

## Dinamika rastvorljivih azotnih materija i slobodnih aminokiselina u toku zrenja somborskog sira

### Dynamics of Soluble Nitrogen and Free Aminoacids During Ripening of Sombor Cheese

Dr. Dušica PETROVIĆ, dr. Jovan ĐORĐEVIĆ, dr. Dragoslava MIŠIĆ,  
Poljoprivredni fakultet, Zemun

Izvorni znanstveni rad — Original Scientific Paper  
Prispjelo: 15. 1. 1988.

UDK: 637.35.045

#### Sažetak

*Da bi se ustanovile karakteristike zrenja somborskog sira proučavala se tokom zrenja dinamika ukupnih i rastvorljivih azotnih materija i slobodnih aminokiselina. Rezultati pokazuju da somborski sir postiže komercijalnu zrelost s 20 do 30 dana, s koeficijentom zrelosti od 23,66 do 24,76. Tokom zrenja ustanovljeno je 16 slobodnih aminokiselina čija količina u siru na kraju zrenja iznosi 311,33 mg<sup>0</sup>/. Po osobinama i karakteristikama zrenja, somborski se sir nalazi na prelazu između mekih i polutvrdih sireva i najbliži je trapistu.*

#### Summary

*Investigation of the dynamics of total and soluble nitrogen and of individual free aminoacids were carried out in order to obtain ripening characteristics of Sombor cheese. The obtained data show that this kind of cheese achieves the commercial ripeness at the age of 20 to 30 days, with a ripening coefficient of 23.66 to 24.76. 16 free aminoacids were established and they amounted for 311.33 mg<sup>0</sup>/ at the end of ripening. According to the ripening characteristics, Sombor cheese is taking place between the soft and semihard cheese and is similar to trapist cheese.*

#### Uvod

U nizu promena koje se dešavaju za vreme zrenja sireva, transformacije belančevina i njihovih produkata razlaganja smatraju se najkarakterističnijim biohemijskim procesima. Stoga se pod zrenjem sireva u užem smislu podrazumevaju promene koje se dešavaju na belančevinama sira.

Prema istraživanjima Van Slyke i Price (1952), Peterson et al. (1943), na obim proteolize u toku zrenja sireva utiče veći broj faktora: količina dodatog sirila, temperatura u toku zrenja i dužina zrenja, sadržaj vode u siru, aktivnost mikroorganizama, količina soli i drugo. Budući da su ranogi od tih činilaca usko vezani uz procese izrade sireva, i tehnologija jednog sira bitno utiče na intenzitet razgradnje belančevina. S obzirom da sirevi zriju pri različitim uslovima, pojedine vrste sireva se razlikuju po obimu proteolize i po drugim karakteristikama zrenja. U literaturi se nalaze

brojni podaci o produktima razgradnje belančevina i karakteristikama zrenja raznih vrsta sireva, u kategorijama tvrdih, polutvrdih i mekih sireva. Od domaćih vrsta sireva u nas se detaljnije proučavao kačkavalj (Đorđević, 1960; Stefanović 1961; Đorđević i sar., 1965), beli sir u kriškama (Pejić i sar, 1954; Živković, 1964; Miočinović, 1984), novosadski sir (Todorčić, 1976) i drugi sirevi. Međutim, somborski sir, iako interesantan po svojoj tehnologiji, načinu oblikovanja, pakovanja i zrenja, nije se do sada sistematski proučavao.

Od mnogih produkata razlaganja belančevina za zrenje sireva i njihove organoleptičke osobine naročito su značajna azotna jedinjenja rastvorljiva u vodi, jer utiču na osobine testa sira, njegovu aromu i ukus. Na osnovu količine rastvorljivih azotnih materija sudi se o intenzitetu razlaganja belančevina i zrelosti sireva, a potpunije sagledavanje tih procesa izražava se procentualnim odnosom rastvorljivog azota u ukupnom, odnosno koeficijentom zrelosti (Ducleaux, prema Đorđeviću, 1960).

U toku zrenja sireva, aktivnošću fermenta povećava se količina slobodnih aminokiselina. Njihovo nastajanje različito je od vrste do vrste sira. Razlike u nakupljanju i sastavu slobodnih aminokiselina značajne su za organoleptičke i druge osobine sireva, zbog čega su ta istraživanja od posebnog značaja.

U radu je dato težište proučavanju zrenja somborskog sira kroz dinamiku rastvorljivih azotnih materija i kvalitativnom i kvantitativnom određivanju slobodnih aminokiselina. U poređenju s drugim sirevima, taj se sir po konzistenciji i drugim osobinama nalazi na prelazu između mekih i polutvrdih sireva.

