

# Kvalitet fermentisanog napitka od surutke i mleka

Marica B. Rakin<sup>1</sup>, Maja Lj. Bulatović<sup>1</sup>, Danica B. Zarić<sup>2</sup>, Marijana M. Stamenković Đoković<sup>3</sup>,  
Tanja Ž. Krunic<sup>4</sup>, Milka M. Boric<sup>1</sup>, Maja S. Vukašinović Sekulic<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tehnološko–metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija

<sup>2</sup>IHS Tehnoexperts d.o.o, Beograd, Srbija

<sup>3</sup>IHS Naučno–tehnološki park Zemun, Beograd, Srbija

<sup>4</sup>Inovacioni Centar Tehnološko–metalurškog fakulteta, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija

## Izvod

Jedan od najekonomičnijih načina prerade surutke predstavlja proizvodnja napitaka kojom se u okviru samo jednog procesa iskorišćavaju svi potencijali surutke kao sirovine. Funkcionalne i senzorne karakteristike napitaka na bazi surutke su kriterijum koji je od presudnog značaja za plasiranje proizvoda na tržište i pridobijanje potrošača. Cilj ovog rada je bio određivanje nutritivnih i funkcionalnih karakteristika fermentisanog napitka od surutke i mleka dobijenog primenom komercijalne ABY-6 kulture. Rezultati su pokazali da se primenjena starter kultura može koristiti za proizvodnju fermentisanog napitka od surutke i mleka sa zadovoljavajućim nutritivnim svojstvima. Dodatak mleka bio je bitan ne samo za nutritivni kvalitet nastalog proizvoda, nego je poboljšao i njegov ukus, homogenost i stabilnost. Analiza hemijskog sastava fermentisanog napitka od surutke i mleka i nutritivna informacija o njemu je pokazala da proizvod predstavlja dobar izvor proteina i kalcijuma. Proizvedeni napitak je sadržao 8,07 log (CFU/mL) starter bakterija, pokazao antioksidativnu aktivnost od najmanje 38,1% i titracijsku kiselost od 28,2 °SH koja odgovara kiselosti proizvoda iz ove kategorije.

*Ključne reči:* fermentisani napitak na bazi surutke, probiotici, nutritivna vrednost.

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

Surutka je tečni sporedni proizvod koji u velikim količinama zaostaje nakon proizvodnje sira i kazeina. U zavisnosti od vrste sira koji se proizvodi, zapremina surutke može da se kreće i do 90 L na 100 L korišćenog mleka, što je količina koja omogućava proizvodnju 10 kg sira [1].

Svetska proizvodnja surutke procenjuje se na 180–190 miliona tona godišnje, a samo 50% proizvedene surutke se dalje obrađuje i primenjuje u industriji. U Srbiji je surutka i dalje jedan od nedovoljno iskorišćenih sporednih proizvoda prehrambene industrije. Usled neiskorišćavanja, surutka postaje i veoma veliki zagađivač, što je u potpunom neskladu sa potencijalima koje poseduje [2].

Surutka sadrži više od 55% sastojaka koji su prisutni u mleku, uključujući proteine surutke (20% od ukupnih proteina), laktozu, vitamine rastvorljive u vodi i minerale. Proteini i peptidi surutke imaju važna biološka svojstva u organizmu, tj. imaju uticaj na imuni, kardiovaskularni, nervni i gastrointestinalni sistem, kao i osećaj sitosti. Shodno tome, surutka se može smatrati vrednim nusproizvodom mlekarske industrije sa širo-

kom primenom u prehrambenoj i farmaceutskoj industriji [3–5].

Poslednjih pedeset godina u svetu su razvijani biotehnološki postupci u kojima je surutka bila polazna sirovina za dobijanje biogasa, etanola, jednoćelijskih proteina,  $\beta$ -galaktozidaze i mnogih drugih proizvoda. Takođe, jedan deo surutke koristi se za dobijanje biološki vrednih proteina (koncentrat i izolat proteina surutke) ili laktoze, a deo surutke može da se koristi za dobijanje funkcionalnih napitaka. Pri proizvodnji funkcionalnih napitaka na bazi surutke neophodno je ispunjavanje nekoliko važnih kriterijuma: ekonomičnost proizvodnje, funkcionalnost (broj ćelija, sadržaj mlečne kiseline i proteina), zadovoljavajuća senzorna svojstva i stabilnost tokom dužeg perioda čuvanja. Novija istraživanja pokazuju da funkcionalni napici na bazi surutke mogu prema svojim nutritivnim i biološkim svojstvima u potpunosti da zamene tradicionalne proizvode od mleka, koje će jednog dana postati i deficitarna sirovina [6–11].

Cilj ovog rada usmeren je na iskorišćenje surutke, koja bi se uz dodatak mleka putem mlečno-kisele fermentacije prevela u nutritivno vredan fermentisani napitak zadovoljavajućih senzornih karakteristika, veoma sličnih jogurtu, i sa jedinstvenim funkcionalnim karakteristikama. U cilju primene fermentisanog napitka na bazi surutke u ishrani izvršiće se njegovo deklarisanje i označavanje.

NAUČNI RAD

UDK 637.12/.142.2:663.1:66

Hem. Ind. 70 (1) 91–98 (2016)

doi: 10.2298/HEMIND141106016R

Prepiska: M.B. Rakin, Tehnološko–metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu, Karnegijeva 4, 11000 Beograd, Srbija.

E-pošta: marica@tmf.bg.ac.rs

Rad primljen: 6. novembar, 2014

Rad prihvaćen: 3. mart, 2015

## EKSPERIMENTALNI DEO

### Materijali

Surutka i mleko (sa 0,5% m.m.) iz mlekare AD Imlek (Beograd, Srbija) u odnosu 70:30 (V/V) korišćeni su kao materijal za mlečno-kiselu fermentaciju.

