

Surutka kao sirovina za proizvodnju funkcionalnih napitaka

Maja Lj. Bulatović, Marica B. Rakin, Ljiljana V. Mojović, Svetlana B. Nikolić, Maja S. Vukašinić Sekulić, Aleksandra J. Đukić Vuković

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko–metalurški fakultet, Beograd, Srbija

Izvod

Surutka koja nastaje u procesima proizvodnje sira i kazeina, predstavlja jedan od nedovoljno iskorišćenih sporednih proizvoda prehrambene industrije u Srbiji. Usled neiskorišćavanja, surutka postaje veoma veliki zagađivač, što je u potpunosti u neskladu sa potencijalima koje kao sirovina poseduje. Sa druge strane, savremeni tempo i način života, kao i sve zagađenije životno okruženje nameću potrebu proizvodnje prehrambenih proizvoda koji bi pomogli ljudskom organizmu u borbi protiv štetnih agenasa kojima je svakodnevno izložen. Jedno od efikasnijih rešenja je proizvodnja fermentisanih funkcionalnih napitaka na bazi surutke, koji ovaj cilj ostvaruju na prirodan i jednostavan način. Uzimajući u obzir prilično neiskorišćen potencijal surutke kao sirovine i sve izraženiju nestašicu hrane na svetskom tržištu, ovo istraživanje usmereno je na analizu mogućnosti proizvodnje funkcionalnih napitaka na bazi surutke zadovoljavajućih senzornih svojstava sa ciljem da se ukaže na atraktivnost surutke kao sirovine u prehrambenoj industriji.

Cljučne reči: surutka kao sporedni proizvod, sirovina, funkcionalni napici na bazi surutke, probiotici.

Dostupno na Internetu sa adrese časopisa: <http://www.ache.org.rs/HI/>

Na samom početku 21. veka svet se suočava sa sve izraženijom pojavom nestašice hrane koja, pored nestašice vode i energije, predstavlja ključni faktor sposoban da potpuno destabilizuje svet, kako u pogledu opstanka, tako i u pogledu ekonomske ravnoteže.

Eksperti predviđaju da će posle 2012. godine doći do globalne krize u snabdevanju hranom, a samim tim i njenih rekordnih cena koje će uzdrmati čak i najbogatije zemlje. Neki tumači novog svetskog poretka ističu da je nedostatak hrane posledica rastućeg materijalnog napretka, naročito u zemljama Trećeg sveta koje se ubrzano razvijaju, u kojima ljudi zarađuju više novca pa tako imaju mogućnost da sebi priušte više hrane [1].

Sa druge strane, globalno zagrevanje kao fenomen za koji smo sami odgovorni, direktno pogađa ratarsku i stočarsku proizvodnju koje su osnovni izvor sirovina za prehrambenu industriju. Na osnovu 23 globalna klimatska modela američki stručnjaci sa univerziteta Stanford su zaključili da ono što danas u oblastima umerene klime predstavlja klimatski rekord, za stotinak godina može postati realno klimatsko stanje. Osim toga, sa preko 90% izvesnosti ovi stručnjaci takođe tvrde da će 2100. godine, u tropskim i subtropskim oblastima, najniže temperature tokom sezone razvoja useva, koje su faktor kako stočarske tako i ratarske proizvodnje, biti iznad današnjih najviših izmerenih. Prehrambena budućnost čovečanstva će biti značajno gora od svega što

STRUČNI RAD

UDK 637.344:641.1

Hem. Ind. 66 (4) 567–579 (2012)

doi: 10.2298/HEMIND111124009B

se pamti, ukoliko se ne osmisli neka vrsta prilagođavanja, jer u oblastima koje će u budućnosti biti najgore pogođene globalnim zagrevanjem danas živi oko 3 milijarde ljudi [2].

U kontekstu svih ovih predviđanja, a sa osvrtom na sadašnji trenutak, potrebno je svu snagu i znanje usmeriti na potpuno iskorišćavanje postojećih otpadnih proizvoda prehrambene i agroindustrije. U skladu sa svim činjenicama koje su nam trenutno poznate, osnovni cilj kojem je neophodno težiti treba da bude osmišljavanje i proizvodnja kvalitetnih prehrambenih proizvoda iz sporednih proizvoda prehrambene i agroindustrije da bi se konačno zaustavilo razbacivanje potencijalnom hranom [3], jer se već nalazimo na sigurnom putu da bez iste ostanemo.

Funkcionalni napici na bazi surutke mogu prema svojim nutritivnim i biološkim svojstvima u potpunosti zameniti tradicionalne probiotike proizvedene na mleku, koje će jednog dana takođe postati deficitarna sirovina. Takođe, siromašne zemlje koje naročito pažnju treba da posvete povećanju efikasnosti privrede, u centar interesovanja treba da postavie iskorišćavanje otpadnih proizvoda, bilo koje, a naročito prehrambene industrije.

U ovom radu biće predstavljen kratak pregled dosadašnjih istraživanja vezanih za proizvodnju funkcionalnih napitaka na bazi surutke, sa posebnim akcentom na potencijal i atraktivnosti surutke kao sirovine, kao i neophodnost njenog uključivanja u svakodnevnu ishranu ljudi.

Prepiska: M. Rakin, Tehnološko–metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu, Karnegijeva 4, 11120 Beograd, Srbija.

E-pošta: marica@tmf.bg.ac.rs

Rad primljen: 24. novembar, 2011

Rad prihvaćen: 1. februar, 2012

SURUTKA – STANJE I PERSPEKTIVA

Svetska proizvodnja surutke iznosi preko 100 miliona tona godišnje, a samo u Evropskoj Uniji (EU) proizvedeno je 1997. godine oko 50% od ove količine. Približno 6% od ukupne godišnje proizvedene količine surutke dobija se direktno kao sporedni proizvod tokom proizvodnje kazeina iz obranog mleka, dok se mnogo veća količina surutke (oko 94%) dobija u obliku sirne surutke koja zaostaje nakon proizvodnje raznih vrsta sireva [4]. Može se slobodno reći da važi pravilo da je količina surutke dobijena pri proizvodnji sira skoro jednaka količini mleka potrebnoj za njegovu proizvodnju [5–7]. Proizvodnjom 1 kg sira prosečno nastaje oko 9 kg, odnosno 8–12 l surutke u zavisnosti od vrste sira koji se proizvodi [8]. Na osnovu podataka o proizvodnji sira projektovanim do 2019. godine [9], proizilazi da će svetska proizvodnja surutke (slika 1) do kraja 2019. godine beležiti stalni rast od oko 2% godišnje.

Surutka je zbog svog nutritivno vrednog sastava veoma dobar supstrat za primenu u različitim biotehno- loškim procesima kao što su proizvodnja mikrobnog biomase i proizvodnja mikrobnih metabolita. Bez obzira na to, još uvek se svega 50% surutke iskorišćava u prehrambenoj i industriji vrenja, dok se ostatak ispušta u vodotokove bez prethodne obrade [10–15]. Ispuštanje surutke u vodotokove sa jedne strane predstavlja neoprostiv gubitak nutritivno vredne sirovine, a sa druge strane prouzrokuje velike ekološke probleme s obzirom na visoke vrednosti HPK (hemijska potrošnja kiseonika) i BPK₅ (biološka potrošnja kiseonika tokom 5 dana). Kako je BPK₅ (35–40 g/l) za razgradnju 1 l surutke jednak BPK₅ otpadne vode koju za 24 sata načini jedna osoba, a budući da je količina surutke koju proizvodi jedna veća sirana oko 50.000 litara na dan (što odgovara proizvodnji od oko šest tona sira dnevno), postrojenje za biološki tretman takve fabrike prema veličini odgovaralo bi postrojenju za biološki tretman otpadne vode

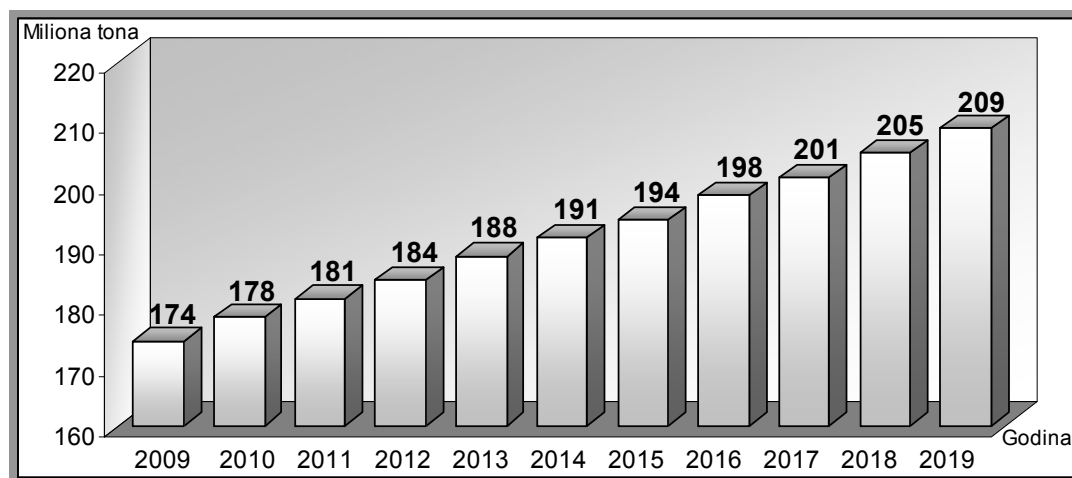
grada od 50.000 stanovnika. Problem je još složeniji i zbog toga što za razliku od komunalnog otpada, koji u vodotokove stiže kontinuirano, slučaj surutke podrazumeva istakanje velikih količina odjednom, pa postrojenja za preradu mogu biti prekomerno opterećena usled čega postoji opasnost od havarije [16]. Što se tiče HPK vrednosti za kiselu surutku ona iznosi oko 75 g/l dok za deproteinizovanu iznosi oko 57 mg/l, dok sadržaj organskog azota u kiseljoj surutki iznosi oko 1,03 g/l [17].

