0.0000	0.0000	1.3167	0.4948
	Cv	0.00	0.00	12.51	3.39

matriksa. To se može objasniti i time što je sirovina za obrazovanje ovog gela obrano mleko u prahu, pa takav gel ima manju količinu materijala koji učestvuje u njegovoj izgradnji, jer nedostaje mlečna mast čije se masne kapi ponašaju kao pseudo kazeinske micle. Da je mlečna mast bila prisutna, masne kapljice bi se uklapale u gel i tako povećavale njegovu umreženost. Takođe, sam sadržaj proteina obranog mleka u prahu kod uzoraka A, B i C je nedovoljno visok da bi omogućio čvrsto i gusto povezivanje proteinskih lanaca u matriksu, koje bi sprečilo izdvajanje jednog dela čestica gela sa serumom (3.40%, 3.51% i 3.78% proteina retrospektivno). S druge strane, kod uzoraka kojima je dodat proteinski preparat ALACO 6202, izdvajanje seruma je bilo znatno manje. To se objašnjava time što se povećanim sadržajem proteina, pre svega kazeina, tokom gelifikacije postiže bolja umreženost gela, jer više materijala učestvuje u formiranju trodimenzionalne mreže (3.75%, 4.20% i 4.50% proteina za uzorke A-1, B-1 i C-1 retrospektivno). Tako su proteinski lanci kod druge serije uzoraka bili čvrš-

ći i otporniji. Izdvojeni serum je pri obe centrifugalne sile od 2000 i 3000 o/min bio bistar, što je još jedan pokazatelj da je gel bio dobro umrežen i imao kompaktnu strukturu.

Trend opadanja sinerezisa povećanjem sadržaja SMBM je takođe praćen. Tako se primećuje da gel koji sadrži 10.0% SMBM ima znatno manju količinu seruma izdvojenu pri 3000 o/min (14.61%), u odnosu na gel koji sadrži 9.5% SMBM (27.66%) i onaj sa 9.0% SMBM (33.95%). Izuzetak se javlja pri centrifugiranju na 1000 o/min, gde je procenat izdvojenog seruma kod gela sa 9.5% SMBM (uzorci B) bio veći u odnosu na gel sa 9.0% SMBM (uzorci A). Ovaj fenomen, koji je bio prisutan u svih šest ponavljanja ogle-da, nema konkretno objašnjenje osim pretpostavke da centrifugalna sila od 1000 o/min nije bila dovoljno jaka da izazove značajne promene u strukturi gelova, koji inače imaju malu razliku u sadržaju proteina (3.40% i 3.51% za uzorke A i B retrospektivno), pa su zato nastale varijacije ovog tipa. Naime, razlika u sadržaju proteina između uzoraka B i A je svega 0.11%, dok uzorci

C imaju 0.27% proteina više u odnosu na uzorke B, a čak 0.38% u poređenju sa uzorcima A, što predstavlja značajnu razliku u sadržaju proteina. Stoga su uzorci C imali gušći i umreženiji proteinski matriks, koji je uz to i čvršći, te je gel bio manje podložan indukovanom sinerezisu.

S druge strane, kod uzoraka koji su sadržali proteinski preparat ALACO 6202 nije došlo do izdvajanja seruma pri najmanjoj centrifugalnoj sili, što ukazuje na bolju umreženost gela usled povećanog sadržaja proteina. Povećanjem koncentracije proteina povećava se i čvrstina gela, koji se odlikuje razgranatijom mrežom polipeptidnih lanaca, koji su deblji i čvršći, pa je samim tim indukovani sinerezis manji. Takav gel je sklon spontanom sinerezisu, mada kiseli kazeinski gel nema karakteristike snažne kontrakcije.

Do sličnih rezultata su došli Denin Đurđević i sar. (2) proučavajući uticaj suve materije i termičkog tretmana na viskozitet jogurta proizvedenog od rekonstituisanog obranog mleka u prahu. Oni su zaključili da mikrostruktura jogurta direktno zavisi od sadržaja

SMBM, kao i od sredstava koja se dodaju za povećanje sadržaja proteina. Povećanje sadržaja SMBM vodi ka smanjenju prostora među pojedinim lancima, pa samim tim do povećanja gustine proteinskog matriksa. Takođe, usled visokog termičkog tretmana dolazi do formiranja koagregata – kompleksa između kazeina i serum proteina, čime se povećava količina materijala koji učestvuje u formiranju gela. Naime, Mottar i sar. (16) su ustanovili da pod dejstvom visokih temperatura dolazi do denaturacije  $\beta$ -laktoglobulina i njegove interakcije preko disulfidnih veza sa  $\kappa$ -kazeinom, pri čemu se molekuli  $\beta$ -laktoglobulina radikalno raspoređuju i najvećim delom prekrivaju kazeinsku micelu. Pri višim temperaturama (90°C / 10 min) dolazi do denaturacije  $\alpha$ -laktalbumina, koji se vezuje za isturene delove  $\beta$ -laktoglobulina i tako micela poprima sferni oblik, a povećava se i stepen hidrofilitnosti obrazovanog kompleksa, što je bio predmet izučavanja i drugih autora. Stoga se u proizvodnji kiselomlečnih proizvoda preporučuju takvi termički tretmani koji će izazvati denaturaciju 70-95% serum proteina. (6,8,9,10,11,13,18,20,21)

