

UDK: 637.3(637.147)

SIREVI SA SMANJENIM SADRŽAJEM MASTI

PREDRAG PUĐA, JELENA ĐEROVSKI¹

IZVOD: Sirevi sa smanjenim sadržajem masti se najčešće karakterišu kao sirevi sa manje prihvatljivom teksturom, slabo izraženim i netipičnim ukusom i mirisom i slabim funkcionalnim osobinama. Prevažilaženje navedenih problema u proizvodnji sireva sa smanjenim sadržajem masti se zasniva na modifikaciji tehnološkog postupka proizvodnje, upotrebi odgovarajućih starter kultura i aditiva, kao zamenjivača mlečne masti.

Ključne reči: *sirevi sa smanjenim sadržajem masti, aroma, tekstura, starter kulture, zamenjivači masti*

UVOD

Industrija mleka u svetu već duže vreme ulaže napore za proširenje asortimana i plasmana mlečnih proizvoda zasnovanih na željama i zahtevima potrošača. S tim u vezi, značajna kategorija proizvoda na osnovu istraživanja tržišta čine proizvodi izraženog zdravstvenog i dijetetsko nutritivnog aspekta koji uključuju obogaćene i dijetalne proizvode, proizvode sa probiotskim efektima i proizvode organske poljoprivrede (Puđa i sar., 2004)

Mlečni proizvodi sa niskim sadržajem masti u koje ubrajamo i sireve sa smanjenim sadržajem masti su poslednjih godina veoma popularna grupa proizvoda sa stalnim trendom porasta potražnje i potrošnje, posebno u razvijenim zemljama sveta.

Najveće tržište sireva sa smanjenim sadržajem masti su Sjedinjene Američke Države gde ovi sirevi u 1998. godini obuhvataju oko 20% celokupne prodaje sireva (Mistry, 2001). Suprotno tome, tržište ovih sireva u Evropi je još uvek malo i slabo razvijeno. U Velikoj Britaniji, iako je stopa rasta veća za niskomasne sireve u odnosu na punomasne sireve, njihova potrošnja je još uvek na veoma niskom nivou i čini svega 8% od ukupne potrošnje sireva (Banks, 2004). U Mediteranskom pojasu i zemljama kao što su Francuska, Italija i Španija, tradicionalan način ishrane ima veoma jak uticaj na tržište sireva, te stoga zahtevi za specifičnim i autohtonim proizvodima su znatno izraženiji u odnosu na potražnju sireva sa smanjenim sadržajem masti (Banks, 2004). U našoj zemlji, tržište

Pregledni rad / *Review paper*

¹ Prof. dr Predrag Puđa, vanredni profesor, e-mail: pudja@agrifaculty.bg.ac.yu; Mr Jelena Đerovski, asistent, e-mail: jelenadjerovski@agrifaculty.bg.ac.yu; Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Nemanjina 6, 11080 Beograd.

mlečnih proizvoda u veoma ograničenoj količini uključuje sireve sa smanjenim sadržajem masti, prvenstveno sireve iz uvoza. Domaća industrija mleka u svom asortimanu još uvek nema ovu grupu sireva, ali smatramo da će u bliskoj budućnosti zahtevi potrošača inicirati proizvodnju i veće prisustvo ovih sireva na domaćem tržištu (Puđa, 2000).

Mlečna mast je značajna sa nutritivnog aspekta, ali u velikoj meri doprinosi formiranju specifičnih senzornih i funkcionalnih karakteristika sireva. Sirevi sa smanjenim sadržajem masti, posebno tvrdi i polutvrđi sirevi sa zrenjem, poseduju često atipičnu teksturu, nedovoljno izražen ukus i miris, gorak ukus i sl.

Prva generacija niskomasnih sireva se odlikovala brojnim nedostacima koji su se reflektovali na usporeni rast potražnje i potrošnje ovih proizvoda.

Poslednjih desetak godina industrija mleka i naučne institucije ulažu velike napore kako bi prevazišli probleme koji se javljaju usled smanjenja sadržaja masti u siru. Shodno tome, brojna istraživanja su vršena na različitim vrstama sireva, kao što su čedar (Banks i sar., 1989, Metzger i Mistry, 1994, 1995, Mistry i sar., 1996, Guinee i sar., 1998, 2000, Fenelon i sar., 2000, Fenelon i Guinee, 2000, Anderson i sar., 2003, Nelson i Barabano, 2004), mocarela (Fife i sar., 1996, McMahon i sar., 1996, Rudan i sar., 1998, 1999, Poduval i Mistry, 1999, Dave i sar., 2003), feta (Katsiari i Voutsinas, 1994a, Michaelidou i sar., 2003a), beli sir u salamuri (Romeih i sar., 2002, Madadlou i sar., 2007), kefalograviera (Katsiari i Voutsinas, 1994b, Michaleidou i sar., 2003b, Kondyli i sar., 2003), edam (Tungjaroenchai i sar., 2001) danbo (Madsen i Ardo, 2001), havarti (Lo i Bastian, 1998), ras (Kebary i sar., 1999) i dr. što je doprinelo da se dobije proizvod prihvatljivih i željenih karakteristika. Ipak, danas, najveći komercijalni značaj imaju meki, kiselo koagulišući sirevi sa smanjenim sadržajem masti (kvark, kotidž) koji su već u velikoj meri prihvaćeni od strane velikog broja potrošača.

Karakteristike sireva sa smanjenim sadržajem masti

Sirevi se prema važećem Pravilniku klasifikuju prema sadržaju masti u svojoj materiji, što je u saglasnosti sa "Codex general standard A-6" koji važi za zemlje Evropske Unije. U USA je prema "Code of Federal Regulations 21, 101.62" definisana preciznija klasifikacija sireva u zavisnosti od sadržaja masti (bez masti (*eng. fat free*), niskomasni (*eng. low fat*), "light" i proizvodi sa smanjenim sadržajem masti (*eng. light*) sa min. 50% smanjenja sadržaja masti ili *reduced/less* sa min. 25% smanjenja sadržaja masti).

Međutim, danas ne postoji adekvatan standard koji propisuje granične vrednosti za ostale parametre sireva sa smanjenim sadržajem masti, kao npr. sadržaj vode, što je uobičajeno za sireve koji se proizvode tradicionalnim postupkom.

Sastav sireva sa smanjenim sadržajem masti

Smanjenje sadržaja masti u mleku i siru rezultuje u izmenjenom odnosu pojedinih komponenti hemijskog sastava sireva sa smanjenim sadržajem masti u odnosu na istu vrstu sira sa višim odnosno uobičajenim sadržajem masti.

Generalno, sirevi sa smanjenim sadržajem masti imaju veći sadržaj vode i proteina, nešto manji sadržaj vode u bezmasnoj materiji sira (VBMS), manji sadržaj masti u svojoj materiji sira i soli u vodenoj fazi sira u odnosu na istu vrstu punomasnih sireva (tabela 1.). Ipak, u pojedinim slučajevima postoje izvesna odstupanja kao npr. feta sa smanjenim

sadržajem masti ima viši sadržaj S/VF u odnosu na punomasni feta sir (Katsiari i Voutsinas, 1994, Michaleidou i sar., 2003a). Razlika u sastavu sireva sa različitim sadržajem masti (niskomasnih i punomasnih) se značajno reflektuje na senzorne i funkcionalne karakteristike sireva.

Visok sadržaj proteina i nizak sadržaj masti u suvoj materiji sira sa smanjenim sadržajem masti doprinosi da ovi sirevi imaju izrazito čvrstu i nepodesnu teksturu proteinskog matriksa. Usled toga, proizvodnja sireva sa smanjenim sadržajem masti treba da ima za cilj zadržavanje veće količine vode, odnosno ostvarivanje sadržaja VBMS bliskog istom kod sireva sa većim sadržajem masti, a sve sa ciljem poboljšanja teksturalnih osobina sira.