Hemijski sastav 100 ml surutke: suva materija 9,8%; belančevine 2,6%; masti 1,1% i laktoza 5,6%.

Hemijski sastav 100 ml mleka: suva materija 9,7%; belančevine 2,9%; masti 0,5% i laktoza 5,6% .

### Proizvodni mikroorganizam

Za proizvodnju fermentisanog napitka od surutke i mleka korišćena je komercijalna starter kultura ABY-6 pod nazivom Lactoferm (proizvođač Biochem, Italija). Primenom ove starter kulture dobija se viskozna, blago kiseo i umereno aromatičan fermentisani napitak.

Kultura ABY-6 je mešana starter kultura u čiji sastav ulaze četiri vrste bakterija u sledećem odnosu:

- *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* 80%,
- *Lactobacillus acidophilus* 13%,
- *Bifidobacterium bifidum* 6% i
- *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* 1%,

i koristi se u proizvodnji fermentisanih mleka i jogurta sa probiotskim karakterom. Kultura ABY-6 je u liofiliziranom obliku čuvana na  $-20^{\circ}\text{C}$  do izvođenja eksperimenata. 1 g liofilizirane starter kulture ABY-6 sadrži preko  $10^{10}$  živih ćelija bakterija. Pre primene u procesu fermentacije kultura je aktivirana pripremom 1% (w/V) rastvora u mleku i inkubiranjem u trajanju od 30 min na temperaturi  $42^{\circ}\text{C}$ .

### Metode rada

#### Postupak fermentacije

Surutka i mleko su pre izvođenja mlečno-kisele fermentacije pasterizovani ( $60^{\circ}\text{C}$ , 60 min), pomešani u odnosu 70:30 (V/V) i zasejavani kulturom ABY-6.

Mlečno-kisela fermentacija sa kulturom ABY-6 trajala je 4 sata. Vreme fermentacije (4 h), temperatura ( $42^{\circ}\text{C}$ ) i količina inokuluma (6%) su izabrani na osnovu naših prethodnih istraživanja [11].

#### Određivanje pH vrednosti

pH vrednost uzorka tokom fermentacije određivana je pomoću pH metra (Inolab, WTW 82362, Wellheim, Nemačka). Merenje je izvedeno pod apsolutno sterilnim uslovima koji su obezbeđeni sterilnim uzorkovanjem fermentacionog medijuma.

#### Određivanje sadržaja mlečne kiseline

Sadržaj mlečne kiseline je određen metodom po Soxhlet–Henkel i izražavan u  $^{\circ}\text{SH}$  [12].

#### Određivanje ukupnog broja bakterija

Ukupan broj bakterija u fermentisanom napitku od surutke određivan je metodom razblaženja [13]. Uzorci

su razblaživani u fiziološkom rastvoru do reda veličine  $10^{-8}$ , nakon čega je po 1 mL odgovarajućeg razblaženja prenošen u Petri šolje koje su prelivane sa oko 20 mL rastopljenog M17 agara pri određivanju broja ćelija *S. thermophilus*, odnosno MRS agara pri određivanju broja ćelija *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, *L. acidophilus* i *B. bifidum*. Temperatura korišćenog agara bila je oko  $55^{\circ}\text{C}$ . Petri šolje su inkubirane anaerobno 72 h, na temperaturi od  $37^{\circ}\text{C}$ , nakon čega su brojane izrasle kolonije. Rezultat je predstavljen kao ukupan broj živih ćelija na obe korišćene podloge i izražen je kao log (CFU/mL).

#### Određivanje antioksidativne aktivnosti (%DPPH inhibicije)

Za određivanja antioksidativne aktivnosti kao slobodan radikal korišćen je 0.1 mM rastvor 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) u 95% metanolu, po metodi Lee i saradnika [14].

Uzorci su centrifugirani na 12000 o/min u trajanju od 30 min. Nakon centrifugiranja 500  $\mu\text{L}$  supernatanta je u epruveti mešana sa 1,5 mL metanola i 1,0 mL rastvora DPPH. Sadržaj epruvete je snažno promućkan i ostavljen na sobnoj temperaturi, u mraku 30 min, nakon toga je merena apsorbancija na 517 nm. Kao kontrolni uzorak pripreman je rastvor 1,5 mL DPPH i 1,5 mL metanola.

Rezultati su izraženi kao procenat inhibicije, odnosno, neutralizacije slobodnih DPPH radikala u odnosu na kontrolu i računati su prema sledećoj jednačini:

$$\text{Inhibicija DPPH radikala (\%)} = 100(A_k - A_a) / A_k$$

gde su  $A_k$  – apsorbancija kontrole i  $A_a$  – apsorbancija uzorka.

#### Određivanje redukcione snage

Određivanje redukcione snage izvedeno je po metodi Oyaizi [15].

1 ml uzorka pomešan je sa 2,5 ml fosfatnog pufera i 2,5 ml kalijum-fericijanida i smeša je inkubirana na  $50^{\circ}\text{C}$  30 min. Smeši je zatim dodato 2,5 ml 10% trihlorsirćetne kiseline i izvršeno je centrifugiranje na 10000 o/min. Nakon centrifugiranja supernatant je pomešan sa 2,5 ml vode i 0,5 ml gvožđe (III)-hlorida i izmerena je apsorbancija uzorka na 700 nm.

