

PREDRAG D. PUĐA  
JELENA B. MIOČINOVIĆ

Univerzitet u Beogradu,  
Poljoprivredni fakultet, Institut za  
prehrambenu tehnologiju i  
biohemiju

PREGLEDNI RAD

UDK: 637.3:637.046/.047

Savremena kretanja u medicini ukazuju na značaj načina ishrane u očuvanju i poboljšanju zdravlja ljudi. S tim u vezi, poslednjih godina prisutno je izraženo interesovanje za sagledavanje mogućnosti proizvodnje sireva sa dijetetskim i funkcionalnim svojstvima. U radu su prikazana dosadašnja istraživanja o proizvodnji sireva sa smanjenim sadržajem masti i soli, kao i sireva sa probiotskim bakterijama i prehrambenim vlaknima koji pripadaju grupi proizvoda sa izraženim dijetetskim i funkcionalnim svojstvima.

**Ključne reči:** sirevi sa smanjenim sadržajem masti • sirevi sa smanjenim sadržajem soli • probiotske bakterije • prehrambena vlakna

## UVOD

Proizvodi od mleka, uključujući sireve, podesan su materijal za razvijanje proizvoda sa dijetetskim i funkcionalnim svojstvima koji mogu imati pozitivan učinak u održavanju i poboljšanju zdravlja ljudi.

Savremeni koncept ishrane, poslednjih godina, podrazumeva sve veću popularnost proizvoda kod kojih je prisustvo komponenata, kao što su mlečna mast i kuhinjska so, koje mogu imati negativne efekte na zdravlje potrošača, svedene na minimum.

S tim u vezi, aktuelna istraživanja obuhvataju ispitivanja mogućnosti proizvodnje sireva sa smanjenim sadržajem masti i soli.

Adresa autora:  
Prof. dr Predrag Puđa,  
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet,  
Nemanjina 6, Zemun – Beograd  
tel: +381 11 2615-315 / lok 270  
e-mail: pudja@agrif.bg.ac.rs

# SIREVI SA DIJETETSKIM I FUNKCIONALNIM SVOJSTVIMA

Pored važnih nutritivnih i dijetetskih svojstava namirnica, poslednjih godina se potenciraju i njihova funkcionalna svojstva, koja se prevashodno odnose na pozitivne efekte na zdravlje ljudi. U grupi proizvoda izraženih funkcionalnih svojstava ističu se proizvodi sa probiotskim bakterijama i prehrambenim vlaknima. S tim u vezi, istraživanja o mogućnosti inkorporiranja probiotika, u kombinaciji sa prehrambenim vlaknima, u proizvodnji sireva su poslednjih nekoliko godina veoma aktuelna tema.

U proizvodnji prehrambenih proizvoda sa izraženim dijetetskim i funkcionalnim svojstvima neophodno je obezbediti i adekvatan kvalitet proizvoda. U okviru toga se posebno izdvajaju senzorna svojstva, što je kod ovakvih proizvoda veoma važno za njihovu prihvatljivost od strane potrošača.

U radu su prikazana dosadašnja istraživanja mogućnosti proizvodnje različitih vrsta sireva koji se odlikuju izraženim dijetetskim i funkcionalnim svojstvima. Ona obuhvataju sireve sa smanjenim sadržajem masti i soli, sireve sa probiotskim bakterijama i prehrambenim vlaknima.

## SIREVI SA DIJETETSKIM SVOJSTVIMA

U pogledu dijetetskih svojstava najznačajnije komponente proizvoda od mleka, uključujući sireve, su mlečna mast i kuhinjska so. S obzirom da su ove komponente sastava mlečnih proizvoda često nepoželjne i mogu imati negativne implikacije na zdravlje ljudi, poslednjih godina se veliki broj tehnoloških istraživanja bavi izučavanjem mogućnosti smanjenja sadržaja mlečne masti i soli u siru.

## Sirevi sa smanjenim sadržajem masti

Mlečna mast je značajna nutritivna komponenta mleka i sira i u velikoj meri doprinosi formiranju specifičnih senzornih i funkcionalnih svojstava pojedinih mlečnih proizvoda. Smanjenje sadržaja masti u sirevima, posebno onih sa zrenjem, rezultira često u formiranju atipičnih svojstava, kao npr. neadekvatne teksture, nedovoljno izraženog i gorkog ukusa i sl.

Poslednjih godina veliki broj naučnih radova bavio se pitanjem iznalaženja rešenja za probleme koji se javljaju u proizvodnji različitih vrsta sireva sa smanjenim sadržajem masti u siru, a sve sa ciljem poboljšanja njihovih svojstava. Ispitivani sirevi uključuju vrste 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, Nelson i Barabano, 2004); mocarela (Fife i sar., 1996, McMahon i sar. 1996, Poduval i Mistry, 1999, Dave i sar. 2003); feta (Katsiari i Voutsinas, 1994a, Michalidou i sar., 2003a); sirevi u salamuri (Romeih i sar., 2002, Madadlou i sar., 2007); kefalograviera (Katsiari i Voutsinas, 1994b, Michalidou 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 sirevi od UF mleka (Đerovski i sar., 2007, 2008, Puđa, 2008).

## Sastav i svojstva sireva sa smanjenim sadržajem masti

Smanjenje sadržaja masti u mleku i siru rezultuje u izmenjenom odnosu pojedinih komponenata hemijskog sa-

stava u odnosu na odgovarajuću vrstu sira sa uobičajenim sadržajem masti. Generalno, sirevi sa smanjenim sadržajem masti imaju veći sadržaj vode i proteina, a manji sadržaj vode u bezmasnoj materiji sira (VBMS), masti u svojoj materiji sira (MSM) i soli u vodenoj fazi sira (S/VF) u odnosu na odgovarajuće vrste punomasnih sireva. Ipak, u malom broju slučajeva postoje izvesna odstupanja u pogledu sastava niskomasnih sireva (Katsiari i Voutsinas, 1994, Michaleidou i sar. 2003a).

Razlike u sastavu sireva sa različitim sadržajem masti se značajno reflektuju na njihova senzorna i funkcionalna svojstva. Naime, veliki sadržaj proteina i mali sadržaj MSM sireva sa smanjenim sadržajem masti često rezultira u formiranju izrazito čvrste i, kao takve, nepodesne teksture proteinskog matriksa.

Ukus i miris sireva sa smanjenim sadržajem masti, posebno sireva sa zrenjem, često je atipičan, gorak i nedovoljno izražen. Razlozi pojave defekata ukusa i mirisa sireva sa smanjenim sadržajem masti su brojni.

Sirevi sa smanjenim sadržajem masti se odlikuju manjim obimom lipolitičkih promena, koje doprinose manjem obimu nastajanja slobodnih masnih kiselina i drugih aromatskih jedinjenja koja su važna 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). Izmenjeni parametri sastava i strukture sireva sa smanjenim sadržajem masti, kao što su struktura proteinskog matriksa, tok proteolitičkih promena tokom perioda zrenja, pH vrednost i sadržaj soli u vodenoj fazi masti mogu takođe indirektno uticati na stvaranje defekata arome sira (Mistry, 2001).

Jedan od najčešćih problema u proizvodnji sireva sa smanjenim sadržajem masti je pojava gorkog ukusa kao posledica formiranja hidrofobnih gorkih peptida, a koji nastaju aktivnošću različitih proteinaza, posebno enzima startera, na kazein. Smatra se da se gorki hidrofobni peptidi u siru formiraju neadekvatnom razgradnjom  $\alpha_{s1}$  i  $\beta$  kazeina, posebno delovanjem proteinaza na hidrofobni region C-terminalnog dela  $\beta$  kazeina, i/ili ukoliko su prisutni u izrazito visokim koncentracijama (McSweeney, 1997). Mistry i Kasperon (1998) navode da je sadržaj soli u siru manji od 4,5% S/VF i upotreba startera sa malom proteolitičkom aktivnošću najpodesnija kom-

binacija za proizvodnju sireva sa smanjenim sadržajem masti. Za razliku od sireva sa smanjenim sadržajem masti, u sirevima sa velikim sadržajem masti gorki peptidi se apsorbuju u masnu fazu, što takođe smanjuje pojavu gorčine u ovim sirevima.

Ukus i miris sireva sa smanjenim sadržajem masti zavise od aromatskih komponenti koje su osnovni nosioci arome određene vrste sira. S tim u vezi, Katsiari i Voutsinas (1994) navode da niskomasni feta sir ima zadovoljavajuća senzorna svojstva, jer su generalno nosioci ukusa ovog sira niska pH vrednost, odnosno izražena kiselost, veliki sadržaj soli, kao i ograničen obim proteolize koji su prisutni i kod sireva sa smanjenim sadržajem masti.

Izmenjen hemijski sastav sireva sa smanjenim sadržajem masti odražava se na tok i obim proteolitičkih promena tokom zrenja, kao i na stvaranje defekata teksture sira. Proteinski matriks, koji predstavlja osnovu strukture sira, zahvaljujući prisustvu inkorporirane masti, obezbeđuje tzv. "gladak" ukus punomasnih sireva. Kada se mast odstrani ili njen sadržaj smanji, tendencije kazeina ka agregiranju postaju izraženije, te snažnije utiču na formiranje teksture sira, što najčešće rezultira nastankom izrazito čvrstog i tvrdog sirnog testa. Tekstura sireva sa smanjenim sadržajem masti najčešće se opisuje kao atipična, i to sa sledećim terminima: "slaba", "gumena", "peškovita" i dr. Što je smanjenje masti u siru veće to su negativni efekti na teksturu sira izraženiji.

Razgradnja proteina tokom zrenja sireva usko je 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 manji sadržaj rastvorljivih azotnih materija u odnosu na odgovarajuću vrstu sira sa većim sadržajem masti. Manji sadržaj rastvorljivih azotnih materija je delimično posledica manjeg sadržaja VBMS sireva sa smanjenim sadržajem masti, razlike u zadržavanju koagulanata, odnosno izmenjenom odnosu koagulant:kazein.

Visoka pH vrednost prilikom odliivanja surutke i niže temperature do-grevanja, koje se često koriste u proizvodnji sireva sa smanjenim sadržajem masti, doprinose zadržavanju manje količine koagulanata u sirnom testu. Ova činjenica bi jednim delom mo-

gla biti razlog manjeg obima razgradnje proteina tokom zrenja sireva sa smanjenim sadržajem masti. Ipak, uticaj smanjenja sadržaja masti na tok proteolitičkih promena je različit u zavisnosti od vrste sira i primenjenog tehnološkog postupka proizvodnje Michaelidou i sar., (2003b).

Razgradnja proteina, posmatrana elektroforetskim metodama, pokazuje razlike među sirevima sa različitim sadržajem masti. Čedar sa smanjenim sadržajem masti se odlikuje sporijom degradacijom  $\alpha_{s1}$  kazeina i bržom razgradnjom  $\beta$  kazeina. S druge strane, veći sadržaj intaktnog  $\alpha_{s1}$  i  $\beta$  kazeina prisutnih u sastavu sira je verovatno posledica većeg sadržaja proteina, kao i izmenjenog odnosa rezidualnog himozina i proteina kod sireva sa smanjenim sadržajem masti (Fenelon i Guinee, 2000).