Tabela 1. Hemijski sastav različitih vrsta punomasnih sireva i sireva sa smanjenim sadržajem masti

Table 1. The chemical composition (M, MFFB, MF, FDM, TP and S/M) of reduced and full fat cheeses

Vrsta sira <i>Type of cheese</i>	*	Voda <i>Moist.</i> (%)	VBMS <i>MFFB</i> (%)	MM <i>MF</i> (%)	MuSM <i>FDM</i> (%)	UP <i>TP</i> (%)	S/VF <i>S/M</i> (%)	Referenca <i>References</i>
Čedar <i>Cheddar</i>	1	37.77	53.97	30.04	48.0	26.41	4.96	Guinee i sar. (2000)
	2	40.94	52.39	21.87	36.33	31.04	4.81	
	3	43.00	51.92	17.17	30.33	33.33	4.43	
	4	46.06	49.60	7.15	13.00	38.48	3.98	
Mocarela <i>Mozzarella</i>	1	43.19	58.94	26.73	47.06	24.92	3.62	Rudan i sar. (1999)
	2	48.34	57.88	16.48	31.90	29.02	3.31	
	3	51.01	56.31	9.41	19.20	32.85	3.34	
	4	53.19	55.47	4.10	8.77	35.54	3.18	
Edam	1	39.11	55.91	30.06	49.37	41.69	–	Tungjaroenchai i sar. (2001)
	2	42.95	54.26	20.85	36.55	51.26	–	
Kefalograviera	1	37.79	54.59	30.62	49.20	26.08	7.67	Katsiari i sar. (2002)
	2	48.38	53.60	9.75	18.87	33.39	6.75	
Feta	1	56.42	72.20	21.85	50.14	15.93	4.46	Michaelidou i sar. (2003a)
	2	66.81	71.44	6.50	19.56	20.14	4.54	
Sir u salamuri <i>White brined cheese</i>	1	59.6	73.0	17.0	42.08	15.95	6.76	Romeih i sar.(2002)
	2	64.8	70.9	7.0	19.89	20.42	6.41	

*1 punomasni sir; 2,3,4 sir sa smanjenim sadržajem masti;

Ukus i miris sireva sa smanjenim sadržajem masti

Sirevi sa smanjenim sadržajem masti, posebno sirevi sa zrenjem, često poseduju atipičan i/ili nedovoljno izražen ukus i miris karakterističan za određenu vrstu sira. Takođe, kod ovih sireva je veoma česta pojava gorkog ukusa i tzv. eng. "off flavour"-a.

Defekti ukusa i mirisa se javljaju prvenstveno usled manjeg obima lipolitičkih promena koje su posledica smanjenog sadržaja masti u siru. Masne kiseline koje nastaju u toku lipolitičkih promena tokom zrenja su u velikoj meri odgovorne za formiranje ukusa i mirisa sireva. Stoga, smanjenje sadržaja masti u mleku i kasnije u siru rezultira slabo izraženom lipolizom i manjim obimom formiranja masnih kiselina i drugih aromatskih jedinjenja koji su važni za ukus i miris sireva. Pored toga, nedostatak masti kao rastvarača brojnih aromatskih jedinjenja doprinosi formiranju neizraženog ukusa i mirisa sira (Katsiari i Voutsinas, 1994).

Drugi razlog pojave defekata arome sireva sa smanjenim sadržajem masti je izmenjena struktura proteinskog matriksa i tok proteolitičkih promena tokom perioda zrenja. Takođe, smanjenje sadržaja masti utiče na stvaranje defekata arome sira indirektno usled izmenjene pH vrednosti i sadržaja soli u vodenoj fazi sira.

Problem koji se često javlja kod sireva sa smanjenim sadržajem masti je pojava gorkog ukusa. Gorak ukus nastaje kao posledica formiranja hidrofobnih gorkih peptida koji nastaju aktivnošću različitih proteinaza, posebno enzima startera, na kazein. Hidrofobni peptidi odgovorni za pojavu gorkog ukusa u siru se formiraju neadekvatnom razgradnjom α_{s1} i β kazeina, posebno delovanjem proteinaza na hidrofobni region C-terminalnog dela β kazeina, i/ili ukoliko su prisutni u izrazito visokim koncentracijama (McSweeney, 1997).

Proteolitičke promene i aktivnost enzima startera tokom zrenja je usko povezana sa sadržajem soli u siru (Miočinović i sar., 2003). Niži sadržaj soli u vodenoj fazi sira sa smanjenim sadržajem masti delimično utiče na intenzivniji obim proteolize i izraženu aktivnost startera tokom zrenja ovih sireva. Regulisanjem sadržaja soli i vode, odnosno povećanjem sadržaja soli u vodenoj fazi sira, se može uticati na smanjenje aktivnosti startera što doprinosi manjem obimu proteolitičkih promena i pojavu gorkog ukusa. Mistry i Kasperon (1998) navode da sadržaj soli u vodenoj fazi sira treba da je veći od 4.5% kako bi imao značajnog efekta na smanjenje gorčine u siru. Međutim, povećanje sadržaja S/VF može imati negativne efekte na teksturalne osobine što se ogleda u povećanju tvrdoće i čvrstoće sira. Na osnovu toga može se zaključiti da je kombinacija sadržaja S/VF < 4.5% i upotreba startera sa malom proteolitičkom aktivnošću najpodesnija kombinacija za sireve sa smanjenim sadržajem masti.

Takođe, u sirevima sa visokim sadržajem masti, za razliku od sireva sa smanjenim sadržajem masti, gorki peptidi se apsorbuju u masnu fazu te stoga smanjuju pojavu gorčine u siru.

U formiranju gorkog ukusa sira pored hidrofobnih peptida mogu učestvovati amino-kiseline, amidni, ketoni dugih lanaca i neki monogliceridi koji nastaju u brojnim promenama tokom zrenja sireva (McSweeney, 1997).

Ukus i miris sireva sa smanjenim sadržajem masti zavise od aromatskih komponenti koje su osnovni nosioci arome određene vrste sira. Tako npr. Katsiari i Voutsinas (1994) navode da niskomasni feta sir ima zadovoljavajuće senzorne karakteristike, jer su nosioci ukusa ovog sira niska pH vrednost, odnosno izražena kiselost, visok sadržaj soli i ograničen obim proteolize koji se zadržavaju i kod sira sa smanjenim sadržajem masti.

Proteoliza i tekstura sireva sa smanjenim sadržajem masti

Izmenjen hemijski sastav sireva sa smanjenim sadržajem masti se odražava na tok i obim proteolitičkih promena tokom zrenja. Proteolitičke promene su najsloženije i najvažnije promene koje se odigravaju tokom zrenja sireva koje u najvećoj meri utiču na formiranje teksture i arome sira, posebno polutvrdih i tvrdih sireva.

Smanjenje sadržaja masti u siru najčešće rezultira stvaranjem defekata arome i posebno teksture sira. Prisustvo masti koja je inkorporirana u proteinski matriks, koji predstavlja osnovu strukture sira, obezbeđuje tzv. "gladak" ukus punomasnih sireva. Kada se mast odstrani ili njen sadržaj smanji, kazein igra glavnu ulogu u formiranju teksture sira što najčešće rezultira dobijanjem izrazito čvrstog i tvrdog sirnog testa. Sirevi sa smanjenim sadržajem masti se najčešće opisuju kao atipični, sledećim terminima "slabi", "gumeni", "peskoviti" i dr. Što je smanjenje masti u siru veće negativni efekti na teksturu sira su izraženiji.

