

PROIZVODNJA SVEŽIH SIREVA NA BAZI KOAGREGATA PROTEINA MLEKA¹

O. Maćej, Snežana Jovanović, Sanja Seratlić, M. Barać

Sadržaj: Sveži sir je izrađen u dve varijante: a) od mleka termički tretiranog na 65°C u toku 30 minuta (kontrolni sir) i b) od mleka termički tretiranog na 87°C u toku 10 minuta (ogledni sir), u kom su obrazovani koagregati proteina mleka (hemijski kompleks između kazeina i serum proteina). Rezultati istraživanja su pokazali da je surutka dobijena proizvodnjom svežeg sira na bazi koagregata proteina mleka imala znatno manji sadržaj ukupnog azota (0.0601%), što čini 46.37% ukupnih azotnih materija surutke kontrolnih sireva. Znatno manji sadržaj mlečne masti (0.08%) čini 33.33% mlečne masti surutke kontrolnih sireva. Takođe, ukupan sadržaj suve materije iznosio je 6.21%, što je za 3.72% manje u odnosu na suhu materiju surutke kontrolnih sireva.

Ogledni sirevi imali su 5.11% manji sadržaj suve materije nego kontrolni sirevi. Kod oglednih sireva sadržaj suve materije u proseku je iznosio 28.38%, a kod kontrolnih 33.49%. Teže izdvajanje vode kod oglednih sireva može se objasniti prirodom koagregata proteina mleka i postojanjem drugačije strukture sirnog testa oglednih sireva. Manji sadržaj mlečne masti u svojoj materiji oglednih sireva posledica je većeg učešća ukupnog azota u svojoj materiji sira, bez obzira na veće iskorišćenje mlečne masti.

Ključne reči: kazein, koagregati, serum proteini, surutka, sveži sir

Uvod

Pri tradicionalnoj proizvodnji svežih sireva 20-25% ukupnih azotnih materija mleka odlazi sa surutkom, što sa stanovišta proizvodnje sireva predstavlja čist gubitak. Zbog toga je problem većeg iskorišćenja proteina mleka pri izradi sireva uvek bio aktuelan i star koliko i sama proizvodnja sireva. Danas u sirarstvu postoji više načina i pravaca da se ovaj problem reši. Tehnološki su razrađeni postupci koji u celosti omogućavaju skoro potpuno iskorišćenje proteina mleka, kao što su reverzna osmoza, elektrodijaliza, gelifikacija, koagulacija toplotom, ultrafiltracija, itd. Svi ovi postupci zahtevaju skupu opremu uglavnom iz uvoza. Zbog toga se poslednjih godina dosta radilo na iznalazanju ekonomičnijih i jednostavnijih postupaka, čija bi se tehnologija zasnivala na korišćenju domaće opreme.

Jedan od jednostavnijih i ekonomičnijih tehnoloških postupaka većeg iskorišćenja proteina mleka predstavlja obrazovanje hemijskog kompleksa između kazeina i serum

¹ Izvorni naučni rad - Original scientific paper: Rad je finansiran od strane Ministarstva za nauku, tehnologije i razvoj R. Srbije za projekat BTN.7.1.3.0713.B

² Dr Ognjen Maćej, red. prof., Dr Snežana Jovanović, doc., dipl. inž. Sanja Seratlić, asistent pripravnik, Dr Miroljub Barać, doc., Poljoprivredni fakultet, Beograd

proteina (obrazovanje koagregata proteina mleka). Sam proces obrazovanja koagregata zahteva primenu visokih temperatura iznad 80°C (*Dorđević i sar., 1987, Jang i Swaisgood, 1990, Mottar i sar., 1989, Puđa i sar., 1995, Smits i van Brouwershaven, 1980, Elfagm i Wheelock, 1978a, Elfagm i Wheelock, 1978b, Euber i Brunner, 1982*).