Svetska prerada surutke bazirana je uglavnom na njenom iskorišćavanju u proizvodnji proizvoda koji ne zahtevaju skupe tehnološke procese (slika 2).

Međutim, s obzirom na stalni porast proizvodnje i činjenicu da je surutka prepoznata kao sirovina sa velikim potencijalom, sve je veći broj istraživanja usmeren na njeno maksimalno iskorišćavanje. Osnovni cilj kome se poslednjih godina teži jeste proizvodnja visokovrednih proizvoda kao što su mlečna kiselina, etanol, mikrobnih proteini, β -D-galaktozidaza, vitamini [18], kao i proizvodnja unapređenih prehrambenih proizvoda na bazi surutke [10–15]. Ovi procesi uglavnom se baziraju na iskorišćavanju laktoze, dominantnog šećera u surutki. Međutim, veliki zahtevi u pogledu tehnološke opreme i kreiranja prihvatljivih tehnoloških rešenja čine ove procese i dalje veoma skupim za realizaciju, pa se većina fabrika ograničava samo na prvu generaciju proizvoda izvedenih iz laktoze (slika 3) [4].

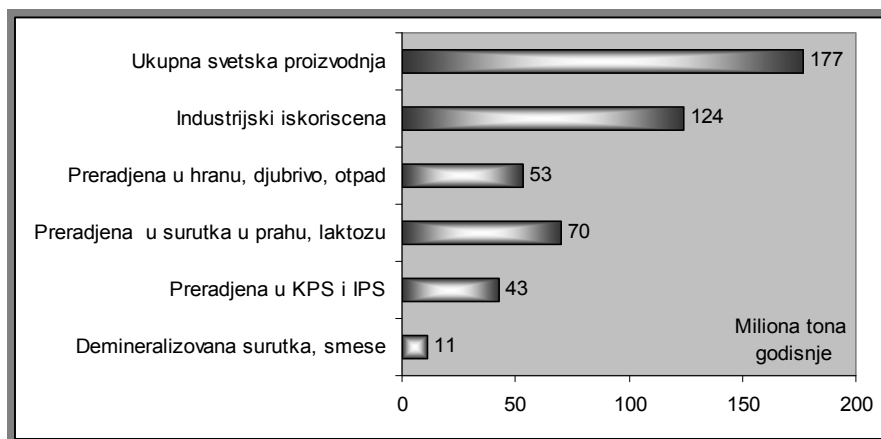
Jedan od novijih pravaca u iskorišćavanju surutke je i proizvodnja zaštitnog sloja na bazi proteina surutke koji bi se koristio za pakovanje prehrambenih proizvoda tj. zamenjivao delove ambalaže koji se teško recikliraju. Takozvana „folija“ od proteina surutke koja bi mogla da se koristi kao sloj prehrambene ambalaže intenzivno se ispituje u nemačkom istraživačkom centru TTZ u Bremerhafenu [19].

Jedan od najekonomičnijih načina prerade surutke predstavlja proizvodnja napitaka, kojom se u okviru

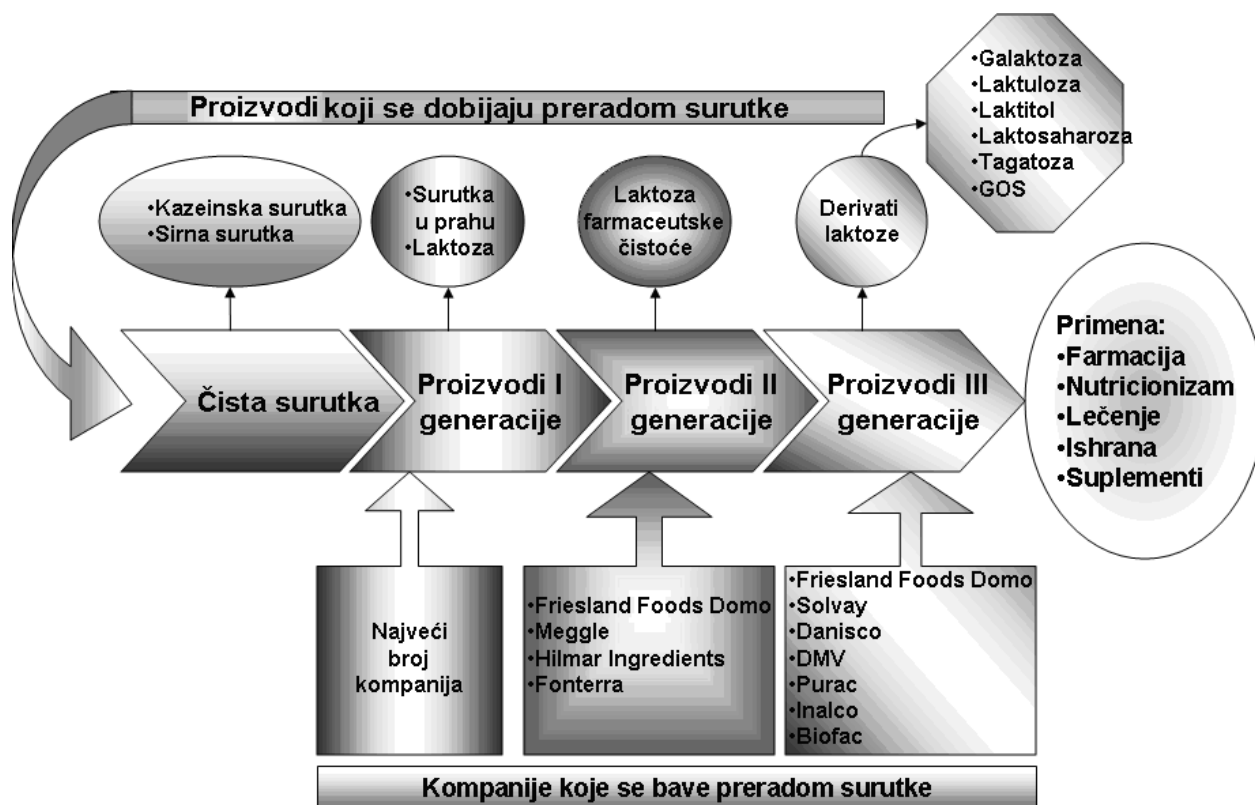


Slika 1. Perspektiva svetske proizvodnje surutke [9].

Figure 1. Perspective of world whey production [9].



Slika 2. Svetska prerada surutke [4].
Figure 2. World whey processing [4].



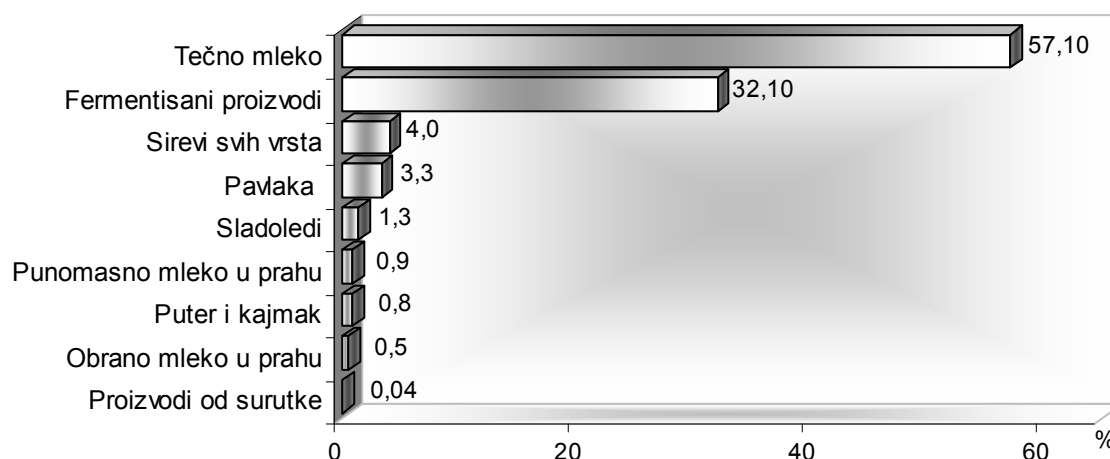
Slika 3. Razvoj proizvodnje i iskorišćavanja surutke [4].
Figure 3. The development of whey production and utilization [4].

samo jednog procesa iskorišćavaju svi potencijali surutke kao sirovine.

Trenutno stanje na srpskom tržištu je takvo da su proizvodnja i izvoz surutke neznatni. Godišnje se iz Srbije izveze surutke u vrednosti od nekoliko desetina hiljada dolara, dok je uvoz značajniji i kreće se od 1,9 do 4,7 milona dolara. Najviše se uvozi iz Hrvatske, Belgije, Mađarske i Holandije [20]. Srbija je zemlja u kojoj je struktura mlečne proizvodnje takva da skoro 90%

proizvoda proizvedenih svake godine spadaju u grupu fermentisanih proizvoda i tečnog mleka (slika 4) [21].

Nije teško uočiti da je proizvodnja i prerada mleka u Srbiji uglavnom usmerena na proizvode koji ne zahtevaju puno vremena, za koje tehnološki procesi proizvodnje nisu složeni i dugotrajni. Takvi proizvodi imaju kratko vreme trajanja, ali se najviše koriste na tržištu [21]. Količina proizvoda od surutke je zanemarljivo mala u odnosu na fermentisane proizvode, što navodi na zaključak da bi se fermentacijom surutke mogli do-



Slika 4. Proizvodnja mlečnih proizvoda u Srbiji [21].
Figure 4. Production of dairy products in Serbia [21].

biti proizvodi koji bi zauzeli značajnije mesto u paleti mlečnih proizvoda namenjenih širokoj potrošnji. S obzirom na trenutno nepostojanje postrojenja za preradu surutke, podsticanje prerade surutke u Srbiji uštedelo bi ogroman novac koji se trenutno usmerava na njen uvoz. U pogledu perspektive iskorišćavanja surutke kao sirovine i u skladu sa postojećim stanjem opreme u Srbiji, osnovni cilj bi trebalo da bude podsticanje iskorišćenja surutke u prehrambenoj industriji.

