

Utjecaj stabilizatora na viskoznost trajnog mliječnog proizvoda

Irena Landeka, Anica Borović, Ljerka Kršev

Izvorni znanstveni rad — Original Scientific Paper

UDK: 637.133.2/138

Sažetak

Istraživan je utjecaj udjela mliječne masti i vrste stabilizatora na promjene viskoznosti toplinom obrađenog mliječnog proizvoda.

Svrha ovog rada bila je smanjivanjem udjela mliječne masti postići proizvod takvog sastava čija poželjna struktura, fizikalno-kemijska i organoleptička svojstva neće biti narušena. Smanjenjem udjela mliječne masti narušava se poželjna struktura proizvoda djelovanjem topline. Ovo se pokušalo riješiti upotrebom različitih stabilizatora, čime je sastavljena receptura za pripravu trajnog mliječnog proizvoda s malim udjelom mliječne masti.

Uzorci trajnog mliječnog proizvoda pripremljeni su s udjelom mliječne masti: od 24,8% do 34,2% masti u suhoj tvari sira.

Za stabilizaciju mliječne masti i bjelančevina, tijekom toplinske obrade proizvoda, upotrebljena su dva različita stabilizatora: stabilizator 1 (biosintetički polisaharid) i stabilizator 2 (mikrobni polisaharid).

Viskoznost je u eksperimentalnim uzorcima određena uz 20, 50, 100 o/minuti pri temperaturi 281 K, odnosno uz 100, 250 i 500 o/minuti pri temperaturi 353 K. Porastom temperature brzina smicanja raste brže od napona smicanja, a rezultat toga je manja vrijednost viskoznosti.

Riječi natuknice: viskoznost mliječnog proizvoda, mliječna mast, stabilizatori.

Uvod

Mlijeko je biološka tekućina vrlo složenog sastava. Međutim, mlijeko je i sustav ravnoteže, a odnosi među sastojcima mlijeka vrlo su složeni i omogućavaju ravnotežu sustava. Ako se promijeni neki od uvjeta koji utječu na ravnotežu nekog sastojka, cijeli se sustav ravnoteže poremeti.

U mljekarskoj industriji primjenjuje se niz tehnoloških operacija da se spriječi kvarenje mlijeka, produži trajnost proizvoda, poboljšaju tehnološka svojstva mlijeka i proizvoda, osigura higijenska ispravnost mlijeka i proizvoda.

Mlijeko se vrlo često obrađuje zagrijavanjem (iznad 60°C). U obradi mlijeka važna je uloga intenzivnog zagrijavanja. Djelovanje topline zapaža se na gotovo svim sastojcima mlijeka. Zbog zagrijavanja u mlijeku se događaju mnoge kemijske i fizikalne promjene kao što su:

- sniženje pH vrijednosti mlijeka,
- taloženje Ca-fosfata,
- denaturacija bjelančevina sirutke i njihova interakcija s kazeinom,
- promjene kazeina,
- promjene strukture micela i dr.

Opećeg bilo koje promjene ovisi o intenzitetu zagrijavanja, djelovanju enzima i dr.

Mliječna mast je najvredniji sastojak mlijeka. Više od pola energetske vrijednosti mlijeka sadržano je u mliječnoj masti, a nemoguće je zanemariti i njezinu biološku vrijednost. Mliječna mast je najvažniji sastojak nekih mliječnih proizvoda (vrhnje, maslac), a pored toga, udio mliječne masti u mliječnim proizvodima bitno utječe na njihov okus i konzistenciju. To je posebno uočljivo kad je riječ o trajnim mliječnim proizvodima tj. toplinom obrađenim proizvodima, u kojima je uloga mliječne masti »zaštita« mliječnih bjelančevina u procesu grijanja proizvoda.

Međutim, potrošači prehrambenih pa i mliječnih proizvoda sve više traže proizvode s manjim udjelom masti, ali i neizmjenjenim karakteristikama (okus, konzistencija) (Ranken, 1984). Mnogi europski potrošači vjeruju da će uzimanjem manje masnih proizvoda riješiti neke zdravstvene probleme (Mitchell, 1992). Za proizvodnju viskozno trajnog mliječnog proizvoda (tj. proizvoda čija je trajnost produžena toplinskom obradom) s malim udjelom

Tablica 1. Djelovanje hidrokoloida u mliječnim proizvodima

Table 1 The activity of hydrocoloides in dairy products

Naziv	Zgušnjavanje Thickening	Želiranje Gelatinizing	Zaštitno koloidno djelovanje Protective coloidal activity
POLISAHARIDI ALGI			
Agar	–	+	–
Carragen	+	+	+
Alginat	+	(+)	(+)
GALAKTOMANANI			
Brašno jezgre rogača	+	–	(+)
Brašno jezgre guara	+	–	(+)
Pektini	–	+	+
BIOSINTETIČKI POLISAHARIDI			
Xanthan gum	+	(–)	(+)
CELULOZA I DERIVATI CELULOZE			
Metilceluloza	+	–	–
Karboksimetil celuloza	+	–	+
ŠKROB I DERIVATI ŠKROBA	+	+	(+)
ŽELATINA	–	+	(+)

(Gibson, 1991.)

masti, potrebno je zaštititi sastojke mlijeka (to se posebno odnosi na bjelancevine) od djelovanja ne samo intenzivne topline, već i intenzivne mehaničke obrade, koja se, gotovo uvijek, primjenjuje u procesu proizvodnje. Za rješenje problema preporučuju se tvari zvane hidrokoloide (Phillips, 1983).