Razgradnja proteina tokom zrenja sireva je usko povezana sa sadržajem vode i soli u siru. Sirevi sa smanjenim sadržajem masti, kao što su feta (Katsiari i Voutsinas, 1994, Michaelidou i sar., 2003a), kefalograviera (Michaelidou i sar., 2003b), čedar (Fenelon i sar., 2000, Fenelon i Guinee, 2000) imaju niži sadržaj rastvorljivih azotnih materija (RN, 4.6pH RN, TCA-N, PTA-N) u odnosu na istu vrstu sira sa većim sadržajem masti. Niži sadržaj rastvorljivih azotnih materija su delimično posledica manjeg sadržaja vode u bezmasnoj materiji sireva sa smanjenim sadržajem masti (tabela 1.), razlike u zadržavanju koagulanata, odnosno izmenjenom odnosu koagulant:proteini.

Suprotno tome, čedar sa različitim sadržajem masti ne pokazuje značajne razlike u sadržaju rastvorljivog azota izraženog po masi sira (Fenelon i sar., 2000, Fenelon i Guinee, 2000).

Visoka pH vrednost prilikom odlivanja surutke i manje temperature dogrevanja koje se često koriste u proizvodnji sireva sa smanjenim sadržajem masti doprinose zadržavanju manje količine koagulanata u sirnom testu. Ova činjenica je jednim delom razlog manjeg obima razgradnje proteina tokom zrenja sireva sa smanjenim sadržajem masti.

Drugi razlog čvrste teksture sireva sa smanjenim sadržajem masti je prisustvo veće količine kalcijuma u ovim sirevima.

Međutim, u pojedinim vrstama sireva, ukoliko se sadržaj rastvorljivih azotnih materija izrazi u odnosu na masu sira (g/100 g sira), dobija se drugačija slika, odnosno stiče se utisak da se sirevi sa smanjenim sadržajem masti odlikuju intezivnijim obimom proteolize u odnosu na punomasne sireve (Katsiari i Voutsinas, 1994, Michaelidou i sar., 2003a, Michaelidou i sar., 2003b). Michaelidou i sar. (2003b) navode da manji obim proteolize punomasnog kefalograviera sira je posledica višeg sadržaja S/VF i više temperature dogrevanja koje smanjuju aktivnost rezidualnog himozina. Navedeni rezultati ukazuju da su prethodno iskazane manje vrednosti rastvorljivih azotnih materija, izraženih u ukupnom azotu sireva sa smanjenim sadržajem masti, generalno posledica povećanja sadržaja proteina.

Razgradnja proteina posmatrana elektroforetskim merenjima pokazuje razlike među sirevima sa različitim sadržajem masti. Čedar sa smanjenim sadržajem masti se odlikuje sporijom degradacijom α_{s1} kazeina i bržom razgradnjom β kazeina. S druge strane, veći sadržaj intaktnog α_{s1} i β kazeina izraženog po masi sira je verovatno posledica većeg

sadržaja proteina i izmenjenog odnosa rezidualnog himozina i proteina sireva sa smanjenim sadržajem masti. (Fenelon i Guinee, 2000)

Funkcionalne karakteristike sireva sa smanjenim sadržajem masti

Funkcionalne karakteristike sireva su posebno značajne ukoliko se sirevi koriste kao ingredijenti u pripremi brojnih jela. U zavisnosti od namene sira, funkcionalne karakteristike sireva se definišu kao reološke, fizičko-hemijske, mikrostrukturalne i senzorne osobine. Najvažnije funkcionalne karakteristike sireva se odnose na one osobine sira koje su važne prilikom zagrevanja a značajne su u pripremi pica, sendviča i sličnih proizvoda i obuhvataju sledeće karakteristike sposobnost topljenja, stepen izdvajanja ulja, rastegljivost i dr. (Miočinović i Puđa, 2005). Funkcionalne karakteristike sireva zavise od vrste i sastava sira, stepena zrelosti odnosno obima razgradnje proteina u siru (Đerovski i sar., 2006).

Izmenjen hemijski sastav, tok i obim proteolitičkih promena sireva sa smanjenim sadržajem masti u velikoj meri se odražavaju na brojne funkcionalne karakteristike sira. Uticaj smanjenja sadržaja masti na funkcionalnost sireva je najviše proučavan kod mocarele (Fife i sar., 1996, Rudan i sar., 1998, Rudan i sar., 1999, Dave i sar., 2003) i čedra (Guinee i sar., 2000, Awad i sar., 2005).

Smanjenje sadržaja masti mocarele rezultira povećanjem tvrdoće, viskoziteta i elastičnosti termički netretiranog sira. Takođe, smanjena sposobnost topljenja, povećanje prividne viskoznosti i manji obim izdvajanja masti utiču na smanjenje kvaliteta sira prilikom njegovog zagrevanja (Tunick i sar., 1993, Fife i sar., 1996, Rudan i sar., 1998, Rudan i sar., 1999). S druge strane, Fife i sar. (1996) navode da sadržaj masti od 2–5% ne utiče značajno na karakteristike topljenja mocarele koje se neznatno poboljšavaju tokom 28 dana zrenja.

Pogoršanje funkcionalnih karakteristika sireva je rezultat smanjenog sadržaja VBMS, ograničenog obima proteolize, manje količine izdvojene masti i većeg sadržaja intaktnog kazeina u siru sa smanjenim sadržajem masti. Rudan i sar. (1999) navode da je za zadovoljavajuće funkcionalne karakteristike mocarele neophodno da se količina slobodne masti kreće u intervalu 0.22–2.52 g/100g sira. Stepen izdvajanja ulja i druge funkcionalne karakteristike se mogu poboljšati modifikacijom proizvodnog procesa ili adekvatnom formulacijom sastava sira.

Sheehan i Guinee (2004) su proučavali efekat smanjenja sadržaja kalcijuma tj. odnosa kalcijum:kazein i promene pH vrednosti na funkcionalnost mocarele sa niskim sadržajem vode. Niži sadržaj kalcijuma sireva dobijenih kombinovanjem starter kultura i dodavanjem mlečne kiseline rezultira većim sadržajem VBMS i značajnim poboljšanjem topivosti i rastegljivosti sira prilikom zagrevanja. Suprotno tome, ustanovili su da promene pH vrednosti imaju skoro neznatni uticaj na funkcionalnost mocarele.

Funkcionalne karakteristike mocarele su usko povezane sa aktivnošću dodatih starter kultura. S tim u vezi, Broadbent i sar. (2001) navode da se dodavanjem startera koji proizvode egzopolisaharide (*Streptococcus thermophilus* MR-C1) utiče na povećanje sadržaja vode u siru (za 1.5%) i poboljšanje sposobnosti topljenja mocarele.

Sadržaj masti čedra je jedna od najvažnijih determinanti njegove mikrostrukture, teksture i funkcionalnih karakteristika. Smanjenje sadržaja masti rezultuje u značajnom povećanju prividne viskoznosti i vremena topljenja, kao i opadanju sposobnosti topljenja

čedra. Guinee i sar. (2000) navode da je smanjena funkcionalnost sireva sa smanjenim sadržajem masti verovatno posledica opadanja količine izdvojene masti koja se oslobađa prilikom zagrevanja sira, povećanja zapreminske frakcije kazeinskog matriksa i većeg sadržaja intaktnog para kazeina, manji obim proteolize i opadanje sadržaja VBMS, što je sveukupno posledica smanjenja sadržaja masti u siru.