#### Određivanje hemijskog sastava surutke

Analiza hemijskog sastava fermentisanog proizvoda vršena je standardnim hemijskim metodama [16]. Analiza hemijskog sastava obuhvatila je analizu suve materije, proteina, rastvornih šećera, masti, minerala (ukupan P, Ca, Mg, K, Na, Cu, Fe, Zn i Mn). Na osnovu analize hemijskog sastava, fermentisani napitak je deklarisan u skladu sa srpskim [17,18] i evropskim pravilnicima [19] o deklarisanju, dok su nutritivne i zdravstvene izjave izabrane na osnovu evropskih regulativa i direktiva [20,21], jer je u Srbiji pripremljen samo Nacrt

pravilnika o nutritivnim i zdravstvenim izjavama za prehrambene proizvode. Nutritivni sastav fermentisanog napitka dobijen je na osnovu analize hemijskog sastava uz korišćenje faktora za preračunavanje energetske vrednosti za osnovne komponente u proizvodu. Faktori za preračunavanje pojedinih komponenti hrane (sadržaj soli u uzorku na osnovu sadržaja natrijuma) nalaze se u pravicima o deklarisanju [17,19]. Određivanje sadržaja masnih kiselina vršeno je gasnom hromatografijom, a razdvajanje metilovanih masnih kiselina uzorka izvodi se i na kapilarnoj koloni gasnog hromatografa [22].

### Senzorna analiza

Ukus i konzistencija su najvažnije senzorne karakteristike fermentisanih mlečnih napitaka. Ove karakteristike analizirala je panel grupa sastavljena od 5 degustatora dajući ocene od 1–5 [23]. Za ukus je korišćena skala: 1 – neprijatan, 2 – nakiseo kupus, 3 – na surutku, 4 – na blagi jogurt i 5 – na jogurt. Za konzistenciju je korišćena sledeća skala: 1– vodenasta, 3– kremasto-vodenasta koja se raslojava i 5 – kremasta.

Radi poređenja senzornih karakteristika, izvedena je i fermentacija surutke, kao i mleka, pri istim uslovima fermentacije, čija senzorna ocena je takođe navedena.

### Statistička analiza

Experimenti su izvedeni u triplikatu i rezultati predstavljeni kao srednja vrednost  $\pm$  standardna devijacija. Statistička analiza je izvedena u programu Origin Pro 8 (Origin Lab Co., Northampton, USA). Podaci su analizirani pomoću analize varijanse (One-Way ANOVA), a

Tukey test je primenjen kao test za poredjenje srednjih vrednosti sa nivoom značajnosti od 0,05.

## REZULTATI I DISKUSIJA

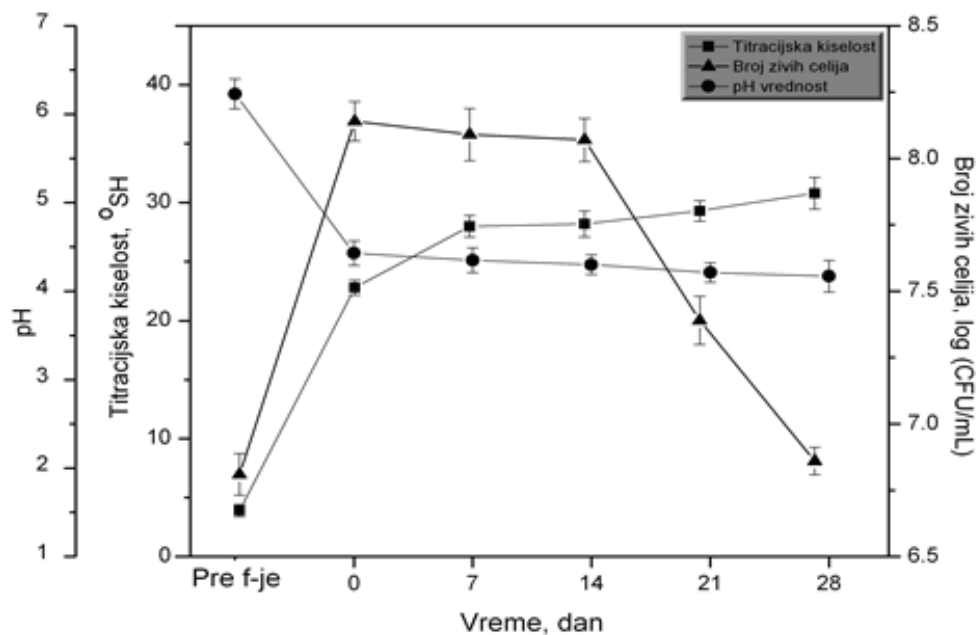
### Osnovni parametri kvaliteta napitka na bazi surutke

Pri čuvanju fermentisanih proizvoda osnovni problem koji se može javiti jeste post-acidifikacija koja dovodi do odumiranja bakterija čime proizvod može izgubiti svoj probiotski karakter [24]. Proces fermentacije surutke uglavnom se vodi do postizanja pH vrednosti približno 4,6. Ova vrednost je kritična tačka fermentacije, jer vrednosti pH ispod 4,6 utiču negativno na stabilnost fermentisanih mlečnih proizvoda. Vođenjem fermentacije do pH  $\sim$ 4,6 ispunjavaju se kriterijumi vezani za postizanje i zadržavanje stabilnosti, funkcionalnosti i optimalnih senzornih svojstava tokom dužeg perioda čuvanja [2].

Na slici 1 prikazana je promena osnovnih parametara kvaliteta (pH, titracijska kiselost i ukupan broj živih ćelija) napitka na bazi surutke nakon fermentacije i tokom 28 dana čuvanja.

Neposredno pre početka izvođenja procesa fermentacije pH vrednost mešavine surutke i mleka je iznosila 6,23, dok je titracijska kiselost u istom trenutku iznosila 3,9 °SH (slika 1).