Hidrokoloide su hidrofilne makromolekule sastavljene od polisaharida i proteina. To su tvari koje u vodi ili u vodenim otopinama, poput mlijeka, stvaraju vrlo viskozne suspenzije, tj. koloidne otopine ili gel. Potrebna je vrlo mala koncentracija hidrokoloida da bi se postigao željeni učinak. S obzirom na njihovo djelovanje oni mogu biti: stabilizatori, tvari koje oblikuju gel, ili su tvari koje vežu vodu (Fry, 1981).

U tablici 1. prikazano je djelovanje hidrokoloida u mliječnim proizvodima. Neki hidrokoloide djeluju više kao sredstva za ugušćivanje, a neki kao sredstva za nastajanje gela. Optimalne učinke u proizvodnji često je potrebno stvarati kombinacijama više različitih hidrokoloida.

Svrha ovog rada bila je odabrati najpovoljniji stabilizator i odrediti najmanju količinu mliječne masti za proizvodnju viskoznog trajnog mliječnog proizvoda, povoljnog okusa i konzistencije.

Materijal i metode rada

A) Materijali

Za pripravu uzoraka viskoznog mliječnog proizvoda korišteni su:

- svježe mlijeko,
- slatko vrhnje s 10% mliječne masti,
- obrani mliječni prah,
- sirutka u prahu,
- stabilizatori oznake 1 i 2 (biosintetički polisaharid, mikrobnog polisaharid),
- kuhinjska sol (NaCl),
- mezofilna mljekarska kultura (*Streptococcus lactis* subsp. *lactis*, *Streptococcus lactis* subsp. *diacetylactis*, *Streptococcus lactis* subsp. *cremoris*),
- u eksperimentalnim uzorcima B i D upotrebljen je stabilizator 1 (biosintetički polisaharid), a u eksperimentalnim uzorcima A, C i E stabilizator 2 (mikrobnog polisaharid).

B) Metode rada

Priprava viskoznog mliječnog proizvoda:

Slatko vrhnje s 10% mliječne masti pomiješa se s dodacima i obradi pri temperaturi 95°C—100°C te se potom homogenizira primjenom 150 bara. Homogeniziranu smjesu, ohlađenu do 23°C, nacijepi se s 4% mezofilne mljekarske kulture. Fermentacija se prekine pri pH = 4,6—4,7. U zrelu mješavinu doda se stabilizator i mlijeko u prahu/sirutka u prahu, te pasterizira pri 80°C 5 minuta.

Cj Metode analiza

Udio mliječne masti u uzorcima određen je metodom Gerber (Sl. list 32/83.).

Udio suhe tvari određen je metodom sušenja pri 105°C do konstantne težine (Sl. list 32/83.).

pH vrijednost je određena pH-metrom M-61 »Laboratory«.

Viskoznost uzoraka određena je »Haake-ovim« rotacijskim viskozimetrom (Searle tip). Uzorak se nalazi u jednom Rotor-Stator sustavu, matematički poznate geometrije. Tome potreban okretni moment točna je mjera za viskoznost analizirane tvari. Rotor pokreće električni motor širokog područja frekvencije okretaja. Nastali okretni moment analizirane tvari pretvara se u mjernoj glavi u proporcionalni električni signal proporcionalan frekvenciji okretaja. Oba signala se registriraju na x-y pisaču (Hall, 1971).

Iz pripremljenih dijagrama zadaje se broj okretaja okretnog tijela n . Zatim se, za zadane brojeve okretaja, iz dijagrama očitava vrijednost S . Brojevi okretaja za određivanje viskoznosti uzlazne i silazne krivulje pri 281 K su:

$$n_1 = 20 \text{ min}^{-1}$$

$$n_2 = 50 \text{ min}^{-1}$$

$$n_3 = 100 \text{ min}^{-1}$$

odnosno pri temperaturi 353 K:

$$n_1 = 100 \text{ min}^{-1}$$

$$n_2 = 250 \text{ min}^{-1}$$

$$n_3 = 300 \text{ min}^{-1}$$

a prikazani su grafički.

Nakon očitavanja S za zadanu vrijednost n izračunava se viskoznost po formuli:

$$\eta = \frac{G \cdot S}{n} \quad (\text{mPas})$$

gdje je:

G — konstanta aparata koja je određena za svaki mjerni sustav prema uputama za rad viskozimetra, (služi za računanje viskoznosti)

η — viskoznost

S — vrijednost koja se očitava na skali S koja se nalazi u svakom Rotavisco-viskozimetru

n — broj okretaja okretnog tijela (min^{-1})

Napon smicanja računa se prema formuli:

$$\tau = A \cdot S$$

gdje je:

τ — napon smicanja (Pa) ili (N/m^2)

A — smicajni faktor, koji je konstantan za korišteni koaksijalno-cilindrični mjerni sustav i iznosi 2,87 Pa/o skale $\cdot \text{min}$

S — vrijednost koja se očitava iz dijagrama na skali S

Pomoću utvrđenih napona smicanja izračunava se njihov logaritam. Iz proizvoljno odabranih brojeva okretaja računa se brzina smicanja D po formuli:

$$D = M \cdot n$$

gdje je:

D — brzina smicanja (s^{-1})

M — faktor proporcionalnosti koji predstavlja karakterističnu geometriju senzorskog sustava i u ovom slučaju iznosi 2,34 min/o skale

n — broj okretaja cilindra u minuti

Potom se odredi indeks tečenja iz nagiba pravca za ovisnost $\log \tau$ i $\log D$.