Izmenjen hemijski sastav, tok i obim proteolitičkih promena sireva sa smanjenim sadržajem masti, u velikoj meri se odražavaju na funkcionalna svojstva sira. Funkcionalna svojstva sireva, kao što su sposobnost topljenja, stepen izdvajanja ulja, rastegljivost i dr., posebno su značajna ukoliko se sirevi koriste kao ingredijenti u pripremi pica, sendviča i sl. Funkcionalna svojstva sireva zavise od vrste i sastava sira, stepena zrelosti, odnosno obima razgradnje proteina u siru (Miočinović i Puđa, 2005, Đerovski i sar., 2006).

Uticaj smanjenja sadržaja masti na funkcionalnost sireva je najviše proučavana kod mocarele (Fife i sar., 1996, Dave i sar., 2003) i čedra (Guinee i sar., 2000, Awad i sar., 2005). Generalno, sirevi sa smanjenim sadržajem masti pokazuju lošija funkcionalna svojstva (Tunick i sar., 1993, Fife i sar., 1996). Pogoršanje funkcionalnih svojstava je posledica smanjenog sadržaja VBMS, ograničenog obima proteolize, manje količine izdvojene masti i većeg sadržaja intaktnog kazeina u siru sa smanjenim sadržajem masti. Funkcionalna svojstva sireva sa smanjenim sadržajem masti se mogu poboljšati modifikacijom potupka proizvodnje, upotrebom EPS+ starter kultura (Broadbent i sar., 2001, Awad i sar., 2005) ili adekvatnom formulacijom sastava sira, posebno u pogledu sadržaja kalcijuma (Sheehan i Guinee, 2004).

#### Proizvodnja sireva sa smanjenim sadržajem masti

U cilju optimizacije i dobijanja prihvatljivih senzornih i funkcionalnih

svojstava proizvoda, tehnološki postupak proizvodnje sireva sa smanjenim sadržajem masti u velikoj meri podrazumeva izmene u odnosu na tradicionalan, uobičajan način dobijanja odgovarajuće vrste sira. Izmene tehnološkog postupka proizvodnje sireva sa smanjenim sadržajem masti podrazumevaju izmene pojedinih operacija, dodavanje dopunskih kultura i upotrebu aditiva - zamjenjivača masti.

Modifikacija pojedinih operacija tehnološkog postupka proizvodnje sireva sa smanjenim sadržajem masti veoma je jednostavan i ekonomičan način za postizanje odgovarajućih senzornih svojstava sireva sa smanjenim sadržajem masti.

Početni korak u proizvodnji sireva sa smanjenim sadržajem masti je standardizacija mleka, pri čemu se sadržaj mlečne masti, tj. odnos kazein : mast, dovode na željeni nivo, zavisno od željenog sadržaja masti u siru (Puđa i sar., 2000). Sastav mleka namenjenog proizvodnji sireva sa smanjenim sadržajem masti se, pored uobičajenog načina standardizacije, može postići i dodavanjem kondenzovanog mleka (Anderson i sar., 1993), ultrafiltriranog ili mikrofiltriranog koncentrata u prahu i direktnom ultrafiltracijom (Banks 2004). Ipak, alternativne metode standardizovanja sastava mleka često rezultiraju u stvaranju neadekvatne teksture proizvoda (Anderson i sar., 1993).

Jedan od osnovnih zadataka 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 VBMS i S/VF, kao ključnih faktora brojnih promena u toku zrenja sireva (Rodriquez, 1998). U proizvodnji sireva sa smanjenim sadržajem masti poželjno je sadržaj VBMS dovesti na nivo istovetan kao kod punomasnih sireva (Miočinović i Puđa, 2009). Smanjenje sadržaja masti u čedru rezultira većim sadržajem vode i proteina, ali manjim sadržajem VBMS (Guinee i sar., 2000).

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

svojstava karakterističnih za pojedine vrste sireva.

Zadržavanje većeg sadržaja vode u čedru (Banks i sar., 1989) i kefalograviera siru (Katsiari i Voutsinas, 1994b) može se postići primenom nižih temperatura dogrevanja i povišenjem pH vrednosti prilikom mlevenja sirne grude čedra (Guinee i sar., 1998).

U USA najzastupljenija izmena tradicionalnog postupka za proizvodnju čedra sa smanjenim sadržajem masti je operacija ispiranja sirne grude hladnom vodom (22°C). Ovim postupkom smanjuje se 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 mekšim sirnim testom. Negativni efekti ovog postupka su gubici aromatskih jedinjenja, što se često odražava u 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, koji imaju izraženu sposobnost vezivanja vode (Miočinović, 2004). 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 vode u siru postiže se primenom oba postupka pri čemu se strogim režimom termičke obrade povećava sadržaj denaturisanih serum proteina, a procesom UF sadržaj ukupnih proteina (Lo i Bastian, 1998, Rodriquez i sar., 1998). Negativni efekti primene strogog režima termičke obrade i/ili UF procesa u proizvodnji sireva su izmenjen profil proteolitičkih promena, odnosno smanjen obim razgradnje kazeina, posebno  $\alpha_{s1}$  kazeina (Lo i Bastian, 1998, Puđa, 1992, Puđa i Guinee, 1998). U proizvodnji mocarele primena strogog režima termičke obrade ne pokazuje negativne efekte na fizička i senzorna svojstva sira (Punidades i sar., 1999, Kebary i sar., 1999).

Proizvodnja sireva sa smanjenim sadržajem masti je, u nekoliko istraživanja, zasnovana na primeni homogenizacije mleka ili pavlake. Homogenizacijom mleka se povećava površina masnih globula, što može uticati na poboljšanje teksture sireva sa smanjenim sadržajem masti. Među-

tim, homogenizacija mleka može imati neželjene efekte na proteinsku strukturu sira i interakcije kazein-mast. To nepovoljno utiče na sposobnost formiranja gela, sinerezis, odnosno obradu grušta i senzorna svojstva sira. Homogenizacija mleka ili pavlake pri odgovarajućem pritisku primenjena je u proizvodnji čedra (Metzger i Mistry, 1994, 1995), mocarele (Tunick i sar., 1993, Rowney i sar., 2003), iranskog belog sira u salamuri (Madadlou i sar., 2007).

Primena homogenizacije mleka pri nižem pritisku i nižim temperaturama dogrevanja doprinosi većem zadržavanju vode u siru i dobijanju zadovoljavajućih teksturalnih i funkcionalnih svojstava mocarele sa smanjenim sadržajem masti, koje su uporedive sa svojstvima punomasnih sireva (Tunick i sar., 1993). Rudan i sar. (1998) navode da homogenizacija mleka ili pavlake ne utiče značajno na teksturalna i funkcionalna svojstva sira, ali poboljšava 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 intenzivnu promenu boje prilikom zagrevanja sira (Rudan i sar., 1998).

U proizvodnji čedra sa smanjenim sadržajem masti, standardizacija obranog mleka sa homogenizovanom pavlakom (Metzger i Mistry, 1994, 1995) doprinosi zadržavanju većeg sadržaja vode u sirnom testu, dobrim teksturalnim i funkcionalnim svojstvima sira, kao i dobrom randmanu proizvodnje. Madadlou i sar., (2007) su u proizvodnji iranskog belog sira u salamuri dodavali homogenizovanu pavlaku tokom standardizacije obranog mleka. Sirevi proizvedeni uz dodatak homogenizovane pavlake su pokazali bolja teksturalna, funkcionalna i senzorna svojstva, posebno pri primenjenom nižem pritisku homogenizacije, od sireva proizvedenih od mleka standardizovanog dodavanjem nehomogenizovane pavlake.

Slatka mlačenica koncentrovana 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 mlačenice rezultira povećanjem sadržaja vode u siru, čime se postiže mekša i prihvatljiva tekstura sira. Upotreba UF mlačenice u proizvodnji mocarele sa sma-

njenim sadržajem masti, rezultira smanjenjem stepena izdvajanja masti i topivosti sira, ali uz istovremeno postizanje zadovoljavajuće teksture sira.

Nelson i Barbano (2004) razvili su novi proces odstranjivanja masti iz zrelog čedra različite starosti, koji su upotreбили za proizvodnju čedra sa 50% smanjenim sadržajem masti. Aroma čedra sa smanjenim sadržajem masti u potpunosti odgovara zrelog sira (Whetstine i sar., 2006). Takvi rezultati ukazuju da aromatske komponente, koje opredeljuju aromu zrelog sira, ostaju i u sira sa smanjenim sadržajem masti nakon njenog uklanjanja razvijenim postupkom.

Jedan od načina poboljšanja svojstava sireva sa smanjenim sadržajem masti, posebno arome sira, je upotreba dopunskih kultura. Ispitivanja o uticaju dopunskih kultura na svojstva sireva sa smanjenim sadržajem masti, korišćenjem različitih sojeva mikroorganizama, vršena su na brojnim vrstama sireva, kao što su čedar (Fenelon i sar., 2002); edam (Tungjaroenchai i sar., 2001); feta (Katsiari i sar., 2002a, b, Michaelidou i sar., 2003a); kefalograviera (Katsiari i sar., 2002b), sirevi od UF mleka (Đerovski i sar., 2008).

Dopunske kulture koje se dodaju u proizvodnji sireva trebalo bi da ispunjavaju zahteve za malom acidogenom i izraženom proteolitičkom aktivnošću. Slabija acidogena sposobnost ovih kultura je neophodna kako bi se sprečio intenzivni razvoj kiselosti, što bi usled većeg prisustva vode u sirevima sa smanjenim sadržajem masti, omogućilo stvaranje defekata ukusa. S druge strane, izražena i kontrolisana proteolitička a posebno peptidazna aktivnost dopunskih kultura, smanjuje mogućnost pojave gorčine usled formiranja većeg sadržaja željezinih peptida koji su osnovni nosioci arome sira. Generalno, dopunske kulture značajno ubrzavaju proteolitičke promene i povećavaju sadržaj malih peptida i slobodnih aminokiselina tokom zrenja velikog broja različitih vrsta sireva.

U proizvodnji čedra sa smanjenim sadržajem masti Fenelon i sar. (2002) ustanovili su da se tokom zrenja sireva sa dopunskim kulturama formira viši nivo niskomolekularnih peptida i slobodnih aminokiselina. Najizraženiji pozitivan efekat na senzorna svojstva sireva pokazali su *L. helveticus*, *Leuc. cremoris* i *Lc. lactis* var. *Diacetylactis*. Slične rezultate navode Tungjaroenchai i sar. (2001) koji su ispitivali uticaj različitih dopunskih kultura na sastav i

senzorna svojstva edamskog sira sa smanjenim sadržajem masti. Sirevi proizvedeni sa *L. helveticus* i *Lc. lactis* ssp. *diacetylactis* imali su veći obim proteolitičkih promena, dok su sirevi sa *L. helveticus* i *L. reuteri* imali najbolja teksturalna svojstva. Shodno rezultatima autori zaključuju da je *L. helveticus* najadekvatnija dopunska kultura sa izraženim pozitivnim efektima na svojstva sireva.