Takođe, postoji linearna zavisnost između sadržaja suve materije i čvrstoće gela, kao i obrnuto proporcionalna zavisnost između sadržaja suve materije i sinerezisa. (1,2,5,22)

## ZAKLJUČAK

Povećanjem sadržaja SMBM smanjuje se indukovani sinerezis kiselog kazeinskog gela, s obzirom na to da se povećava sadržaj proteina, pre svega kazeina. Stoga je druga serija uzoraka, koji su u svom sastavu sadržali proteinski preparat ALACO 6202 imala čvršći i umreženiji proteinski matriks, pa je pri istoj centrifugalnoj sili otpuštala manje seruma u odnosu na prvu seriju uzoraka, izrađenu od rekonstituisanog obranog mleka u prahu. Trend smanjenja sinerezisa praćen je povećanjem sadržaja SMBM u obe serije uzoraka, uz izuzetak koji je bio primećen u prvoj fazi centrifugiranja (na 1000 o/min), gde su uzorci koji su sadržali 9.5% SMBM (uzorci B) imali veći sinerezis od onih sa 9.0% SMBM (uzorci A). Nameće se zaključak da centrifugalna sila od 1000 o/min nije dovoljno jaka da bi izazvala bitnije razlike u indukovanom sinerezisu između uzoraka

sa različitim sadržajem SMBM. To potvrđuje i činjenica da uzorci koji su sadržali proteinski preparat ALACO 6202 nisu bili podložni indukovanom sinerezisu.

Indukovani sinerezis kiselog kazeinskog gela raste sa povećanjem centrifugalne sile. Razlika u količini izdvojenog seruma je bila uočljivija kada gelovi nisu centrifugirani pri 3000 o/min nego pri 2000 o/min u obe serije uzoraka koji su sadržali 10% SMBM u poređenju na 9.5% SMBM. Naime, pri centrifugalnoj sili od 2000 o/min uzorci B su imali za 6.98% više izdvojenog seruma od uzoraka C, da bi se ova razlika znatno povećala na 19.21% pri centrifugiranju na 3000 o/min. Slično poređenje se može napraviti i kod serije uzoraka koji su sadržali proteinski preparat ALACO 6202, gde je razlika u izdvojenom serumu između uzoraka B-1 i C-1 bila 1,76% pri 2000 o/min, a čak 13.05% pri 3000 o/min. S druge strane, razlike u indukovanom sinerezisu između uzoraka sa 9.0% i 9.5% SMBM u obe serije ogleđa bile su izrazito male prilikom centrifugiranja na 2000 i 3000 o/min. Ovo nameće zaključak da nivo od 9.5% SMBM predstavlja jednu vrstu limita, nakon kojeg svako dalje povećanje sadržaja SMBM znatno smanjuje indukovani sinerezis gela. Takođe se može zaključiti da vrednost centrifugalne sile od 3000 o/min pruža najbolje uslove za procenjivanje karaktera gela.

Na osnovu rezultata istraživanja može se izvesti zaključak da se upotrebom proteinskog preparata ALACO 6202 vidno poboljšavaju reološke karakteristike kiselog kazeinskog gela, pa se ovaj proteinski preparat može u toj svrsi koristiti kao dodatak u proizvodnji kiselomlečnih proizvoda.

## LITERATURA

1. Becker, T., Puhana, Z. (1989): *Effect of different process to increase the milk solids-non-fat content on the rheological properties of yoghurt*, *Milchwiissenschaft*, 44 (10), 626-629.
2. Denin Đurđević, J., Mačej, O., Jovanović, S. (2001): *The influence of dry matter and heat treatment on the viscosity of set-style yogurt produced from reconstituted skim milk powder*, *J. Agric. Sci.* 46. (2), 123-135.
3. Harwalkar, V.R., Kalab, M., Emmons, D.B. (1977): *Gels prepared by adding D-glucosyl-lactone to milk at high temperature*, *Milchwiissenschaft* 32 (7), 400-402.