Iz utvrđenih vrijednosti indeksa tečenja i napona smicanja određeni su tipovi tečenja pomoću tablice 2.

Tablica 2. Tip tečenja

Table 2 The type of flowing

TIP TEČENJA	To	ns
Newton-ovo	0	1
Pseudoplastično	0	< 1
Plastično	> 0	< 1
Dilatantno	> 0	> 1

Formula za izračunavanje koeficijenta konzistencije je:

$$\tau = k \cdot D^n$$

gdje je:

τ — napon smicanja (Pa) ili (N/m^2)

D — gradijent brzine smicanja (s^{-1})

k — koeficijent konzistencije

n — indeks tečenja

(Brdička, 1969).

Rezultati rada i rasprava

U eksperimentalnim uzorcima određeni su udjeli mliječne masti, vode, suhe tvari i pH.

Udio mliječne masti u eksperimentalnim uzorcima kretao se u rasponu od 24,8%–34,2% mliječne masti u suhoj tvari sira.

Tablica 3. Fizičko-kemijska svojstva eksperimentalnih uzoraka

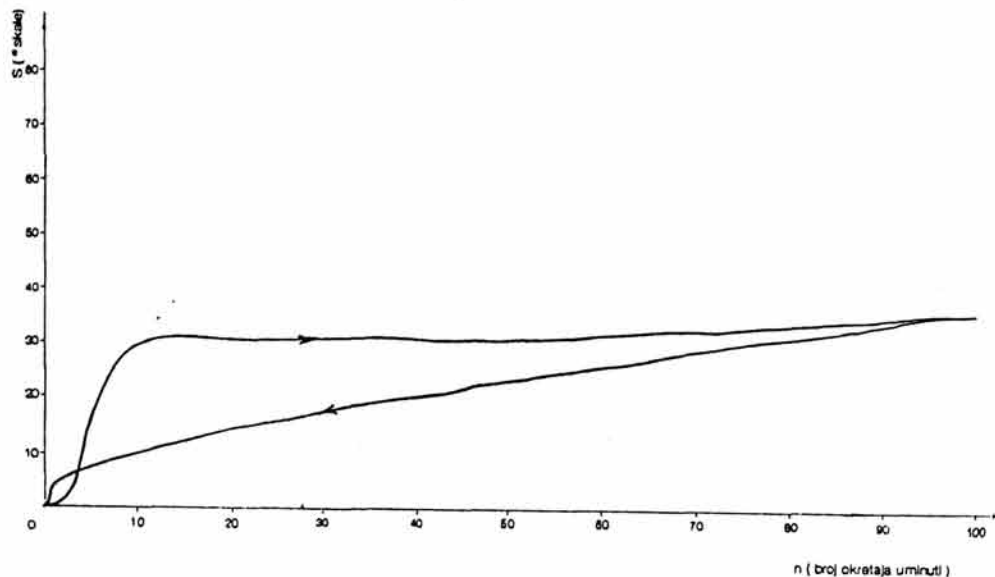
Table 3 The physico-chemical characteristics of the experimental samples

Uzorci Samples	% masti milk fat	% vode water	% suhe tvari total solids	% masti u suhoj tvari fat in total solids	pH
A	7,0	76,4	23,6	29,6	4,8
B	7,5	74,8	25,2	29,7	4,8
C	8,0	67,8	32,2	24,8	5,5
D	8,5	71,4	28,6	29,7	5,2
E	10,0	70,8	29,2	34,2	4,8
**	45,0	60,0	40,0	60,0	4,8

** kontrolni uzorak

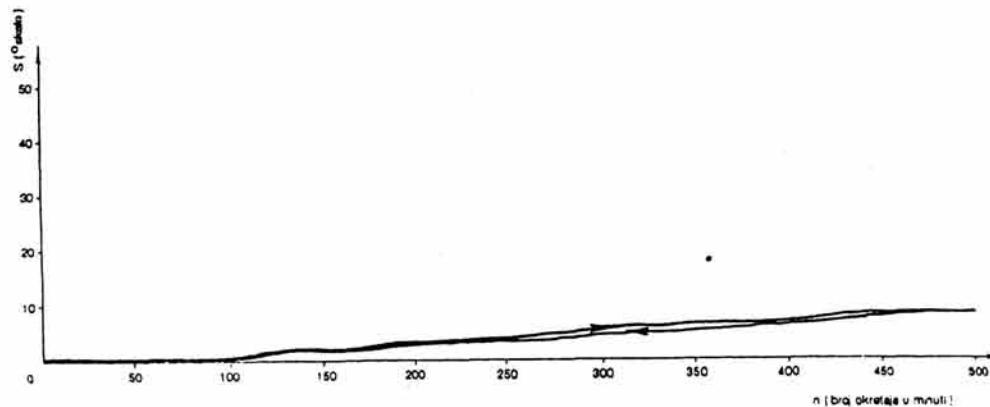
U sljedećim dijagramima (dijagrami od 1 do 12) prikazani su rezultati mjerenja viskoznosti eksperimentalnih uzoraka i kontrolnog uzorka.

Određena je viskoznost uzoraka, napon smicanja, brzina smicanja, koeficijent konzistencije i indeks tečenja.