Upotrebom starter kultura (*Lactococcus lactis* spp. *cremoris* JFR1) koje proizvode egzopolisaharide (EPS) se poboljšava topivost, teksturalne i senzorne karakteristike čedra sa smanjenim sadržajem masti. Redistribucija vode je najodgovorniji faktor za promene teksture i omekšavanje sirmog testa čedra sa smanjenim sadržajem masti tokom prvih par nedelja zrenja što je rezultat sposobnosti EPS da vežu značajnu količinu slobodne vode (Awad i sar., 2005).

Randman

Randman proizvodnje sireva sa smanjenim sadržajem masti je značajno manji u odnosu na standardnu proizvodnju određene vrste sira. Mleko namenjeno proizvodnji sireva sa smanjenim sadržajem masti ima nižu suvu materiju usled manjeg sadržaja mlečne masti i nešto višeg sadržaja proteina što utiče na smanjenje randmana proizvodnje.

Veći sadržaj kazeina u odnosu na sadržaj mlečne masti, što menja odnos kazein:mast takođe utiče na randman proizvodnje sireva sa različitim sadržajem masti. (Katsiari i Voutsinas, 1994a, 1994b).

Smanjenje sadržaja masti velikim delom utiče na smanjenje randmana u odnosu na proizvodnju sireva sa većim sadržajem masti jer se odstranjeni deo masti ne kompenzuje u potpunosti sa odgovarajućim sadržajem vode. Rudan i sar. (1999) navode da je randman mocarele sa 5% MM za oko 30% manji u odnosu na sir sa 25% MM.

Proizvodnja sireva sa smanjenim sadržajem masti

U cilju optimizacije i dobijanja prihvatljivih senzornih i funkcionalnih karakteristika, tehnološki postupak proizvodnje sireva sa smanjenim sadržajem masti u velikoj meri podrazumeva izvesne izmene u odnosu na tradicionalan, uobičajan način dobijanja pojedine vrste sira. Izmene tehnološkog postupka dobijanja sireva sa smanjenim sadržajem masti podrazumevaju izmene pojedinih operacija, dodavanje dopunskih kultura (*eng.* "adjunct") i upotreba aditiva (zamenjivača masti). U daljem tekstu ćemo ukratko dati prikaz najvažnijih rešenja namenjenih proizvodnji sireva sa smanjenim sadržajem masti.

Modifikacija tehnološkog postupka proizvodnje sireva sa smanjenim sadržajem masti

Modifikacija pojedinih operacija tehnološkog postupka proizvodnje sireva sa smanjenim sadržajem masti je najjednostavniji i najekonomičniji način za postizanje odgovarajućih senzornih karakteristika sireva i postizanje većeg randmana proizvodnje.

Početna operacija u proizvodnji sireva je standardizacija mleka pri čemu se sadržaj mlečne masti odnosno odnos kazein:mast dovode na željeni nivo zavisno od željenog sadržaja masti u siru (Puđa i sar., 2000). Sadržaj mlečne masti mleka za proizvodnju sireva sa smanjenim sadržajem masti se najčešće kreće u intervalu 0.5–1.8%MM (Mistry, 2001). Smanjenje sadržaja masti u siru rezultira većim odnosom kazein:mast (Guinee i sar., 2000).

Pored uobičajenog načina standardizacije, sastav mleka namenjenog proizvodnji sireva sa smanjenim sadržajem masti se može postići i dodavanjem kondenzovanog mleka (Anderson i sar., 1993), ultrafiltriranog ili mikrofiltriranog retentata u prahu i direktnom ultrafiltracijom (Banks, 2004, R. de Cuncha i sar., 2006). Ipak, dodavanje kondenzovanog mleka u proizvodnji čedra sa smanjenim sadržajem masti rezultira izrazito tvrdom i mrvljivom teksturom sira (Anderson i sar., 1993).

Proizvodnja minas frescal sira sa smanjenim sadržajem masti od UF retentata koncentrisanog pri malom faktoru koncentrisanja (1.2 i 1.5), u odnosu na sir proizveden od retentata koncentrisanog faktorom 1.8, omogućava dobijanje sira zadovoljavajućih karakteristika (R. de Cuncha i sar. 2006).

Osnovni zadatak koji je potrebno ostvariti u proizvodnji sireva sa smanjenim sadržajem masti je povećanje sadržaja vode u siru što omogućava poboljšanje teksture sira. S druge strane, veoma je važno uskladiti sadržaj VuBMS i S/VF koji su ključni faktori brojnih promena u toku zrenja sireva (Rodriquez, 1998). U proizvodnji niskomasnih sireva je potrebno sadržaj VuBMS dovesti na nivo isti kao kod punomasnih sireva. Smanjenje sadržaja masti u čedru rezultira većim sadržajem vode i proteina, ali manjim sadržajem VuBMS (Guinee i sar., 2000)

Veći sadržaj vode u siru se delimično može postići izmenama pojedinih operacija tehnološkog postupka proizvodnje. Takve alternativne ili modifikovane operacije u odnosu na tradicionalan postupak proizvodnje moraju biti strogo kontrolisane kako bi se sprečili problemi tokom koagulacije mleka, senzornih karakteristika sireva i randmana proizvodnje.

Niže temperature dogrevanja u cilju povećanja sadržaja vode u siru su primenjene u proizvodnji čedra (Banks i sar., 1989) i kefalograviera, sira (Katsiari i Voutsinas, 1994b) sa smanjenim sadržajem masti. Pored toga, više pH vrednosti prilikom mlevenja sirne grude u proizvodnji čedra omogućavaju veće zadržavanje vode u siru (Guinee i sar., 1998).

Uobičajena modifikacija tradicionalnog postupka proizvodnje čedra sa smanjenim sadržajem masti u USA je operacija ispiranja sirne grude hladnom vodom (22⁰C). Ovim postupkom se smanjuje sinerezis i odstranjuje rezidualna laktoza, što smanjuje mogućnost povećanja kiselosti grude i doprinosi dobijanju grude većeg sadržaja vode i manje kiselosti. Ispiranje sirne grude takođe doprinosi većoj rastvorljivosti kalcijum fosfata i hidratisanosti kazeina što rezultira dobijanjem mekšeg sirnog testa. Negativni efekti ovog postupka su gubitak aromatskih jedinjenja što doprinosi stvaranju slabo izraženog i netipičnog ukusa zrelog sira (Banks i sar., 1989).

Veći sadržaj vode u sirevima sa smanjenim sadržajem masti se može postići inkorporacijom serum proteina (Miočinović, 2004). Serum proteini imaju izraženu sposobnost vezivanja vode i značajno povećavaju randman proizvodnje.

Primenom strogog režima termičke obrade mleka postiže se inkorporacija denaturisanih serum proteina, dok se primenom postupka ultrafiltracije zadržavaju nativni serum proteini u siru. Najveće zadržavanje sadržaja vode u siru postiže se primenom oba postupka, odnosno i strogog režim termičke obrade mleka i UF procesa, usled najvećeg sadržaja ukupnih i denaturisanih serum proteina (Lo i Bastian, 1998).

Lo i Bastian (1998) navode da primena UF postupka u proizvodnji havarti sira utiče na visok sadržaj nativnih serum proteina u siru koji usporavaju razgradnju α_{s1} kazeina

tokom zrenja. Nakon 12 nedelja zrenja sira od UF mleka zagrevanog pri 72⁰C/17s 70% α_{s1} kazeina ostaje nerazgrađeno, dok za isti period zrenja kod sira od UF mleka tretiranog pri 85⁰C/17s intaktno ostaje svega 37% α_{s1} kazeina. Ovi podaci su u saglasnosti sa rezultatima Puđe (1992), Puđe i Guinee (1998).