Najveći broj autora smatra da se kompleks obrazuje između slobodne i reaktivne sulfhidrilne grupe prethodno denaturisanog β -laktoglobulina i disulfidne veze κ -kazeina (*Haqae i Kinsella, 1988, Kirchmeier i sar., 1985, Singh i Fox, 1987*). Sam proces je dvostepen. U prvoj fazi promene se dešavaju na serum proteinima bez učešća κ -kazeina, a u drugoj fazi dolazi do interakcije između serum proteina i κ -kazeina (*Elfagm i Wheelock, 1977*).

Na izradi sireva na bazi koagregata proteina mleka radili su *Marshall, 1986, Gosh i sar., 1999, Schafer i Olson, 1975, Benfeldt i sar., 1997, Maćej, 1983, 1989, 1992, Maćej i Jovanović, 2000, Maćej i sar., 1996, 2001, 2002, Jovanović, 1994, 2001, Jovanović i Maćej, 1999, Jovanović i sar., 1996, 2000*.

Svi autori su došli do zaključka da sirevi proizvedeni na bazi koagregata proteina mleka imaju znatno veći stepen iskorišćenja proteina mleka i veći randman, a iskorišćenjem serum proteina postiže se veća biološka vrednost sireva.

Materijal i merode rada

Sveži sir je izrađen kao:

- a) Kontrolni sir od mleka termički tretiranog na 65°C u toku 30 minuta;
- b) Ogledni sir od mleka termički tretiranog na 87°C u trajanju od 10 minuta, u kome su prethodno obrazovani koagregati proteina mleka.

U okviru ovih istraživanja izvršene su analize:

- 1) Mleka kao sirovine;
- 2) Surutke;
- 3) Svežeg sira kao gotovog proizvoda.

1) Izvršene su sledeće analize mleka:

- Određivanje sadržaja suve materije standardnom metodom sušenja na 102±1°C (*Carić i sar., 2000*);
- Određivanje sadržaja mlečne masti metodom po Gerber-u (*Carić i sar., 2000*);
- Određivanje sadržaja suve materije bez masti (SMBM) računskim putem;
- Određivanje sadržaja ukupnog azota metodom po Kjeldahl-u (*Carić i sar., 2000*);
- Određivanje sadržaja proteina računskim putem;
- Određivanje titracione kiselosti mleka metodom po Soxhlet-Henkel-u (*Carić i sar., 2000*);
- Određivanje pH vrednosti pomoću pH-metra sa kombinovanim elektrodom, model Sentron 1001;
- Određivanje relativne zapreminske mase pomoću laktodenzimetra (*Carić i sar., 2000*).

2) Izvršene analize surutke:

- Određivanje sadržaja suve materije standardnom metodom sušenja na $102\pm 1^{\circ}\text{C}$ (*Carić i sar., 2000*);
- Određivanje sadržaja mlečne masti metodom po Gerber-u (*Carić i sar., 2000*);
- Određivanje sadržaja ukupnog azota metodom po Kjeldahl-u (*Carić i sar., 2000*);

3) Analize svežeg sira:

- Određivanje sadržaja suve materije standardnom metodom sušenja na $102\pm 1^{\circ}\text{C}$ (*Carić i sar., 2000*);
- Određivanje sadržaja mlečne masti metodom po van Gulik-u (*Carić i sar., 2000*);
- Određivanje sadržaja mlečne masti u suvoj materiji sira (MuSM) računskim putem;
- Određivanje titracione kiselosti mleka metodom po Soxhlet-Henkel-u (*Carić i sar., 2000*);

Osnovne karakteristike serije dobijenih podataka za ispitivana obeležja prikazali smo preko srednjih vrednosti kao centralnih tendencija (X), a odstupanja pojedinačnih podataka u serijama od aritmetičke sredine odgovarajuće serije, kao i jačinu njihove grupisanosti oko srednje vrednosti prikazani su preko mera varijacije, odnosno standardne devijacije (Sd) i koeficijenta varijacije (Cv). Testiranje zavisnosti razlika između srednjih vrednosti izraženo je postavljanjem "nulte hipoteze" i primenom "t" testa.

Proces proizvodnje oglednih i kontrolnih sireva na bazi koagregata proteina mleka prikazan je u shemi 1.

Rezultati istraživanja

Važniji paramerti kvaliteta mleka

U tabeli 1. prikazani su osnovni parametri kvaliteta mleka koje je korišćeno kao sirovina za izradu svežih sireva.