Dijagram 1. Ovisnost \underline{S} o \underline{n} uzlazne i silazne krivulje pri mjerenju viskoznosti mliječnog proizvoda uzorka A pri temperaturi 281 K

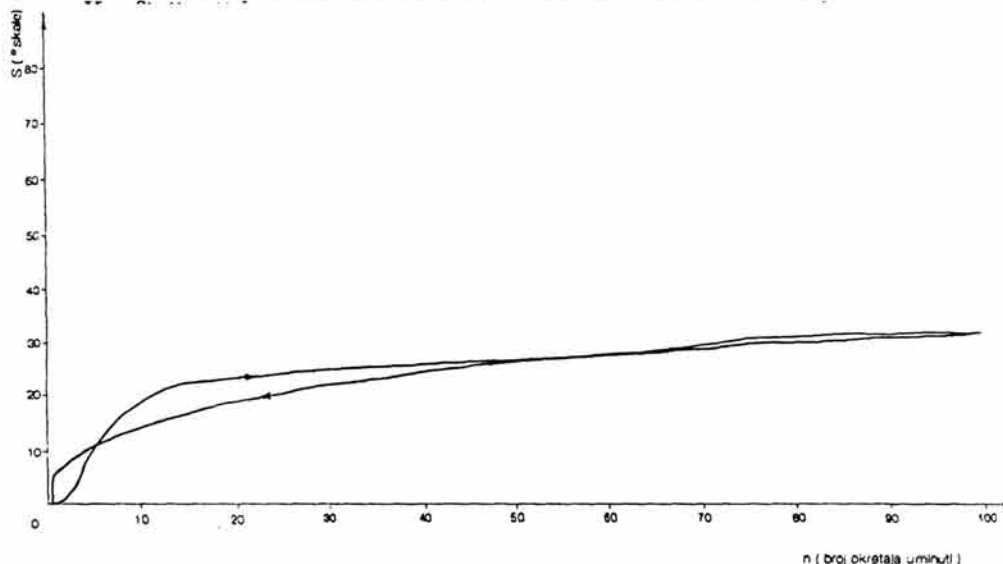
Diagram 1. Dependence \underline{S} of \underline{n} upward and descending curve when measuring the viscosity of dairy product of sample A at temperature 281 K



Dijagram 2. Ovisnost \underline{S} o \underline{n} uzlazne i silazne krivulje pri mjerenju viskoznosti mliječnog proizvoda uzorka A pri temperaturi 353 K

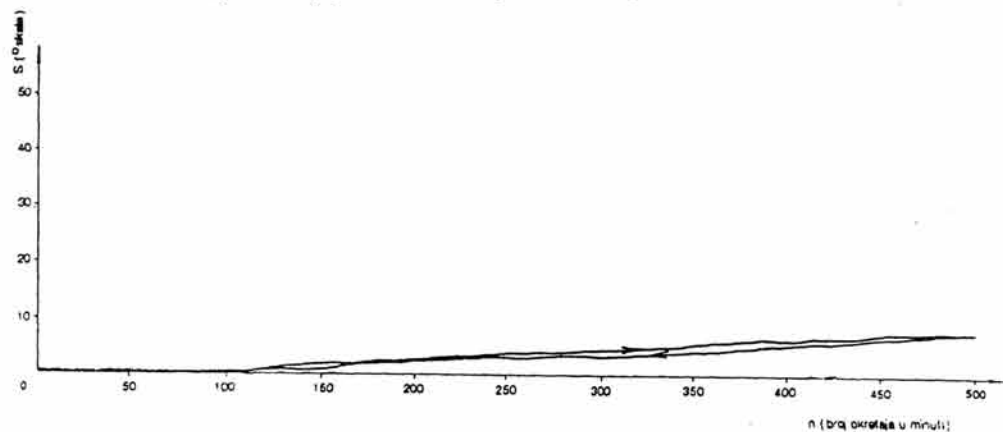
Diagram 2. Dependence \underline{S} of \underline{n} of upward and descending curve when measuring the viscosity of dairy product of sample A at temperature 353 K

Viskoznost je u eksperimentalnim uzorcima određivana uz 20, 50, 100 o/minuti, pri temperaturi 8°C, odnosno uz 100, 250, 500 o/minuti i temperaturi 80°C. Iz dijagrama se vidi da viskoznost opada porastom temperature dok ne dostigne neku minimalnu vrijednost. Porast koncentracije suhe tvari (pad udjela tekuće faze) rezultira porastom granice tečenja i viskoznosti.