Primena komercijalnih dopunskih kultura koje sadrže *Lc. lactis* subsp. *cremoris* i *Lc. lactis* subsp. *lactis* u proizvodnji niskomasnog feta sira, utiče na poboljšanje senzornih svojstava sira. Poboljšanje senzornih svojstava nastaje verovatno kao posledica stvaranja većeg obima malih peptida i slobodnih aminokiselina kao prekursora ukusa i mirisa, posebno u kasnijim fazama zrenja (Katsiari i sar., 2002a, Michaelidou i sar., 2003a). U modifikovanom tehnološkom postupku proizvodnje kefalograviera sira dodavanje dopunskih kultura koje sadrže *L. casei* ssp. *rhamnosus*, *Lc. lactis* subsp. *Lactis* i *Lc. lactis* subsp. *cremoris* ne utiču na sastav i tok primarne proteolize, ali značajno utiču na sekundarnu proteolizu, formirajući veći sadržaj malih peptida, slobodnih aminokiselina, kao i drugih brojnih aromatskih komponenti sira (Kondyli i sar., 2003, Michaelidou i sar., 2003b). Izražena lipoliza i sekundarna proteoliza, kao posledice dopunskih kultura, reflektuju se na formiranje veoma dobrih senzornih svojstava eksperimentalnih sireva (Katsiari i sar., 2002b).

Poseban segment korišćenja dopunskih kultura je mogućnost inkorporacije probiotskih bakterija. S obzirom da su sirevi pogodan medijum za inkorporaciju probiotskih bakterija u cilju dobijanja proizvoda multi funkcionalnih svojstava, neophodno je proizvodnju sireva sa smanjenim sadržajem masti povezati sa primenom probiotika (Miočinović i Puđa, 2004). Primena probiotskih dopunskih kultura u sirevima sa smanjenim sadržajem masti može doprineti poboljšanju njihovih senzornih svojstava, s jedne strane, i postizanju funkcionalnih svojstava, s druge strane (Ryhänen i sar., 2001, Miočinović i Puđa, 2007, Puđa i sar., 2008, Đerovski i sar., 2008). Đerovski i sar., (2008) navode da dodavanje probiotskih bakterija utiče na poboljšanje senzornih svojstava, posebno ukusa i mirisa, niskomasnih sireva od UF mleka.

Dodavanje aditiva u proizvodnji sireva sa smanjenim sadržajem masti

takođe je jedan od puteva kojim se može postići poboljšanje senzornih svojstava ovih sireva. Aditivi, koji se dodaju radi maskiranja nedostatka određene količine masti klasifikuju se kao zamenjivači i imitatori masti. 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 i imaju izraženu sposobnost vezivanja vode, što povoljno utiče na svojstva, posebno teksturu, i randman proizvodnje sireva sa smanjenim sadržajem masti (Rodriguez, 1998).

Dairy Lo, komercijalni proteinski preparat za imitaciju masti, utiče na promenu mikrostrukture i na povećanje sadržaja vode i VBMS, što rezultira u mekšoj konzistenciji čedar sira (Fenelon i Guinee, 1997, Aryana i Haque, 2001), ali ne utiče na tok i obim primarne proteolize tokom zrenja sireva sa smanjenim sadržajem masti.

U proizvodnji mocarele sa smanjenim sadržajem masti, imitatori masti kao što su ugljenohidratni aditivi Stellar i Novagel i proteinski imitatori masti Dairy Lo i Simplese, doprinose zadržavanju većeg sadržaja vode, što utiče na poboljšanje funkcionalnih svojstava sira. Topivost sireva se znatno povećava upotrebom Stellar i Simplese imitatora masti, dok se korišćenjem Novagela i Dairy Lo pogoršavaju funkcionalna svojstva sira (McMahon i sar., 1996). Romeih i sar. (2002) navode da u proizvodnji sireva u salamuri sa smanjenim sadržajem masti imitatori masti Simplese D-100 i Novagel NC-200 utiču na zadržavanje većeg sadržaja vode, poboljšanje teksturalnih svojstava sira i povećanje randmana proizvodnje. U pogledu senzornog kvaliteta, najbolja svojstva je pokazao sir proizveden sa Novagelom.

Kao potencijalni zamenjivači masti u proizvodnji sireva sa smanjenim sadržajem masti mogu se koristiti i različite vrste prehrambenih vlakana.

### Sirevi sa smanjenim sadržajem soli

Sirevi, posebno sirevi Mediteranskog pojasa kao što su sirevi u salamuri, su namirnice koje su veoma često opterećene velikim sadržajem soli. Povećano prisustvo soli se delimično opravdava tehnološkim zahte-

vima, koji su pretežno usvojeni iz tradicionalne proizvodnje sireva u salamuri, a delimično su proizašli iz tradicije ishrane ovim sirevima, koja je velikim delom vezana za topla područja za koja je karakterističan povećan dnevni unos soli.

So u siru ima višestruku ulogu i utiče na brojne aspekte kvaliteta kao što su: senzorna i nutritivna svojstva sireva; rast i aktivnost mikroorganizama, posebno patogenih, što utiče na povećanje bezbednosti proizvoda; aktivnost pojedinih enzima u siru; sinerezis sirne grude, pri čemu se vrši regulacija sadržaja vlage u sirevima, što indirektno utiče na aktivnost mikroorganizama i enzima; promene na proteinima koje uzrokuju promene teksture sira, rastvorljivosti proteina i njihovu konformaciju (Miočinović i sar., 2003).

U ishrani ljudi jedna od osnovnih uloga kuhinjske soli je obezbeđivanje potrebnih količina natrijuma neophodnih za neometano odvijanje metaboličkih procesa u organizmu. Smatra se da prosečna fiziološka potreba ljudskog organizma iznosi oko 200 mg natrijuma odnosno 0,5g NaCl (IFT, Dillon, 1987). U USA preporučena gornja granica za dnevni unos natrijuma iznosi 2,3 g/dan, što čini oko 6,0 g NaCl (max. 8,3g) (Dietary Guidelines for Americans, 2005). U svakodnevnoj ishrani ljudi obično se unosi veća količina natrijuma od potrebne, odnosno oko 4–5g Na/dan što čini 10–12 g NaCl (Dillon, 1987).

Preterani unos natrijuma može izazvati razne fiziološke poremećaje, od kojih su najznačajniji hipertenzija i izlučivanje kalcijuma iz koštanog tkiva, što dovodi do osteoporoze (Berlin, 1999, Kaplan, 2000). Poslednjih godina, u skladu sa savremenim trendovima u ishrani ljudi, postoji značajan interes za ispitivanja mogućnosti smanjenja sadržaja soli u brojnim prehrambenim proizvodima, uključujući i sireve, (Schroeder i sar., 1988, Katsiari i sar. 2000). Preporuka za smanjenje konzumiranja natrijuma, posebno za osetljive grupe potrošača, doprinela je da se u pojedinim zemljama sveta uvede obaveza klasifikovanja namirnica prema sadržaju natrijuma, koji mora biti označen na deklaraciji (sa velikim, srednjim i malim sadržajem natrijuma).

Smanjenje sadržaja soli, s obzirom na njen veliki značaj za kvalitet, najčešće zahteva savremeni naučni i tehnološki pristup u proizvodnji sireva. Većina aktuelnih istraživanja iz ove

oblasti usmerena su u nekoliko sledećih pravaca: određivanje maksimalne granice u smanjenju sadržaja soli u siru sa osvrtom na potencijalno stvaranje neprihvatljivog ukusa (Rulikowska i sar., 2008, Kaya i sar., 1999), mogućnost potpune ili delimične zamene NaCl drugim solima (KCl, MgCl<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>, mešavina soli iz surutke) (Güven i Karaca, 2001, Katsiari i sar., 1997, 2000a,b, 2001), upotreba poboljšivača ukusa radi maskiranja potencijalnih defekata nastalih smanjenjem sadržaja soli (Reddy i Marth, 1993).

Ispitivanja o mogućnosti proizvodnje sireva sa smanjenim sadržajem soli, odnosno natrijuma, vršena su na brojnim vrstama sireva.

Schroeder i sar., (1988) pokazali su da čedar proizveden sa 75% smanjenim sadržajem soli (0,73%NaCl) pokazuje zadovoljavajuća svojstva i može biti označen kao sir sa smanjenim sadržajem natrijuma. Prema Morris-u (1961) pojava neizraženog tj. bljutavog ukusa čedra se može prevazići sa min. 0,8% soli.

Fitzgerald i Buckley (1985) ispitivali su uticaj različitih soli (KCl, MgCl<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>) i njihovih mešavina sa NaCl, u odnosu 1:1, na kvalitet čedra tokom 4 meseca zrenja. Pojedinačno dodavanje zamena kuhinjske soli značajno utiče na stvaranje gorkog i neprihvatljivog ukusa sira, kao i mekše konzistencije sirnog testa. Sirevi soljeni sa MgCl<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub> i njihovim mešavinama pokazali su veći obim proteolize i lipolize, što je rezultiralo pogoršanjem njihovog senzornog kvaliteta. Najbolja svojstva imao je sir soljen mešavinom KCl/NaCl.

Brojna istraživanja vršena su na temu smanjenog sadržaja soli u proizvodnji kotidž sira (Demott i sar., 1984, Wyatt, 1983). Kotidž sa 35% smanjenim sadržajem soli pokazuje zadovoljavajuća senzorna svojstva, veoma prihvatljiva od strane potrošača, dok smanjenje sadržaja soli od 50% u značajnoj meri umanjuje njegov senzorni kvalitet (Wyatt, 1983).

Lefier i sar., (1987) ustanovili su da primena MgCl<sub>2</sub> za supstituciju NaCl ne utiče značajno na proteolizu i sadržaj slobodnih masnih kiselina, ali utiče na formiranje gorkog ukusa i stvaranje mekše teksture sirnog testa.

Güven i Karaca (2001) ispitivali su uticaj različitih mešavina soli (CaCl<sub>2</sub>, KCl, MgCl<sub>2</sub> sa NaCl u odnosu 1:1) na tok i obim proteolitičkih promena turkog belog sira u salamuri tokom 12 nedelja skladištenja. Sadržaj RN/UN,

kao osnovni pokazatelj zrenja sira, bio je najviši kod kontrolnog sira, a najmanji kod sireva soljenih u salamuri sa CaCl<sub>2</sub>. Takođe, sadržaj kazeinskog azota je veći kod ovih sireva nego kod kontrolnog na kraju zrenja, što autori povezuju sa uticajem CaCl<sub>2</sub> na smanjenu razgradnju kazeina.