Tabela 1. Važniji parametri kvaliteta mleka

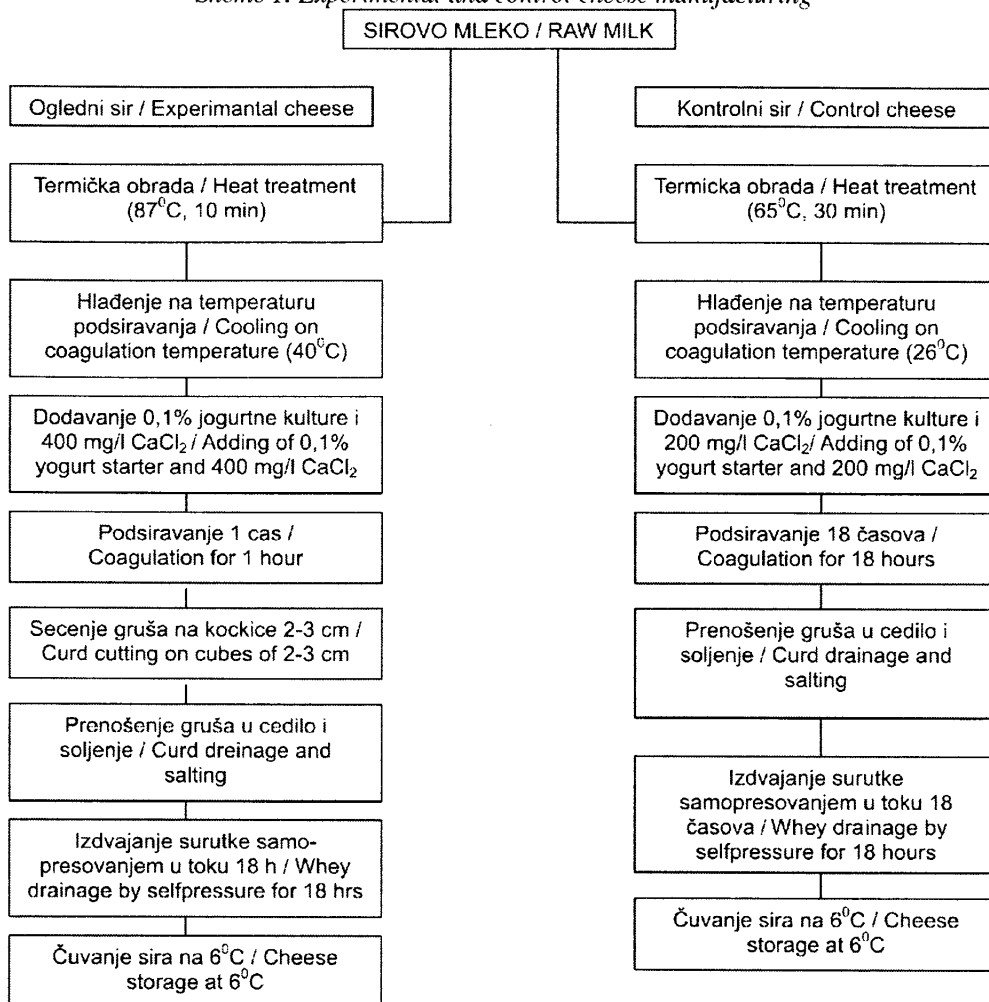
Table 1. Milk quality parameters

| Ispitivani parametri / | Statistički pokazatelji / Statistical parameters | | |
|----------------------------------|--|--------|--------|
| | X (n=6) | Sd | Cv (%) |
| Investigated parameters | | | |
| SM / TS (%) | 12.07 | 0.3244 | 2.69 |
| Mast / Fat (%) | 3.46 | 0.2050 | 5.92 |
| SMBM / TSNF | 8.61 | 0.1542 | 1.79 |
| Ukupni azot / Total nitrogen (%) | 0.492 | 0.0105 | 2.14 |
| Proteini / Proteins (%) | 3.20 | 0.0645 | 2.02 |
| pH | 6.55 | 0.0431 | 0.66 |
| gustina / density | 1.031 | 0.0006 | 0.06 |

Legenda / Legend:

SM – suva materija / TS – total solids; SMBM – suva materija bez masti / TSNF – total solids not fat

Shema 1. Proces proizvodnje oglednih i kontrolnih svežih sireva
Scheme 1. Experimental and control cheese manufacturing



Važniji paramerti kvaliteta surutke

Važniji parametri kvaliteta surutke kontrolnog i oglednog sira prikazani su u tabeli 2.