### Materijal i metode rada

Za izradu somborskog sira korišćeno je pasterizovano mleko standardizovano na 3,2% masti. Sir je proizveden u više ponavljanja u eksperimentalnoj mlekari Zavoda za mljekarstvo Poljoprivrednog fakulteta, po tehnološkom postupku koji navodi Pejić (1956). U toku prvih 15 dana sir je zrio na temperaturi od 18 °C pri relativnoj vlažnosti od 85%, a u toku sledećih 15 dana na temperaturi od 15 °C.

Sir se pratio u toku zrenja, 1., 10., 20. i 30. dana. Promene belančevina date su kroz dinamiku ukupnog i rastvorljivog azota, i kroz dinamiku slobodnih aminokiselina. Ukupni azot odredio se metodom po Kjeldahlu, a rastvorljive azotne materije izdvojene su po Van Slykeu i određene po Kjeldahlu (Pejić, Đorđević, 1962). Slobodne aminokiseline određene su na automatskom aminoanalizatoru iz vodenog ekstrakta rastvorljivih azotnih materija sira pripremljenog za analizu po metodi Melachouris i Tuckey (1964).

Od drugih važnih pokazatelja zrenja određeni su titraciona i aktivna kiselost i dinamika sadržaja vode odnosno suve materije u siru.

### Rezultati istraživanja i diskusija

Za upoznavanje karakteristika zrenja somborskog sira važno je bilo, pored promena koje se dešavaju na belančevinama, ustanoviti i pokazatelje

kao što su dinamika kiselosti i dinamika vode odnosno suve materije, jer ti parametri bitno utiču na biohemijske procese u toku zrenja i na odlike sireva. Osim toga, da bi se dobila realna slika o promenama azotnih materija, ukupne azotne materije obično se preračunavaju na sadržaj suve materije sira, a azotne materije rastvorljive u vodi u vodenj fazi sira.

Podaci o titracionj i aktivnoj kiselosti, o sadržaju vode i suve materije u toku zrenja somborskog sira prikazani su u tablici 1.

**Tablica 1. Kiselost, pH, sadržaj vode i suve materije u toku zrenja somborskog sira**  
**Table 1. Acidity, pH, Water and the Total Solids Content During Sombor Cheese Ripening**

Dani zrenja Days of Ripening	Kiselost (°T) Acidity (°T)	pH	Voda % Water %	Suva mat. % T.S. %
1	220	5,63	55,07	44,93
10	220,25	5,35	47,59	52,41
20	233	5,30	47,25	52,75
30	241	5,41	45,75	54,25

Podaci pokazuju da se titraciona kiselost povećava najviše u prvim danima zrenja, pa do 10. dana, u vremenu kad su intenzivne transformacije mlečnog šećera. Kasnije kiselost stalno, ali sporije raste, da bi na kraju zrenja iznosila 241 °T. Kretanje aktivne kiselosti do 20. dana zrenja ima sličan tok kao kod titracione kiselosti, s malim odstupanjem između 20. i 30. dana.

Upoređujući kiselost somborskog sira s podacima za meke i polutvrde sireve, proizilazi da se somborski sir odlikuje manjom kiselošću od belog sira u kriškama (Živković, 1964; Miočinović, 1984), a nešto je kiseliji od nekih polutvrdih sireva (Stefanović, 1977; Todorčić, 1976).

Dinamika sadržaja vode pokazuje da u toku zrenja u somborskom siru dolazi do izvesnog gubljenja vode na račun povećanja suve materije. Najviše se vode gubi u prvim danima zrenja, a ukupni gubitak vode iznosi 9,32%. Posle 30 dana zrenja somborski sir ima 45,75% vode i 54,25% suve materije i u tome je najslabiji trapistu.

Za sagledavanje promena koje se dešavaju na belančevinama somborskog sira u toku njegovog zrenja, u tablici 2 se navode podaci o količinama ukupnog i rastvorljivog azota kao i koeficijent zrelosti sira.

Iz podataka se vidi da se tokom zrenja povećava količina ukupnog azota u siru. Povećanje je samo prividno, jer do njega dolazi usled koncentrisanja suve materije u siru. Međutim, ako se podaci preračunaju na suhu materiju sira (tab. 1), vidi se da se u toku zrenja smanjuje ukupni azot za 3,80%. Do smanjenja ukupnog azota dolazi usled izvesnog gubitka azotnih materija u obliku amonijaka, kao krajnjeg produkta razlaganja belančevina. Osim toga, i koncentrisanje natrijum hlorida u toku zrenja može da bude razlog smanjenju ukupnog azota u suvoj materiji sira.