Inkorporacija denaturisanih serum proteina primenom strogog režima termičke obrade u proizvodnji mocarele sa smanjenim sadržajem masti nema negativne efekte na fizičke i senzorne karakteristike sira (Punidades i sar., 1999). Kebary i sar. (1999) navode da primena visokih temperatura (80⁰C) termičkog tretmana mleka sa smanjenim sadržajem masti (2%MM) utiče na smanjen obim formiranja slobodnih aminokiselina i biogenih amina u ras siru sa smanjenim sadržajem masti.

Postupak ultrafiltracije mleka može biti primenjen u proizvodnji sireva sa smanjenim sadržajem masti jer inkorporacija nativnih serum proteina povećava mogućnost vezivanja vode, što doprinosi poboljšanju teksture sira (Rodriquez i sar., 1998). S druge strane, ultrafiltracija mleka menja sposobnost mleka da koaguliše (Puđa i Guinee, 2003), kao i tok i obim proteolitičkih promena u toku zrenja sira (Puđa, 1992).

Proizvodnja sireva sa smanjenim sadržajem masti u nekoliko istraživanja je zasnovana na primeni homogenizacije mleka ili pavlake. Homogenizacija mleka se ne primenjuje u proizvodnji većine sireva, osim sireva sa plavim plesnima. Homogenizacijom mleka se povećava površina masnih globula što utiče na poboljšanje teksture sireva sa smanjenim sadržajem masti. Suprotno tome, homogenizacija mleka može imati neželjene efekte na proteinsku strukturu sira i interakcije kazein-mast što nepovoljno utiče na sposobnost formiranja gela, sinerezis, odnosno obradu gruša i senzorne karakteristike sira.

Homogenizacija mleka ili pavlake pri odgovarajućem pritisku je primenjena u proizvodnji čedra (Metzger i Mistry, 1994, 1995), mocarele (Tunick i sar., 1993, Rudan i sar., 1998, Rowney i sar., 2003), iranskog belog sira u salamuri (Madadlou i sar., 2007)

Primena homogenizacije mleka pri nižem pritisku (103 i/ili 172bar) i niže temperature dogrevanja (32.4⁰C) doprinose većem zadržavanju vode u siru i dobijanju zadovoljavajućih teksturalnih i funkcionalnih karakteristika mocarele sa smanjenim sadržajem masti koje su uporedive sa karakteristikama punomasnih sireva (Tunick i sar., 1993).

Rudan i sar. (1998) navode da homogenizacija mleka ili pavlake ne utiče značajno na teksturalne i funkcionalne osobine sira, ali poboljšavaju izgled sireva pre termičkog tretmana. Mocarela proizvedena od homogenizovanog mleka ili pavlake ima izrazito belu boju i manji stepen izdvajanja masti (Poduval i Mistry, 1999), ali pokazuje ograničenu sposobnost topljenja i intezivnu promenu boje prilikom zagrevanja sira. (Rudan i sar., 1998)

Standardizacija obranog mleka sa homogenizovanom pavlakom (dvostepena homogenizacija, 172 i 34 bar; 40%MM) je vršena u proizvodnji čedra sa smanjenim sadržajem masti (Metzger i Mistry, 1994, 1995). Sir proizveden od tako pripremljene sirovine je imao veći sadržaj vode, bolje teksturalne i funkcionalne osobine, kao i veći randman proizvodnje u odnosu na kontrolni sir. Takođe, eksperimentalni sirevi pokazuju bolju mikrostrukturu sirnog testa koja se odlikuje velikim brojem malih masnih kapi. Autori navode da je homogenizacija pavlake podesnija od homogenizacije mleka koje se koristi za proizvodnju sireva sa smanjenim sadržajem masti.

Madadlou i sar. (2007) su proučavali efekte homogenizacije pavlake (pri 60/25 i 90/25 bara) sa kojom je vršena standardizacija obranog mleka (1.2%MM) na teksturalne i senzorne karakteristike iranskog belog sira. Sirevi proizvedeni uz dodatak homogenizovane pavlake su imali bolje teksturalne, funkcionalne i senzorne karakteristike, posebno pri primenjenom nižem pritisku homogenizacije, od sireva proizvedenih od mleka standardizovanog dodavanjem nehomogenizovane pavlake.

Koncentrovana slatka mlaćenica primenom ultrafiltracije je korišćena za proizvodnju čedra (Mistry i sar., 1996) i mocarele (Poduval i Mistry, 1999) sa smanjenim sadržajem masti. Proizvodnja sireva sa smanjenim sadržajem masti uz dodatak UF mlaćenice (3 i 5%) rezultira povećanjem sadržaja vode u siru, čime se postiže mekša i prihvatljiva tekstura sira. Upotreba UF mlaćenice u proizvodnji mocarele sa smanjenim sadržajem masti rezultira smanjenjem stepena izdvajanja masti i topivosti sira, ali uz istovremeno postizanje zadovoljavajuće teksture sira.

Nelson i Barbano (2004) su razvili novi proces odstranjivanja masti iz zrelog čedra različite starosti (9 i 39 meseci) koji su upotreбили za proizvodnju čedra sa 50% smanjenim sadržajem masti. Najznačajniji faktor ovog procesa je temperatura koja se kreće u intervalu 20-33°C, dok gravitaciona sila i vreme primenjene sile su od manjeg značaja. Aroma čedra sa smanjenim sadržajem masti u potpunosti odgovara zreлом siru (Whetstone i sar., 2006). Takvi rezultati ukazuju da aromatske komponente koje određuju aromu zrelog sira ostaju i u siru sa smanjenim sadržajem masti nakon njenog uklanjanja razvijenim postupkom.

Upotreba dopunskih kultura ("adjunct")

Formiranje specifičnog ukusa i mirisa pojedine vrste sira se velikim delom formira prisustvom i aktivnošću nestarterske mikroflora koja se slučajno razvija u siru. Nestarterska mikroflora najčešće uključuje heterofermentativne laktobacile kao što su *Lb. paracasei*, *Lb. plantarum*, *Lb. curvatus* i *Lb. casei*.

Selekcijom i determinisanjem nestarterske mikroflora razvijene su starter kulture tzv. dopunske kulture (eng. "adjunct") koje se u proizvodnji sireva dodaju radi ubrzanja procesa zrenja i bržeg formiranja senzornih karakteristika. Dopunske kulture se u proizvodnji sireva sa smanjenim sadržajem masti dodaju radi poboljšanja senzornih osobina, obzirom na činjenicu da se ovi sirevi često odlikuju slabo izraženim ukusom i mirisom.

Ispitivanja o uticaju dopunskih kultura na karakteristike sireva sa smanjenim sadržajem masti su vršena na brojnim vrstama sireva, kao što su čedar (Fenelon i sar., 2002.), edam (Tungjaroenchai i sar., 2001) feta (Katsiari i sar., 2002a, 2002b, Michaelidou i sar., 2003a), kefalograviera (Katsiari i sar., 2002b), korišćenjem različitih sojeva mikroorganizama.

Dopunske kulture koje se dodaju u proizvodnji sireva treba da ispunjavaju zahteve za malom acidogenom i izraženom proteolitičkom aktivnošću. Slabija acidogena sposobnost ovih kultura je neophodna kako bi se sprečio intenzivni razvoj kiselosti, usled prisustva većeg sadržaja vode u sirevima sa smanjenim sadržajem masti, što bi omogućilo stvaranje defekata ukusa. S druge strane, izražena i kontrolisana proteolitička aktivnost dopunskih kultura, a posebno peptidazna aktivnost, smanjuje mogućnost pojave gorčine usled formiranja većeg sadržaja željenih peptida koji su osnovni nosioci arome sira.