Tabela 2. Sastav surutke dobijene pri proizvodnji svežih sireva

Table 2. Composition of whey during fresh cheese production

| Ispitivani parametri / Investigation parameters | Statistički pokazatelji / Statistical parameters | | | | | | Ocena značajnosti razlika aritmetičkih sredina / Evaluation of significant differences of arithmetical means | |
|---|--|--------|--------|--|--------|--------|--|-------------|
| | Surutka kontrolnog sira / Control cheese whey | | | Surutka oglednog sira / Experimental cheese whey | | | $t_{\text{izr.}}$ | $X_1 - X_2$ |
| | X_1 (n=6) | Sd | Cv (%) | X_2 (n=6) | Sd | Cv (%) | | |
| SM / TS (%) | 6.45 | 0.1339 | 2.08 | 6.21 | 0.1454 | 2.34 | 2.715 | 0.24* |
| Mast / Fat (%) | 0.24 | 0.0343 | 14.32 | 0.08 | 0.0250 | 31.25 | 8.420 | 0.16** |
| Ukupni azot / Total nitrogen (%) | 0.1296 | 0.0028 | 2.20 | 0.0601 | 0.0025 | 4.17 | 40.871 | 0.0695** |

Legenda / Legend:

- SM – suva materija / TM – total solids
- Teorijske vrednosti “t” rasporeda odnose se na broj stepeni slobode ($df=10$) i iznose:
 $p < 0.05 = 2.228$; $p < 0.01 = 3.169$
- * $p < 0.05$;
- ** $p < 0.01$.

Iz rezultata istraživanja se može videti da su se surutke oglednih i kontrolnih sireva međusobno značajno razlikovale u pogledu sadržaja azotnih materija i mlečne masti, odnosno u pogledu sadržaja ukupne suve materije.

Kod surutke oglednih sireva, sadržaj azotnih materija bio je 2.16 puta manji nego kod surutke kontrolnih sireva. Sadržaj ukupnog azota u surutki kontrolnih sireva u proseku je iznosio 0.1296%, a kod oglednih sireva 0.0601%.

Takođe i sadržaj mlečne masti kod surutke oglednih sireva bio je za 0.16% manji nego kod surutke kontrolnih sireva. Surutka oglednih sireva je imala u proseku 0.08%, a surutka kontrolnih sireva 0.24 % mlečne masti.

Uopšteno se može reći da je ukupno iskorišćenje suve materije mleka bilo veće pri proizvodnji svežeg sira na bazi koagregata proteina mleka, o čemu svedoče i podaci koji se odnose na sadržaj suve materije u surutki.

Iz podataka tabele 2. se vidi da je sadržaj suve materije u surutki oglednih sireva bio manji nego u surutki kontrolnih sireva i u proseku je iznosio 6.21%. Kod kontrolnih sireva, sadržaj suve materije u surutki je u proseku iznosio 6.45%.

Da bismo dobili jasniju sliku o stepenu iskorišćenja suve materije mleka pri proizvodnji sireva na bazi koagregata proteina mleka (ogledni sir), označimo sa indeksom 100 u prvom slučaju sadržaj ukupnog azota, u drugom slučaju sadržaj mlečne masti i u trećem slučaju sadržaj suve materije u surutki kontrolnih sireva.

Indeksi za iste pokazatelje kod surutke oglednih sireva imali bi sledeće vrednosti: za ukupan azot 46.37%; za mlečnu mast 33.33%; a za suhu materiju 96.28%.