Nakon inokulacije početni broj ćelija u uzorku surutke i mleka je iznosio 6,81 log (CFU/mL). Kao što je prikazano na slici 1, tokom procesa fermentacije dolazi do pada pH vrednosti koji je praćen porastom vrednosti titracijske kiselosti. Nakon fermentacije (nulti dan) pH



Slika 1. pH vrednost, titracijska kiselost i ukupan broj ćelija nakon fermentacije i tokom 28 dana čuvanja fermentisanog napitka na bazi surutke. Vertikalni barovi predstavljaju standardnu devijaciju tri uzastopna merenja ( $n = 3$ ) za svaku tačku.

Fig. 1. pH value, titratable acidity and total number of cells after fermentation and during 28 days of storage of fermented whey-based beverage. Vertical bars represent the standard deviation ( $n = 3$ ) for each data point.

vrednost uzorka je iznosila 4,43, dok je shodno tome vrednost titracijske kislosti iznosila 22,8 °SH. Dobijeni rezultat je nešto veći od rezultata navedenih u literaturi [25] dobijenih pri fermentaciji rekonstituisane surutke sojevima *Lactobacillus acidophilus* La-5 i *Bifidobacterium lactis* BB-12. Razlika u vrednostima titracijske kislosti se može objasniti prisustvom dodatnih sojeva (*S. thermophilus* i *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus*) u ABY-6 kulturi.

Tokom procesa fermentacije broj ćelija u uzorku raste za oko 1,3 log jedinice, tako da nakon 4h broj živih ćelija u fermentisanom uzorku iznosi oko 8,14 log (CFU/mL). Porast broja živih ćelija od 1.3 log jedinice tokom 4h može se smatrati visokim obzirom da se radi o relativno kratkom vremenu trajanja fermentacije i činjenici da surutka u svom sastavu ima veoma mali sadržaj nutrijenata neophodnih za rast BMK [26,27]. Postignuta vrednost broja ćelija je u skladu sa prethodnim istraživanjima [10,11] koja se odnose na rast bakterija u surutki.

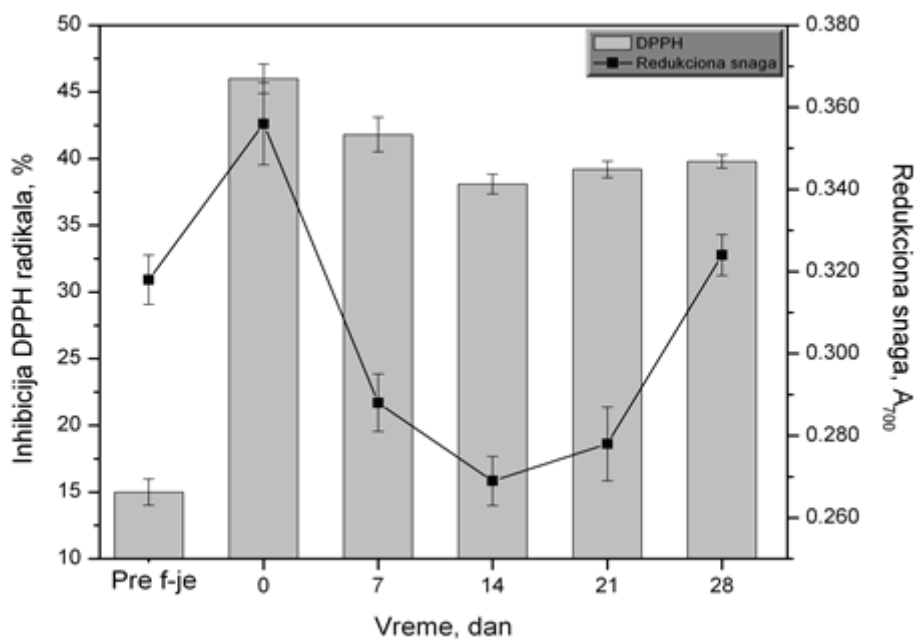
Tokom 28 dana skladištenja pH vrednost uzorka ravnomerno opada da bi 28. dana ta vrednost iznosila 4,17. Istovremeno sa padom pH vrednosti dolazi do porasta kislosti, tako da nakon 28 dana čuvanja titracijska kislost uzorka iznosi 30,8 °SH. U prvih 7 dana dolazi do blagog pada broja živih ćelija koji se nastavlja do 28. dana kada je broj živih ćelija iznosio 6,86 log (CFU/mL). Poredeći rezultat sa navodima u literaturi, prema kojim nakon 14. dana dolazi do značajnog pada broja bakterija ( $\leq 6,0$  log (CFU/mL) u napitku koji je proizveden fermentacijom rekonstituisane surutke [25],

može se reći da je rezultat ovog rada značajno unapređen proizvod. Zaključno sa 14. danom broj živih ćelija u fermentisanom napitku na bazi surutke i mleka iznosi 8,07 log (CFU/mL). Na osnovu svega navedenog, može se zaključiti da u periodu od dve nedelje napitak poseduje probiotski karakter, što je prihvaćeno kao zadovoljavajući rok trajanja proizvoda ove vrste.

#### Antioksidativna aktivnost napitka na bazi surutke

Slobodni radikali su glavni uzrok nastanka mnogih degenerativnih bolesti čoveka: ateroskleroze, raka, kardiovaskularnih bolesti, zapaljenja creva, starenja kože i artritisa. Brojna istraživanja i epidemiološki podaci ukazuju na važnost antioksidanasa kada je reč o prevenciji nastanka raka ili kardiovaskularnih bolesti. Za razliku od prehrambenih antioksidanasa koji samo sprečavaju oksidativne procese u masnim materijama tokom proizvodnje i čuvanja hrane, prirodni antioksidansi se svrstavaju u „bioaktivne materije“ i imaju važnu ulogu u metabolizmu ćelija [28].