Povišenje temperature zrenja kao mogućnost njegovog ubrzanja nije poželjno u proizvodnji sireva sa smanjenim sadržajem masti jer visok sadržaj vode i više temperature zrenja pogoduju nekontrolisanom razvoju nestartera, što može dovesti do stvaranja defekata ukusa i mirisa.

U proizvodnji čedra sa smanjenim sadržajem masti (175g/kg masti) Fenelon i sar. (2002) su dodavali mezofilne laktokoke u proizvodnji kontrolnih, i četiri različite mešavine dopunskih kultura u proizvodnji eksperimentalnih sireva. Autori su ustanovili viši nivo niskomolekularnih peptida i slobodnih aminokiselina tokom zrenja eksperimentalnih sireva. Sirevi kod kojih su kao dopunske kulture korišćeni *Lb. helveticus*, *Leuc. cremoris* i *Lc. lactis* var *diacetylactis* su imali veoma dobre senzorne karakteristike. Nakon 90 i 180 dana zrenja ovi sirevi su bili znatno prihvatljiviji u odnosu na kontrolne sireve.

U proizvodnji edamskog sira sa smanjenim sadržajem masti (20.85% MM) ispitivan je uticaj dodavanja četiri različite dopunske kulture (*Brevibacterium linens* (BL2), *Lactococcus lactis* ssp. *diacetylactis*, *Lactobacillus helveticus* (LH212) i *Lactobacillus reuteri* (ATCC 23272) na hemijski sastav i senzorne karakteristike sireva. Veći obim proteolitičkih promena su imali sirevi proizvedeni uz *L. helveticus* i *Lc. lactis* ssp. *diacetylactis*, dok su kontrolni i sirevi sa *L. helveticus* i *L. reuteri* imali najbolje teksturalne osobine (Tungjaroenchai i sar., 2001). Ovi rezultati ukazuju da dodavanje *Lb. helveticus* ima pozitivne efekte na karakteristike sireva sa smanjenim sadržajem masti, što je u saglasnosti sa rezultatima Fenelon i sar. (2002).

Komercijalne dopunske kulture (CR-213, Chr Hansen, Denmark), koje sadrže *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* i *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* su dodate u proizvodnji niskomasnog feta sira (7% masti) radi poboljšanja senzornih karakteristika sira (Katsiari i sar., 2002a, Michaleidou i sar., 2003a).

Dopunske kulture značajno utiču na povećanje obima nastajanja i sadržaj malih peptida i slobodnih aminokiselina. Ova jedinjenja su važna za formiranje prekursora ukusa i mirisa u daljim fazama zrenja što rezultira poboljšanim senzornim karakteristikama eksperimentalnih sireva koje postaju veoma slične osobinama punomasnih sireva (~ 22% MM). Ipak, iako su sirevi sa dopunskim kulturama bolje ocenjeni u odnosu na sireve bez dodatih kultura, oni su slabije ocenjeni u odnosu na punomasne sireve (Katsiari i sar., 2002a, Michaleidou i sar., 2003a).

Slične rezultate iznose Kondyli i sar. (2003) koji su modifikovanim postupkom proizveli niskomasni kefalograviera sir od ovčijeg mleka (9.7%MM) uz dodavanje dopunskih kultura LBC 80 (*Lactobacillus casei* subsp. *rhamnosus*) i CR-213 (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis* i *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*). Hemijski sastav i nivo primarne proteolize kontrolnih i eksperimentalnih sireva se ne razlikuju značajno, ali sirevi sa dopunskim kulturama su imali viši nivo malih peptida, slobodnih aminokiselina i masnih kiselina, kao i acetona, diacetila i acetoina, ali manje nego punomasni sirevi (Kondyli i sar., 2003, Michaelidou i sar., 2003b).

Izražena lipoliza i sekundarna proteoliza koje nastaju kao posledica dodavanja dopunskih kultura se reflektuju na formiranje veoma zadovoljavajućih senzornih karakteristika eksperimentalnih sireva nakon 90 i 180 dana zrenja. Ukus i miris sireva sa dopunskim kulturama su veoma slični punomasnim sirevima. Suprotno tome, eksperimentalni

sirevi imaju znatno lošije teksturalne osobine u odnosu na punomasne sireve (Katsiari i sar., 2002b).

Ryhänen i sar. (2001) su proizveli niskomasni polutvrđi probiotski sir sa bioaktivnim osobinama uz primenu mešavine kultura *Lactococcus* sp., *Leuconostoc* sp., *Propionibacterium* sp. i *Lactobacillus* sp. uz *L. acidophilus* i *Bifidobacterium* sp. dobrih senzornih karakteristika koji ima pozitivne efekte na zdravlje potrošača.

Miočinović i Puđa (2004) navode da veliki broj različitih vrsta sireva predstavlja podesan sistem prenosa probiotskih sojeva bakterija mlečne kiseline do intestinalnog trakta ljudi. Relativno visok pH, čvrsta konzistencija i veći puferski kapacitet, bez sumnje, sireve čine podesnim medijumom za razviće i zaštitu ovih sojeva. Za uspešno inkorporiranje sira veoma je važan odabir vrste sira, budućeg nosioca probiotika.

U narednom periodu u okviru nutritivno zdravstvenog aspekta očekuje se povećana potrošnja funkcionalnih i organski proizvedenih proizvoda, što će možda u određenom stepenu potisnuti popularnost proizvoda sa niskim sadržajem masti (Puđa i sar., 2004). S tim u vezi, proizvodnju sireva sa smanjenim sadržajem masti je neophodno povezati sa pojedinim aspektima proizvodnje funkcionalne hrane kao što je npr. upotreba probiotskih kultura kako bi se istovremeno obezbedili višestruki pozitivni efekti na zdravlje potrošača koji trenutno predstavljaju važnu smernicu u opredeljivanju potrošača za određenu vrstu proizvoda.

Upotreba aditiva

Dodavanje aditiva u proizvodnji sireva sa smanjenim sadržajem masti je jedan od puteva kojim se može postići poboljšanje senzornih karakteristika ovih sireva. Aditivi koji se dodaju radi maskiranja nedostatka određene količine masti se klasifikuju kao zamenjivači masti (*eng. fat substitutes*) i imitatori masti (*eng. fat mimetics*) (Drake i Swanson, 1995, Rodriguez, 1998). Zamenjivači masti su u osnovi materijali zasnovani na masti koja poseduje slične fizičke i funkcionalne osobine kao i prirodne masti, ali smanjuju kalorijsku vrednost proizvoda. Imitatori masti, koji su znatno primenjiviji u proizvodnji sireva sa smanjenim sadržajem masti, imitiraju prirodne masti. Imitatori masti imaju izraženu sposobnost vezivanja vode i poboljšanja teksture i randmana što sveukupno doprinosi poboljšanju karakteristika sireva sa smanjenim sadržajem masti (Rodriguez, 1998).

Čedar sir proizveden uz Dairy Lo ima viši sadržaj vode i VuBMS i mekšu konzistenciju (Fenelon i Guinee, 1997). Dodavanje pojedinih imitatora masti (Dairy Lo, Simplese, Novagel i Stellar) značajno utiču na promenu mikrostrukture niskomasnog čedra (Aryana i Haque, 2001), ali ne menja obim primarne proteolize tokom zrenja sira (Fenelon i Guinee, 1997).

Dodavanje imitatora masti u proizvodnji mocarele sa smanjenim sadržajem masti (<6%) doprinosi zadržavanju veće količine vode u siru, što utiče na poboljšanje funkcionalnih osobina sira. Ugljenohidratni aditivi (Stellar i Novagel) povećavaju sadržaj vode za 1,3%, odnosno 4,3%, dok proteinski imitatori masti (Dairy Lo i Simplese) povećavaju sadržaj vode za 2,2%, odnosno 2,3%. Topivost sireva se znatno povećava upotrebom Stellar i Simplese imitatora masti, dok se dodavanjem Novagela i Dairy Lo smanjuje ova funkcionalna osobina sira (McMahon i sar., 1996).