**Tablica 2. Promene sadržaja ukupnog i rastvorljivog azota i koeficijenta zrelosti somborskog sira****Table 2. Changes of Total and Soluble Nitrogen Content and Ripening Coefficient of Sombor Cheese**

Dani zrenja Days of Ripening	Ukupni N (‰) Total N (‰)	Rastvorljivi N (‰) Soluble N (‰)	Koef. zrelosti Repening Coefficient
1	2,828	0,2660	9,41
10	3,218	0,6318	21,19
20	3,207	0,7588	23,66
30	3,285	0,8734	24,76

U toku zrenja povećava se sadržaj rastvorljivog azota u siru i rastvorljivog azota izraženog u vodenoj fazi sira. Porast rastvorljivog azota intenzivan je u početnom periodu zrenja, što se povezuje s uticajem više faktora. U tom periodu sirevi su imali najveći sadržaj vode, koja je bitan činilac za biohemijske procese. Tada je kiselost najviše rasla i povoljno uticala na nastajanje rastvorljivih azotnih materija. U ranijem periodu sirevi su zreli na višim temperaturama i porast rastvorljivih azotnih materija je bio veći nego kasnije, kada su sirevi stavljeni na niže temperature. Iz dinamike rastvorljivog azota vidi se da je ukupno povećanje tog dela azota u siru iznosilo 0,5074‰.

Izražavanjem rastvorljivih azotnih materija u obliku koeficijenta zrelosti eliminiše se uticaj promena sadržaja vode i suve materije u sirevima na kretanje rastvorljivih azotnih materija i dobijaju realni podaci o obimu razgradnje belančevina koji moraju da se uporede s podacima dobijenim za druge sireve.

Iz podataka se vidi da se u toku zrenja povećava koeficijent zrelosti somborskog sira. Shodno nastajanju rastvorljivih azotnih materija, njegovo je povećanje najveće do 10. dana zrenja. Posle 20. dana zrenja koeficijent zrelosti dostiže vrednost od 23,66, a nešto je veći 30. dana, kada iznosi 24,76.

Ako se upoređuju podaci za različite vrste sireva, oni pokazuju da se koeficijenti zrelosti razlikuju po vrstama, s time što različiti sirevi postižu zrelost u različitom vremenu. Međutim, izvesna variranja mogu da se javljaju i u okviru iste vrste. Uzimajući u obzir dužinu zrenja, dinamiku rastvorljivih azotnih materija i veličinu koeficijenta zrelosti, somborski sir bi, po karakteristikama zrenja, bio najsličniji trapistu.

Promene belančevina u toku zrenja sireva karakteriše različiti stepen njihove razgradnje, pri čemu nastaju slobodne aminokiseline. Nastanje aminokiselina razlikuje se i kod iste vrste sira; njihova zastupljenost i količina ne predstavljaju konstantne vrednosti, već se menjaju i zavise od brojnih faktora u toku izrade i zrenja sira.

Količina i sastav slobodnih aminokiselina u toku zrenja somborskog sira prikazani su u tablici 3; njihova dinamika izražena u procentima od ukupne sume slobodnih aminokiselina (SAK) prikazana je u tablici 4.

**Tablica 3. Količina slobodnih aminokiselina u toku zrenja somborskog sira (mg/100 g)**  
**Table 3. Free Aminoacids Content During Sombor Cheese Ripening mg/100 g)**

Aminokiseline Aminoacids	Dani zrenja Days of Ripening			
	1	10	20	30
Lizin	8,84	18,10	22,73	29,52
Histidin	4,82	5,02	6,65	6,93
Arginin	7,02	13,02	19,12	26,98
Asparaginska kis.	4,50	7,68	7,47	7,17
Treonin	7,95	17,25	24,53	39,95
Serin	5,88	11,82	12,38	18,72
Glutaminska kis.	9,98	20,20	25,50	36,05
Prolin	9,18	9,00	9,10	9,97
Glicin	4,95	3,77	3,78	4,15
Alanin	6,20	6,45	6,70	7,97
Valin	5,50	11,25	14,27	16,25
Metionin	2,30	3,88	7,83	11,58
Izoleucin	2,20	3,90	5,85	5,93
Leucin	4,68	20,23	30,85	46,48
Tirozin	6,10	9,73	11,50	12,65
Fenilalanin	9,45	19,55	24,12	31,03
Ukupno	99,55	181,35	232,38	311,33