Na osnovu prethodno razmatranih rezultata istraživanja može se zaključiti da je surutka dobijena proizvodnjom svežeg sira na bazi koagregata proteina mleka imala:

- a) znatno manji sadržaj ukupnog azota (0.0601%), što čini 46.37% ukupnih azotnih materija surutke kontrolnih sireva;
- b) znatno manji sadržaj mlečne masti (0.08%), što čini 33.33% od sadržaja mlečne masti surutke kontrolnih sireva;
- c) manji sadržaj ukupne suve materije (6.21%), što čini 96.28% suve materije surutke kontrolnih sireva.

Važniji parametri kvaliteta svežeg sira

Kvalitet svežih sireva ocenjuje se kroz njihov hemijski sastav, mikrobiološke parametre kvaliteta i senzorne karakteristike. Svaki od ovih činioca kvaliteta podjednako su značajni u oceni kvaliteta svežih sireva.

Hemijski sastav svežeg sira usko je povezan sa hemijskim sastavom mleka i tehnološkim procesom proizvodnje sira.

Važniji parametri kvaliteta oglednih i kontrolnih sireva prikazani su u tabeli 3.

Iz podataka prikazanih u tabeli 3. može se videti da su se sirevi značajno razlikovali po sadržaju suve materije, mlečne masti i sadržaju mlečne masti u suvoj materiji. Ogledni sirevi imali su za 5.11% manje suve materije nego kontrolni sirevi. Kod oglednih sireva sadržaj suve materije u proseku je iznosio 28.38%, a kod kontrolnih 33.49%.

Iz ovoga proizilazi zaključak da su ogledni sirevi teže izdvajali vodu nego kontrolni sirevi. Objašnjenje bi trebalo tražiti u hemijskom sastavu i osobinama koagregata proteina, jer se oni sastoje iz kazeina i termički denaturisanih proteina mlečnog seruma. Teže izdvajanje vode iz oglednih sireva najverovatnije je posledica drugačije strukture simog testa, kao i promena nastalih u unutrašnjoj strukturi proteina mlečnog seruma i kazeina u manjoj meri, izazvanim delovanjem visokih temperatura termičke obrade mleka.

Tabela 3. Važniji parametri kvaliteta svežeg sira

Table 3. Fresh cheese quality parameters

| Ispitivani parametri / Investigation parameters | Statistički pokazatelji / Statistical parameters | | | | | | Ocena značajnosti razlika aritmetičkih sedina / Evaluation of significant differences of arithmetical means | |
|---|--|--------|--------|-----------------------------------|--------|--------|---|--------------------|
| | Kontrolni sir / Control cheese | | | Ogledni sir / Experimental cheese | | | $t_{iz.}$ | $X_1 - X_2$ |
| | X_1 (n=6) | Sd | Cv (%) | X_2 (n=6) | Sd | Cv (%) | | |
| SM / TS (%) | 33.49 | 0.7972 | 2.38 | 28.38 | 0.7498 | 2.64 | 10.44 | 5.11** |
| Mast / Fat (%) | 17.79 | 0.8468 | 4.76 | 14.22 | 0.4688 | 3.30 | 8.248 | 3.57** |
| MuSM / FTS (%) | 53.12 | 1.8752 | 3.53 | 50.11 | 0.8628 | 1.72 | 3.244 | 3.01** |
| Kiselost / Acidity (°SH) | 56.00 | 6.2182 | 11.10 | 52.27 | 4.5908 | 8.78 | 1.079 | 3.73 ^{NS} |

Legenda / Legend:

- SM – suva materija / TM – total solids; MuSM – mast u suvoj materiji / FTS – fat in total solids
- Teorijske vrednosti “t” rasporeda odnose se na broj stepeni slobode (df=10) i iznose:
 $p < 0.01 = 3.169$
- ** $p < 0.01$;
- ^{NS} Nije statistički značajno

Ogledni i kontrolni sirevi su se takođe razlikovali i po sadržaju mlečne masti i po sadržaju mlečne masti u suvoj materiji. Manji sadržaj mlečne masti u oglednim sirevima posledica je većeg sadržaja vode i boljeg iskorišćenja azotnih materija mleka. Manji sadržaj mlečne masti u suvoj materiji oglednih sireva posledica je većeg učešća azota u suvoj materiji sira, bez obzira na manji gubitak mlečne masti koji odlazi sa surutkom.