DOBIJANJE I HEMIJSKI SASTAV SURUTKE

Surutka je glavni sporedni produkt industrije mleka. Osnovni problem industrije mleka je što se svega 10–20% mleka iskoristi za dobijanje nekog od proizvoda, dok 80–90% mleka otpada na surutku [18]. Surutka nastaje pri kiselinskom ili enzimskom tretmanu mleka.

Kiselinski tretman mleka je postupak u kome nastaje kazeinska surutka. Kazeinski gruša i kazeinatti se dobijaju acidifikacijom obranog mleka dejstvom bakterija mlečne kiseline na 25 °C ili upotrebom prehrambene hlorovodonične ili sumporne kiseline na 45 °C. Kazein se taloži pri pH ≈ 4,5. Nakon toga, vrši se separacija kazeinskog gruša i kisele kazeinske surutke, centrifugiranjem ili dekantiranjem. Tečnost dobijena nakon separacije kazeinskog gruša je kisela kazeinska surutka koja se dalje može prerađivati [5–7].

Enzimski tretman mleka je tehnološki postupak u kome nastaju sir i slatka surutka. Sličan je za većinu sireva, sa malim modifikacijama vezanim za tvrdoću sira. Mleko koje dolazi sa farme se standardizuje na sadržaj masti od 2,5 do 3,5% (pomoću separatora masti) nakon čega sledi njegova pasterizacija (u pasterizatoru 15 s na 72 °C) radi uništavanja vegetativnih ćelija patogenih mikroorganizama. Nakon toga, mleko se hladi na temperaturu 30 °C i zasejava starter kulturom (kultura bakterija mlečne kiseline) i enzimskom mešavinom-sirilom, koja sadrži enzime renin (himozin) i pepsin. U daljim

procesima, nakon formiranja gruša kao supernatant se izdvaja surutka [5–7].

Sastav i svojstva surutke zavise od kvaliteta mleka i tehnologije proizvodnje sira, tj. načina koagulacije mleka pri proizvodnji sira [22]. Prema prosečnom sastavu, surutka sadrži oko 93% vode, i u nju prelazi preko 50% suve materije iz mleka. Najveći deo surutke čini laktoza, dok manje od 1% čine proteini surutke [23]. Količina mineralnih materija zavisi uglavnom od načina njenog dobijanja, a najveća variranja su u sastavu kalcijuma, fosfata, mlečne kiseline i laktata kojih u kiseloj surutki ima više nego u slatkoj (tabela 1) [24].

Tabela 1. Prosečan hemijski sastav slatke i kisele surutke (g/l) [24]

Table 1. The average chemical composition of sweet and acid whey (g/l) [24]

Sastojak	Slatka surutka	Kisela surutka
Ukupna suva materija	63,0–70,0	63,0–70,0
Laktoza	46,0–52,0	44,0–46,0
Proteini	6,0–10,0	6,0–8,0
Kalcijum	0,4–0,6	1,2–1,6
Fosfati	1,0–3,0	2,0–4,5
Laktati	2,0	6,4
Hloridi	1,1	1,1

Udeo proteina u kiseloj i slatkoj surutki veoma je sličan i upravo oni su sastojak koji surutki stavljaju u središte pažnje što se tiče tržišta mlečnih proizvoda [22]. U tradicionalnoj proizvodnji sira, bez obzira na način koagulacije mleka, proteini surutke u celosti prelaze u surutku jer su neosetljivi na dejstvo kiseline i enzima [22], što nije slučaj kod surutke dobijena u proizvodnji sira iz ultrafiltriranog ili termički obrađenog mleka [24].

Proteine surutke čine različite termolabilne frakcije kao što su β -laktoglobulin, α -laktalbumin, albumin krv-

nog seruma, imunoglobulin i termostabilna frakcija proteoza i peptona [25]. Slatka surutka osim proteina sadrži i glikomakropeptid (GMP) koji nastaje pri enzimskoj hidrolizi κ -kazeina [24]. Proteini surutke spadaju u nutritivno najvrednije proteine zahvaljujući svom sastavu koji karakteriše veliki udeo esencijalnih aminokiselina (najviše lizina, cisteina i metionina). Zbog ovakvog aminokiselinskog sastava, proteini surutke imaju mnogo veću biološku vrednost (ali i druge parametre hranjive vrednosti) u poređenju sa kazeinom i drugim proteinima animalnog porekla, uključujući i proteine jaja koji su dugo smatrani referentnim. Iskoristljivost proteina surutke u organizmu usko je povezana i sa odnosom cistin/metionin koji je kod proteina surutke oko 10 puta veći nego kod kazeina. Stoga ne čudi činjenica da se toplotno denaturisani laktalbumini gotovo potpuno (100%) resorbuju u probavnom sistemu, dok je taj procenat kod kazeina znatno manji i iznosi oko 75% [25].

Potrebno je spomenuti i slobodne aminokiseline čiji udeo u surutki može biti veoma različit i najviše zavisi od stepena hidrolize kazeina pri proizvodnji sireva. Tako je udeo slobodnih aminokiselina oko 4 puta veći u slatkoj i čak oko 10 puta veći u kiseljoj surutki nego u mleku (Tabela 2) [22].

Tabela 2. Udeo aminokiselina u surutki (mg/l) [22]
Table 2. Contents of aminoacids in the whey (mg/l) [22]

Surutka	Slobodne aminokiseline		U proteinima	
	Ukupne	Esencijalne	Ukupne	Esencijalne
Slatka	132,7	51,00	6,490	3,326
Kisela	450,0	356,0	5,590	2,849

Proteini surutke imaju odlična funkcionalna svojstva, poput dobre rastvorljivosti, viskoznosti, sposobnosti želiranja i emulgovanja, pa se njihovi koncentri veoma često koriste u prehrambenoj industriji. Činjenica da su proteini surutke lakše svarljivi od kazeina, koristi se u proizvodnji hrane za odojčad, kao i radi povećanja hranjive vrednosti ne samo mlečnih, nego i brojnih drugih prehrambenih proizvoda. Isto tako, potrebno je spomenuti i imunoglobuline i druge glikoproteine (laktoferin, transferin), kao i enzime (lisozim, laktoperoksidaza) surutke koji su veoma bitni činiooci imunoaktivnog potencijala surutke jer poseduju antimikrobna svojstva, a takođe mogu redukovati ili inhibirati alergijske reakcije [26].

Međutim, ipak najveći deo suve materije surutke čini laktoza (oko 70%) koja je vrlo važan energetska izvor koji doprinosi vrednosti surutke, a koja ima višestruku ulogu. Neki od blagotvornih efekata laktoze su: podsticanje peristaltike creva, olakšavanje apsorpcije kalcijuma i fosfora, uspostavljanje blago kisele reakcije u crevima, čime se sprečava rast i razmnožavanje štetnih bakterija. Laktoza osigurava optimalni nivo magnezijuma, pa time poboljšava razgradnju mlečne masti i

ostalih hranljivih sastojaka u ljudskom organizmu, a ne učestvuje u nastanku zubnog plaka. Termička obrada surutke prouzrokuje pretvaranje određenog procenta laktoze u laktulozu koja se ubraja u promotore rasta bifidobakterija [25].

Iz mleka u surutki prelaze i vitamini rastvorni u vodi, s tim da je njihov udeo veoma promenljiv i znatno zavisi od načina čuvanja surutke. Najznačajnije su količine riboflavina (B2), kao i kobalamina i folne kiseline koji su uglavnom vezani za proteine surutke pa pri proizvodnji sira velikim delom prelaze u surutki. Zanimljivo je da surutka može da sadrži veće količine vitamina B2 nego mleko, što je posledica metaboličke aktivnosti nekih bakterija mlečne kiseline pri proizvodnji sira. Zahvaljujući relativno velikoj količini riboflavina, surutka ima karakterističnu žuto-zelenu boju [22,27].

Sastav mineralnih materija u suvoj materiji surutke je najpromenljiviji (7–12%) i zavisi od tehnološkog postupka proizvodnje sira [27]. U surutki prelaze skoro sve rastvorne soli i mikroelementi iz mleka, ali i soli dodate u proizvodnji sira. S tim u vezi, udeo kalcijuma i fosfora je mnogo veći u kiseljoj surutki s obzirom na to da je pri većjoj kiselosti medijuma veća i rastvorljivost ovih mineralnih materija [22].

PROIZVODNJA FUNKCIONALNIH NAPITAKA NA BAZI SURUTKE

Tradicionalni funkcionalni i probiotski napici podrazumevaju mleko kao osnovnu sirovinu u proizvodnji. Usled sve veće nestašice hrane, u koju se takođe ubraja i mleko, u poslednje vreme se sve više aktuelizuje proizvodnja funkcionalnih i probiotskih napitaka na bazi surutke kao primarne sirovine. Glavni nosioci procesa proizvodnje funkcionalnih napitaka na bazi surutke su, pored same sirovine i bakterije mlečne kiseline (BMK).