Kao što je prikazano na slici 2, tokom procesa fermentacije procenat inhibicije DPPH radikala raste sa početne vrednosti 15,0% na vrednost 46,0% koja je zabeležena nakon završetka fermentacije. Porast procenta inhibicije DPPH radikala praćen je porastom vrednosti redukcione snage koja je nakon 4 h fermentacije iznosila 0,356. Tokom procesa skladištenja, u prve dve nedelje, dolazi do pada vrednosti procenta inhibicije DPPH radikala, nakon čega antioksidativna aktivnost napitka raste verovatno kao posledica lize ćelija [29]. Dobijeni rezultati o porastu antioksidativne aktivnosti



Slika 2. % Inhibicije DPPH radikala i redukciona snaga nakon fermentacije i tokom 28 dana čuvanja fermentisanog napitka na bazi surutke. Vertikalni barovi predstavljaju standardnu devijaciju tri uzastopna merenja ( $n = 3$ ) za svaku tačku.

Fig. 2. DPPH scavenging activity and reducing power after fermentation and during 28 days of storage of fermented whey-based beverage. Vertical bars represent the standard deviation ( $n = 3$ ) for each data point.

nakon 14 dana skladištenja su u saglasnosti sa opađanjem broja živih ćelija tokom procesa skladištenja (slika 1). Na osnovu dobijenih rezultata se može zaključiti da lizom ćelija dolazi do oslobađanja intracelularnih metabolita i enzima sposobnih da doprinesu stvaranju produkata proteolitičke razgradnje koji ispoljavaju određenu antioksidativnu aktivnost. Porast antioksidativne aktivnosti napitka praćen je istovremenim porastom vrednosti redukcione snage. Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa rezultatima ranijih istraživanja [30] koja se odnose na antioksidativnu aktivnost jogurta a prema kojima antioksidativna aktivnost nakon 14 dana skladištenja raste i dostiže slične vrednosti.

Najviše vrednosti antioksidativne aktivnosti i redukcione snage su zabeležene neposredno nakon fermentacije kada su iznosile 46,0% i 0,356, redom. Sa druge strane, najniže vrednosti antioksidativne aktivnosti i redukcione snage su zabeležene 14. dana skladištenja i iznosile su 38,1% i 0,269, redom, uz naglašavanje činjenice da su čak i u tom trenutku obe vrednosti bile statistički značajno ( $P < 0.05$ ) više od vrednosti zabeleženih u nefermentisanom uzorku.

#### Senzorna svojstva napitka na bazi surutke

Na tržištu mlečnih proizvoda u Srbiji ne postoji veliki broj napitaka na bazi surutke, a naročito nisu prisutni proizvodi dobijeni mlečno-kiselom fermentacijom surutke, za razliku od tržišta Nemačke, Austrije i Švajcarske, gde postoji duga tradicija u konzumiranju ove vrste napitaka. Usled toga, senzorna analiza je bila usmerena na karakteristike na koje su domaći potrošači već naviknuti.

Kao što se može uočiti na slici 3, dodatak mleka utiče na ocenu senzornih karakteristika napitka na bazi surutke. Ukus napitka koji u svom sastavu osim surutke sadrži i mleko je bio, tokom čitavog procesa skladiš-

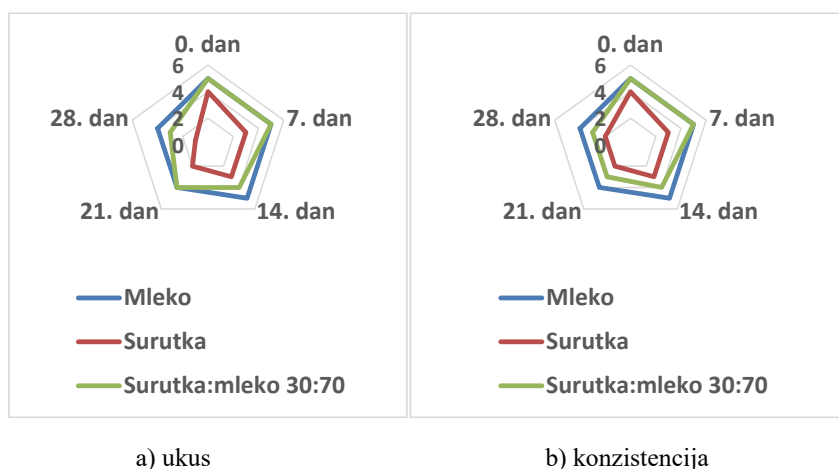
tenja, značajno ( $P < 0.05$ ) prihvatljiviji u odnosu na ukus napitaka koji je sadržao samo surutku. U prvih 14 dana ovaj napitak je po ukusu bio veoma sličan jogurtu. Nakon 14. dana ukus fermentisanog napitka od surutke i mleka je ocenjen nešto nižom ocenom (ocena 4) u odnosu na fermentisano mleko (ocena 5), da bi se 21. dana skladištenja senzorne ocene oba napitka izjednačile (ocena 5). Bez obzira na uočeno variranje, napitak dobijen fermentacijom surutke uz dodatak mleka do kraja procesa skladištenja zadržava značajno ( $P < 0.05$ ) veću ocenu ukusa u odnosu na napitak dobijen fermentacijom surutke. Konzistencija fermentisanog napitka na bazi surutke i mleka je u prvih 7 dana skladištenja potpuno ista kao konzistencija fermentisanog mleka. (ocena 5). Tokom čitavog procesa skladištenja konzistencija napitka od surutke i mleka je nešto lošija (ocena 4) nego konzistencija fermentisanog mleka (ocena 5) ali sa druge strane značajno bolja od konzistencije napitka proizvedenog fermentacijom surutke (ocene 3, 2 i 1). Na osnovu svega gore navedenog, može se zaključiti da dodatak mleka u surutku dovodi do poboljšanja kako ukusa tako i konzistencije fermentisanog napitka.