4. Harwalkar, V.R., Kalab, M. (1980): *Milk gel structure. XI Electron microscopy of glucono- $\Delta$ -lactone induced skim milk gels*, *J. Texture studies* 11, 35-49.
5. Jovanović, S., Mačej, O. i Denin Đurđević, J. (2002): *Uticaj različitih faktora na sinerezis i reološke karakteristike sireva*. *Preh. ind. Mleko i mlečni proizvodi*, Vol. 13 (1-2), 35-43
6. Kinsella, J.E. (1984): *Milk-proteins: Physicochemical and functional properties*, *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 21 (3), 197-262.
7. Larson, B.L., Roller, G.D. (1955): *Heat denaturation of the specific serum proteins in milk*, *J. Dairy Sci.* 38, 351-360.
8. Lucey, J.A., Temehana, M., Singh, H., Munro, P.A. (1998): *Effect of interactions between whey proteins and casein micelles on the formation and rheological properties of acid skim milk gels*, *J. Dairy Res.* 65, 555-567.
9. Mačej, D.O., Snežana T. Jovanović (1998): *Uticaj različitih režima termičke obrade na iskorišćenje suve materije mleka*. *Prehrambena industrija – Mleko i mlečni proizvodi*, (9), 3-4, 46-50.
10. Mačej, O.D. i Jovanović, S.T. (2000): *Obrazovanje kompleksa između kazeina i serum proteina u termički tretiranom mleku*. *Acta Periodica Technologica* vol. 31, 1-748, 83-93
11. Mačej, O., Jovanović, S. and Denin Đurđević, J. (2002): *The influence of high temperatures on milk proteins*. *Chem. ind.* 56 (3), 123-132.
12. Mikuljanac, A. (1997): *Uticaj odabranih parametara proizvodnje na reološka i senzorna svojstva kiselomlečnih proizvoda sa intestinalnim bakterijama*. *Magistarska teza*. Poljoprivredni fakultet, Zemun.
13. Miočinović, D., Mačej, O., Kasalica, A., Jovanović, S. (1998): *Uticaj termičkih tretmana i koagulacije mleka na distribuciju proteina*. *Arh. poljopr. nauke* (59), 3-4, 77-86
14. Mitchel, J.R., Blanshard, J.M.V. (1979): *On the nature of the relationship between the structure and rheology of food gels*. *Food Texture and Ed. P. Sherman rheology*, Academic Press, London, 425-435.
15. Mitchel, J.R. (1980): *The rheology of gels*. *Journal of Texture Studies* 11, 315-337.
16. Mottar, J., Bassier, A., Joniau, M., Baert, J. (1989): *Effect of heat-induced association of whey proteins and casein micelles on yogurt texture*, *J. Dairy Sci. Abs.* 33 (9), 2247-2256.
17. Omar, M.M., Abou-El-Nour, A.M. (1998): *Rheological properties of yogurt enriched with whole milk protein*, *Egyptian J. Dairy Sci.* 26 (1), 77-88, abstract (cited from Dairy Sci. Abstract 1998, 60 (12), 924, abstract No 7100).
18. Parnell-Clunies, E., Kakuda Y., Smith, A.K. (1987): *Microstructure of yogurt as affected by heat-treatment of milk*, *Milchwiissenschaft* 42, 413-417.
19. Puhana, Z. (1988): *Treatment of milk prior to fermentation*, *IDF Bulletin* No 227, Chapter IV, 66-74.

20. Tamime, A.Y., Robinson, R.K. (1985): *Yoghurt, science and technology*. Pergamon Press, Oxford, UK.
21. Tamime, A.Y., Robinson, R.K. (1988): *Fermented milk and their future trends*. Part II. Technological aspects, *J. Dairy Res.* 55, 281–307.
22. Van Vilet, T., Roefs, S.P.F.M., Zoon, P. and Walstra, P. (1989): *Rheological properties of casein gels*. *J. Dairy Res.* 56, 529–534.

**Key words:** acid casein gel • fermented milk products • milk protein based ingredient „ALACO 6202” • solids non fat (SNF) • syneresis

## SUMMARY

### THE INFLUENCE OF SOLIDS NON FAT CONTENT AND MILK PROTEIN BASED INGREDIENT „ALACO 6202” ON INDUCED SYNERESIS OF ACID CASEIN GEL

Ognjen D. Maćej, Sanja V. Seratlić, Snežana T. Jovanović, Tanja R. Vučić

Faculty of Agriculture, University of Belgrade

In this work, the influence of solids non fat content (SNF) and milk protein based ingredient ALACO 6202 on induced syneresis of acid casein gel was investigated. Reconstituted skim milk powder was used as substratum. The SNF content was adjusted on 3 levels: 9.0% (samples A), 9.5% (samples B) and 10% (samples C). The influence of different SNF content on induced syneresis of acid casein gel was the first part of the research. In the second part of investigation, the SNF content was standardized as follows: the concentration of milk protein based ingredient ALACO 6202 was adjusted on 1.0% (samples A-1), 1.5% (samples B-1) and 2.0% (samples C-1), including 8% of skim milk powder concentration in each sample. The centrifugation of samples was performed at 1000, 2000 and 3000 revolutions/min in 10 minutes. The percent of separated serum (%w/w) at 1000 revolutions/min was 6.03%, 10.07% and 1.59% for samples A, B and C retrospectively, and there was no separated serum in samples A-1, B-1 and C-1. The amount of serum separated at 2000 revolutions/min in samples A, B, C, A-1, B-1 and C-1 was 37.59%, 31.65%, 24.67%, 18.59%, 12.28% i 10.52% retrospectively, and at 3000 revolutions/min was 59.17%, 54.62%, 35.41%, 33.95%. 27.66 and 14.61% retrospectively.

It was concluded that the increase of centrifugal force causes the increase of syneresis of acid casein gel, while the increase of SNF content reduces the syneresis at all centrifugal forces applied. However, the addition of milk protein based ingredient ALACO 6202 reduces the syneresis, so this protein ingredient could be used for improving rheological characteristics of fermented products.