U grupu bakterija mlečne kiseline ubrajaju se predstavnici više rodova: *Lactobacillus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Pediococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus*, *Lactococcus*, *Streptococcus* i *Weissella* [28]. U fermentaciji surutke pored BMK veoma često se koriste i vrste roda *Bifidobacterium*. Kao industrijski proizvodni mikroorganizmi najčešće se koriste vrste roda *Lactobacillus* od kojih većina spada u probiotike zbog svog povoljnog dejstva na zdravlje ljudi i životinja, a sposobne su i za stereospecifičnu proizvodnju mlečne kiseline [29]. BMK su gram pozitivne, nesporogene, anaerobne (mada postoje i aerotolerantne koke i štapići), katalaza negativne, acidotolerantne bakterije koje proizvode mlečnu kiselinu kao glavni proizvod metabolizma ugljenih hidrata iz različitih sirovina [30]. U prirodi naseljavaju staništa bogata aminokiselinama, peptidima, nukleotidima, masnim kiselinama, vitaminima B grupe, mineralima i drugim neophodnim faktorima rasta, kao što je npr. digestivni trakt ljudi i životinja. Ove bakterije uglavnom koriste dosta složene

medijume za rast jer ne mogu same da sintetišu sve potrebne nutrijente [31]. U industrijskim uslovima je najčešće neophodno obogaćivanje medijuma izvorima azota i vitaminima za postizanje visokih prinosa, što se odražava na ukupne troškove proizvodnje. BMK su podeljene na homofermentativne i heterofermentativne, u zavisnosti od toga da li je dominantan proizvod njihove aktivnosti mlečna kiselina ili proizvode i CO₂, etanol, sirćetnu kiselinu i druge metabolite. Kod određenih homofermentativnih vrsta, pod odgovarajućim uslovima može se indukovati heterofermentativni metabolizam [29]. BMK tokom fermentacije laktoze, dominantnog šećera u surutki, proizvode kao glavni metabolit mlečnu kiselinu koja ima niz pozitivnih efekata na ljudski organizam. Mlečna kiselina je slabo isparljiva, bezbojna ili bledo žuta, higroskopna, viskozna supstanca bez mirisa. To je 2-hidroksipropionska kiselina koja postoji u dva izomerna oblika, kao L(+) desnogira i D(-) levogira. U procesu fermentacije, u zavisnosti od mikroorganizma koji se koristi, nastaje stereoselektivno L ili D oblik mlečne kiseline. Američka agencija za hranu i lekove (FDA) označila je mlečnu kiselinu kao bezbednu supstancu za humanu upotrebu (GRAS – *Generally Recognized As Safe*) pa se ona u značajnim količinama proizvodi i koristi u prehrambene svrhe. Zbog svoje kiselosti (pK_a 3,86) i antimikrobnog delovanja koristi se kao acidulant i konzervans u prehrambenoj i konditorskoj industriji [32,33]. Danas je u prehrambenoj industriji posebno zastupljena tendencija proizvodnje mlečno-kiselinskih fermentisanih proizvoda, na primer sokova na bazi voća ili povrća, mlečnih i napitaka na bazi surutke koji predstavljaju izuzetno zdrave tzv. „funkcionalne“ prehrambene proizvode [34–36]. U procesu fermentacije bakterije mlečne kiseline prevode oko 30% laktoze u mlečnu kiselinu tako da i osobe netolerantne na laktozu mogu bez problema da ih koriste, a nastali diacetil i acetaldehid daju ovim proizvodima karakterističan ukus i aromu. Stvorena mlečna kiselina igra važnu ulogu u čovekovom organizmu. Podstiče peristaltiku creva, poboljšava resorpciju kalcijuma i fosfora [37], učestvuje u razmeni materija, ima posebnu ulogu u radu mišića, naročito srčanog, a koristi se i kao lek protiv psorijaze i nekih drugih kožnih bolesti [38].

Proizvodnja funkcionalnih napitaka nosi sa sobom određene poteškoće koje ponekad nije lako prevazići, pa je veliki broj istraživanja usmeren na prevazilaženje istih. Kao prvo, visok udeo vode i sastav čine tečnu surutku veoma pogodnom podlogom za rast i razmnožavanje mikroorganizama, zbog čega je neophodna njena toplotna obrada. S druge strane, proteini surutke su termolabilni i počinju da se denaturišu već pri temperaturi od 60 °C [22] pa se pri uobičajenoj termičkoj obradi (72 °C/15–20 s) deo prisutnih proteina taloži što u velikoj meri komplikuje proces njene termičke obrade. Stoga se nastoji da se termički tretman na visokim

temperaturama zameni membranskim procesima (npr. mikrofiltracijom), primenom ultrazvuka ili nekim drugim postupcima. Upotrebom ultrazvuka može se povećati rastvorljivost proteina surutke [39] pa bi se tako mogla smanjiti količina taloga nastalog tokom čuvanja napitaka. Osim toga, zakiseljavanjem surutke na pH <3,9, proteini surutke postaju termostabilni pa se na taj način može sprečiti njihova koagulacija, čak i pri upotrebi UHT sterilizacije [24].

Relativno visok udeo mineralnih materija u suvoj materiji surutke predstavlja još jedan problem u proizvodnji napitaka na bazi surutke, budući da su upravo mineralne materije odgovorne za nepoželjni slani ukus surutke. Taj problem posebno je izražen kod kisele surutke u kojoj je zbog povišenog udela mlečne kiseline prisutna veća količina rastvorenih mineralnih materija (posebno Ca-fosfata i Ca-laktata) što u proizvodnji napitaka na bazi surutke prouzrokuje grudčavost i povećanu kiselost konačnog proizvoda, kao i nastanak veće količine taloga pri toplotnoj obradi [26]. Rešavanje ovih problema svodi se na obogaćivanje surutke raznim dodacima koji bi maskirali nepoželjna senzorna svojstva napitaka na bazi surutke. Međutim, osnovni nedostatak koji se javlja kod većine ovih receptura baziranih na obogaćivanju surutke (pogotovo kod onih s dodatkom voća poput jabuke, kruške i banane) jeste učestala pojava taloženja usled visokog udela suve materije nastalog interakcijom proteina surutke i sastojaka u suvoj materiji dodatka. Količina taloga se tokom dužeg skladištenja tj. stajanja proizvoda još više povećava, te zbog toga na kraju ovi proizvodi loše prolaze na tržištu. S druge strane, konačni proizvod nema dovoljno dobra ostala senzorna svojstva ukoliko je udeo suve materije voćne ili neke druge komponente prenizak [39,40]. Stoga se veoma velikim izazovom pokazalo pronalaženje optimalne mešavine voćnog koncentrata ili drugih dodataka i surutke koja će imati za potrošača prihvatljiva senzorna svojstva [25]. U tu svrhu sprovedena su brojna istraživanja iz kojih je proizišla čitava paleta mogućih rešenja kako bi se na kraju kao proizvod dobio napitak sa što manje nedostataka. Tako se za postizanje prijatnog ukusa i mirisa predlaže dodatak metalnih glukonata [41], limunske kiseline, kao i raznih zaslađivača poput fruktoze, saharoze i hidrolizata laktoze [25].

Kako surutka ima upola manje suve materije (6,0–7,0%) od mleka, tako se njenom fermentacijom dobijaju napici koji imaju slabiju punoću ukusa od fermentisanih mleka. Taj problem je moguće rešiti upotrebom probiotičkih kultura koje proizvode egzopolisaharide ili dodatkom hidrokoloida. Hidrokoloide dodati u relativno malim količinama povećavaju viskoznost proizvoda i sprečavaju pojavu taloženja, a izbor pogodne vrste i udela ovih dodataka ključan je činilac za proizvodnju fermentisanih napitaka. Naime, veoma je bitno da dodati hidrokoloide ne prekrivaju željenu aromu proiz-

voda, kao i da su delotvorni pri pH vrednostima između 4,0 i 4,6 karakterističnim za ovu grupu proizvoda. Pogodnim za upotrebu u proizvodnji fermentisane surutke pokazali su se karboksimetil celuloza, pektin, alginati i ksantan guma, čiji dodatak značajno poboljšava punoću ukusa konačnog proizvoda [42].

Iako se u proizvodnji napitaka od tečne surutke javljaju određene poteškoće, prerada izvorne surutke ipak se pokazala kao najekonomičnije tehnološko rešenje za njeno iskorišćavanje [39].

U proizvodnji fermentisanih napitaka na bazi surutke u najčešće korišćene bakterijske kulture spadaju vrste *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus* [43], *Lactobacillus reuteri*, *Bifidobacterium bifidum* [44], *Lactobacillus rhamnosus*, *Propionibacterium freudenreichii* ssp. *shermanii* [37,45], *Lactobacillus casei* [46], *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus helveticus*, *Enterococcus faecium* [47], *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* [48], *Lactobacillus paracasei* [49].

Pri proizvodnji funkcionalnih napitaka na bazi surutke neophodno je ispunjavanje nekoliko važnih kriterijuma:

1. ekonomičnost proizvodnje,
2. funkcionalnost (broj ćelija, sadržaj mlečne kiseline i proteina),
3. zadovoljavajuća senzorna svojstva i
4. stabilnost tokom dužeg perioda čuvanja.

Dosadašnja istraživanja vezana za proizvodnju napitaka na bazi surutke su koncipirana tako da se proces fermentacije surutke vodi do postizanja pH vrednosti približno 4,6 [48–51] čime se postiže ispunjavanje sva četiri važna kriterijuma u proizvodnji napitaka na bazi surutke. Prema navodima Gorskog [52] i Ravula [53], a u skladu sa Food Standards Code H8, vrednosti pH $\leq 4,5$ mogu negativno uticati na metabolizam i preživljavanje bakterija. Postavljanje vrednosti pH $\approx 4,6$ kao završne tačke fermentacije bitno je sa stanovišta preživljavanja bakterija, a samim tim i funkcionalnosti dobijenog napitka. Da bi se napitak smatrao probiotskim mora sadržati minimum 10^6 CFU/ml [50], tako da je radi ispunjavanja kriterijuma funkcionalnosti neophodno da se pH vrednost na kraju fermentacije ne spusti ispod vrednosti 4,5.

U pogledu vremena trajanja fermentacije, BMK se znatno duže prilagođavaju i rastu u surutki. Posledica toga je dugo trajanje fermentacije surutke, 15 h i više [50,51,54]. Prema podacima u literaturi vreme trajanja fermentacije može da zavisi od vrste primenjenih sojeva, količine inokuluma, prisustva prebiotika, kao i od toga da li se fermentacija izvodi pojedinačnim ili mešanim starter kulturama. Uobičajeno vreme trajanja fermentacije monokulturama je 11–17 h [48,49], dok se za mešane kulture ono kreće 6–8 h [45,50]. Vreme trajanja fermentacije monokulturama vrsta roda *Lactobacil-*

lus je kraće u odnosu na fermentaciju monokulturama vrsti roda *Bifidobacterium* [49].