Ovakvi zaključci se mogu izvesti na osnovu rezultata istraživanja dobijenih za hemijski sastav surutke oglednih i kontrolnih sireva, kao i na osnovu rezultata istraživanja koja se odnose na stepen iskorišćenja azotnih materija iz mleka u kome su prethodno obrazovani koagregati proteina mleka (tabela 4).

Tabela 4. Uticaj režima termičke obrade na stepen iskorišćenja azotnih materija mleka
 Table 4. Heat treatment influence on nitrogen utilisation

| Ispitivani parametri / Investigation parameters | Statistički pokazatelji / Statistical parameters | | | Ocena značajnosti razlika aritmetičkih sedina / Evaluation of significant differences of arithmetical means | |
|--|---|--------|--------|---|-------------|
| | X (n=6) | Sd | Cv (%) | "t" izračunato | $X_1 - X_2$ |
| Stepen iskorišćenja azotnih materija kod sirovog mleka / Nitrogen utilisation in raw milk (n=6) | 79.90 | 1.7161 | 2.15 | 12.312 | 13.15** |
| Stepen iskorišćenja azotnih materija kod mleka termički tretiranog na 87°C. 10 min / Nitrogen utilisation in heated milk on 87°C, 10 min (n=6) | 93.05 | 1.5926 | 1.71 | | |

Teorijske vrednosti "t" rasporeda odnose se na broj stepeni slobode (df=10) i iznose:
 $p < 0.05 = 2.228$ i $p < 0.01 = 3.169$;

** $p < 0.01$;

Iz šematskog prikaza (shema 1.) izrade oglednog i kontrolnog sira mogu se uočiti sledeće razlike:

- mleko namenjeno za proizvodnju oglednog sira imalo je znatno oštiri režim termičke obrade (87°C u toku 10 minuta) u odnosu na mleko koje je korišćeno za izradu kontrolnog sira (65°C u toku 30 min);
- temperatura koagulacije, prilikom izrade oglednih sireva, bila je neuobičajeno visoka (40°C), naročito kad su u pitanju sveži sirevi kod kojih se podsiravanje mleka vrši obično na temperaturama između 22-26°C;
- mleku namenjenom za izradu oglednih sireva, pre podsiravanja se obavezno mora dodati 400 mg CaCl₂ na 1 litar, da bi se dobio čvršći gruš;
- kod izrade oglednih sireva vreme podsiravanja je bilo 18 puta kraće nego kod izrade kontrolnih sireva. Vreme podsiravanja mleka kod oglednih sireva iznosilo je 1 čas, a kod kontrolnih sireva 18 časova;
- za razliku od kontrolnog sira, formirani gruš oglednih sireva prethodno se seče na kockice veličine 2-3 cm i ostavlja da stoji 30 minuta na 40°C da zrna očvrstnu. Nakon toga se prebacuje u platneno cedilo.

Sve ostale operacije (samopresovanje, soljenje i čuvanje sira) bile su identične i za kontrolni i za ogledni sir.

Zaključak

Na osnovu dobijenih rezultata istraživanja mogu se izvesti sledeći zaključci:

- a) Mleko, u kom su prethodno obrazovani koagregati proteina mleka, može uspešno da se koristi u proizvodnji svežih sireva;
- b) Na taj način se iskoristi više od 50% ukupnih azotnih materija mleka i više od 60% mlečne masti iz surutke u odnosu na iste sireve dobijene na tradicionalan način, što neposredno utiče na veći randman i biološku vrednost sireva;
- c) Surutka oglednih sireva imala je 0.0601% ukupnog azota, što čini 46.37% ukupnih azotnih materija surutke;
- d) Sadržaj masti surutke oglednih sireva iznosio je 0.08%, odnosno 33.33% sadržaja masti surutke kontrolnih sireva. Manji sadržaj mlečne masti oglednih sireva posledica je većeg sadržaja vode i većeg iskorišćenja azotnih materija mleka;
- e) Manji sadržaj mlečne masti u suvoj materiji oglednih sireva posledica je većeg učešća azota u suvoj materiji sira, bez obzira na mali gubitak mlečne masti sa surutkom;
- f) Ogledni sirevi imali su 5.11% manje suve materije nego kontrolni sirevi. Teže izdvajanje vode kod oglednih sireva posledica je drugačije strukture sirnog testa, kao i promena nastalih u unutrašnjoj strukturi proteina surutke i kazeina, nastalih delovanjem visoke temperature termičke obrade mleka.