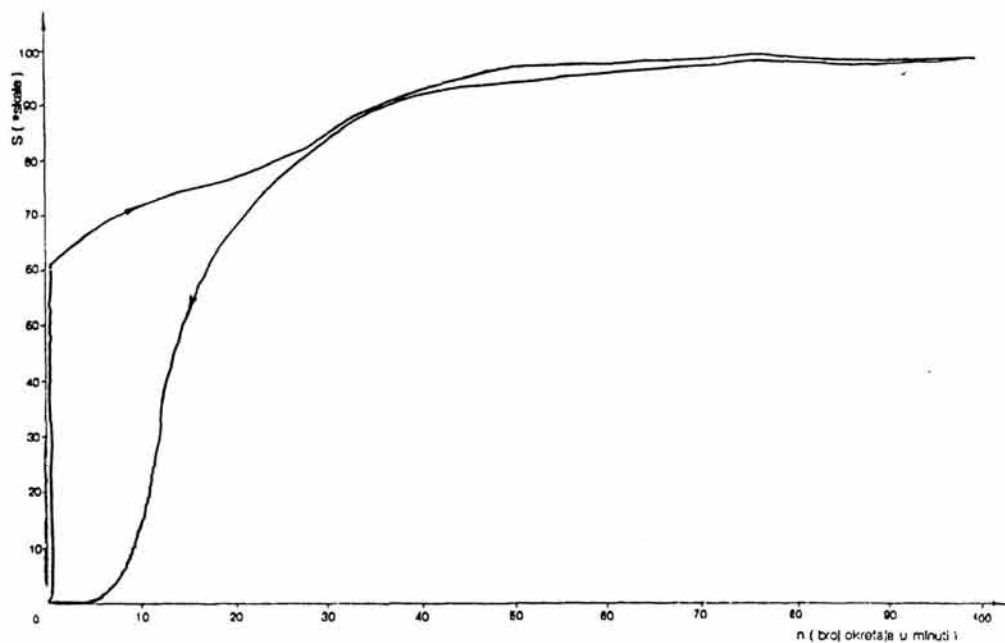
Dijagram 3. Ovisnost \underline{S} o \underline{n} uzlazne i silazne krivulje pri mjerjenju viskoznosti mliječnog proizvoda uzorka B pri temperaturi 281 K

Diagram 3. Dependence \underline{S} of \underline{n} upward and descending curve when measuring the viscosity of dairy product of sample B at temperature 281 K



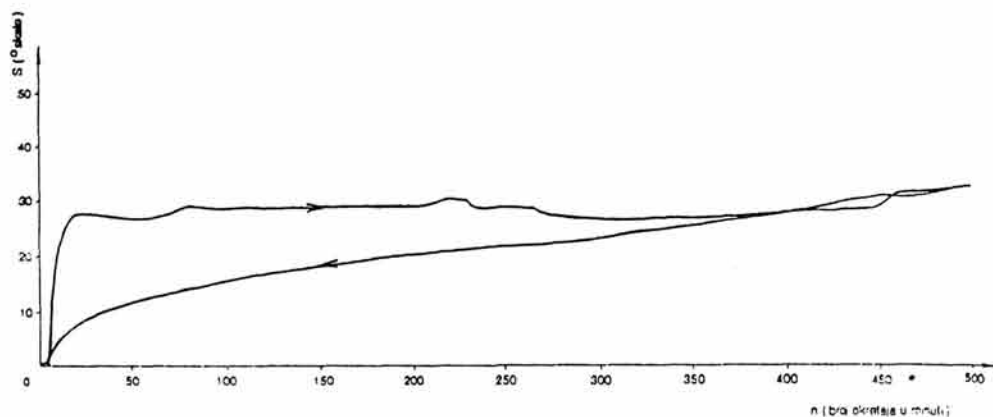
Dijagram 4. Ovisnost \underline{S} o \underline{n} uzlazne i silazne krivulje pri mjerjenju viskoznosti mliječnog proizvoda uzorka B pri temperaturi 353 K

Diagram 4. Dependence \underline{S} of \underline{n} upward and descending curve when measuring the viscosity of dairy product of sample B at temperature 353 K



Dijagram 5. Ovisnost \underline{S} o \underline{n} uzlazne i silazne krivulje pri mjerjenju viskoznosti mliječnog proizvoda uzorka C pri temperaturi 281 K

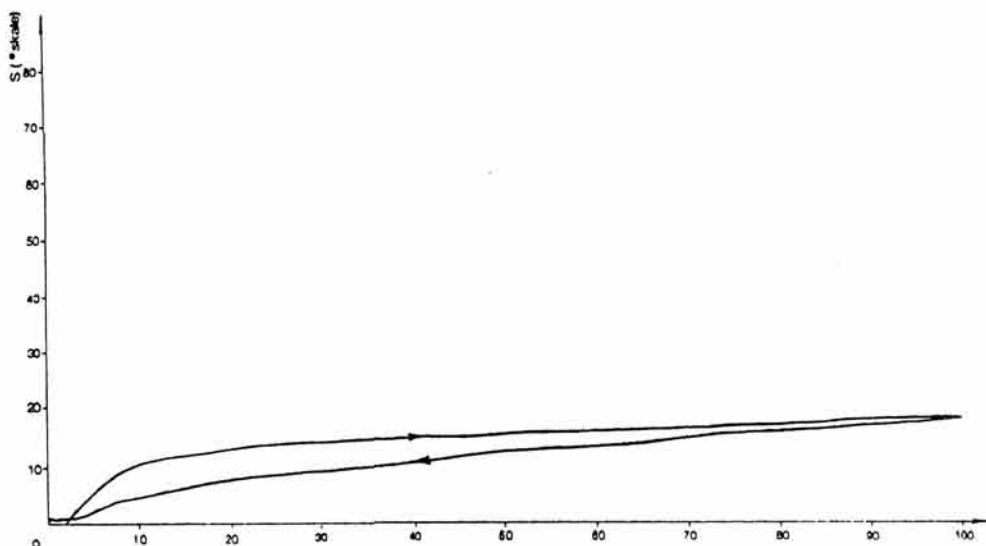
Diagram 5. Dependence \underline{S} of \underline{n} upward and descending curve when measuring the viscosity of dairy product of sample C at temperature 281 K



Dijagram 6. Ovisnost \underline{S} o \underline{n} uzlazne i silazne krivulje pri mjerjenju viskoznosti mliječnog proizvoda uzorka C pri temperaturi 353 K