Količina inokuluma koja se najčešće koristi u fermentaciji surutke je 2 [43,46] ili 2,5% [44,50], mada su rađena i istraživanja sa 4 [45] i 10% [47]. Količina inokuluma utiče na skraćivanje vremena fermentacije u proseku za oko 2 h kod monokultura vrsta roda *Lactobacillus*, dok kod monokultura vrsta roda *Bifidobacterium* uglavnom nema značajnijeg uticaja [49].

Da bi se jedan napitak svrstao u probiotik neophodno je da sadrži dovoljan broj živih probiotskih bakterija. Postoje različita mišljenja vezana za broj bakterija koje moraju preživeti u probiotskom napitku da bi mogle da ispolje svoj efekat. Opšte prihvaćeno mišljenje je da probiotski mlečni proizvodi moraju sadržati $\geq 10^6$ CFU/ml živih ćelija da bi ispoljili pozitivan efekat nakon konzumiranja [44]. Broj živih ćelija se tokom procesa fermentacije povećava za oko 1–1,5 logaritamskih jedinica [49] tako da konačni broj nakon završetka fermentacije iznosi 10^6 – 10^9 CFU/ml. Ovaj broj bakterija je neophodno dostići tokom fermentacije, ali isto tako i zadržati tokom predviđenog perioda čuvanja proizvoda. U većini istraživanja kao maksimalni period čuvanja probiotskih napitaka navedeno je 15–28 dana na temperaturama 4–10 °C [43,45,46,50].

Na rast, aktivnost i preživljavanje probiotskih bakterija u samom procesu fermentacije, a takođe i pri čuvanju proizvoda, značajno utiču supstance poznate kao prebiotici. To su nesvarljivi sastojci hrane koji utiču na stimulisanje bakterijskih vrsta kako proizvodnih, tako i onih korisnih prisutnih u crevima čoveka [46]. Najčešće primenjivani prebiotici koji se navode u literaturi su inulin, laktuloza i koncentrat proteina surutke [46,48].

Senzorna svojstva probiotskih napitaka na bazi surutke su kriterijum koji je od presudnog značaja za plasiranje proizvoda na tržište i pridobijanje potrošača. Prema literaturi, od senzornih svojstava neophodno je da napitak poseduje zadovoljavajući ukus, miris i izgled [46]. Ukus ovih napitaka može varirati od kiselog, preko slatkog, do gorkog, izgled može biti narušen pojavom taloga, dok miris može biti svež, kiseo [46] i sladak. Pri čuvanju proizvoda osnovni problem koji se može javiti je post-acidifikacija koja dovodi do narušavanja senzornih svojstava, kao i odumiranja ćelija čime proizvod može izgubiti svoj probiotski karakter. Prilikom post-acidifikacije, vrednost pH se može spustiti ispod 4,5 što dovodi do odumiranja probiotskih bakterija [52,53], do pojave kiselog ukusa i mirisa zbog novonastale mlečne kiseline. Takođe, pH 4,5 predstavlja izoelektričnu tačku proteina surutke [55], pa postizanjem ove pH vrednosti može doći do razgradnje proteina i pojave taloga koji narušava izgled proizvoda.

Poznato je da su vrste roda *Lactobacillus*, u pogledu fermentativnih sposobnosti, manje aktivne u surutki nego u mleku. Fermentacija mleka vrstama roda *Lacto-*

bacillus može trajati 15–17 h, a da se ne postigne pH vrednost niža od 5 jedinica [54]. Prema navodima u literaturi, fermentacija mleka probiotskom monokulturom *Lb. acidophilus* La-5 do postizanja pH vrednosti 4,6 jedinica traje oko 10,5 h, što je čak 5 h kraće u odnosu na fermentaciju surutke [49]. Uzrok tako duge fermentacije je slabija aktivnost bakterija na surutki koja nije njihovo prirodno stanište [49]. Produženo trajanje fermentacije surutke u odnosu na fermentaciju mleka objašnjava se time što surutka u svom sastavu ima znatno manji sadržaj nutrijenata neophodnih za rast BMK, za koje je poznato da zahtevaju jako složene medijume jer nisu u stanju da same sintetišu sve nutrijente koji su im neophodni.

Autori ovog rada ispitali su mogućnost proizvodnje fermentisanih napitaka na bazi surutke pomoću različitih vrsti roda *Lactobacillus* i pri tome je dobijeno da se vreme trajanja fermentacije kod uzoraka fermentisanih monokulturama kreće u intervalu 5,0–36,5 h (neobjavljeni rezultati).

Vreme trajanja fermentacije surutke do 10,5 h (koliko je prema literaturi postignuto u fermentaciji mleka monokulturom *Lb. acidophilus* La-5 [49]), postignuto je primenom sojeva *Lb. casei* ssp. *casei* ATCC 27139, *Lb. helveticus* ATCC 15009, *Lb. rhamnosus* ATCC 7469, *Lb. rhamnosus* TM1, *Lb. acidophilus antibiophilus*, *Lb. acidophilus* ATCC 4356, *Lb. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* ATCC 11842, *Lb. delbrueckii* ssp. *lactis* NRRL B-1942, *Lb. delbrueckii* ssp. *lactis* NRRL B-4525 i *Lb. johnsonii* NRRL B-2178, dok se titracijska kiselost uzoraka fermentisanih ovim monokulturama kreće u intervalu 8,6–11,6 °SH.

Vreme trajanja fermentacije najčešće korišćenim vrstama roda *Lactobacillus* u fermentaciji surutke, kao što su *Lb. acidophilus* i *Lb. casei* do postizanja pH≈4,6 kreće se u intervalu 15–20 h, pri čemu se postiže titracijska kiselost 12,0–15,0 °SH [46]. Iz ovoga proizilazi da su proučavani sojevi *Lb. acidophilus* ATCC 4356 i *Lb. casei* ssp. *casei* ATCC 27139 visokoproduktivni, jer su kao monokulture postigli vreme fermentacije 6,5 i 10,5 h, redom.

Monokultura *Lb. helveticus* ATCC 15009 je postigla najkraće vreme trajanja fermentacije, od oko 5 h, do postizanja pH ≈4,6. Ovako kratko vreme fermentacije je očekivano za ovaj soj koji, prema literaturi [56,57], spada u najefikasnije producente mlečne kiseline među BMK.

UNAPREDJENJE PROIZVODNJE FUNKCIONALNIH NAPITAKA NA BAZI SURUTKE

Jedan od načina unapređenja fermentacije jeste da se pored vrsta roda *Lactobacillus* u fermentaciju surutke uključe i bakterije jogurtne kulture (*Lb. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* ili *S. thermophilus*). Glavni nosilac fermentacije u jogurtnoj kulturi je *S. thermophilus* [58,59], koji ima podjednako dobru aktivnost u surutki i u kravljem mleku [60,61]. S obzirom na to da *Lb. del-*

brueckii ssp. *bulgaricus* proizvodi veću količinu D(-) mlečne kiseline i može nepovoljno uticati na rast i preživljavanje pojedinih vrsti roda *Lactobacillus*, bolji izbor je mešovita kultura *Lb. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* i *S. thermophilus*, jer *S. thermophilus* proizvodi znatno manje mlečne kiseline tokom fermentacije i čuvanja proizvoda [50]. Za ispitivanje mogućnosti unapređenja proizvodnje napitaka pripremane su mešane kulture sastavljene od vrsti roda *Lactobacillus* i soja *S. thermophilus* S3. Prema navodima u literaturi [62] soj *S. thermophilus* S3 poseduje sposobnost proizvodnje egzopolisaharida sastavljenih od D-galaktoze i L-ramnoze u odnosu 2:1, koji mogu povoljno uticati na rast i metabolizam bakterija, preživljavanje u uslovima niskih pH vrednosti, kao i na poboljšanje senzornih svojstava napitka, naročito konzistencije. Mešanje vrsta roda *Lactobacillus* sa sojem *S. thermophilus* S3 neznatno produžava vreme trajanja fermentacije u odnosu na trajanje fermentacije izvođene monokulturama vrsti roda *Lactobacillus*. Titracijska kiselost se u svim uzorcima kretala u intervalu 6,5–14,4 °SH. Kod svih uzoraka fermentisanih mešanim starter kulturama sadržaj mlečne kiseline je veći u odnosu na uzorke fermentisane monokulturama, osim kod uzorka fermentisanog mešanom kulturom koja sadrži *Lb. helveticus* ATCC 15009 kod koga je sadržaj mlečne kiseline ostao isti. Najkraće vreme trajanja fermentacije postignuto je u uzorcima fermentisanim mešanim kulturama koje su sadržale sojeve *Lb. helveticus* ATCC 15009, *Lb. delbrueckii* ssp. *lactis* NRRL B-4525 i *Lb. acidophilus* ATCC 4356 i to 6,5, 7 i 8 h redom. Najveću titracijsku kiselost postigli su uzorci fermentisani mešanim kulturama koje su uz soj *S. thermophilus* S3 sadržale sojeve *Lb. reuteri* ATCC 23272 i *Lb. casei* ssp. *casei* ATCC 27139 i to 13,2 i 13,0 °SH, respektivno. Dodatkom *S. thermophilus* S3 dolazi do povećanja ukupnog broja živih ćelija, naročito kod uzoraka sa vrstama roda *Lactobacillus* koji nisu u stanju da kao monokulture postignu visok broj ćelija na kraju fermentacije. Izrazito poboljšanje u pogledu broja ćelija ostvareno je primenom mešane kulture koja je uz soj *S. thermophilus* S3 sadržala soj *Lb. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* ATCC 11842 koji je kao monokultura nakon završene fermentacije postizao veoma mali broj ćelija od oko $1,0 \times 10^4$. Monokulture sojeva *Lb. delbrueckii* ssp. *lactis* NRRL B-1942 i *Lb. reuteri* ATCC 23272 na kraju fermentacije postizale su broj ćelija približno $5,0 \times 10^7$, dok se kod ostalih monokultura taj broj kretao u intervalu $2,0 \times 10^6$ – $4,0 \times 10^6$. Za razliku od rezultata dobijenih primenom monokultura vrsta roda *Lactobacillus* primena mešanih kultura je doprinela postizanju većeg broja ćelija nakon završetka fermentacije. Broj ćelija kod svih uzoraka fermentisanih mešanim starter kulturama se kretao u intervalu $1,0 \times 10^8$ – $7,0 \times 10^8$ CFU/ml. Povećanje broja ćelija u uzorcima fermentisanim mešanim kulturama se može smatrati značajnim napretkom ukoliko se uzme u obzir da