U setu ogleđa Katsiari i sar. (1997, 2000a, 2000b) su u proizvodnji feta sira, koji se tradicionalno odlikuje veoma velikim sadržajem soli (3–3,5%), ispitivali mogućnost smanjenja sadržaja soli, odnosno zamene NaCl drugim solima u različitim odnosima. Delimična zamena NaCl sa KCl (oko 50%) ne utiče značajno na tok proteolitičkih (Katsiari i sar., 2000a) i lipolitičkih (Katsiari i sar., 2000b) promena tokom zrenja feta sira.

## SIREVI SA FUNKCIONALNIM SVOJSTVIMA

Funkcionalna svojstva prehrambenih proizvoda odnose se na njihov pozitivan učinak na zdravlje ljudi. Proizvodi do mleka, zahvaljujući svom sastavu, predstavljaju veoma dobru osnovu za razvijanje proizvoda dobrih funkcionalnih svojstava. U grupi proizvoda sa izraženim funkcionalnim svojstvima ističu se mlečni proizvodi, uključujući sireve, sa probiotskim bakterijama i prehrambenim vlaknima.

### Sirevi sa probiotskim bakterijama

Primena probiotskih bakterija je do danas veoma rasprostranjena u proizvodnji brojnih fermentisanih mlečnih napitaka. Ipak, sve veća tražnja za proizvodima sa izraženim funkcionalnim svojstvima dovela je do zahteva za proširenje asortimana ovih proizvoda. Iz ovih razloga, poslednjih godina vrše se brojna ispitivanja mogućnosti inkorporacije probiotskih bakterija pri proizvodnji različitih vrsta sireva, sa posebnim osvrtom na mogućnosti njihovog preživljavanja tokom zrenja i/ili skladištenja.

### Svojstva probiotskih bakterija

Probiotske bakterije su živi mikroorganizmi koji u dovoljnom broju poseduju pozitivne efekte na zdravlje ljudi. Funkcionalna svojstva probiotika su brojna a neka od njih se ogledaju u jačanju imunog sistema, održavanju balansa gastrointestinalne mikroflore, antikancerogenoj aktivnosti, smanjenju sadržaja holesterola u krvi, prevenciji dijareja, raznih oblika alergija i

dr. (Mattila - Sandholm i Saarela, 2000).

Najznačajnije vrste iz grupe probiotičkih bakterija, a koje se koriste u proizvodnji mlečnih proizvoda, su iz rodova *Bifidobacterium* i *Lactobacillus* sp. (Mattila-Sandholm i Saarela, 2000).

Probiotici, da bi ostvarili svoju osnovnu terapeutsku ulogu, moraju biti zastupljeni u odgovarajućem broju, odnosno održavati neophodnu vijabilnost tokom proizvodnje, zrenja i skladištenja, uključujući i period do konzumiranja proizvoda. Broj probiotičkih bakterija neophodan u proizvodu je još uvek u fazi usaglašavanja. Prema različitim literaturnim izvorima navodi se da njihov broj u momentu konzumiranja mora biti  $\geq 10^6$  cfu/g (w.w.w.us-probiotics.org), odnosno  $10^7$  cfu/g (De Vuyst, 2000).

Na održivost probiotika utiču mnogobrojni faktori: vrsta i osobine probiotika, sastav namirnice, temperatura, pH vrednost, sadržaj soli, kao i prisustvo drugih mikroorganizama. Nivo tolerancije prema spoljašnjim faktorima varira između vrsta, ali zavisno od soja mikroorganizama i unutar pojedinih vrsta. S tim u vezi, veoma je važan odabir vrste i soja bakterija, jer pojedini sojevi mogu biti nepraktični i stvarati probleme vezane za malu vijabilnost tokom fermentacije, proizvodnje i skladištenja proizvoda (www.us-probiotics.org).

Stabilnost probiotika i njihova vijabilnost u prehrambenim proizvodima može se poboljšati na nekoliko načina: podešavanjem procesnih parametara proizvodnje i uslova skladištenja, bez negativnih efekata na kvalitet proizvoda; optimizacijom medijuma rasta; dodavanjem poboljšivača rasta kao npr. prebiotika; enkapsulacionim tehnikama i dr. (Mattila-Sandholm i Saarela, 2000).

### Proizvodnja sireva sa probiotičkim bakterijama

Pri proizvodnji sireva sa probiotičkim mora se voditi računa o vrsti i soju probiotičkih bakterija i njihovim osnovnim osobinama, a sve sa ciljem postizanja željene vijabilnosti i njihove metaboličke aktivnosti tokom proizvodnje i potrošnje proizvoda. Takođe, veoma je važno utvrditi uticaj probiotičkih bakterija na profil i tok promena tokom zrenja, kao i na senzorna svojstva i kvalitet sireva (Gomes i Xavier, 1999, Mattila-Sandholm i Saarela, 2000).

Sirevi kao medijum za prenos probiotičkih bakterija, od namirnice do gastrointestinalnog trakta čoveka, imaju brojne prednosti u odnosu na fermentisane mlečne napitke. Prednosti sireva se ogledaju u boljoj zaštiti probiotika u gastrointestinalnom traktu i većoj mogućnosti njihovog opstanka, a što je rezultat više pH vrednosti, čvršće konzistencije i većeg sadržaja mlečne masti. Pored toga, sirevi imaju i veći puferni kapacitet u odnosu na jogurt i druge fermentisane proizvode (Gomes i Xavier M., 1999, Ross i sar., 2002).

U proizvodnji mlečnih proizvoda, uključujući i sireve, probiotičke bakterije se, s obzirom na njihovu relativno malu acidogenu sposobnost, najčešće dodaju kao dopunske starter kulture (Gomes i Xavier M., 1999, Ross i sar., 2002). Takođe, važna činjenica za uspešnu implementaciju probiotika u siru je izbor vrste sira kao potencijalnog nosača probiotika, kao i kompatibilnost probiotika sa sastavom namirnice i parametrima tehnološkog postupka proizvodnje (Gomes i Xavier M., 1999, Ross i sar., 2002).

Veliki sadržaj mlečne masti u proizvodu rezultira u visokoj kalorijskoj vrednosti odgovarajućeg proizvoda i stoga može imati negativne posledice na zdravlje potrošača. S obzirom da su sirevi sa probiotičkim namirnicama kod kojih zdravstveni aspekti imaju poseban značaj, preporučljivo je da se oni proizvode sa smanjenim sadržajem mlečne masti. Kao što je ranije napomenuto, primena probiotika u proizvodnji sireva sa smanjenim sadržajem masti, pored zadovoljenja funkcionalnih svojstava, može doprineti i poboljšanju njihovih senzornih svojstava (Đerovski i sar., 2007, Đerovski i sar., 2008, Puđa i sar., 2008).

Veliki broj sojeva probiotičkih bakterija su neotporni na visoke koncentracije soli. Iz tih razloga, kao nosioce ovih bakterija nije poželjno birati sireve sa velikim sadržajem soli, ili je pak proizvodnju takvih sireva potrebno modifikovati u cilju dobijanja proizvoda sa manjim sadržajem soli.

Prva istraživanja vezana za inkorporiranje probiotičkih bakterija u sireve su bila vezana za kiselu-koagulišuće sireve, zbog njihove sličnosti sa fermentisanim mlečnim napicima. Brojna istraživanja vršena na različitim vrstama kiselokoagulišućih sireva, kao što su kvark (Panić 2004), «fresco» sir (Boylston i sar., 2004., Vinderola i sar., 2000), pokazuju da ovi proizvodi mogu biti dobri nosioci probiotičkih

bakterija. Roy i sar., (1997) i Gobbetti i sar., (1998) navode da vijabilnost probiotika zavisi od upotrebljenog soja, kao i temperature zrenja ili skladištenja sireva.

Kada govorimo o mogućnosti inkorporacije probiotika u proizvodnji tvrdih i polutvrdih sireva, najveći broj istraživanja je vršen na sirevima tipa čedra kao jedne od najzastupljenijih grupa sireva širom sveta.

Gardiner i sar., (1998) ustanovili su da *L. paracasei* pokazuje dobru vijabilnost tokom 8 meseci zrenja čedra, dok *L. salivarius* izumire, što ukazuje na nepodesnost korišćenja ove vrste u proizvodnji sireva sa dugim zrenjem. Sirevi proizvedeni sa dopunskim kulturama pokazuju veći obim nastajanja slobodnih aminokiselina, verovatno usled prisustva intracelularnih peptidaza koje se oslobađaju nakon liziranja ćelija. Breatry i sar., (2001) navode da prisustvo bifidobakterija u čedru utiče na brže opadanje pH vrednosti, brže formiranje slobodnih aminokiselina i intenzivnije formiranje senzornih svojstava sira.

Corbo i sar., (2002) su modifikacijom tehnološkog postupka proizvodnje italijanskog tvrdog kozijeg sira (Canevato Pugliese), koja je podrazumevala izmenjen temperaturni režim pri obradi grušta, uticali na poboljšanje vijabilnosti bifidobakterija.

Gomes i sar., (1995) modifikovali su postupak proizvodnje gaude u cilju pospešenja rasta probiotičkih bakterija *Bifidobacterium* i *L. acidophilus*. U toku zrenja sireva broj probiotičkih bakterija varirao je u zavisnosti od dela sira, koncentracije soli i obima proteolize, ali se i nakon 9 meseci skladištenja zadržao na nivou  $\geq 10^7$  cfu/g.

*Bergamini i sar.* (2006) ispitivali su vijabilnost i uticaj probiotičkih laktobacila (*L. acidophilus* i *L. paracasei* ssp. *paracasei*), kao i načina njihove pripreme na proteolizu polutvrdog sira (Pategra Argentino). Vijabilnost oba soja laktobacila, bez obzira na način pripreme, održavala se na potrebnom nivou od  $10^7$  cfu/g tokom 60 dana zrenja. Primena probiotičkih dopunskih sojeva nije pokazala značajan uticaj na tok primarne proteolize, ali je uočen značajno različit uticaj sojeva na tok i obim sekundarne proteolize, što je verovatno posledica njihove različite proteolitičke aktivnosti. Dodavanje *L. acidophilus* u velikoj meri menja tok sekundarne proteolize, odnosno povećava nastajanje niskomolekularnih azotnih jedinjenja. Shodno tome, primena ovog soja, u formi dopunske

kulture, može služiti za ubrzanje zrenja sireva i poboljšanje njihovih senzornih svojstava, uz istovremeno osiguravanje funkcionalnih efekata proizvoda usled prisustva probiotika u velikom broju.

U našoj zemlji istraživanja inkorporacije probiotika u polutvrde i tvrde sireve su veoma oskudna (Tucović i sar., 2004) i još uvek su bez većeg komercijalnog značaja.

Poboljšanje vijabilnosti probiotika može se postići tehnikama imobilizacije na različitim vrstama nosača. Ōzer i sar., (2009) navode da se ekstruzionim i emulzionim tehnikama imobilizacije povećava broj *B. bifidum* BB-12 i *L. acidophilus* LA-5 tokom zrenja belog sira u salamuri. Autori navode da primena mikroenkapsuliranih probiotskih bakterija ne utiče značajno na senzorna svojstva sireva, te se stoga mogu uspešno koristiti kao jedan od načina poboljšanja vijabilnosti probiotika u siru.