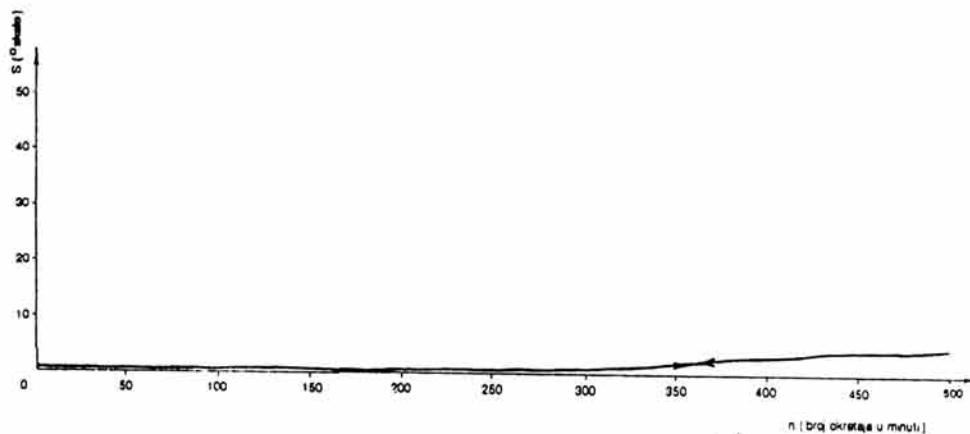
Diagram 6. Dependence \underline{S} of \underline{n} upward and descending curve when measuring the viscosity of dairy product of sample C at temperature 353 K

Koeficijenti konzistencije izračunati su pri gradijendima brzine smicanja $D = 234 \text{ 1/s}$ i $D = 1170 \text{ 1/s}$. Brzina smicanja je izračunata za maksimalni broj okretaja u minuti ($n = 100$ i $n = 500$ okretaja u minuti).



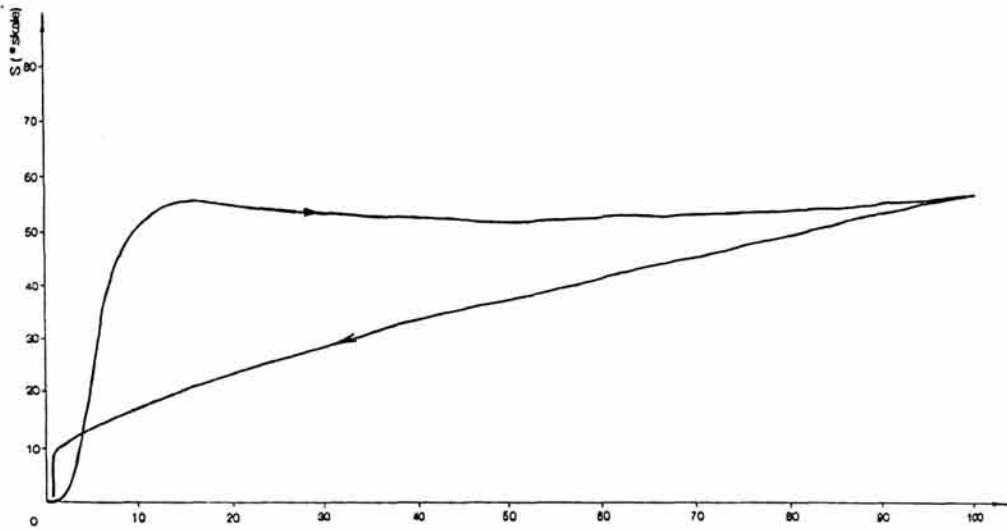
Dijagram 7. Ovisnost \underline{S} o \underline{n} uzlazne i silazne krivulje pri mjerjenju viskoznosti mliječnog proizvoda uzorka D pri temperaturi 281 K

Diagram 7. Dependence \underline{S} of \underline{n} upward and descending curve when measuring the viscosity of dairy product of sample D at temperature 281 K



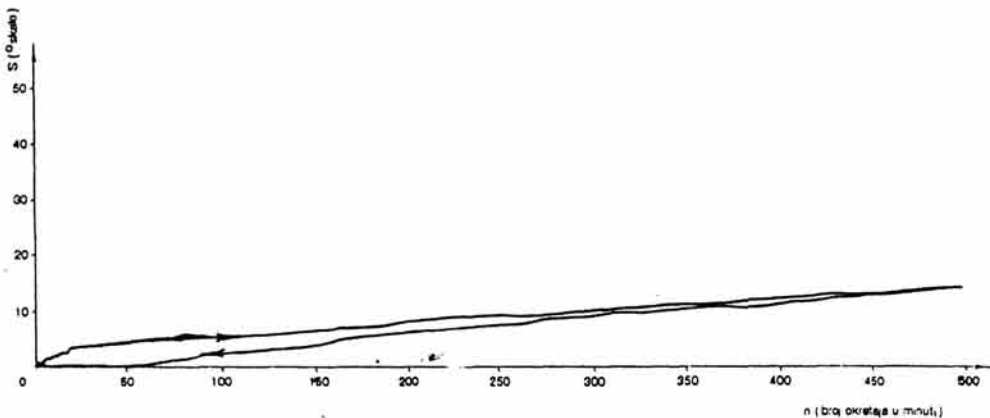
Dijagram 8. Ovisnost \underline{S} o \underline{n} uzlazne i silazne krivulje pri mjerjenju viskoznosti mliječnog proizvoda uzorka D pri temperaturi 353 K