#### Hemijski sastav napitka na bazi surutke

Sastav i svojstva surutke zavise od kvaliteta mleka i tehnologije proizvodnje sira tj. načina koagulacije mleka. Proteini surutke u celosti prelaze u surutku jer su neosetljivi na dejstvo kiselina i primenjenih enzima u proizvodnji sira, dok su značajna variranja moguća u sadržaju minerala, naročito kalcijuma i fosfora.

Analiza hemijskog sastav dobijenog fermentisanog proizvoda od surutke i mleka prikazana je u tabeli 1.

Sadržaj suve materije u fermentisanom napitku je iznosio oko 9,8%, što je u skladu sa sadržajem suve materije polaznih sirovina. Zanimljivo je napomenuti da



Slika 3. Poređanje senzornih karakteristika napitaka proizvedenih fermentacijom surutke, mleka i mešavine surutke i mleka tokom 28 dana čuvanja.

Fig. 3. Comparison of sensory characteristics of beverages produced by fermentation of whey, milk and mixtures of whey and milk during 28 days of storage; a) taste, b) consistency.

je polazna sirovina imala nešto veći sadržaj suve materije od uobičajenih vrednosti za surutku navedenih u literaturi koje se kreću u intervalu 6–8%. Povećan sadržaj suve materije uslovljen je sadržajem proteina u surutki, koji je oko 2,5 puta veći od uobičajenih vrednosti u literaturi [4] koje iznose oko 1%. Ovako visok sadržaj proteina ukazuje da su tokom procesa prerade mleka i nastanka surutke primenjeni tehnološki postupci koji nisu značajno uticali na smanjenje sadržaja proteina. Visok sadržaj suve materije surutke rezultirao i visokim sadržajem minerala, pre svega kalcijuma, u proizvedenom fermentisanom napitku od surutke i mleka.

Tabela 1. Hemijski sastav fermentisanog napitka na bazi surutke

Table 1. The chemical composition of fermented whey-based beverage

Parametar	Vrednost
pH vrednost	4,6±0,1
Suva materija, %	9,8± 0,1
Proteini, %	2,3±0,03
Masti, %	1,05±0,04
Šećeri, %	3,3±0,04
Natrijum, mg/l	450,0±0,3
Kalijum, mg/l	1400,0±0,3
Kalcijum, mg/l	1945±0,2
Magnezijum, mg/l	53,75±0,01
Ukupan fosfor, mg/l	710,0±0,02
Gvožđe, mg/l	0,50±0,2
Cink, mg/l	0,18±0,5
Mangan, mg/l	<0,02±0,01
Bakar, mg/l	<0,05±0,01

#### Deklarisanje proizvedenog napitka na bazi surutke

Zbog kvalitetnog hemijskog sastava, deklaracija napitka na bazi surutke može da sadrži veliki broj nutritivnih i zdravstvenih izjava. Uslov za navođenje nutritivnih i zdravstvenih izjava je da se na ambalaži proiz-

voda nalazi nutritivni sastav. Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 1 i na slici 1 može se predstaviti nutritivna informacija o fermentisanom proizvodu, koja je data u tabeli 2. Energetska vrednost u tabeli 2 izračunata je na osnovu konverzionih faktora datih u Prilogu 8 Pravilnika o deklarisanju [17].

Sadržaj proteina u 100 ml fermentisanog napitka iznosio je 2,3 g. Prema važećim pravilnicima o hrani i evropskim regulativama [20], proizvod koji ima najmanje 20% energetske vrednosti koja potiče od proteina, može da ima nutritivnu izjavu „Bogat proteinima“.

U 100 ml proizvoda se nalazi 194 mg kalcijuma, što zadovoljava 24,2% dnevnih potreba za ovim mineralom. Prema važećim standardima za hranu [20], proizvod koji ima više od 15% dnevnih potreba na 100 ml može poneti nutritivne i zdravstvene izjave [21]. Od nutritivnih izjava za kalcijum biramo izjavu „Prirodan izvor kalcijuma“, a od zdravstvenih izjava „Kalcijum je potreban za održavanje normalnih kostiju“.

Zbog količine proteina, ovaj proizvod može da ima i zdravstvenu izjavu koja se odnosi na proteine: „Proteini doprinose normalnom održavanju kostiju“. Prema EU Direktivi [21] uslov za ovu izjavu je da fermentisani napitak ima više od 12% energije koja potiče od proteina. Napitak ima čak 29% energije koja potiče od proteina.

Ukoliko proizvod sadrži najmanje  $10^8$  (CFU/g ili CFU/ml) živih mikroorganizama (*Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* i *Streptococcus thermophilus*), a fermentisani napitak ispunjava ovaj zahtev nakon fermentacije i do 14 dana čuvanja – proizvod može na deklaraciji da ima i zdravstvenu izjavu „Žive kulture u jogurtu ili fermentisanom mleku poboljšavaju probavu laktoze kod osoba koje imaju problem sa probavom laktoze“ [21].

Takođe, ukoliko na proizvodu postoji bar jedna zdravstvena izjava, mora se navesti i izjava „Proizvod treba koristiti kao deo uravnotežene ishrane i zdravog načina života“ [20].