### Sirevi sa prehranbenim vlaknima

Poslednjih godina, primena prehranbenih vlakana u proizvodnji hrane sve više dobija na značaju te su stoga istraživanja o mogućnosti njihove primene u brojnim proizvodima od mleka veoma savremena i aktuelna. Prehranbena vlakna se odlikuju brojnim funkcionalnim svojstvima koja se ogledaju u održavanju i poboljšanju zdravlja ljudi. Funkcionalna svojstva prehranbenih vlakana zavise od vrste i porekla vlakana, njihovog sastava i strukture. Dokazani pozitivni efekti vlakana na zdravlje ljudi uključuju laktaciju i/ili smanjenje holesterola u krvi i/ili smanjenje glukoze u krvi, kao i brojne druge efekte.

Prehranbena vlakna se, prema definiciji, označavaju kao jestivi delovi biljaka ili analogni ugljeni hidrati, koji su otporni prema digestiji i absorpciji u tankom crevu (humanom malom intestinalnom traktu), ali se potpuno ili delimično fermentišu u debelom crevu. U ovu kategoriju spadaju polisaharidi (celuloze, hemiceluloze, beta glukani i dr.), oligosaharidi, lignin i drugi delovi pojedinih biljaka (Report AACC, 2001).

Da bi vlakna ostvarila svoje pozitivne efekte na zdravlje potrošača, potrebno je obezbediti odgovarajuć nivo njihovog konzumiranja. Prema preporukama Američke asocijacije za ishranu smatra se da bi odrasle osobe trebalo da konzumiraju 20–35 g vlakana po danu, a deca u količini koja

se izračunava kada se na broj godina starosti doda 5g (npr. 4 godine, odnosno 9 g/dan). Britanska fondacija za ishranu preporučuje da bi minimalna količina konzumiranih vlakana trebalo da iznosi 12–24 g/dan u ishrani odraslih ljudi ([www.wikipedia.org/dietary-fiber](http://www.wikipedia.org/dietary-fiber)). Prosečan unos prehranbenih vlakana u svakodnevnoj ishrani ljudi je najčešće značajno ispod zahtevanog nivoa (Van Loo i sar., 1995, [www.wikipedia.org/dietaryfiber](http://www.wikipedia.org/dietaryfiber)).

Kada govorimo o namirnicama kao potencijalnim izvorima prehranbenih vlakana, važno je napomenuti propisane norme koje takvi proizvodi moraju da ispunjavaju kako bi bili deklarirani kao dobar, odnosno bogat izvor vlakana. Naime, prema regulativi Codex alimentarius – u (Proposal ALINORM 04/27/26; 2003), da bi proizvod bio označen kao dobar izvor vlakna - inulina mora da sadrži min. 3 g na 100 g za čvrste, odnosno 1,5 g na 100 ml za tečne proizvode, ili 1,5 g po porciji, odnosno po 100 kcal proizvoda. Proizvod označen kao bogat izvor inulina mora da sadrži min. 6 g na 100 g za čvrste, odnosno 3 g na 100 ml za tečne proizvode, ili 3 g po porciji, odnosno po 100 kcal.

### Svojstva prehranbenih vlakana

Najznačajnija vrsta prehranbenih vlakana je inulin koji u potpunosti zadovoljava zahteve propisane definicije. Naime, kao i ostala prehranbena vlakna, inulin je digestivan samo u debelom crevu i poseduje brojna funkcionalna svojstva koja mogu imati pozitivne efekte na zdravlje ljudi. Izražena nutritivna i posebno funkcionalna svojstva, kao i važni tehnološki potencijali, inulin svrstavaju u najzastupljenije i danas komercijalno najznačajnije vrste prehranbenih vlakana.

Inulin se prirodno nalazi u različitim vrstama biljaka, kao što su cikorija, artičoka, beli i crni luk, praziluk, pšenica, banana i dr. Po strukturi, inulin pripada grupi ugljenih hidrata, poznatih kao fruktani (Fn), koji su izgrađeni od jedinica fruktofuranoze povezanih β 2,1–vezom, a lanac se najčešće završava glukozom (GF<sub>n</sub>) (Karlson, 1988). Osnovna specifičnost u strukturi inulina je β 2,1 glukozidna veza, koja je u najvećoj meri odgovorna za njegovu nesvarljivost i smanjenu kalorijsku vrednost. Stepent polimerizacije, koji značajno opredeljuje funkcionalna svojstva prirodnih inulina sa strukturom GF<sub>n</sub> kreće se u inter-

valu od 3 do 60 (prosečan DP = 10). Delimičnom hidrolizom inulina nastaju oligofruktoze, koje se odlikuju prosečnim stepenom polimerizacije od 2 do 8 (prosečno DP = 4).

Jedno od najznačajnijih obeležja inulina su njegova nutritivna svojstva. U brojnim prehranbenim proizvodima (mlečni, konditorski i pekarski proizvodi) inulin ne umanjuje senzorna svojstva proizvoda i može se uspešno koristiti kao zamena za masti i šećere. Usled toga, primena inulina omogućava formulaciju prehranbenih proizvoda koji se mogu deklarirati kao dobar ili bogat izvor vlakana, bez negativnih efekata na svojstva i kvalitet proizvoda u koje se ugrađuje.

Specifična struktura inulina doprinosi da se ova vrsta vlakana odlikuje veoma malom kalorijskom vrednošću. Naime, inulin se ne razlaže digestivnim enzimima, te kao nerazgrađen prolazi kroz usta, želudac i tanko crevo i nepromenjen dospeva u debelo crevo, gde podleže fermentaciji od strane određenih bakterija.

Ukus inulina je prijatan, veoma blag, slatkast, što dopušta da se ovaj ingredijent koristi kao zamena za šećer. Različite strukturne forme i dužine lanaca inulina i oligofruktoze rezultiraju u njihovim različitim funkcionalnim svojstvima. S tim u vezi, primena inulina ili oligofruktoze u najvećoj meri zavise od željenih efekata i očekivanih osobina gotovog proizvoda.

Inulin je, usled veće dužine lanca, manje rastvorljiv u odnosu na oligofruktozu. Ukoliko se rastvara u vodi ili mleku, inulin ima sposobnost da formira mikrokristale. Ovi kristali se ne opažaju u ustima, ali oni indirektno utiču na formiranje glatke, kremaste strukture proizvoda i omogućavaju stvaranje osećaja punijeg ukusa pri konzumiranju proizvoda, posebno onih sa smanjenim sadržajem masti (Niness, 1999).

Zdravstveni aspekti inulina se, usled brojnih fizioloških osobina, ogledaju u poboljšanju zdravlja potrošača. Neki od pozitivnih učinaka inulina na zdravlje ljudi se ogledaju u sledećem: poboljšanje bioiskoristivosti i ravnoteže minerala; povećanje apsorpcije minerala, posebno kalcijuma (Abrams i sar., 2005), a u manjoj meri i magnezijuma (Coudray i sar., 2003); sprečavanje pojave osteoporoze (Ninness, 1999.); smanjenje holesterola i nivoa glukoze u krvi; mogućnost sprečavanja pojedinih vrsta kancera (Taper i sar., 1997, Rowland i sar., 1998). S obzirom da se uobičajenom digestijom

inulin ne razgrađuje do monosaharida, njegova upotreba kao zamjenjivača šećera pokazuje minimalni uticaj na nivo šećera u krvi, te stoga može uspješno biti korišćen u ishrani dijabetičara (Ninnes, 1999).

Sigurno najvažniji i do sada najviše izučavani zdravstveni aspekti su tzv. prebiotski efekti inulina i ostalih prehrambenih vlakana, usled čega se oni često nazivaju terminom „prebiotik“ (Gibson i Roberfroid, 1995). Kriterijumi koji dozvoljavaju da se neki ingredijent klasifikuje kao prebiotik su sledeći: ne smeju da se hidrolizuju ni apsorbuju u gornjem delu gastrointestinalnog trakta; trebalo bi da budu selektivni supstrat za potencijalne „korisne“ bakterije u debelom crevu; trebalo bi da imaju pozitivan uticaj na sastav mikroflore kolona, odnosno da dovode do izmene u pravcu povećanja „korisnih“ i smanjenja patogenih vrsta mikroorganizama; trebalo bi da imaju u celosti pozitivne efekte na zdravlje ljudi (Fooks i sar., 1999).

Poznato je da debelo crevo predstavlja složen mikrobn sistem sa značajnom ulogom u brojnim fiziološkim funkcijama koje utiču na zdravstveno stanje ljudi. Kako pojedini sastavni činioci mikroflore kolona mogu da imaju preventivnu ulogu u sprečavanju pojedinih neželjenih pojava, velika pažnja je posvećena delovanju onih mikroorganizama za koje se smatra da su korisni. Među „korisnim“ bakterijama, koje unapređuju zdravlje ljudi, su svakako najpoznatiji laktobacili i bifidobakterije, koje pripadaju grupi probiotskih bakterija.

Bifidobakterije su veoma osetljivi mikroorganizmi, i u poređenju sa laktobacilima, njihova primena je u brojnim prehrambenim proizvodima veoma ograničena. Usled toga, postoji veliki interes za iznalaženje bifidogenih faktora, koji podnose odgovarajuće tretmane prisutne u okviru postupka proizvodnje određene namirnice, a pospešuju rast ovih bakterija i pokazuju pozitivne efekte na zdravlje ljudi. Inulin, kao važan predstavnik prebiotika, poseduje izražene bifidogene efekte, odnosno mogućnost stimulacije upravo osetljivih bifidobakterija. Pozitivni efekti inulina i oligofruktoze na povećanje vijabilnosti bifidobakterija dokazani su u brojnim *in vitro* (Wang i Gibson, 1993, Gibson i Wang, 1994) i *in vivo* istraživanjima (Gibson i sar., 1995, Roberfroid i sar., 1998, Kolida i sar., 2002). Roberfroid i sar. (1998) navode da je konzumira-

nje 5–10 g inulina dnevno dovoljno za značajno povećanje bifidobakterija.

Prebiotski efekti inulina su verovatno osnovni razlog zašto je danas primena vlakana najčešće povezana sa primenom probiotskih bakterija u proizvodnji brojnih prehrambenih proizvoda. Ipak, kada se govori o simbiotskom delovanju prebiotika i probiotika, veoma je važno znati koje vrste bakterija najbolje rastu na odgovarajućim podlogama Huebner i sar., (2007).

### Primena prehrambenih vlakana u proizvodnji mlečnih proizvoda

Primena vlakana u proizvodnji brojnih prehrambenih proizvoda kao što su pića, konditorski proizvodi, pekarski proizvodi, supe i sosovi i dr. zasnovana je na njihovim funkcionalnim i nutritivnim svojstvima. Ovi dodaci se u proizvodnji prehrambenih proizvoda, pored obogaćivanja proizvoda vlaknima, najčešće dodaju kao zamjenjivači masti i šećera, poboljšivači teksturalnih svojstava, kao i usled njihovih prebiotskih svojstava (Steinbüchel i Ki Rhee, 2005).