broj ćelija u gotovim napicima prema literaturi [44] treba da bude $\geq 1,0 \times 10^6$. Primena mešanih kultura dovela je i do poboljšanja senzornih karakteristika fermentisanih uzoraka. Poboljšanje senzornih karakteristika je bilo naročito izraženo kod mešanih kultura koje su uz soj *S. thermophilus* S3 sadržale sojeve *Lb. helveticus* ATCC 15009 i *Lb. delbrueckii* ssp. *lactis* NRRL B-4525. Ovi sojevi su primenjeni u obliku monokultura postizali senzorne karakteristike napitaka ocenjene ocenom 1, dok su primenom mešanih kultura ove ocene postigle vrednost 5. Unapređenje u pogledu senzornih karakteristika je značajno jer su ova dva soja izabrana kao optimalna u pogledu produktivnosti i biće uvrštena u dalja istraživanja (neobjavljeni rezultati).

Još jedan od načina unapređenja proizvodnje napitaka na bazi surutke jeste i primena pred-tretmana surutke ultrazvukom. Prema navodima u literaturi [63], primenom ultrazvuka jačine 20 kHz u trajanju od 15 min dolazi do cepanja velikih proteinskih lanaca. Frakcionisanje proteina dovodi do stvaranja proteina manjih lanaca i usled toga značajnog povećanja specifične slobodne površine proteina što doprinosi povećanju njihove rastvorljivosti. Cepanjem na manje lance i povećanjem rastvorljivosti proteini surutke postaju dostupniji ćelijama BMK koje ih u ovom obliku brže metabolizuju. Na ovaj način u značajnoj meri se može skratiti vreme trajanja fermentacije i obezbediti prisustvo aminokiselina kao faktora rasta većine BMK. Ovim postupkom postižu se značajna poboljšanja funkcionalni svojstva proteina prvenstveno rastvorljivosti, penjenja i emulgovanja. Na ovaj način napici mogu da budu unapređeni u pogledu funkcionalnih, nutritivnih i senzornih svojstva kao i njihove mikrobiološke i hemijske stabilnosti.

Značajni pomaci u pogledu unapređenja proizvodnje fermentisanih napitaka mogu se postići dodatkom prebiotika koji pospešuju metabolizam i preživljavanje BMK. Neki od najčešće korišćenih prebiotika su fruktooligosaharidi (oligofruktoze – promotori rasta bifidobakterija), glukooligosaharidi (promotori rasta bifidobakterija), inulin, laktuloza, laktitol (promotor rasta vrsti roda *Lactobacillus*) [64]. Dodatkom prebiotika moguće je skratiti vreme trajanja fermentacije i obezbediti stabilnost proizvoda tokom čuvanja u smislu preživljavanja BMK i održavanja potrebnog broja ćelija.

Enkapsulacija BMK koja predstavlja savremenu metodu imobilizacije, koja se poslednjih godina kao koncept naročito razmatra u prehrambenoj industriji i proizvodnji probiotika za humanu upotrebu, u velikoj meri može doprineti unapređenju proizvodnje. Doprinos ovog postupka u pogledu produktivnosti je već dokazan, a veliki značaj se ogleda u pospešivanju preživljavanja probiotskih bakterija prilikom prolaska kroz gastrointestinalni trakt prilikom konzumiranja probiotskih preparata. Razvojem nosača pogodnih za ovaj vid imobiliza-

cije BMK u budućnosti može se očekivati i značajnija industrijska primena ovog koncepta unapređenja proizvodnje [65,66].

Unapređenja proizvodnje fermentisanih napitaka na bazi surutke može takođe da bude postignuto i enzimskim rastvaranjem toplotno denaturisanih proteina surutke. Prema navodima u literaturi [67], postoji mogućnost resolubilizacije toplotno denaturisanih proteina surutke primenom enzima tripsin i papain izolovanih iz svinja i *Bacillus subtilis* neutralne proteaze. Rezultati koji su postignuti trostepenom razgradnjom pomoću tripsina u neutralnoj sredini, pri čemu je postignuto potpuno rastvaranje proteina idu u prilog tome da ovaj postupak resolubilizacije može biti primenjivan nakon termičkog tretmana surutke tokom koga dolazi do taloženja proteina surutke. Ovaj enzimski tretman bi mogao da omogući primenu viših temperatura pri termičkoj obradi surutke, što bi doprinelo boljoj mikrobiološkoj stabilnosti napitaka proizvedenih fermentacijom surutke, kao i skraćanju trajanja fermentacije usled povećanja sadržaja aminokiselina koje BMK mogu koristiti.

ZNAČAJ NAPITAKA NA BAZI SURUTKE

Još 460 godina pre nove ere, otac medicine Hipokrat ističe vrednost surutke kao terapijskog napitka, potvrđenu činjenicom da njena primena deluje veoma okrepljujuće na organizam [68,26], a čini se da dolazi vreme kada i savremeni čovek spoznaje njenu važnost u svakodnevnoj ishrani [25].

Napici na bazi surutke su namenjeni velikom broju potrošača – od onih najmlađih pa do najstarijih. Surutka se smatrala lekovitom još u Staroj Grčkoj. Tako je Hipokrat preporučivao surutku protiv tuberkuloze, žutice, kožnih bolesti i sličnih oboljenja. U 18. veku pojavile su se čak i posebne ustanove za lečenje surutkom čime je započeto i sa detaljnijim proučavanjem hranljivih i terapijskih svojstava surutke. Tako su u to doba bile uobičajene tzv. „surutkine kure“ u zemljama poput Švajcarske, Nemačke i Austrije. Surutka se takođe uspešno primenjivala i u tretiranju dijareje, dizenterije, žuči, kožnih bolesti, kamenca u mokraćnoj bešici i kod nekih trovanja [68].

Zbog bogatstva visokovrednim proteinima, ovi napici su idealan izvor energije i hranjivih materija za sportiste. Naime, proteini surutke bogati su aminokiselinama razgranatih lanaca (ARL) kao što su izoleucin, leucin i valin, koje se za razliku od drugih esencijalnih aminokiselina direktno metabolizuju i prenose u mišićno tkivo, u kojem se od svih aminokiselina upravo one prve koriste za izgradnju tkiva tokom vežbanja i kondicionih treninga [69]. Proteinima surutke pripadaju, između ostalog, laktoferin – glikoprotein koji veže gvožđe, zatim glikomakropeptid – peptid koji zaostaje nakon enzimske koagulacije kazeina i koji prirodno ne sadrži fenilalanin, kao i α -laktalbumin koji ima spo-

sobnost vezanja kalcijuma [25]. Tako se napici na bazi surutke, zahvaljujući laktoferinu, mogu koristiti kao funkcionalna hrana u svrhu povećanja apsorpcije gvožđa iz hrane, ali i uskratiti gvožđe koje je potrebno za rast i razmnožavanje patogenih mikroorganizama u crevima, te na taj način jačati imunološki sistem. To je veoma važno u ishrani male dece. Zatim, ovi napici zahvaljujući α -laktalbuminu mogu poboljšati apsorpciju kalcijuma, što je veoma važno kod starije populacije koja sve češće oboljeva od osteoporoze. Ukoliko bi se koristio napitak s dodatkom izolata glikomakropeptida, bio bi izvrstan izvor energije i mikronutrijenata za osobe obolele od fenilketonurije [70]. Obogaćeni dodacima poput pirinčanih i zobanih mekinja, kao i izolata sojinih i krompirovih proteina, ovi napici idealni su za osobe alergične na proteine mleka ili obolele od celijakije [25]. Isto tako, mnoga klinička istraživanja dokazala su da napici na bazi surutke (posebno fermentisani) deluju antihipertenzivno, tj. snižavaju krvni pritisak. Koriste se i kao zamena za obroke najviše namenjene osobama s prekomernom telesnom masom, starijim osobama, sportistima i kao alternativa tzv. brzog hrani (fast food). Tako, istraživanja tržišta ukazuju da fermentisane i/ili voćne surutkine napitke najčešće konzumiraju žene koje vode računa o pravilnoj i uravnoteženoj ishrani, deca kao i ostali potrošači kojima ovi proizvodi služe kao doručak ili zdravi međuobrok [71]. To su samo neke od mogućih namena napitaka na bazi surutke, a zavisno od načina proizvodnje i korišćenim dodacima oni se mogu koristiti u mnogo širem opsegu.