Tabela 2. Nutritivni sastav fermentisanog napitka na bazi surutke

Table 2. Nutritional composition of fermented whey-based beverage

Hranljiva vrednost	100 ml	Porcija, 250 ml <sup>a</sup>	PDU <sup>b</sup> po porciji, %
Energetska vrednost	100 kJ / 32 kcal	335 kJ / 80 kcal	4.00
Masti,	1.05g	2.62 g	3.70
od toga zasićene masne kiseline	0.79 g	1.97 g	9.80
Ugljeni hidrati,	3.30 g	8.25 g	3.10
od toga šećeri	3.30 g	8.25 g	9.20
Proteini	2.30 g	5.75 g	11.5
So	0.11 g	0.27 g	4.50
Minerali			
Kalcijum	194 mg	485 mg	60.0

<sup>a</sup>Porcija: 250 ml; broj porcija u pakovanju: 1; <sup>b</sup>PDU – preporučeni dnevni unos za prosečnu odraslu osobu (8400 kJ/2000 kcal)

## ZAKLJUČAK

Fermentacijom surutke uz dodatak mleka sa komercijalnom jogurnom kulturom značajno se utiče na kvalitet fermentisanog proizvoda. Dodatak mleka je bitan ne samo za nutritivni kvalitet nastalog proizvoda, nego je poboljšao i njegov ukus, homogenost fermentisanog proizvoda i njegovu stabilnost.

Postignuti rezultati su pokazali da se primenjena starter kultura može koristiti za proizvodnju i razvoj funkcionalnog fermentisanog napitka od surutke i mleka sa zadovoljavajućim nutritivnim svojstvima. Analiza hemijskog sastava fermentisanog napitka od surutke i mleka i nutritivna informacija o njemu je pokazala da proizvod predstavlja izvor proteina, izvor kalcijuma, a sadrži i žive ćelije probiotske kulture u broju koji može pozitivno delovati na probavu laktoze u organizmu.

Kao rezultat ovog rada proizveden je napitak koji do 14. dana ima zadovoljavajuć ukus, konzistenciju i broj živih bakterija. Proizvedeni napitak sadrži 8,07 log (CFU/mL) čime je ispunjen kriterijum funkcionalnosti i omogućeno da napitak bude deklarisan zdravstvenom izjavom „Žive kulture u jogurtu ili fermentisanom mleku poboljšavaju probavu laktoze kod osoba koje imaju problem sa probavom laktoze“. Dobijeni napitak ispoljava antioksidativnu aktivnost od najmanje 38,1% i kiselost od 28,2 °SH koja odgovara kiselosti proizvoda iz ove kategorije.

Rezultati istraživanja ukazuju da bi prerada surutke u fermentisani napitak uz dodatak mleka otvorila prostor za razvoj novih nekonvencionalnih mlečnih proizvoda u Srbiji, koji danas u svetu predstavljaju kategoriju proizvoda koja je u ekspanziji.

## Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru Nacionalnog projekta TR 31017 i Inovacionog projekta 451-03-00605/2012-16/85 finansiranih od Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## LITERATURA

- [1] M. Harju, H. Kallioinen, O. Tossavainen, Lactose hydrolysis and other conversions in dairy products: Technological aspects, *Int. Dairy J.* **22** (2012) 104–109.
- [2] M. Bulatović, M. Rakin, Lj. Mojović, S. Nikolić, M. Vukašinić Sekulić, A. Djukić Vuković, Surutka kao sirovina za proizvodnju funkcionalnih napitaka, *Hem. Ind.* **66** (2012) 567–579.
- [3] M. Bulatović, M. Rakin, Lj. Mojović, S. Nikolić, M. Vukašinić-Sekulić, A. Đukić-Vuković, Improvement of production performance of functional fermented whey-based beverage, *Chem. Ind. Chem. Eng.* **20** (2014) 1–8.
- [4] V. Legarova, L. Kourimska, Sensory quality evaluation of whey-based beverages, *Mljekarstvo* **60** (2010) 280–287.
- [5] M. Pescuma, H.E. Maria, F. Mozzi, G. Font de Valdez, Functional fermented whey-based beverage using lactic acid bacteria, *Int. J. Food Microbiology* **141** (2010) 73–81.
- [6] L. Ebringer, M. Ferenčik, J. Krajčović, Beneficial Health Effects of Milk and Fermented Dairy Products-Review, *Folia Microbiol.* **53** (2008) 378–394.
- [7] M. Rakin, M. Vukašinić Sekulić, Lj. Mojović, Health Benefits of Fermented Vegetable Juices in Handbook of Plant-based Fermented Food and Beverage Technology (Y.H.Hui Ed), 2012, Vol. 2, CRC Press of Florida, ISBN 9781439849040, 385–407.
- [8] A. Foegending, J. Davis, D. Doucet, M. McGuffey, Advances in modifying and understanding whey protein functionality, *Trends Food Sci. Technol* **13** (2002) 151–159.
- [9] S. Akalin, Dairy-derived antimicrobial peptides: Action mechanisms, pharmaceutical uses and production proposal, *Trends Food Sci. Technol* **36** (2014) 79–95.
- [10] M. Bulatović, M. Rakin, M. Vukašinić-Sekulić, Lj. Mojović, T. Krunić, Effect of nutrient supplements on growth and viability of *Lactobacillus johnsonii* NRRL B-2178 in whey, *Int. Dairy J.* **34** (2014) 109–115.
- [11] M.Lj. Bulatovic, T.Ž. Krunić, M.S. Vukašinić, D.B. Zaric, M.B. Rakin, Quality attributes of fermented whey-based beverage enriched with milk and probiotic strain, *RSC Adv.* **4** (2014) 55503–55510.
- [12] L. Varga, Effect of acacia (*Robinia pseudo-acacia* L.) honey on the characteristic microflora on yogurt during refrigerated storage., *Int. J. Food Microbiol.* **108** (2006) 272–275.
- [13] Lj. Vrbaški, S. Markov, Praktikum iz mikrobiologije, prvo izdanje, Prometej, Novi Sad, 1993.
- [14] S.K. Lee, Z.H. Mbwambo, H.Chung, L. Luyengi, E.J. Gamez, R.G.Mehta, A.D. Kinghorn, J.M. Pezzuto, Evaluation of the antioxidant potential of natural products, *Comb. Chem. High Throughput Screen.* **1** (1998) 35–46.
- [15] M. Oyaizi, Studies on product of browning reaction prepared from glucose amine, *Jpn. J. Nutr.* **44** (1986) 307–315.
- [16] AOAC, Official methods of analysis, 15<sup>th</sup> ed., Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, 1990, p. 1298.
- [17] Pravilnik o deklarisanju, označavanju i reklamiranju hrane, *Sl. glasnik RS*, 85/2013 i 101/2013.
- [18] Pravilniku o deklarisanju i označavanju upakovanih namirnica, *Sl. list SCG* 4/2004, 12/2004 i 48/2004.
- [19] Regulation (EC) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council of 25 October 2011, *OJ L* 304, 22.11.2012, pp. 18–59.
- [20] Regulation (EC) No 1924/2006 of the European Parliament and of the Council of 20 December 2006 on nutrition and health claims made on foods, *OJ L* 404, 30.12.2006, pp. 9–25.
- [21] Commission Regulation (EU) No. 432/2012 of the European Parliament and of the Council of 16 May 2012, *OJ L* 136, 25.05.2012, pp. 1–40.
- [22] SRPS EN ISO 15304, Ulja i masti biljnog i životinjskog porekla – Metode gasne hromatografije, 2008.
- [23] J. Hemsworth, S. Hekmat, G. Reid, The development of micronutrient supplemented probiotic yogurt for people