Kada govorimo o primeni vlakana u proizvodnji određenih prehrambenih proizvoda, posebno je važno da se ispune zahtevi njihove kompatibilnosti sa tehnološkim postupkom proizvodnje odgovarajuće namirnice. Naime, neophodno je da su oni stabilni u pogledu delovanja pojedinih procesnih parametara, kao npr. temperature, pH vrednosti i sl.

Proizvodi od mleka predstavljaju dobru osnovu za implementaciju prehrambenih vlakana, koja poboljšavaju njihova funkcionalna svojstva. U proizvodnji mlečnih proizvoda primena vlakana je aktuelna tema tek poslednjih nekoliko godina i najčešće je povezana sa proizvodnjom fermentisanih mlečnih napitaka. U proizvodnji sireva, primena vlakana je veoma slabo zastupljena, pretežno na istraživačkom nivou, bez većeg komercijalnog značaja. Stoga su literaturni podaci o mogućnosti primene vlakana u proizvodnji sireva veoma oskudni.

Najznačajnija primena inulina je zasnovana na njegovim prebiotskim efektima, odnosno pozitivnoj stimulaciji rasta probiotskih bakterija. Primena inulina, kao potencijalnog zamjenjivača masti i šećera, može biti veoma značajna sa aspekta poboljšanja senzornih i funkcionalnih svojstava proizvoda. Kao dobri zamjenjivači masti i šećera, inulin i ostala vlakna

značajno utiču na poboljšanje teksture i ukusa, a smanjuju kalorijsku vrednost proizvoda. Tako npr. jedan od načina poboljšanja često inferiornih svojstava proizvoda sa smanjenim sadržajem masti, uključujući sireve, može se ostvariti dodavanjem prehrambenih vlakana, konkretno inulina. U proizvodnji voćnih fermentisanih mlečnih napitaka i dezerata inulin se može koristiti kao zamena za šećer.

Veliki broj istraživanja je vezan za ispitivanja efekata dodavanja vlakana u proizvodnji fermentisanih mlečnih napitaka, posebno onih sa smanjenim sadržajem masti. Prema rezultatima Spiegel i sar., (1994), dodavanje inulina poboljšava teksturu i ukus jogurta sa malim sadržajem masti, dok Robinson (1995) navodi da dodavanje inulina poboljšava senzorna svojstva i „običnog“ jogurta. Kip i sar., (2006) ustanovili su da se najizraženiji pozitivan učinak na svojstva niskomasnog jogurta postiže dodavanjem 1,5–4% inulina dužeg lanca. Aryana i McGrew (2007) takođe su ustanovili da dužina lanca inulina značajno utiče na svojstva jogurta bez masti, kao što su stepen izdvajanja surutke i senzorna svojstva, kao i na rast mikroorganizama. Güven i sar. (2005) ustanovili su da dodavanje više od 1% inulina negativno utiče na konzistenciju niskomasnog jogurta promovišući izdvajanje surutke, kao i na njegova ukupna senzorna svojstva. Uticaj vlakana iz različitih izvora na senzorna i reološka svojstva jogurta izučavali su Dello Staffolo i sar. (2004). Jogurt obogaćen inulinom ne pokazuje sinerezis posle 21 dan skladištenja pri 4°C.

Guggisberg i sar., (2009) ispitivali su uticaj dodavanja inulina (0–4%) na sastav, pH, teksturu i mikrostrukturu jogurta sa različitim sadržajem masti (0,2%–3,5%) u toku 6 dana skladištenja pri 5°C. Ustanovili su da inulin značajno utiče na reološka i senzorna svojstva jogurta i poboljšava tehnološka i nutritivna svojstva proizvoda. Jogurt proizveden sa većom količinom inulina pokazuje izraženu čvrstoću i mazivost (eng. creaminess). Naime, autori navode da je dodavanjem 4% inulina u niskomasnom jogurtu sa 0,2% masti moguće postići konzistenciju sličnu punomasnom jogurtu. Kada razmatramo primenu rastvorljivih vlakana u proizvodnji sireva, važno je ispitati uticaj njihovog delovanja na koagulaciju mleka. Dodavanje vlakana značajno utiče na tok koagulacije, ali promene u velikoj meri zavise od vrste dodatih vlakana (Fagan i sar., 2005).



Dodavanje veće količine inulina (1–3%) značajno smanjuje vreme geliranja i povećava čvrstinu gela.

U proizvodnji niskomasnog čedar sira  $\beta$  glukani potencijalno deluju kao zamenjivači masti, promovišu sposobnost povećanog zadržavanja vlage i soli u siru (Konuklar i sar., 2004). Poboljšana senzorna svojstva moca-rele sa smanjenim sadržajem masti usled dodavanja inulina ustanovili su Pagliarini i Beatrice (1994). Hennelly i sar. (2006) su ispitivali mogućnost zamene masti i uticaj gelova i termički tretiranih rastvora inulina na svojstva imitacija sireva. Ustanovili su da dodavanje inulina ne utiče negativno na sposobnost topljenja. Autori smatraju da inulin može zameniti do 63% masti u imitacijama sireva, bez narušavanja njihovog kvaliteta. Bolja svojstva pokazuje inulin dodat u vidu termički tretiranog rastvora.

Tehnološki postupak proizvodnje krem sireva omogućava simbiotsku primenu prebiotika i probiotika. *Buriti i sar. (2007)* navode da inulin pozitivno utiče, odnosno pospešuje rast *S. thermophilus* i posebno probiotika *L. paracasei* u proizvodnji svežeg sira. Veliki sadržaj nerazgrađenog fruktana, čak oko 7%, koji se zadržava i nakon 21 dana skladištenja, ukazuje da ove vrste nisu sposobne da vrše njegovu razgradnju. Cardarelli i sar. (2008) ispitivali su uticaj ingredijenata sa izraženim prebiotskim efektima (inulin, oligofruktoza i oligosaharidi) na senzorna svojstva i vijabilnost probiotika (*L. acidophilus* i *B. animalis* subsp. *lactis*) i na sadržaj fruktana potencijalnog probiotskog «petit suisse» sira tokom 28 dana skladištenja. Sir proizveden uz dodavanje oligofruktoze samostalno, ili u kombinaciji sa inulinom, pokazuje visok prebiotski potencijal, dobru vijabilnost probiotičkih bakterija i veoma prihvatljiva senzorna svojstva. Dodavanje 2,5% inulina u proizvodnji svežeg sira značajno utiče na pospešenje rasta *L. plantarum* 14, potencijalnog probiotika. Sirevi proizvedeni sa probiotskim bakterijama i inulinom pokazuju veoma dobra svojstva te autori smatraju da primena prebiotika u proizvodnji mekog sira može predstavljati dobru osnovu za dobijanje novog proizvoda funkcionalnih svojstava (Modzelewska-Kapituta i sar., 2007).

U zaključku ovog razmatranja možemo istaći da se inulin kao ingredijent, zahvaljujući brojnim pozitivnim efektima, može uspešno koristiti u proizvodnji niskomasnih proizvoda,

kao i proizvoda sa izraženim zdravstvenim efektima.

## ZAKLJUČAK

Razvoj tehnologije sireva sa dijetetskim i funkcionalnim svojstvima najčešće zahteva modifikaciju tehnološkog postupka proizvodnje, upotrebu dopunskih kultura ili različitih vrsta dodataka sa ciljem dobijanja dobrih i prihvatljivih senzornih svojstava. Takođe, za ostvarivanje pozitivnih učinaka sireva sa dijetetskim i funkcionalnim svojstvima na zdravlje potrošača neophodno je poštovanje regulativnom propisanih normi sastava kao i sadržaja pojedinih funkcionalnih komponenti. Generalno, različite vrste sireva predstavljaju dobru osnovu za dobijanje proizvoda sa izraženim dijetetskim i funkcionalnim svojstvima, što upućuje na neophodnost istraživanja u ovoj oblasti.