**Tablica 4. Dinamika slobodnih aminokiselina u toku zrenja somborskog sira — SAK (‰)**

**Table 4. Dynamics of Free Aminoacids During of Sombor Cheese Ripening — FAC (‰)**

Aminokiseline Aminoacids	Dani zrenja Days of Ripening			
	1	10	20	30
Lizin	8,88	10,26	9,78	9,48
Histidin	4,84	2,77	2,86	2,23
Arginin	7,05	7,18	8,23	8,67
Asparaginska kis.	4,52	4,23	3,21	2,30
Treonin	7,99	9,51	10,56	12,83
Serin	5,91	6,52	5,33	6,01
Glutaminska kis.	10,03	11,14	10,97	11,58
Prolin	9,22	4,96	3,92	3,20
Glicin	4,97	2,08	1,63	1,33
Alanin	6,23	3,56	2,88	2,56
Valin	5,52	6,20	6,14	5,22
Metionin	2,31	2,14	3,37	3,72
Izoleucin	2,21	2,15	2,52	1,90
Leucin	4,70	11,15	13,27	14,93
Tirozin	6,13	5,37	4,95	4,06
Fenilalanin	9,49	10,78	10,38	9,97

Na početku zrenja ustanovljeno je 16 slobodnih aminokiselina koje se pojavljuju do kraja proučavanog perioda. Po završetku izrade najmanje su zastupljene slobodne aminokiseline metionin i izoleucin. Više ima histidina,

asparaginske kiseline, glicina i leucina, više od njih arginina, treonina, alana, valina, tirozina, a najviše su zastupljene lizin, glutaminska kiselina, prolin i fenilalanin. Prvog dana istraživanja ukupna količina slobodnih aminokiselina iznosila je 99,55 mg na 100 g sira.

U toku zrenja povećavaju se količine slobodnih aminokiselina. Kod nekih aminokiselina povećanje je veoma izraženo (lizin, arginin, treonin, serin, glutaminska kiselina, valin, leucin, fenilalanin), kod nekih neujednačeno (asparaginska kiselina, prolin), a izuzetno dolazi do smanjenja količina (glicin).

Na kraju zrenja ukupna količina slobodnih aminokiselina iznosila je 311,33 mg/100 g sira, što je triputno više u odnosu na prvi dan zrenja. Analizom rezultata može se uočiti da je porast slobodnih aminokiselina bio intenzivan između 1. i 10. dana zrenja, zatim između 20. i 30. dana, a slabiji između 10. i 20. dana.

O dinamici slobodnih aminokiselina dobija se kompleksna slika ako se podaci razmatraju povezano s pojedinačnim učešćem aminokiselina u sumi slobodnih aminokiselina (SAK).

Kod zrelih sireva najviše je zastupljen leucin kojeg u siru ima 46,48 mg/100 g ili 14,93% od SAK-a; na treonin otpada 39,95 mg ili 12,83%, glutaminske kiseline ima 36,05 mg ili 11,58%, itd. U toku zrenja karakteristično je povećanje treonina, a u suprotnom smislu prolina, čije je učešće u stalnom opadanju, takođe alanina i glicina. Važno je zapaziti da se za sve vreme zrenja pojavljuju tirozin i fenilalanin, koje kao aromatične aminokiseline doprinose aromi somborskog sira. Fenilalanin zauzima čak visoko mjesto, po učešću je treća i četvrta u toku zrenja.

Testirajući više vrsta sireva Dilanjan i sar. (1961), Čebotarev i sar. (1959) su ustanovili povećanje slobodnih aminokiselina u toku zrenja svih sireva, a pri tome i znatne razlike u količinama među pojedinim vrstama. Najveću količinu ukupnih slobodnih aminokiselina imao je švajcarski sir posle 6 meseci zrenja (2887,74 mg%), holandski posle 2 meseca zrenja (1414 mg%), a najmanju količinu imao je dorogobužki posle 2 meseca zrenja (237,38 mg%). Prema istraživanjima Todorić (1976) kod novosadskog sira količine su se kretale u granicama od 272,78 mg% do 290,79 mg%, a Miletić (1966) je u zreлом trapistu odredila količinu od 44,638 mg%. Podaci pokazuju da se po nastajanju slobodnih aminokiselina značajno razlikuju tvrdi i polutvrdi sirevi, i s tog stanovišta somborski je sir najslbližnji grupi sireva edamskog tipa (edamski, trapist, novosadski sir).

### Zaključak

Na osnovu testiranja promena belančevina u toku zrenja, somborski sir se odlikuje sledećim karakteristikama zrenja:

U toku zrenja povećavaju se količine rastvorljivih azotnih materija u siru i u vodenj fazi sira. Njihovo nastajanje intenzivno je u toku prvih 10 dana zbog većeg sadržaja vode u siru, intenzivnog porasta kiselosti i viših temperatura u početku zrenja.