Dodavanje imitatora masti (1%w/w Simplese D-100 i 0,125%w/w Novagel NC-200) u proizvodnji sireva u salamuri sa smanjenim sadržajem masti (60% smanjenja masti) utiče na poboljšanje teksture sira. Sirevi proizvedeni uz dodavanje imitatora masti imaju veći sadržaj vode i randman proizvodnje u odnosu na kontrolne niskomasne sireve. Obim lipolize i proteolize se značajno povećava dodavanjem aditiva, ali se kinetika razgradnje α_{s1} - i β - kazeina ne menja pod uticajem hidrokoloida. Reološkim merenjima autori pokazuju poboljšanje teksture sireva proizvedenih sa aditivima, ali senzornom analizom ove razlike nisu uočene. Sirevi proizvedeni uz Novagel su veoma slični punomasnim sirevima. Poređenjem sireva ustanovljeno je da su punomasni sirevi generalno elastičniji, manje slani, sa intenzivnijim ukusom i mirisom u odnosu na sve varijante sireva sa smanjenim sadržajem masti (Romeih i sar., 2002).

ZAKLJUČAK

Značajan napredak postignut u proizvodnji sireva sa smanjenim sadržajem masti doprinosi minimiziranju nedostataka senzornih i funkcionalnih karakteristika ovih sireva. Velika zainteresovanost potrošača za sireve sa smanjenim sadržajem masti daje dobru osnovu da se istraživanja na ovom polju nastave kako bi se razvili novi tehnološki postupci i nove vrste sireva sa smanjenim sadržajem masti.

LITERATURA

- ANDERSON, D. L., MISTRY, V. V., BRANDSMA, R. L., BALDWIN, K. A.: Reduced fat cheddar cheese from condensed milk. 2. Manufacture, composition and yield. *Journal of Dairy Science*, 76, 2832–2844(1993).
- ARYANA, K. J., HAQUE, Z. U.: Effect commercial fat replacers on the microstructure of low-fat Cheddar cheese. *International Journal of Food Science and Technology*, 36, 169–177(2001).
- AWAD, S., HASSAN, A. N., HALAWEISH, F.: Application of exopolysaccharide-producing cultures in reduced-fat Cheddar cheese: composition and proteolysis. *Journal of Dairy Science*, 88, 4195–4203(2005).
- BANKS, J. M., BRECHANY, E. Y., CHRISTIE, W. W.: The production of low fat Cheddar cheese types. *Journal of Society of Dairy Technology*, 42, 6–9(1989).
- BANKS, J. M.: The technology of low fat cheese manufacture. *International Journal of Dairy Technology*, 57(4)199–207(2004).
- BROADBENT, J. R., McMAHON, D. J., OBERG, C. J., WELKER, D. L.: Use of exopolysaccharide-producing cultures to improve the functionality of low fat cheese. *International Dairy Journal*, 11(4–7)433–439(2001).
- DAVE, R. I., McMAHON, D. J., OBERG, C. J., WELKER, D. L.: Influence of coagulant level on proteolysis and functionality of Mozzarella cheeses made using direct acidification. *Journal of Dairy Science*, 86, 114–126(2003).

- ĐEROVSKI, J., KOLAR, B., PUĐA, P.: Funkcionalne karakteristike različitih vrsta komercijalnih sireva. *Prehrambena industrija*, 17(1–2)19–25(2006).
- DRAKE, M. A., SWANSON, B. G.: Reduced- and low- fat cheese technology: A review. *Trends in Foods Science and Technology*, 6, 366–369(1995).
- FENELON, M. A., BERESFORD, T. P., GUINEE, T. P.: Comparison of different bacterial culture systems for the production reduced-fat Cheddar cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 55(4)194–203(2002).
- FENELON, M. A., GUINEE, T. P.: The compositional, textural and maturation characteristics of reduced fat Cheddar cheese made from milk containing added Dairy-Lo. *Milchwissenschaft*, 52, 385–389(1997).
- FENELON, M. A., GUINEE, T. P.: Primary proteolysis and textural changes during ripening in Cheddar cheeses manufactured to different fat contents. *International Dairy Journal*, 10, 151–158(2000).
- FENELON, M. A., O'CONNOR P., GUINEE, T. P.: The effect of fat content on the microbiology and proteolysis in Cheddar cheese during ripening. *Journal of Dairy Science*, 83, 2173–2183(2000).
- FIFE, R. L., McMAHON, D. J., OBERG, C. J.: Functionality of low fat mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 79, 1903–1910(1996).
- GUINEE, T. P., AUTY, M. A. E., FENELON, M. A.: The effect of fat content on the rheology, microstructure and heat-induced functional characteristics of Cheddar cheese. *International Dairy Journal*, 10, 277–288(2000).
- GUINEE, T. P., FENELON, M. A., MULHOLLAND, E. O., O'KENNEDY, B. T., O'BRIEN, N., REVILLE, W. J.: The influence of milk pasteurization temperature and pH at curd milling on the composition, texture and maturation of reduced fat Cheddar cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 1, 1–10(1998).
- KATSIARI, M. C., VOUSINAS, L. P., KONDYLI, E., ALICHANIDIS, E.: Flavour enhancement of low fat Feta-type cheese using a commercial adjunct culture. *Food Chemistry*, 79, 193–198(2002a).
- KATSIARI, M. C., VOUSINAS, L. P., KONDYLI, E.: Improvement of sensory quality of low-fat Kefalograviera-type cheese with commercial adjunct cultures. *International Dairy Journal*, 12(9)757–764(2002b).
- KATSIARI, M. C., VOUSINAS, L. P.: Manufacture of low-fat Feta cheese. *Food Chemistry*, 49,53–60(1994a).
- KATSIARI, M. C., VOUSINAS, L. P.: Manufacture of low-fat Kefalograviera cheese. *International Dairy Journal*, 4(6)533–553(1994b).
- KEBARY, K. M. K., EL-SONBATY, A. H., BADAWI, R. M.: Effects of heating milk and accelerating ripening of low fat Ras cheese on biogenic amines and free amino acids development. *Food Chemistry*, 64, 67–75(1999).
- KONDYLI, E., MASSOURAS, T., KATSIARI, M. C., VOUSINAS, L. P.: Free fatty acids and volatile compounds in low-fat Kefalograviera-type cheese made with commercial adjunct cultures. *International Dairy Journal*, 13 (1)47–54(2003).