## LITERATURA

- Abrams, S., Griffin, I., Hawthorne, K., Liang, L., Gunn, S., Darlington, G., Ellis, K.: A combination of prebiotic short- and long-chain inulin-type fructans enhances calcium absorption and bone mineralization in young adolescents. *Am. J. Clin. Nutr.*, 82 (2) (2005) 471–6.
- Anderson, D.L., Mistry, V.V., Brandsma, R.L., Baldwin, K.A.: Reduced fat cheddar cheese from condensed milk. 2. Manufacture, composition and yield. *J. Dairy Sci.*, 76 (1993) 2832–2844.
- Aryana, K.J., Haque, Z.U.: Effect commercial fat replacers on the microstructure of low-fat Cheddar cheese. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 36 (2001) 169–177.
- Aryana, K.J., McGrew, P.: Quality attributes of yogurt with *Lactobacillus casei* and various prebiotics. *LWT Food Science and Technology*, 40 (2007) 1808–1814.
- Awad, S., Hassan, A.N., Halaweish, F.: Application of exopolysaccharide-producing cultures in reduced-fat Cheddar cheese: composition and proteolysis. *J. Dairy Sci.*, 88 (2005) 4195–4203.
- Banks, J.M.: The technology of low fat cheese manufacture. *Int. J. Dairy Tech.*, 57 (4) (2004) 199–207.
- Banks, J.M., Brechany, E.Y., Christie, W.W.: The production of low fat Cheddar cheese types. *Journal of Society of Dairy Technology*, 42 (1989) 6–9.
- Bergamini, C.V., Hynes, E.R., Zalazar, C.A.: Influence of probiotic bacteria on the proteolysis profile of a semi-hard cheese. *International Dairy Journal*, 16 (2006) 856–866.
- Berlin, L.J.: Lifestyle and hypertension-an overview. *Clin. Exper. Hypertension*, 21 (1999) 749–762.
- Boylston, T., D., Vinderola, C., G., Ghoddusi, H., B., Jarge, A., R.: Incorporation of *bifidobacteria* into cheeses challenges and rewards. *Int. Dairy Journal*, 14 (2004) 375–387.
- Breatry, S. Mc., Ross, R., P., Fitzgerald, G., F., Collins, J., K., Wallance, J., M., Stanton, C.: Influence of two commercially available *bifidobacteria* cultures on cheddar cheese quality. *Int. Dairy Journal*, 11 (2001) 599–610.
- 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. *Int. Dairy Journal*, 11 (4–7) (2001) 433–439.
- Buriti, F. C. A., Cardarelli, H. R., Filisetti, T. M. C. C., Saad, S. M. I.: Synbiotic potential of fresh cream cheese supplemented with inulin and *Lactobacillus paracasei* in co-culture with *Streptococcus thermophilus*. *Food chemistry*, 104 (2007) 1605–1610.
- Butel, M. J., Waligora-Dupriet, A. J.: Oligofructose and experimental model of neonatal necrotising Enterocolitis. *British Journal of Nutrition*, 87 (2) (2002) 213–219.
- Cardarelli, H. R., Buriti, F. C. A., Castrob, I. A., Saada, S. M. I.: Inulin and oligofructose improve sensory quality and increase the probiotic viable count in potentially synbiotic petit-suisse cheese. *LWT*, 41 (2008) 1037–1046.
- Corbo, M., R., Albenzio, M., De Angelis, M., Seni, A., Gobbeti, M.: Microbiological and biochemical properties of «canestrato pugliese» hardcheese supplemented with *bifidobacteria*. *J. Dairy Sci.*, 84 (2001) 551–561.
- Coudray, C., Demigné C., Rayssiguier Y (2003): Effects of dietary fibers on magnesium absorption in animals and humans. *The Journal of Nutrition*, 133, 1, 1–4.
- Daigle, A., Roy, D., Belanger, G., Vuilleumard, J.C.: Production of probiotic cheese (cheddar-like cheese) using enriched cream fermented by *Bifidobacterium infantis*. *J. Dairy Sci.*, 82 (1999) 1081–1091.
- Dave, R. L., McMahon, D. J., Oberg, C. J., Welker, D. L.: Influence of coagulant level on proteolysis and functionality of Mozzarella cheeses made using direct acidification. *J. Dairy Sci.*, 86 (2003) 114–126.
- De Vuyst, L.: Technology aspects related to the application of functional starter cultures. *Food Technology and Biotechnology*, 38 (2) (2000) 105–112.
- Dello Staffolo, M., Bertola, N., Martino, M., Bevilacqua, A.: Influence of dietary fiber addition on sensory and rheological properties of yoghurt. *Int. Dairy Journal*, 14 (2004) 263–268.
- Demott, B. J., Hitchcock, J. J., Sanders, O. G.: Sodium concentration of selected dairy products and acceptability of a sodium substitute in Cottage cheese. *J. Dairy Sci.*, 67 (1984) 1539–1543.
- Dietary Guidelines for Americans: U.S. Department of Health and Human Services, U. S. Department of Agriculture, (2005), [www.healthier.us.gov/dietaryguidelines](http://www.healthier.us.gov/dietaryguidelines).
- Dillon, J. C.: Cheese in the diet. Eck, A. *Cheesemaking: Science and technology*, Lavoisier Publishing Inc., New York, (1987) 499–512.
- Đerovski, J., Kolar, B., Puđa, P.: Funkcionalne karakteristike različitih vrsta komercijalnih sireva. *Prehrambena industrija– Mleko i mlečni proizvodi*, 17 (1–) (2006) 19–25.
- Đerovski, J., Puđa, P., Radulović, Z., Obradović, D., Martinović, M.: Zrenje sireva od UF mleka sa probiotskim kulturama. *Prehrambena industrija – Mleko i mlečni proizvodi*, 18 (3–4) (2007) 76–81.
- Đerovski, J., Radulović, Z., Paunović, D., Puđa, P.: Uticaj dopunskih kultura na svojstva niskomasnog sira u salamuri. *Prehrambena industrija–Mleko i mlečni proizvodi*, 19 (1–2) (2008) 92–97.
- Fagan, C. C., O'Donnell, C. P., Cullen, P. J., Brennan, C. S.: The effect of dietary fibre inclusion on milk coagulation kinetics. *J. Food Eng.*, 77 (2005) 261–268.
- Fenelon, M.A., Beresford, T.P., Guinee, T.P.: Comparison of different bacterial culture systems for the production reduced-fat Cheddar cheese. *Int. J. Dairy Tech.*, 55 (4) (2002) 194–203.

- 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 (1997) 385–389.
- Fenelon, M. A., Guinee, T. P.: Primary proteolysis and textural changes during ripening in Cheddar cheeses manufactured to different fat contents. *Int. Dairy Journal*, 10 (2000) 151–158.
- Fenelon, M. A., O'Connor, P., Guinee, T. P.: The effect of fat content on the microbiology and proteolysis in Cheddar cheese during ripening. *J. Dairy Sci.*, 83 (2000) 2173–2183.
- Fife, R. L., McMahon, D. J., Oberg, C. J.: Functionality of low fat mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 79 (1996) 1903–1910.
- Fitzgerald, E., Buckley, J.: Effect of total and partial substitution of sodium chloride on the quality of Cheddar cheese. *J. Dairy Sci.*, 68 (1985) 3127–3134.
- Fooks, L.J., Fuller, R., Gibson, G.R.: Prebiotics, probiotics and human gut microbiology. *Int. Dairy Journal*, 9 (1999) 53–61.
- Gardiner, G., Ross, R. P., Collins, J. K., Fitzgerald, G., Stanton, P.: Development of a probiotic cheddar cheese containing human-derived *Lactobacillus paracasei* strains. Applied and environmental microbiology, (1998) 2192–2199.
- Gibson, G. R., Roberfroid, M. B.: Dietary modulation of the human colonic microbiota – introducing the concept of prebiotics. *J. Nutr.*, 125 (1995) 1401–1412.
- Gobbetti, M., Corsetti, A., Smacchi, E., Yocchetti, A., De Angelis, M.: Production of crescenza cheese by incorporation of *bifidobacteria*. *J. Dairy Sci.*, 81 (1998) 37–47.
- Gomes, A. M., Xavier M., P. F.: *Bifidobacterium* spp. and *Lactobacillus acidophilus*: biological, biochemical, technological and therapeutical properties relevant for use as probiotics. *Trends in food science & technology*, 10 (1999) 139–157.
- Gomes, A. M. P., Malcata, F. X., Klaver, F. A. M., Grande, H. J.: Incorporation and survival of *Bifidobacterium* sp. strain Bo and *Lactobacillus acidophilus* strain Ki in a cheese product. *Netherlands Milk & Dairy Journal*, 49 (1995) 71–95.
- Guggisberg, D., Cuthbert-Steven, J., Piccinali, P., Bütikofer, U., Eberhard, P.: Rheological, microstructural and sensory characterization of low-fat and whole milk set yoghurt as influenced by inulin addition. *Int. Dairy Journal*, 19 (2) (2009) 107–115.
- 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. *Int. Dairy Journal*, 10 (2000) 277–288.
- 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. *Int. J. Dairy Tech.*, 1 (1998) 1–10.
- Güven, M., Karaca, O. B.: Proteolysis levels of white cheeses salted and ripened in brines prepared from various salts. *Int. J. Dairy Tech.*, 54 (1) (2001) 29–33.
- Güven, M., Yasar, K., Karaca, O. B., Hayaloglu, A. A.: The effect of inulin as a fat replacer on the quality of set-type low-fat yogurt manufacture. *International Journal of Dairy Technology*, 58 (2005) 180–184.
- Hennelly, P. J., Dunne, P. G., O'Sullivan, M., O'Riordan, E. D.: Textural, rheological and microstructural properties of imitation cheese containing inulin. *J. Food Engineering*, 75 (2006) 388–395.
- Huebner, J., Wehling, R. L., Hutkins, R. W.: Functional activity of commercial prebiotics. *Int. Dairy Journal*, 17 (2007) 770–775.
- IFT: Dietary salt — a scientific status summary by the Institute of Food Technologists' expert panel on food safety and nutrition and the committee on public information. *Food Technology*, 34 (1) (1980) 85–91.
- Kaplan, N. M.: The dietary guideline for sodium: should we shake it up? *Am. J. Clin. Nutr.*, 71 (2000) 1020–1026.
- Katsiari, M. C., Alichanidis, E., Voutsinas, L. P., Roussis, I. G.: Proteolysis in reduced sodium feta cheese made by partial substitution of NaCl by KCl. *Int. Dairy Journal*, 10 (2000) 635–646.
- Katsiari, M. C., Voutsinas, L. P.: Manufacture of low-fat Feta cheese. *Food Chemistry*, 49 (1994a) 53–60.
- Katsiari, M. C., Voutsinas, L. P.: Manufacture of low-fat Kefalograviera cheese. *Int. Dairy Journal*, 4 (6) (1994b) 533–553.
- Katsiari, M. C., Voutsinas, L. P., Alichanidis, E., Roussis, I. G.: Reduction of sodium content in Feta cheese by partial substitution of NaCl by KCl. *Int. Dairy Journal*, 7 (6–7) (1997) 465–472.
- Katsiari, M. C., Voutsinas, L. P., Alichanidis, E., Roussis, I. G.: Lipolysis in reduced sodium Feta cheese made by partial substitution of NaCl by KCl. *Int. Dairy Journal*, 10 (5–6) (2000b) 369–373.
- Katsiari, M. C., Voutsinas, L. P., Kondyli, E.: Improvement of sensory quality of low-fat Kefalograviera-type cheese with commercial adjunct cultures. *Int. Dairy Journal*, 12 (9) (2002b) 757–764.
- Katsiari, M. C., Voutsinas, L. P., Kondyli, E., Alichanidis, E.: Flavour enhancement of low fat Feta-type cheese using a commercial adjunct culture. *Food Chemistry*, 79 (2002a) 193–198.
- Kaya, S., Kaya, A., Oner, M. D.: The effects of salt concentration on rancidity in gaziantep cheese. *J. Sci. Food and Agriculture*, 79 (1999) 213–219.
- 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 (1999) 67–75.
- Kip, P., Meyer, D., Jellema, R. H.: Inulins improve sensoric and textural properties of low-fat yoghurts. *Int. Dairy Journal*, 16 (2006) 1098–1103.
- Kolida, S., Tuohy, K., Gibson, G. R.: Prebiotic effects of inulin and oligofructose. *British Journal of Nutrition*, 87 (2002) 193–197.
- Kondyli, E., Massouras, T., Katsiari, M. C., Voutsinas, L. P.: Free fatty acids and volatile compounds in low-fat Kefalograviera-type cheese made with commercial adjunct cultures. *Int. Dairy Journal*, 13 (1) (2003) 47–54.
- Konuklar, G., Inglett, G., Carrier, C., Felker, F.: Use of a  $\beta$  glucan hydrocolloidal suspension in the manufacture of low-fat cheddar cheese: manufacture, composition, yield and microstructure. *Int. J. Food Sci. and Technology*, 39 (2004) 109–119.
- Lefier, D., Grappin, R., Grosclaude, G., Curtat, G.: Sensory properties and nutritional quality of low sodium Gruyere cheese, Lait, 67 (1987) 451–464.
- Lo, C. G., Bastian, E. D.: Incorporation of native and denatured whey proteins into cheese curd for manufacture of reduced fat Havarti-type cheese. *J. Dairy Sci.*, 81 (1998) 16–24.
- Madadlou, A., Mousavi, M.E., Khosrowshahi A., Emam-Djome, Z., Zargarani, M.: Effect of cream homogenization on textural characteristics of low-fat Iranian White cheese. *Int. Dairy Journal*, 17 (5) (2007) 547–554.
- Madsen, J. S., Ardo, Y.: Exploratory study of proteolysis, rheology and sensory properties of Danbo cheese with different fat contents. *Int. Dairy Journal*, 11 (2001) 423–431.
- Martens, R., Vanderpoorten, R., Naudts, M.: Manufacture, composition, and properties of Gouda cheese with a reduced sodium content. *Revue de l'Agriculture*, 29 (3) (1976) 681–698.
- Mattila-Sandholm, T., Saarela, M.: Functional dairy products. Woodhead publishing, Cambridge, England (2000).
- McMahon, D. J., Alleyne, M. C., Fife, R. L., Oberg, C. J.: Use of fat replacers in low fat Mozzarella cheese. *J. Dairy Sci.*, 79 (1996) 1911–1921.
- McSweeney, P. L. H.: The flavour of milk and dairy products. III Cheese: taste. *Int. J. Dairy Tech.*, 50 (1997) 123–127.
- 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. *J. Dairy Sci.*, 77 (1994) 3506–3515.
- 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 (1995) 1883–1895.
- 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. *Int. Dairy Journal*, 13 (2–3) (2003a) 179–189.
- 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. *Int. Dairy Journal*, 13 (9) (2003b) 743–753.
- Miočinović, J.: Uticaj termičkog tretmana mleka na odabrane karakteristične soljenja i zrenja sireva, Magistarski rad, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu (2004).
- Miočinović, J., Puđa, P.: Funkcionalne karakteristične sireva, Zbornik radova II Simpozijuma "Mleko i proizvodi od mleka", Poljoprivredni fakultet, Beograd 2005, 12–20.
- Miočinović, J., Puđa, P.: Proizvodnja sireva sa probiotskim bakterijama. *Mlekarstvo*, 35 (2004) 1079–1087.
- Miočinović, J., Puđa, P.: Neobjavljeni podaci (2009).
- Miočinović, J., Vučić, T., Puđa, P.: Značaj soli u proizvodnji sireva, Zbornik radova Simpozijuma „Savremeni trendovi u mlekarstvu“, (2003) 91–96.
- Mistry, V. V.: Low fat cheese technology. *Int. Dairy Journal*, 11 (2001) 413–422.
- Mistry, V. V., Kasperon, K. M.: Influence of salt on the quality of reduced fat Cheddar cheese. *J. Dairy Sci.*, 81 (1998) 1214–1221.
- Mistry, V. V., Metzger, L. E., Maubois, J. L.: Use of ultrafiltered sweet buttermilk in the manufacture of reduced fat cheddar cheese. *J. Dairy Sci.*, 79 (1996) 1137–1145.
- Modzelewska-Kapitula M., Klebukowska L., Kornacki K.: Influence of inulin and potentially probiotic *Lactobacillus plantarum* strain on microbiological quality and sensory properties of soft cheese. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 57 (2) (2007) 143–146.
- Morris, T., A.: Observations on the salting of Cheddar and Gouda cheese. *Aust. J. Dairy Technology*, 16 (1961) 31–32.
- Nelson, B. K., Barbano, D. M.: Reduced fat cheddar cheese manufactured using a novel fat removal process. *J. Dairy Sci.*, 87 (2004) 841–853.
- Niness: Inulin and Oligofructose: What Are They? *Journal of Nutrition*, 129 (7) (1999) 1402–1406.
- Özer, B., Kirmaci, H. A., Şenel, E., Atamer, M., Hayaloğlu, A.: Improving the viability of *Bifidobacterium bifidum* BB-12 and *Lactobacillus acidophilus* LA-5 in white-brined cheese by microencapsulation. *Int. Dairy Journal*, 19 (2009) 22–29.
- Pagliarini, E., Beatrice, N.: Sensory and rheological properties of low-fat filled "pasta filata" cheese. *J. Dairy Research*, 61(1994)299–304.