Diagram 8. Dependence \underline{S} of \underline{n} upward and descending curve when measuring the viscosity of dairy product of sample D at temperature 353 K



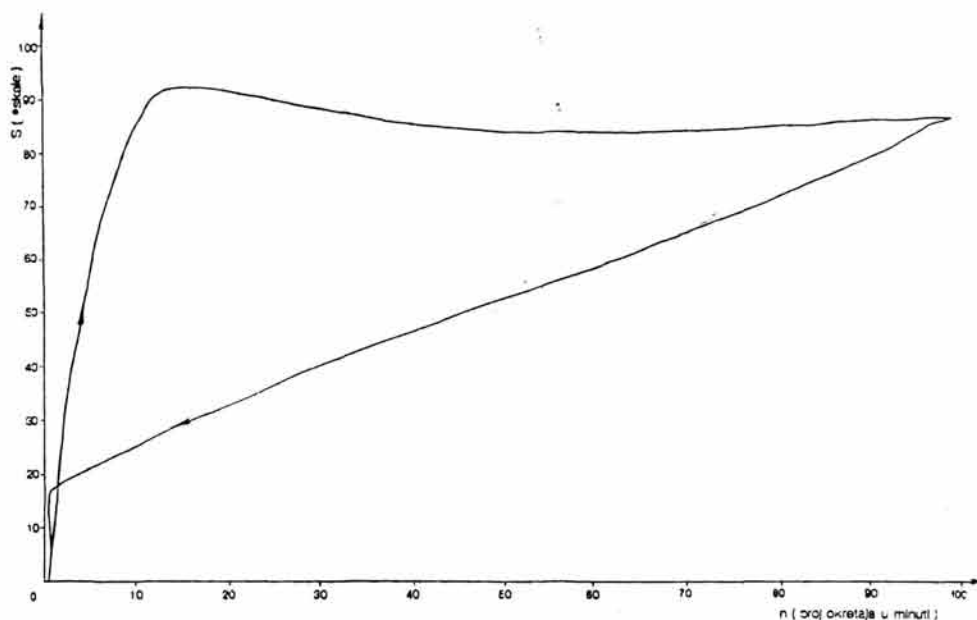
Dijagram 9. Ovisnost \underline{S} o \underline{n} uzlazne i silazne krivulje pri mjerenju viskoznosti mliječnog proizvoda uzorka E pri temperaturi 281 K

Diagram 9. Dependence \underline{S} of \underline{n} upward and descending curve when measuring the viscosity of dairy product of sample E at temperature 281 K



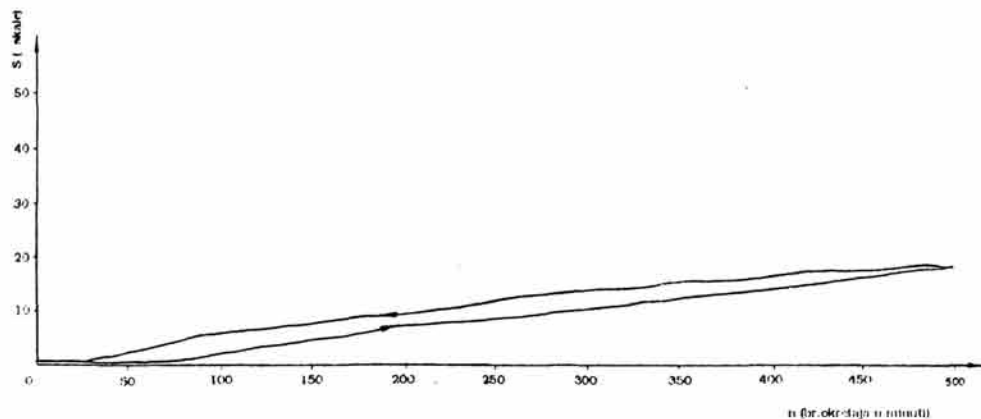
Dijagram 10. Ovisnost \underline{S} o \underline{n} uzlazne i silazne krivulje pri mjerenju viskoznosti mliječnog proizvoda uzorka E pri temperaturi 353 K

Diagram 10. Dependence \underline{S} of \underline{n} upward and descending curve when measuring the viscosity of dairy product of sample E at temperature 353 K



Dijagram 11. Ovisnost \bar{S} o \bar{n} uzlazne i silazne krivulje pri mjerjenju viskoznosti mliječnog proizvoda kontrolnog uzorka pri temperaturi 281 K

Diagram 11. Dependence \bar{S} of \bar{n} upward and descending curve when measuring the viscosity of dairy product of control sample at temperature 281 K



Dijagram 12. Ovisnost \bar{S} o \bar{n} uzlazne i silazne krivulje pri mjerjenju viskoznosti mliječnog proizvoda kontrolnog uzorka pri temperaturi 353 K

Diagram 12. Dependence \bar{S} of \bar{n} upward and descending curve when measuring the viscosity of dairy product of control sample at temperature 353 K

U tablici 4. prikazani su računski određeni koeficijenti konzistencije k eksperimentalnih uzoraka pri temperaturi 281 K i 353 K. Vrijednosti koeficijenta konzistencije su manje pri višoj temperaturi. Postoje i razlike u vrijednostima koeficijenta konzistencije pri istoj temperaturi za različite eksperimentalne uzorke, što se povezuje s upotrebljenim stabilizatorom.