FRESH CHEESE PRODUCTION ON THE BASIS OF MILK-PROTEIN COAGGREGATES

O. Maćej, Snežana Jovanović, Sanja Seratlić, M. Barać

Summary

Two variants of fresh cheese were prepared: cheese prepared from milk heated at 65°C for 30 minutes (control samples) and those prepared from milk heated for 10 minutes at 85°C (experimental samples). Second method caused the protein coaggregates formation.

Results of these investigations suggested that the whey obtained during fresh cheese production from coaggregates had considerable lower total nitrogen content (0.0601%) and milk fat content (0.08%). These values represented 46.37% and 33.33% of the control samples, respectively. Also, dry matter of experimental whey samples was lower for 3.72% than in the whey of control samples.

The cheese prepared on the basis of coaggregates had for 5.11% lower total solids content than control samples. The average values of these and control samples were 28.38%

and 33.49% respectively. This may be due to protein coaggregates properties and the different structure of cheese curd.

Disregarding to the higher utilization of the milk fat, the lower milk fat content in total solids content of experimental cheese is the result of higher participation of total nitrogen.

Key words: casein, coaggregates, fresh cheese, whey, whey proteins.

Literatura

1. BENFELDT, C., SØRENSEN, J., ELLEGÅRD, K.H., PETERSEN, T.E. (1997): Heat treatment of cheese milk: effect on plasmin activity and proteolysis during cheese ripening. *Int. Dairy J.* 7 (11), 723-731.
2. CARIĆ, M., MILANOVIĆ, S., VUCELJA, D. (2000): Standardne metode analize mleka i mlečnih proizvoda. Prometej, Novi Sad.
3. ĐORĐEVIĆ, J., MAĆEJ, O., MILČIĆ, M. (1987): Uticaj termičke obrade na stepen iskorišćenja azotnih materija mleka. *Mljekarstvo* 37 (10), 305-309.
4. ELFAGM, A. A., WHEELOCK, J. V. (1977): Effect of heat on α -lactalbumin and β -lactoglobulin in bovine milk. *J. Dairy Res.* 44 (2), 367-371.
5. ELFAGM, A. A., WHEELOCK, J. V. (1978a): Interaction of bovine α -lactalbumin and β -lactoglobulin during heating. *J. Dairy Sci.* 61 (1), 28-32.
6. ELFAGM, A. A., WHEELOCK, J. V. (1978b): Heat interaction between α -lactalbumin, β -lactoglobulin and casein in bovine milk. *J. Dairy Sci.* 61 (2), 159-163.
7. EUBER, J.R., BRUNNER, J.R. (1982): Interaction of κ -casein with immobilized β -lactoglobulin. *J. Dairy Sci.* 65 (12), 2384-2387.
8. GOSH, B.C., STEFFL, A., HINRICHS, J., KESSLER, H.G. (1999): Effect of heat treatment and homogenization of milk on Camembert-type cheese. *Egyptian J. Dairy Sci.* 27, 331-343.
9. HAQUE, Z., KINSELLA, J.E. (1988): Interaction between heated κ -casein and β -lactoglobulin: predominance of hydrophobic interactions in the initial stages of complex formation. *J. Dairy Res.* 55 (1), 67-80.
10. JANG, D.H., SWAISGOOD, H.E. (1990): Disulfide bond formation between thermally denaturated β -lactoglobulin and κ -casein micelles. *J. Dairy Sci.* 73 (4), 900-904.
11. JOVANOVIĆ, S. (1994): Uticaj pojedinih faktora i tehnoloških operacija u proizvodnji kiselinskih sireva. Magistarski rad, Univerzitet, Banja Luka.
12. JOVANOVIĆ, S. (2001): Uticaj obrazovanja koagregata proteina mleka na veće iskorišćenje ukupnih proteina pri proizvodnji polutvrđih sireva. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu.
13. JOVANOVIĆ, S., MAĆEJ, O. (1999): Increasing milk protein utilization when complex between casein and whey proteins is formed. Book of abstracts 2nd Slovenian Congress "Milk and dairy products", Portorož, 46.
14. JOVANOVIĆ, S., MAĆEJ, O., MIKULJANAC, A. (1996): Primjena koagregata proteina mlijeka u proizvodnji mekih, polutvrđih i tvrdih sireva. Zbornik radova V Međunarodnog simpozijuma "Savremeni trendovi u proizvodnji mleka". Ur. Obrenović, S., Kopaonik, 94-100.