Somborski sir postiže zrelost za relativno kratko vreme, između 20. i 30. dana, i ima koeficijent zrelosti 23,66 do 24,76.

Tokom zrenja ustanovljeno je 16 slobodnih aminokiselina, čija količina u siru na kraju zrenja iznosi 311,33 mg<sup>0/0</sup>. Na kraju zrenja od slobodnih aminokiselina najviše su zastupljene leucin, treonin, glutaminska kiselina, fenilalanin, a najmanje ima histidina, asparaginske kiseline, prolina. Karakteristično je stalno prisustvo tirozina i fenilalanina, koji kao aromatične aminokiseline doprinose aromi somborskog sira.

Prema dužini zrenja, dinamici rastvorljivih azotnih materija, koeficijentu zrelosti i količini slobodnih aminokiselina, somborski sir bi se, po karakteristikama zrenja, nalazio na prelazu između mekih i polutvrđih sireva i bio bi najbliži trapistu.

### Literatura

- ČEBOTAREV, A. J., ELGCOVA, M. B. (1959): Sostav i izmjenenie kompleksa aminokislot v processe sozrevanije sirja. XV Meždunarodnii kongres po moločnomu delu, Moskva.
- DILANJAN, Z. H., AGABABJIN, A. A., IOANISJAN, T. A. (1961): Elektroforetičeskoe i hromatografičeskoe issledovanie processa sozrevanija šveicarskogo sirja. XVII Meždunarodnii kongres po moločnomu delu, Moskva.
- ĐORĐEVIĆ, J. (1960): Promene belančevina u toku zrenja sira kačkavalja. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet, Zemun.
- MELACHOURIS, N. P., TUCKEY, S. L. (1964): Composition of the Proteolysis Produced by Rennet Extract and the Pepsin Preparation Metraclot During Ripening of Cheddar Cheese. *J. Dairy Sci.*, **47**, 1—7.
- MILETIĆ, S. (1966): Slobodne aminokiseline u procesu zrenja našeg sira trapista. *Polj. znanstvena smotra*, **22**, (6) 1—5. Polj. fak., Zagreb.
- MIOČINOVIĆ, D. (1984): Uticaj povećanja suve materije mleka dodatkom obranog mleka u prahu na kvalitet i randman belog sira. Magistarski rad, Poljoprivredni fakultet, Zemun.
- MIOČINOVIĆ, D. (1986): Uticaj dodavanja obranog mleka u prahu na promene azotnih materija tokom zrenja belog sira. *Mljekarstvo* **36** (9) 267—272.
- PEJIĆ, O., ĐORĐEVIĆ, J. (1962): Mlekarski praktikum. Zavod za udžbenike Srbije, Beograd.
- PEJIĆ, O., ŽIVKOVIĆ, Ž. (1954): O nekim tehnološkim procesima belog mekog sira. Prehrambena industrija, VII, 4.
- PEJIĆ, O. (1956): Mljekarstvo, II deo, Beograd.
- PETROVIĆ, D. (1986): Uticaj tehnološkog procesa proizvodnje na zrenje somborskog sira. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Zemun.
- PETERSON, M. H., JONSON, M. J. (1943): Learning Behavior of Anzymes in Ripening Cheese. *Rep.wisc.agr.exp.sta.bull.* **461**, 39—40.
- STEFANOVIĆ, R. (1961): Uticaj kiselosti i temperature zrenja na neke hemijske i fizičke promene sirne grude u izradi kačkavalja. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet, Zemun.
- STEFANOVIĆ, R., ĐORĐEVIĆ, J., PETROVIĆ, D., MIŠIĆ, D. (1977): Uticaj temperature dogrevanja zrna na tok zrenja trapista. VI Jug. Međunarodni simpoz., Portorož.
- TODORIĆ, R.: Uticaj plastičnog premaza na promene belančevina novosadskog sira u toku zrenja. Magistarski rad. Tehnološki fakultet Novi Sad, 1976.
- VAN SLYKE, L. L., PRICE, W. V. (1952): Cheese. Orange Judd Publishing Co. New York.
- VUJIĆIĆ, I. (1975): Neke hemijske i fizičke osobine jugoslovenskog trapista. *Mljekarstvo* **25**, 194—202.
- ŽIVKOVIĆ, Ž. (1964): Dinamika azotnih materija u toku zrenja belog mekog sira. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet, Zemun.