Tablica 4. Računski određeni koeficijent konzistencije k ($Ns^m m^{-2}$) uzoraka mliječnih namaza pri temperaturi 8°C (281 K) i 80°C (353 K)

Table 4 The calculated consistency coefficient ($Ns^m m^{-2}$) k of dairy products at the temperature of 8°C (281 K) and 80°C (353 K)

Uzorak Sample	Temperatura (K) Temperature (K)	Koeficijent konzistencije (računski) ($Ns^m m^{-2}$) Calculated coefficient of consistency	
		ulazna k. ascendant	silazna k. descendant
A	281	59,87	4,65
	353	0,002	0,008
B	281	30,08	14,27
	353	0,000001	0,0000001
C	281	117,30	74,06
	353	52,60	4,40
D	281	14,28	2,43
	353	0,001	0,0009
F	281	148,28	21,34
	353	0,52	0,016
***	281	114,48	113,61
	353	1,06	1,05

*** – kontrolni uzorak

Na temelju vrijednosti indeksa tečenja i napona smicanja može se odrediti tip tečenja pomoću tablice 2.

Indeksi tečenja n eksperimentalnih uzoraka i kontrolnog uzorka su > 1 , vrijednosti napona smicanja su > 0 , pa se prema tablici 2. vidi da je tip tečenja eksperimentalnih uzoraka plastičan. Tijekom rada upotrebljena su dva stabilizatora (biosintetički polisaharid i mikrobn polisaharid). Mikrobn stabilizator bio je bolji jer je omogućio postizanje željene viskoznosti, očuvanje željene konzistencije, što se vidi iz rezultata viskoznosti. Tako su eksperimentalni uzorci A, C i E za koje je upotrebljen ovaj stabilizator bolje konzistencije i većeg viskoziteta.

Zaključci

Iz rezultata rada može se zaključiti:

1. Stabilizator 2 (mikrobn polisaharid) boljih je karakteristika od stabilizatora 1 (sintetički polisaharid) jer je bolje očuvao konzistenciju proizvoda tijekom toplinske obrade.

2. Upotrebom različitih stabilizatora predložena je originalna receptura za pripremu trajnog mliječnog proizvoda.
3. Kontrolni uzorak koji je pripremljen sa stabilizatorom 1 (biosintetički polisaharid), bolje je viskoznosti od eksperimentalnih uzoraka, zbog većeg udjela mliječne masti.
4. Povišenjem temperature, napon smicanja raste, a viskoznost opada. Može se reći da porastom temperature brzina smicanja raste brže od napona smicanja, a rezultat toga je manja vrijednost viskoznosti.
5. Tip tečenja eksperimentalnih uzoraka je plastičan.
6. Promjene koeficijenta konzistencije eksperimentalnih uzoraka izrazitije su pri temperaturi 281 K i u uzlaznim i silaznim krivuljama, nego pri 353 K.

THE INFLUENCE OF STABILIZERS ON THE VISCOSITY OF DAIRY PRODUCTS

Summary

The influence of milk fat fraction as well as the nature of stabilizer on the viscosity of heated dairy products was examined.

The aim of this work was to reduce the quantity of milk fat and obtain the product of a composition whose basic structure, as well as its physico-chemical and sensory characteristics, will not be disturbed. By reducing the amount of milk fat the basic structure of the product was disturbed by influence of heat. We tried to solve this problem using different kinds of stabilisers, thus the original procedure for the preparation of the milk product with low milk fat content was obtained.

The samples of long life dairy products, were prepared using from 24.8% to 34.2% milk fat in dry matter of cheese.

Two different stabilizers; stabilizer 1 (biosynthetic polysaccharides) and stabilizer 2 (microbial polysaccharides) were used for the stabilization of milk fat and proteins during the thermic treatment.

The viscosity of the experimental samples was determined at 20, 50 and 100 rpm and temperature of 281 K, or at 100, 250 and 500 rpm and temperature of 353 K. The rate of gliding was faster increased by more intensive heating by the tension of gliding resulting in the lower value of viscosity.

Key words: viscosity of the dairy product, milk fat, stabilizers

Literatura

- BRDIČKA, R. (1969): Osnove fizikalne kemije, Zagreb.
- FRY, J. C., WHITE, J. A. and MARRS, W. M. (1981): Leatherhead Food R. A. Circ. No. 752.
- GIBSON, W. (1991): Creating texture with hydrocolloids, Functional ingredients II, Kelco International Ltd, London.
- HALL, C. W. (1971): Reology Encyclopedia of food technology and food science series, Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut 1.

PFIZER/Calorie Control Council (1992): European Consumer Market Survey — Light Products.

PHILLIPS, G. O., WEDLOCK, D. J., WILLIAMS, P. A. (1983): Gums and stabilisers for The Food Industry 2 — Interaction of Hydrocolloids, Proceedings of the 2nd International Conference held at Wrexham, Clywd, Wales.

Pravilnik o kakvoći mlijeka, mliječnih proizvoda, sirila i čistih kultura, Službeni list broj 51 (1982).

Pravilnik o metodama uzimanja uzoraka i metodama kemijskih i fizikalnih analiza mlijeka, Službeni list 32 (1983).

RANKEN, M. D. (1984): Food Industries Manual. 21st Edition. Leonard Hall.

Adrese autora — Author's addresses:

Mr. Irena Landeka
Prehrambeno-tehnološki fakultet
54 000 Osijek

Mr. Anica Borović
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
41 000 Zagreb

Prof. dr. Ljerka Kršev
•Dukat• d.d., Mjekara Zagreb
41 000 Zagreb

Primljeno — Received:

10. 12. 1993.