Posebno mesto u paleti napitaka koji se proizvode na surutki kao sirovini zauzimaju fermentisani napici na bazi surutke, koji se mogu podeliti u dve grupe: funkcionalni i probiotski. Obe grupe imaju blagotvorno delovanje na organizam domaćina, ali na dva različita načina. Probiotski napici odlikuju se neposrednim delovanjem živih mikroorganizama (probiotika), dok se funkcionalni napici odlikuju posrednim delovanjem putem metabolita, koje ti mikroorganizmi proizvode tokom fermentacije, a koji se još nazivaju i biogeni. Biogeni su definisani kao sastojci hrane nastali mikrobnom aktivnošću mikroorganizama koji doprinose zdravlju čovekovog organizma, a ne potiču od mikrobne populacije prirodno prisutne u gastrointestinalnom traktu čoveka. Tokom fermentacije sastojci surutke se prevode u različite funkcionalne supstance, kao što su mlečna kiselina, buterna kiselina, bioaktivni peptidi, β -galaktozidaza i egzopolisaharidi koji pokazuju značajan uticaj na čovekov organizam [72].

Rezultati dosadašnjih istraživanja potvrđuju blagotvorno delovanje fermentisanih proizvoda na bazi surutke u slučajevima netolerancije laktoze, infekcija gastrointestinalnog trakta, virusne dijareje, dijareje prouzrokovane antibioticima, u prevenciji i tretmanu putničke dijareje, kao i gastritisa prouzrokovanog bakterijom

Helicobacter pylori. Sa druge strane, prebiotici kao sastavni deo fermentisanih napitaka povoljno utiču na zdravlje čoveka stimulišući rast i aktivnost mikroflore koja je prirodno prisutna u gastrointestinalnom traktu ljudi. Međutim, da ne bi došlo do zabune, i pored svih ovih blagotvornih efekata funkcionalna hrana, a samim tim i napici se ne smatraju lekom, jer ne pružaju tretman nego isključivo vrše optimizaciju tj. poboljšanje važnih biohemijskih funkcija u čovekovom organizmu [73].

ZAKLJUČAK

Sve izraženije posledice svetske krize, koje se preslikavaju u krizu u snabdevanju hranom nameću potrebu boljeg organizovanja i upravljanja raznim vrstama prehrambenog otpada, što je naročito značajno u siromašnim zemljama čiji prioritet treba da bude prestanak razbacivanja potencijalnom hranom kao i povećanje efikasnosti privrede. Da bi se ovaj cilj ostvario, surutka kao sirovina čije je iskorišćavanje u našoj zemlji potpuno zanemareno, mora biti uvedena u centar interesovanja prehrambene industrije. U ovom radu predstavljena je širina mogućnosti za iskorišćavanje surutke pri čemu je poseban akcenat stavljen na njenu atraktivnost. Jedan od načina da se surutka uključi u svakodnevnu ishranu ljudi tj. da se aktivira njena učestala prerada u prehrambenoj industriji jeste proizvodnja fermentisanih funkcionalnih napitaka na bazi surutke. Integracija procesa prerade surutke u prehrambenu industriju ne zahteva velika ulaganja a s obzirom na to da bi surutka svakako bila bačena, nije teško zaključiti da ovakav vid njenog iskorišćavanja predstavlja direktnu korist kako u materijalnom tako i u funkcionalnom smislu.

Zahvalnica

Rad je finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (Projekat TR31017).

LITERATURA

- [1] Krupni kapital i nestašica hrane usko povezani, Agropress, <http://www.agropress.org.rs/tekstovi/16991.html> (20.04.2011)
- [2] Globalno zagrevanje će znatno ugroziti snabdevenost hranom, Poljoprivreda, http://www.poljoprivreda.ba/index.php?Itemid=63&id=2771&option=com_content&task=view (pristupljeno 11.01.2009)
- [3] Trećina proizvedene hrane ne završi u želucu, Metro portal, <http://metro-portal.hr/trecina-proizvedene-hrane-ne-zavrshi-u-zelucu/58917> (16.05.2011)
- [4] T. Affersholt, Market developments and industry challenges for lactose and lactose derivatives, IDF Symposium „Lactose & Its Derivates“, Moscow, 2007.
- [5] G. Bulynd, Dairy Processing Handbook, Tetra Pak Processing Systems AB, Lund, 1995.

- [6] A.H. Varnam, J.P. Sutherland, Milk and Milk Products: Technology, Chemistry and Microbiology, Vol. I, Chapman and Hall, London, 1994.
- [7] P. Walstra, T.J. Geurts, A. Noomen, A. Jellema, Van Boekel MAJS, Dairy Technology: Principles of Milk, Properties and Processes, Marcel Dekker Inc., New York, Basel, 1999.
- [8] V.D. Savant, J.A. Torres, Chitosan-based coagulating agents for treatment of cheddar cheese whey, Biotechnol. Prog. **16** (2000) 1091–1097
- [9] OECD-FAO Agricultural Outlook 2010-2019, Highlights, str. 83, <http://www.agri-outlook.org/dataoecd/13/13/45438527.pdf>
- [10] J. Mrvcic, V. Stehlik-Tomas, S. Grba, Incorporation of copper ions by yeast *Kluyveromyces marxianus* during cultivation on whey, Acta Aliment. **36** (2007) 519–525.
- [11] D. Stanzer, S. Grba, V. Stehlik-Tomas, J. Mrvcic, Utjecaj dodatka melase na kinetiku alkoholne fermentacije surutke s pomoću kvasca *Kluyveromyces marxianus*, Mljekarstvo **54** (2004) 27–38.
- [12] A.E. Ghaley, M.A. Kamal, Submerged yeast fermentation of acid cheese whey for protein production and pollution potential reduction, Water Res. **38** (2004) 631–644.
- [13] S. Grba, V. Stehlik-Tomas, D. Stanzer, N. Vahčić, A. Škrilin, Selection of yeast strain *Kluyveromyces marxianus* for alcohol and biomass production on whey, Chem. Biochem. Eng. Q. **16** (2002) 13–16.
- [14] M.D. Ferrari, R. Bianco, C. Froche, M.L. Loperena, Baker's yeast production from molasses/cheese whey mixtures, Biotechnol. Lett. **23** (2001) 1–4.
- [15] M.I.G. Siso, The biotechnological utilization of cheese whey – a review, Bioresource Technol. **57** (1996) 1–11.
- [16] D. Marić, Vodotokovi bez pivarskog kvasca i surutke, SciTech003, <http://scitech.sgi.co.rs/html/003/00311.html> (pristupljeno 31.01.12)
- [17] M.T. Klasnja, M.B. Sciban, Osnovi procesa anaerobnog prečišćavanja otpadnih voda prehrambene industrije i industrije pića, Acta Periodica Technologica **31** (2000) 1–748.
- [18] D. Stanzer, V. Stehlik-Tomas, V. Gulan Zetić, J. Manenica, Sirutka-alternativna sirovina za proizvodnju prehrambenog kvasca, Mljekarstvo **52** (2002) 113–124.
- [19] Surutka nova ambalaža, Radio televizija Srbije <http://www.rts.rs/page/stories/sr/story/14/Nauka/27120/Surutka+nova+ambala%C5%BEa.html> (12.11.2008)
- [20] B. Obućina, D. Bardić, I. Dulić Marković, P. Bernardoni, Studija „Efekti liberalizacije carina na poljoprivredu Republike Srbije“, konsultantska kuća SEEDDEV (South East Europe Development) registrovana u Srbij, Hrvatskoj i Kavkazu specijalizovana za pružanje usluga u domenu poljoprivrede i ruralnog razvoja, 2010, str. 104–109.
- [21] J. Jelinić, S. Đurović, Poljoprivredna politika-sektor mljekarke proizvodnje, Fond za otvoreno društvo, centar za primenjene evropske studije, Beograd, 2009, str. 54–56.
- [22] Lj. Tratnik, Mlijeko – tehnologija, biokemija i mikrobiologija, Hrvatska mljekarstva udruga, Zagreb, 1998.
- [23] J. Beucler, M. Drake, E.A. Foegeding, Design of a beverage from Whey permeate, J. Food Sci. **70** (2005) 277–285.
- [24] P. Jelen, Whey Processing, in: H. Rginski, J.F. Fuquau, P.F. Fox (Eds.), Encyclopedia of Dairy Sciences, Vol. 4, Academic Press – An Imprint of Elsevier, Boston, London, 2003, p. 2740.
- [25] I. Jeličić, R. Božanić, Lj. Tratnik, Napitci na bazi sirutke – nova generacija mliječnih proizvoda, Mljekarstvo **58** (2008) 257–274.
- [26] Lj. Tratnik, Uloga sirutke u proizvodnji funkcionalne mliječne hrane, Mljekarstvo **53** (2003) 325–352.
- [27] A. Popović-Vranješ, I. Vujičić, Tehnologija surutke, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, Novi Sad, 1997.
- [28] K. Hofvendahl, B. Hahn-Hägerdal, Factors affecting the fermentative lactic acid production from renewable resources, Enzyme Microb. Technol. **26** (2000) 87–107.
- [29] A.J. Đukić Vuković, Lj.V. Mojović, D. Pejcin, M. Vukašinović-Sekulić, M. Rakin, S. Nikolić, J. Pejcin, Novi pravci i izazovi u proizvodnji mlečne kiseline na obnovljivim sirovinama, Hem. Ind. **65** (2011) 103–114.
- [30] L. Axelsson, Lactic acid bacteria: classification and physiology, in: Lactic Acid Bacteria: Microbiological and Functional Aspects. 3rd rev. and exp. ed., S. Salminen, A. von Wright, A. Ouwehand (Eds.), Marcel Dekker Inc., New York, 2004, pp. 1–66.
- [31] O. Kandler, Carbohydrate metabolism in lactic acid bacteria, Anton. Leeuw. Int. J. G. **49** (1983) 209–224.
- [32] S. Varadarajan, D.J. Miller, Catalytic upgrading of fermentation-derived organic acids, Biotechnol. Prog. **15** (1999) 845–854.
- [33] J.B. Ewaschuk, J.M. Naylor, G.A. Zello, D-Lactate in human and ruminant metabolism, J. Nutr. **135** (2005) 1619–1625.
- [34] M. Rakin, M. Vukašinović, S. Šiler-Marinković, M. Maksimović, Contribution of lactic acid fermentation to improved nutritive quality vegetable juices enriched with brewer's yeast autolysate, Food Chem. **100** (2007) 599–602.
- [35] G. Campbell-Platt, Fermented foods – a world perspective, Food Res. Int., **27** (1994) 253–257.
- [36] M. Rakin, J. Baras., M. Vukasinović, The influence of brewers yeast autolysate and lactic acid bacteria on the production of a functional food additive based on beetroot fermentation, Food Technol. Biotech. **42** (2004) 105–109.
- [37] M. Blažić, Zašto treba piti jogurt, Astma, <http://www.astma.rs/ishrana/zasto-treba-piti-jogurt/> (24.07.09.)
- [38] R. Živadinović, Mlečnom kiselinom protiv varoe, Pregled, http://www.pregled.com/zdravlje.php?tmpl=zdravlje_tmpl&id_nastavak=4988 (11.06.2011)
- [39] A. Režek Jambrak, T.J. Mason, V. Lelas, Z. Herceg, I. Ljubić-Herceg, Effect of ultrasound on solubility and foaming properties of whey protein suspensions, J. Food Eng. **86** (2008) 281–287.
- [40] M. Đurić, M. Carić, S. Milanović, M. Tekić, M. Panić, Development of whey based beverages, Eur. Food Res. Technol. **219** (2004) 321–328.
- [41] R.K. Remer, Bland whey product and process of preparation, US Patent 4,325,977, 1982.