- LO, C. G., BASTIAN, E. D.: Incorporation of native and denatured whey proteins into cheese curd for manufacture of reduced fat Havarti-type cheese. *Journal of Dairy Science*, 81, 16–24(1998).
- MADADLOU, A., MOUSAVI, M. E., KHOSROSHAHI, A., EMAM-DJOME, Z., ZARGARAN, M.: Effect of cream homogenization on textural characteristics of low-fat Iranian White cheese. *International Dairy Journal*, 17(5)547–554(2007).
- MADSEN, J. S., ARDO, Y.: Exploratory study of proteolysis, rheology and sensory properties of Danbo cheese with different fat contents. *International Dairy Journal*, 11, 423–431(2001).
- McMAHON, D., J., ALLEYNE, M. C., FIFE, R. L., OBERG, C. J.: Use of fat replacers in low fat Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 79, 1911–1921(1996).
- McSWEENEY, P. L. H.: The flavour of milk and dairy products. III Cheese: taste. *International Journal of Dairy Technology*, 50, 123–127(1997).
- METZGER, L. E., MISTRY, V. V.: A new approach using homogenization of cream in the manufacture of reduced fat Cheddar cheese. 1. Manufacture, Composition and Yield. *Journal of Dairy Science*, 77, 3506–3515(1994).
- METZGER, L. E., MISTRY, V. V.: A new approach using homogenization of cream in the manufacture of reduced fat Cheddar cheese. 1. Microstructure, Fat globule distribution and free oil. *Journal of Dairy Science*, 78, 1883–1895(1995).
- MICHAELIDOU, A., KATSIARI, M. C., KONDYLI, E., VOUTSINAS, L. P., ALICHANIDIS, E.: Effect of a commercial adjunct culture on proteolysis in low-fat Feta-type cheese. *International Dairy Journal*, 13(2–3)179–189(2003a).
- MICHAELIDOU, A., KATSIARI, M. C., VOUTSINAS, L. P., KONDYLI, E., ALICHANIDIS, E.: Effect of commercial adjunct cultures on proteolysis in low-fat Kefalograviera-type cheese. *International Dairy Journal*, 13(9)743–753(2003b).
- MIOČINOVIĆ, J., PUĐA, P.: Funkcionalne karakteristike sireva. Zbornik radova II Simpozijuma "Mleko i proizvodi od mleka", Poljoprivredni fakultet, Beograd, 12–20(2005).
- MIOČINOVIĆ, J., PUĐA, P.: Proizvodnja sireva sa probiotskim bakterijama. *Mlekarstvo, YU ISSN: 1451–1541*, 35, 1079–1087(2004).
- MIOČINOVIĆ, J., VUČIĆ, T., PUĐA, P.: Značaj soli u proizvodnji sireva. Zbornik radova Simpozijuma "Savremeni trendovi u mlekarstvu, 91–96(2003).
- MIOČINOVIĆ, J.: Uticaj režima termičke obrade mleka na odabrane karakteristike procesa soljenja i zrenja sireva. Magistarski rad. Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd(2004).
- MISTRY, V. V., KASPERSON, K. M.: Influence of salt on the quality of reduced fat Cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*, 81, 1214–1221(1998).
- MISTRY, V. V., METZGER, L. E., MAUBOIS, J. L.: Use of ultrafiltered sweet buttermilk in the manufacture of reduced fat cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*, 79, 1137–1145(1996).
- MISTRY, V. V.: Low fat cheese technology. *International Dairy Journal*, 11, 413–422(2001).
- NELSON, B. K., BARBANO, D. M.: Reduced fat cheddar cheese manufactured using a novel fat removal process. *Journal of Dairy Science*, 87, 841–853(2004).

- PODUVAL, V. S., MISTRY, V. V.: Manufacture of reduced fat Mozzarella cheese using ultrafiltered sweet buttermilk and homogenized cream. *Journal of Dairy Science*, 82, 1–9(1999).
- PUĐA P. (2000): Perspektive razvoja sirarstva. *J. Sci. Agricultural Research*, 61, 212, 245–262(2000).
- PUĐA, P. : Karakteristike tvrdih sireva izgrađenih od mleka koncentrovanog ultrafiltracijom u zavisnosti od termičke obrade mleka. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu(1992).
- PUĐA, P. MARKOVIĆ, D., JANKOVIĆ, M. : Industrija mleka Srbije i CrneGore – stanje i perspektive. Uvodno predavanje. Zbornik radova Simpozijuma »Mleko i proizvodi od mleka- stanje i perspektive«, 11–20(2004).
- PUĐA, P., GUINEE, T. P.: Koagulacija UF koncentrovanog mleka 1. Uticaj koncentracije proteina i režima termičke obrade. *Prehrambena industrija* 14(1–2)29–34(2003).
- PUĐA, P., GUINEE, T. P.: Uticaj visoke termičke obrade mleka na karakteristike sireva proizvedenih od ultrafiltriranog mleka 2. Proteolitičke promene u toku zrenja sireva. *Prehrambena industrija*, 9(3–4)79–85(1998).
- PUĐA, P., RADOVANOVIĆ, M., MIOČINOVIĆ, J.: Značaj standardizacije proteina u proizvodnji sireva. Zbornik radova Simpozijuma “Proizvodnja i prerada mleka”, Poljoprivredni fakultet, Beograd,167(2000).
- PUNIDADAS, P., FEIRTAG, J., TUNG, M. A.: Incorporating whey proteins into Mozzarella cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 52, 51–62(1999).
- RESCHKE DA CUNHA, C., VIOTTO, W. H., VIOTTO, L. A.: Use of low concentration factor ultrafiltration retentates in reduced fat “Minas Frescal” cheese manufacture: Effect on composition, proteolysis, viscoelastic properties and sensory acceptance. *International Dairy Journal*, 16(3)215–224(2006).
- RODRIGUEZ, J., REQUENA, T., JUAREZ, M.: Process for low-fat cheese from ultrafiltered milk. *Journal of Food Science*, 63(4)665–667(1998).
- RODRIGUEZ, J.: Recent advances in the development of low fat cheeses, *Trends in Foods Science and Technology*, 9, 249–254(1998).
- ROMEIH, E. A., MICHAELIDOU, A., BILIADERIS, C. G., ZERFIRIDIS, G. K: Low-fat white-brined cheese made from bovine milk and two commercial fat mimetics: chemical, physical and sensory attributes. *International Dairy Journal*, 12(6)525–540(2002).
- ROWNEY, M. K. HICKEY, M. W., ROUPAS, P., EVERETT, D. W.: The effect of homogenization and milk fat fractions on the functionality of Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 86,712–718(2003).
- RUDAN, M. A., BARBANO, D. M., GUO, M. R., KINDSTEDT, P. S.: Effect of the modification of fat particles size by homogenization on composition, proteolysis, functionality and appearance of reduced fat mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 81, 2065– 2076(1998).
- RUDAN, M. A., BARBANO, D. M., YUN, J. J., KINDSTEDT, P. S.: Effect of fat reduction on chemical composition, proteolysis, functionality and yield of Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 82, 661–672(1999).

RYHÄNEN, E.-L., PIHLANTO-LEPPÄLÄ, A., PAHKALA, E.: A new type of ripened, low-fat cheese with bioactive properties. *International Dairy Journal*, 11(4-7)441-447(2001).

SHEEHAN, J. J., GUINEE, T. P.: Effect of pH and calcium level on the biochemical, textural and functional properties of reduced-fat Mozzarella cheese. *International Dairy Journal* 14, 161-172(2004).

TUNGJAROENCHAI, W., DRAKE, M. A., WHITE, C. H.: Influence of adjunct cultures on ripening of reduced fat Edam cheese. *Journal of Dairy Science*, 84 (10)2117-2124(2001).

TUNICK, M. H., MALIN, E. L., SMITH, P. W., SHIEH, J. J., SULLIVAN, B. C., MACKEY, K., L., HOLSINGEER, V. H.: Proteolysis and rheology of low fat and full fat Mozzarella cheese prepared from homogenized milk. *Journal of Dairy Science*, 76, 3621-3628(1993).

WHESTINE, M. E. C., DRAKE, M. A., NELSON, B. K., BARBANO, D. M.: Flavor profiles of full fat and reduced fat cheese and cheese fat made from aged Cheddar with the fat removed using a novel process. *Journal of Dairy Science*, 89, 505-517(2006).

REDUCED FAT CHEESES

PREDRAG PUDJA, JELENA DJEROVSKI

Summary

Reduced fat cheeses are usually characterized as having poor texture, flavour and functional characteristics. Procedures developed for manufacturing reduced and low fat cheeses include modification of technological procedures, starter cultures selection and use of additives, as fat substitutes.

Ključne reči: reduced fat cheeses, aroma, texture, starter cultures, fat substitutes