- living with HIV: Laboratory testing and sensory evaluation. *Innov. Food Sci. Emerg.* **12** (2011) 79–84.
- [24] 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.
- [25] B. Matijević, R. Božanić, Lj. Tratnik, The influence of lactulose on growth and survival of probiotic bacteria *Lactobacillus acidophilus* La-5 and *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12 in reconstituted sweet whey, *Mljekarstvo* **59** (2009) 20–27.
- [26] M. Pescuma, E.M. Hébert, E. Bru, G. Font de Valdez, F. Mozzi, Diversity in growth and protein degradation by dairy relevant lactic acid bacteria species in reconstituted whey. *J. Dairy Res.* **79** (2012) 201–208.
- [27] M. Elli, R. Zink, R. Reniero, L. Morelli, Growth requirements of *Lactobacillus johnsonii* in skim and UHT milk, *Int. Dairy J.* **9** (1999) 507–513.
- [28] W. Grajek, A. Olejnik, A. Sip, Probiotics, prebiotics and antioxidants as functional foods, *Acta Biochim. Pol.* **52** (2005) 665–671.
- [29] R.D. Cagno, M. Quintob, A. Corsettic, F. Minervinia, M. Gobbettia, Assessing the proteolytic and lipolytic activities of single strains of mesophilic lactobacilli as adjunct cultures using a Caciotta cheese model system, *Int. Dairy J.* **16** (2006) 119–130.
- [30] V. Illupapalayam, S.C. Smith, S. Gamlath, Consumer acceptability and antioxidant potential of probiotic-yogurt with spices, *LWT – Food Sci. Technol.* **55** (2014) 255–262.

## SUMMARY

### QUALITY OF FERMENTED WHEY BEVERAGE WITH MILK

Marica B. Rakin<sup>1</sup>, Maja Lj. Bulatović<sup>1</sup>, Danica B. Zarić<sup>2</sup>, Marijana M. Stamenković Đoković<sup>3</sup>, Tanja Ž. Krunic<sup>4</sup>, Milka M. Boric<sup>1</sup>, Maja S. Vukašinović Sekulić<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Karnegijeva 4, 11000 Belgrade, Serbia*

<sup>2</sup>*IHS Tehno Experts Ltd., Batajnički put 23, 11000 Belgrade, Serbia*

<sup>3</sup>*IHS Science and Technology Park Zemun, Batajnički put 23, 11000 Belgrade, Serbia*

<sup>4</sup>*Innovation center, Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Karnegijeva 4, 11000 Belgrade, Serbia*

(Scientific paper)

One of the most economical ways of whey processing is the production of beverages, which represents a single process that exploits all the potential of whey as a raw material. Functional and sensory characteristics of whey-based beverages are a criterion that is crucial to the marketing of products and win over consumers. The aim of this study was to determine nutritional and functional characteristics of fermented whey beverage with milk and commercial ABY-6 culture. The results showed that the applied starter culture can be used for the production of fermented whey based beverage with satisfactory nutritional properties. Addition of milk was important not only in the nutritional quality of the resulting product, but also improved the taste, the homogeneity and stability. Analysis of the chemical composition of fermented whey based beverage and nutritional information about it indicates that the product is a good source of protein and calcium. Fermented beverage contained 8.07 log (CFU/mL), showed antioxidant activity of at least 38.1% and the titratable acidity of 28.2 °SH corresponding to the acidity of the product in this category.

**Keywords:** Fermented whey-based beverage • Probiotics • Nutritive value