- [42] F.J. Gallardo-Escamill, A.L. Kelly, C.M. Delahunty, Mouthfeel and flavour of fermented whey with added hydrocolloids, *Int. Dairy J.* **17** (2007) 308–315.
- [43] M. Pescuma, E.M. Hébert, F. Mozzi, G. Font de Valdez, Functional fermented whey-based beverage using lactic acid bacteria, *Int. J. Food Microbiol.* **141** (2010) 73–81.
- [44] A. Hernandez-Mendoza, V.J. Robles, J.O. Angulo, J. De La Cruz, H.S. Garcia, Preparation of whey-based probiotic product with *Lactobacillus reuteri* and *Bifidobacterium bifidum*, *Food Technol. Biotechnol.* **45** (2007) 27–31.
- [45] T.K. Maity, K. Rakesh, A.K. Misra, Development of healthy whey drink with *Lactobacillus rhamnosus*, *Bifidobacterium bifidum* and *Propionibacterium freudenreichii* ssp. *Shermanii*, *Mljekarstvo* **58** (2008) 315–325.
- [46] I. Dragalić, Lj. Tratnik, R. Božanić, Growth and survival of probiotic bacteria in reconstituted whey, *Lait* **85** (2005) 171–179.
- [47] A.L. Pavunc, J. Turk, B. Kos, J. Beganović, J. Frece, S. Mahnet, S. Kirin, J. Šušković, Proizvodnja fermentiranih probiotičkih napitaka od permeata mlijeka obogaćenih retentatom sirutke i identifikacija prisutnih bakterija mliječne kiseline, *Mljekarstvo* **59** (2009) 11–19.
- [48] B. Matijević, R. Božanić, Lj. Tratnik, The influence of lactulose on growth and survival of probiotic bacteria *Lactobacillus acidophilus* La-5 and *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* BB-12 in reconstituted sweet whey, *Mljekarstvo* **59** (2009) 20–27.
- [49] B. Matijević, K. Lisak, R. Božanić, Lj. Tratnik, Utjecaj različitih početnih koncentracija probiotičkih bakterija na fermentaciju slatke sirutke, *Mljekarstvo* **58** (2008) 387–401.
- [50] B. Matijević, R. Božanić, Lj. Tratnik, Rast bakterija ABT-5 kulture u sirutki obogaćenoj koncentratom proteina sirutke, *Mljekarstvo* **60** (2010) 175–182.
- [51] B. Matijević, R. Božanić, Lj. Tratnik, I. Jeličić, Utjecaj koncentrata proteina sirutke na rast i preživljavanje probiotičkih bakterija u sirutki, *Mljekarstvo* **58** (2008) 243–255.
- [52] D. Gorski, International dairy foods: A culturally different world, *Dairy Foods* **96** (1995) 30–32.
- [53] R.R. Ravula, N.P. Shah, Effect of acid casein hydrolysate and cysteine on the viability of yogurt and probiotic bacteria in fermented frozen dairy desserts, *Aust. J. Dairy Technol.* **53** (1998) 175–179.
- [54] A.E.C. Antunes, T.F. Cazetto, H.M.A. Bolini, Viability of probiotic microorganisms during storage postacidification and sensory analysis of fat-free yogurts with added whey protein concentrate, *Int. J. Dairy Technol.* **58** (2005) 169–173.
- [55] E.J. Frederick, Development and evaluation of a carbonated liquid whey based beverage system, Food science institute, College of agriculture, Kansas, 2007, p. 3.
- [56] D. Roy, J. Goulet, A. LeDuy, Batch fermentation of whey ultrafiltrate by *Lactobacillus helveticus* for lactic acid production, *Appl. Microb. Biotechnol.* **24** (1986) 206–213.
- [57] G.C. Cox, R.D. MacBean, Lactic acid production by *Lactobacillus bulgaricus* in supplemented whey ultrafiltration, *Aust. J. Dairy Technol.* **32** (1977) 19–22.
- [58] N.P. Shah, Health Benefits of Yogurt and Fermented Milks, in: R.C. Chandan (ed.), *Manufacturing Yogurt and Fermented Milks*, Blackwell Publishing, Oxford, Iowa, 2006, pp. 327–340.
- [59] N.P. Shah, Probiotics and fermented milks, in: R.C. Chandan (ed.), *Manufacturing Yogurt and Fermented Milks*, Blackwell Publishing, Oxford, Iowa, 2006, pp. 341–354.
- [60] B. Matijević, Izbor bakterijske kulture za proizvodnju probiotičkog tekućeg fermentiranog mlijeka, Magistarski rad, Prehrambeno-biotehnoški fakultet, Zagreb, 2004.
- [61] M.R. Damin, E. Minowa, M.R. Alcântara, M.N. Oliveria, Effect of cold storage on culture viability and some rheological properties of fermented milk prepared with yogurt and probiotic bacteria, *J. Texture Studies* **39** (2008) 40–55.
- [62] E.J. Faber, M.J. van den Haak, J.P. Kamerling, J.F.G. Vliegthart, Structure of the exopolysaccharide produced by *Streptococcus thermophilus* S3, *Carbohydr. Res.* **331** (2001) 173–182.
- [63] A. Režek Jambrak, Utjecaj ultra zvuka na fizikalna i funkcionalna svojstva proteina sirutke, Doktorska disertacija, Prehrambeno-Biotehnoški fakultet sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2008.
- [64] M.D. Collins, G. R. Gibson, Probiotics, prebiotics, and synbiotics: approaches for modulating the microbial ecology of the gut, *Am. J. Clin. Nutr.* **69** (1999) 1052S–1057S.
- [65] A.K. Anal, H. Singh, Recent advances in microencapsulation of probiotics for industrial applications and targeted delivery, *Trends Food Sci. Technol.* **18** (2007) 240–251.
- [66] R. Vidhyalakshmi, R. Bhakayaraj, R.S. Subhasree, Encapsulation-The future of probiotics-A review, *Adv. Biol. Res.* **3** (2009) 96–103.
- [67] J.C. Monti, R. Jost, Enzymatic solubilization of heat-denatured cheese whey protein, *J. Dairy Sci.* **61** (1978) 1233–1237.
- [68] A. Popović-Vranješ, I. Vujičić, Tehnologija surutke, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, Novi Sad, 1997.
- [69] S. Sherwood, D. Jenkins, Carbonated protein drink and method of making, U.S. Pat. US 2007/0178214 A1, 2007.
- [70] G. Miller, Healthy growth ahead for Wellness drinks, *Food Tech.* **59** (2005) 21–26.
- [71] P.J. Huth, D.B. Dirienzo, G.D. Miller, Major scientific advances with dairy foods in nutrition and health, *J. Dairy Sci.* **89** (2006) 1207–1221.
- [72] A.Y. Tamime, R. Božanić, I. Rogelj, Probiotički fermentirani mliječni proizvodi, *Mljekarstvo* **53** (2003) 111–134.
- [73] A.T. Diplock, P.J. Aggett, M. Ashwell, F. Bornet, E.B. Fern, M.B. Roberfroid, in: *Scientific Concepts of Functional Foods in Europe*, consensus document (FF-27-de98), ILSI, Bruxelles, 1998, p. 17.

SUMMARY

WHEY AS A RAW MATERIAL FOR THE PRODUCTION OF FUNCTIONAL BEVERAGES

Maja Lj. Bulatović, Marica B. Rakin, Ljiljana V. Mojović, Svetlana B. Nikolić, Maja S. Vukašinović Sekulić, Aleksandra J. Đukić Vuković

University of Belgrade, Faculty of Technology and Metallurgy, Belgrade, Serbia

(Professional paper)

One of the least utilized by-products of food industry, despite the great potential that is described, is the whey, which is obtained as a by-product of the technological process production of cheese and casein. The excess whey, which occurs in this process in very high yields, with failure to processing is becoming a very big polluter, what is completely at odds with the potential that such materials possess. On the other hand, the modern tempo and way of life, and increasingly polluted environmental also, impose the need to produce food products that would help the human body in the fight against harmful agents which are exposed to daily. One of the more effective solution is the production of fermented functional beverages based on whey, which achieved this intention in the most natural and most comfortable way. Considering the rather untapped potential of whey as a raw material and growing food shortages in the world market, the aim of this study was to analyze the possibilities of production of functional beverages based on whey, with satisfactory sensory characteristics, in order to demonstrate the attractiveness of whey as raw material in the food industry. This paper presents an overview of the wide possibilities for the use of whey with a special emphasis on its attractiveness and the necessity of its utilizing.

Keywords: Whey as a by-product • Raw material • Whey-based functional beverages • Probiotics