- Panić, M.: Razvoj tehnologije kvarka uz primenu probiotika, Magistarska teza, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu (2004).
- Poduval, V. S., Mistry, V. V.: Manufacture of reduced fat Mozzarella cheese using ultrafiltered sweet buttermilk and homogenized cream. *J. Dairy Sci.*, 82 (1999) 1–9.
- Puđa, P.: Karakteristike tvrdih sireva izrađenih od mleka koncentrovanog ultrafiltracijom u zavisnosti od termičke obrade mleka. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu (1992).
- Puđa, P., Đerovski, J., Radulović, Z., Obradović, D.: Effects of probiotics cultures and salt reduction on the characteristics of UF white brined cheeses, *Knjiga apstrakata, «5th IDF Symposium on cheese ripening»*, Bern, Švajcarska (2008).
- 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 – Mleko i mlečni proizvodi*, 9 (3–4) (1998) 79–85.
- Puđa, P., Radovanović, M., Miočinović, J.: Značaj standardizacije proteina u proizvodnji sireva. *Zbornik radova Simpozijuma "Proizvodnja i prerada mleka"*, Poljoprivredni fakultet, Beograd 2000, 167.
- Punidades, P., Feirtag, J., Tung, M. A.: Incorporating whey proteins into Mozzarella cheese. *Int. J. Dairy Tech.*, 52 (1999) 51–62.
- Reddy, K. A., Marth, E. H.: Proteolysis in Cheddar cheese made with sodium chloride, potassium chloride or mixtures of sodium and potassium chloride. *LWT*, 26 (1993) 434–442.
- Report of the Dietary Fiber Definition Committee to the Board of Directors of the American Association of Cereal Chemists: The Definition of Dietary Fiber, *Cereal Foods World*, 46 (3) (2001) 112–126.
- Roberfroid, M. B., Van Loo, J., Gibson, G. R.: The bifidogenic nature of chicory inulin and its hydrolysis products. *J. Nutr.*, 128 (1998) 11–19.
- Robinson, R. K.: The potential of inulin - a functional ingredient. *British Food Journal*, 97 (1995) 30–32.
- Rodriguez, J.: Recent advances in the development of low fat cheeses. *Trends in Food Science and Technology*, 9 (1998) 249–254.
- 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. *Int. Dairy Journal*, 12 (6) (2002) 525–540.
- Ross, R. P., Fitzgerald, G., Collins, K., Stanton, C.: Cheese delivering biocultures probiotic cheese. *Austr. J. Dairy Tech.*, (2002) 71–78.
- Rowland, I. R., Rummey, C. J., Coutts, J. T., Lievense, L. C.: Effect of *Bifidobacterium longum* and inulin on gut bacterial metabolism and carcinogen induced aberrant crypt foci in rats. *Carcinogenesis*, 19 (1998) 281–285.
- 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. *J. Dairy Sci.*, 86 (2003) 712–718.
- Roy, D., Mainville, I., Mondou, F.: Selective enumeration and survival of *Bifidobacteria* in fresh cheese. *Int. Dairy Journal*, 7 (1997) 785–793.
- Rudan, M. A., Barbano, D. M., Kindstedt, P. S.: Effect of fat replacer (salatrim) on chemical composition, proteolysis, functionality, appearance, and yield of reduced fat Mozzarella cheese. *J. Dairy Sci.*, 81 (1998) 2077–2088.
- Rulikowska, A., Kilcawley, K. N., Doolan, I., Alonso-Gomez, M., Beresford, T. P., Wilkinsson, M. G.: Influence of sodium chloride on the quality of cheddar cheese, Poster, 5<sup>th</sup> IDF Symposium of cheese ripening, 9–13 mart 2008, Bern, Švajcarska, *Knjiga apstrakata*.
- Ryhänen, E. L., Leppälä, A., Pahkala, E.: A new type of ripened, low-fat cheese with bioactive properties. *Int. Dairy Journal*, 11 (2001) 441–447.
- Schroeder, C. L., Bodyfelt, F. W., Wyatt, C. J., McDaniel, M. R.: Reduction of sodium chloride in Cheddar cheese: Effect on sensory, microbiological and chemical properties. *J. Dairy Sci.*, 71 (8) (1988) 2011–2020.
- Sheehan, J. J., Guinee, T. P.: Effect of pH and calcium level on the biochemical, textural and functional properties of reduced-fat Mozzarella cheese. *Int. Dairy Journal*, 14 (2004) 161–172.
- Spiegel, J. E., Rose, R., Karabell, P., Frankos, V. H., Schmitt, D. F.: Safety and benefits of fructooligosaccharides as food ingredients. *Food Technology*, 48 (1994) 61–65.
- Steinbüchel, A., Ki Rhee, S.: Polysaccharides and Polyamides in the Food Industry, Vol. 1, Wiley – VCH (2005).
- Taper, H. S., Delzenne, N., Roberfroid, M.: Growth inhibition of transplantable mouse tumors by non digestible carbohydrates. *Int. J. Can.*, 71 (1997) 1109–1112.
- Tucović, N., Radulović, Z., Karić, A., Čuk, M., Ipač, N., Obradović, D.: Primena probiotika u proizvodnji edamskog sira, *Prehrambena industrija - Mleko i mlečni proizvodi*, 15 (1-2) (2004) 12–15.
- Tungjaroenchai, W., Drake, M. A., White, C. H.: Influence of adjunct cultures on ripening of reduced fat Edam cheeses. *J. Dairy Sci.*, 84 (2001) 2117–2124.
- Tunick, M. H., Malin, E. L., Smith, P. W., Shieh, J. J., Sullivan, B. C., Mackey, K. L., Holsinger, V. H.: Proteolysis and rheology of low fat and full fat Mozzarella cheeses prepared from homogenized mil. *J. Dairy Sci.*, 76 (1993) 3621–3628.
- Van Loo, J., Coussement, P., de Leenheer, L., Hoebregs, H., Smits, G.: On the presence of inulin and oligofructose as natural ingredients in the western diet. *Critical Reviews of Food Science and Nutrition*, 35 (1995) 525–552.
- Vinderola, C., Proselld, K., Ghiberto, D., Reinheier, J. A.: Viability of probiotic (*Bifidobacterium*, *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei*) and nonprobiotic microflora in argentinian fresco cheese. *J. Dairy Sci.*, 83 (2000) 1905–1911.
- Wang, X., Gibson, G. R.: Effect of the in vitro fermentation of oligofructose and inulin by bacteria growing in the human large intestine. *J. Appl. Bacteriol.*, 75 (1993) 373–380. [www.usprobiotics.org](http://www.usprobiotics.org).
- [www.wikipedia.org/dietaryfiber](http://www.wikipedia.org/dietaryfiber)
- Wyatt, C. J.: Acceptability of reduced sodium in breads, cottage cheese, and pickles. *J. Food Sci.*, 48 (1983) 1300–1302.

## SUMMARY

### CHEESES WITH DIETETIC AND FUNCTIONAL PROPERTIES

Predrag D. Puđa, Jelena B. Miočinović

University of Belgrade, Faculty of Agriculture

Modern medicine indicates the strong importance of diet in the preservation and the improvement of people's health. Hence, during the last few decades, a substantial interest for the production of cheeses with dietetic and functional properties has been present. Current investigations on production of cheeses with reduced fat and salt content, as well as cheeses with probiotic bacteria and dietary fibre are shown.

**Key words:** reduced fat cheeses • cheeses with reduced salt content • probiotic bacteria • dietary fibre