15. JOVANOVIĆ, S. T., STANIŠIĆ, M., MAČEJ, O. D. (2000): Specifičnosti proizvodnje kiselokoagulišućih sireva. *Acta periodica Technologica* 31, I-748, 109-115.
16. KIRCHMEIER, O., KAMAL, N.M., KLOSTERMEYER, H. (1985): Heat treatment of milk and development of SH-groups. II. *Milchwissenschaft* 40 (12), 722-723.
17. MAČEJ, O. (1983): Prilog proučavanju koprecipitata radi potpunijeg iskorišćavanja belančevina mleka. Magistarski rad, Univerzitet u Beogradu.
18. MAČEJ, O. (1989): Proučavanje mogućnosti izrade mekih sireva na bazi koagregata belančevina mleka. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu.
19. MAČEJ, O. (1992): Proizvodnja mekih sireva na bazi koagregata proteina mleka. Zbornik radova I Međunarodni simpozijum Savremeni trendovi u mlekarstvu. Ur. Mačej, O., Kopaonik, 54-59.
20. MAČEJ, O., JOVANOVIĆ, S., DENIN, J. (2001): Characteristics of camembert-type cheese ripening produced from milk in which complex between casein and whey protein is formed. *J. of Agricult. Sci.*, 46 (1), 57-69.
21. MAČEJ, O. D., JOVANOVIĆ, S. T. (2000): Obrazovanje kompleksa između kazeina i serum proteina u termički tretiranom mleku. *Acta periodica Technologica* 31, I-748, 83-93.
22. MAČEJ, O., JOVANOVIĆ, S., DENIN DJURDJEVIĆ, J. (2002): The influence of high temperatures on milk proteins. *Chem. ind.* 56 (3), 123-132.
23. MAČEJ, O., JOVANOVIĆ, S., MIKULJANAC, A., NIKETIĆ, G. (1996): Primena koprecipitata u proizvodnji kiselokoagulišućih sireva. Zbornik radova V Međunarodni simpozijum Savremeni trendovi u proizvodnji mleka. Ur. Obrenović, S., Kopaonik, 67-71.
24. MARSHALL, R. J. (1986): Increasing cheese yields by high heat treatment of milk. *J. Dairy Res.* 53, 313-322.
25. 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.* 72 (9), 2247-2256.
26. PUĐA, P., MAČEJ, O., JOVANOVIĆ, S., MILČIĆ, M., MIKULJANAC, A. (1995): Iskorišćenje proteina mlečnog seruma u proizvodnji sireva primenom visokih temperatura. Monografija "Osnovna istraživanja u prehrambenoj tehnologiji", Ur. Radovanović, R. M. Beograd, 192-215.
27. SCHAFER, H.W., OLSON, N.F. (1975): Characteristics of Mozzarella cheese made by direct acidification from ultra-high-temperature processed milk. *J. Dairy Sci.* 58 (4), 494-501.
28. SINGH, H., FOX, P.F. (1987): Heat stability of milk: influence of modifying sulphhydryl-disulphide interactions on the heat coagulation time-pH profile. *J. Dairy Res.* 54 (3), 347-359.
29. SMITS, P., VAN BROUWERSHAVEN, J.H. (1980): Heat-induced association of β -lactoglobulin and casein micelles. *J. Dairy Res.* 47 (3), 313-325.